



TRAITEMENT DE SURFACE

**SUBSTITUER OU À DÉFAUT,
RÉDUIRE ET MAÎTRISER
L'EXPOSITION
AU CHROME HEXAVALENT**

Remerciements

Ce guide a été réalisé par un groupe de travail associant :

- ◆ Contrôleurs de sécurité, ingénieurs conseil et médecins spécialistes en santé au travail de la Direction régionale des risques professionnels de la CRAMIF.
- ◆ Médecins de l'ACMS (Association interprofessionnelle des Centres Médicaux et Sociaux de santé au travail de la région Ile-de-France).
- ◆ L'UITs (Union des Industries de Traitement de Surface).

Des remerciements sont adressés aux Services de Santé au Travail (Entreprises et Santé, ASTE, Efficiencie, CMB, AMI, ACIST) et aux entreprises ayant apporté leur concours à ce travail.

Crédit photos : CRAMIF.

TRAITEMENT DE SURFACE

**Substituer ou à défaut,
réduire et maîtriser l'exposition
au chrome hexavalent**



Introduction	7
Partie 1 : Généralités	8
■ Le contexte économique - la profession	
- Les traitements de surface	
- Le rôle des traitements de surface	
- Les secteurs industriels utilisateurs de traitement de surface	
- La corrélation entre procédés et secteurs industriels	
- Le nombre d'entreprises et de salariés	
- Le dimensionnement et le chiffre d'affaires des entreprises	
- La mise en œuvre des traitements dans un atelier de sous-traitance	
- La localisation du risque chrome VI dans les chaînes de traitements de surface	
■ La toxicologie du chrome VI	
Partie 2 : Substituer le chrome VI	15
■ La démarche de substitution	
■ Les principales technologies existantes et les pistes de substitution	
■ Tableaux de synthèse sur les solutions alternatives	
Partie 3 : À défaut de substitution, réduire et maîtriser l'exposition au chrome VI	24
■ L'évaluation de l'efficacité des mesures de prévention lors de l'exposition au chrome VI : résultats d'une étude pluridisciplinaire	
- Le matériel et la méthode	
- Les valeurs de référence	
- Les résultats	
- Discussion	
- Conclusion de l'étude	
■ Les mesures de prévention complémentaires à la ventilation	
- Les mesures d'hygiène collective	
- Les mesures d'hygiène individuelle	
- Les mesures organisationnelles	
- Le contrôle de l'efficacité des mesures de prévention	
Conclusion	40
Pour en savoir plus	42
Annexes	43

Introduction

Dans de nombreux secteurs industriels utilisateurs de traitement de surface, les opérateurs peuvent être exposés aux composés de chrome hexavalent (communément appelé chrome VI), principalement rencontrés sous forme de trioxyde de chrome ou acide chromique, bichromates et chromates (de potassium, de sodium, ...).

Or, le chrome VI est cancérogène pour l'homme (cancer broncho-pulmonaire, cancer des cavités nasales) et présente d'autres risques toxiques sévères pour la santé tels que : perforation de la cloison nasale, dermatoses de contact, asthme et irritations des voies respiratoires.

Ainsi la substitution du chrome VI doit être recherchée en priorité comme spécifiée dans le décret CMR du 1^{er} février 2001. Mais, dans le cas où cette substitution n'est pas techniquement réalisable, l'exposition au chrome VI doit être abaissée autant que techniquement possible pour prévenir les risques d'effets sur la santé chez les travailleurs exposés.

Dans le cadre de la prévention des risques cancérogènes, le service Prévention des risques professionnels de la CRAMIF a proposé à l'Union des Industries de Traitements de Surfaces (UITS), anciennement SATS (Syndicat national des entreprises d'Applications de revêtements et des Traitements de Surface), de mener une action visant à évaluer et à réduire l'exposition au chrome VI dans les ateliers concernés.

Les objectifs de cette action sont :

1. promouvoir les **techniques de substitution** du chrome VI dans les établissements de traitement de surface,
2. à défaut de substitution, faire connaître les **techniques d'évaluation de l'efficacité** des mesures de prévention (prélèvement atmosphérique et surfacique, contrôle ventilation, dosage du chrome urinaire),
3. promouvoir les **bonnes pratiques de prévention**.

Pour documenter le point 2, une étude pluridisciplinaire a été réalisée. Les résultats sont présentés dans ce guide.

Ce guide s'adresse aux entreprises qui disposent d'une ou plusieurs lignes de traitement de surface mettant en œuvre du chrome VI.

Après une présentation de l'activité de traitement de surface et des données toxicologiques du chrome VI, ce guide recense de manière non exhaustive les procédés de substitution du chrome VI connus à ce jour et montre, à défaut de substitution, les moyens disponibles pour vérifier l'efficacité des mesures de prévention mises en place. Il propose des mesures de prévention complémentaires à la ventilation.

Il est susceptible d'évoluer en fonction de l'acquisition de connaissances nouvelles au cours du temps.

Des notions de base sur l'activité de traitement de surface, son rôle, les secteurs industriels utilisateurs sont présentées dans cette première partie. Elles sont complétées par un résumé de la toxicologie du chrome VI.

■ Le contexte économique - la profession

Les traitements de surface

Un traitement de surface est une opération mécanique, chimique, électrochimique ou physique qui a pour conséquence de modifier l'aspect ou la fonction de la surface des matériaux afin de l'adapter à des conditions d'utilisation données.

Les traitements de surface peuvent être réalisés en sous-traitance chez un façonnier ou intégrés à l'établissement.

La sous-traitance représente 25% des facturations du traitement de surface. Les sous-traitants procèdent à des travaux selon les prescriptions des donneurs d'ordres. D'une façon générale, les ateliers de sous-traitance sont des PME employant en moyenne une trentaine de personnes (production et administratif).

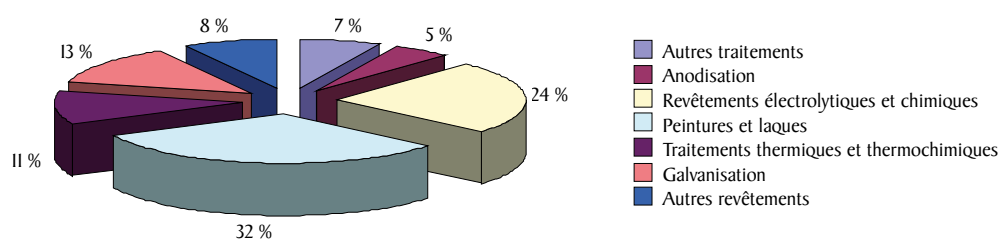
Les ateliers intégrés se trouvent au sein de la chaîne de production des grandes entreprises de l'automobile, de l'équipement, de l'aéronautique. L'intégration devient préférable à la sous-traitance dès que la production atteint de grandes séries ou nécessite des process de grande taille (exemple : traitement des pièces de carlingue aéronautique).

Usuellement, les traitements de surface peuvent se répartir en cinq catégories :

- les revêtements, destinés à recouvrir le support d'une couche protectrice. Ils peuvent se réaliser par voie humide (procédés électrolytiques ou chimiques) ou par voie sèche (dépôts sous vide, projection thermique),
- les traitements de conversion (oxydation anodique ou anodisation, phosphatation...) résultent d'une réaction chimique entre le bain et le substrat à traiter,
- les traitements de diffusion qui consistent à faire diffuser le matériau d'apport dans le substrat à traiter,
- les traitements par transformation structurale qui regroupent le traitement thermique (fusion, trempé) et les traitements mécaniques,
- les revêtements non métalliques (peintures, laques...).

Les statistiques officielles ne permettent pas d'illustrer précisément les catégories mentionnées ci-dessus. Les données disponibles (SESSI¹ ou INSEE²) donnent des informations plus larges comme le montre le graphique suivant :

Graphique 1 - Répartitions des principaux traitements des surfaces - SESSI 2007



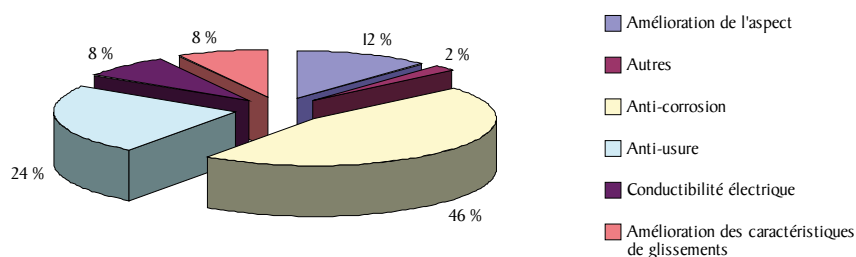
(1) SESSI : Service des statistiques industrielles

(2) INSEE : Institut national de la statistique et des études économiques

Le rôle des traitements de surface

Les traitements de surface permettent en particulier d'améliorer l'aspect externe (rugosité, couleur, brillance, ...), de maîtriser les performances d'une pièce (résistance à la corrosion), d'améliorer ou de modifier les propriétés mécaniques et physiques (conductibilité électrique, usure, frottement, ...), d'augmenter la durée de vie et la fiabilité d'un produit comme le montre le graphique suivant.

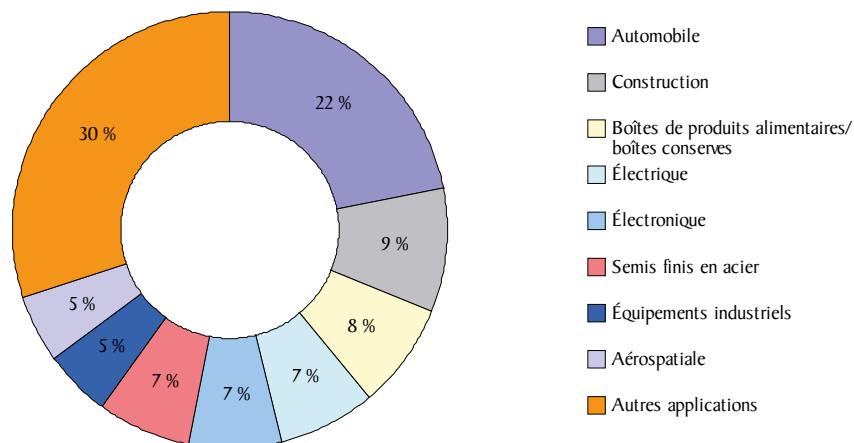
Graphique 2 - Fonctionnalité des traitements de surface – source ADAPT 1999



Les secteurs industriels utilisateurs de traitement de surface

De par leur fonctionnalité et leur adaptabilité, les traitements de surface sont omniprésents dans chacun des secteurs de l'industrie comme le montre l'enquête menée dans le cadre du programme de formation ADAPT (1999).

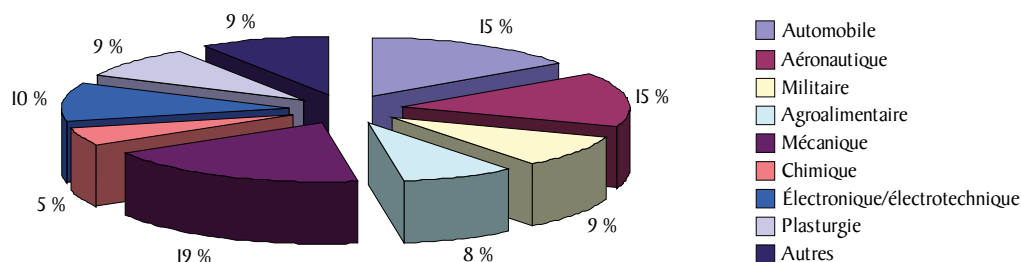
Graphique 3 - Secteurs industriels utilisateurs de traitements de surface (en chiffre d'affaires) - ADAPT 1999



Les secteurs principaux d'application pour le traitement de surface en général sont : l'automobile, la construction, les boîtes de conserves.

Toutefois, cette répartition est différente lorsque l'on regarde les secteurs utilisateurs de chrome VI, comme le montre le graphique suivant :

Graphique 4 - Répartition des secteurs industriels utilisateurs de chrome VI dans les procédés – SATS 2004



Les principaux secteurs utilisateurs de chrome VI dans les procédés sont donc la mécanique, l'automobile, l'aéronautique, le militaire.

D'autres secteurs n'apparaissant pas dans le graphique ci-dessus sont également utilisateurs de revêtements à base de chrome VI. Il s'agit de la parfumerie, de l'hydraulique, du textile, des travaux publics, de la papeterie, de l'informatique/connectique, ...

Des actions pour substituer le chrome VI ont été mises en place dans tous les secteurs mais la substitution n'est pas encore possible partout.

La corrélation entre procédés et secteurs industriels

On peut associer les principaux procédés de traitement des surfaces utilisant du chrome VI et les secteurs industriels de la façon suivante :

Oxydation anodique chromique : aéronautique – aérospatial

Passivation sur zinc : quincaillerie – bâtiment – automobile – équipement électrique et électronique

Chromage dur : aéronautique – automobile (vilebrequins, cylindres, tiges d'amortisseurs) – industrie alimentaire (centrifugeuse pour le lait, balance, moule à biscuits, ...) – chemin de fer – textile – travaux publics – nucléaire (éléments de commandes immergés dans de l'eau déminéralisée) – machines outils, ...

Chromage décoratif : accessoires d'automobile, machines outils de précision, instrument d'optique, instruments de précision, matériel téléphonique, équipement électrique, mobilier métallique, articles ménagers, appareil domestique

Revêtements lamellaires : automobile, militaire, marine, construction

Décapage sulfo chromique : attaque des plastiques ou des autres métaux pour la cosmétique, parfumerie, automobile et aéronautique

Chromatation sur aluminium : électrique et électronique, aéronautique

Pour les secteurs aéronautique, spatial, automobile, ferroviaire,... il s'agit de pièces de sécurité subissant de fortes contraintes mécaniques ou thermiques.



L'utilisation de Chrome VI dans les bains de traitement concerne un grand nombre d'ateliers travaillant pour l'ensemble des secteurs industriels. Les sous-traitants étant dépendants des procédés imposés par leurs clients, ils possèdent parfois plusieurs bains de traitement chimiquement différent pour un même usage.

Par exemple, l'industrie automobile demande des finitions exemptes de chrome VI tandis que l'industrie du bâtiment, qui n'est pas soumise aux mêmes directives, peut continuer à en commercialiser.

Le nombre d'entreprises et de salariés

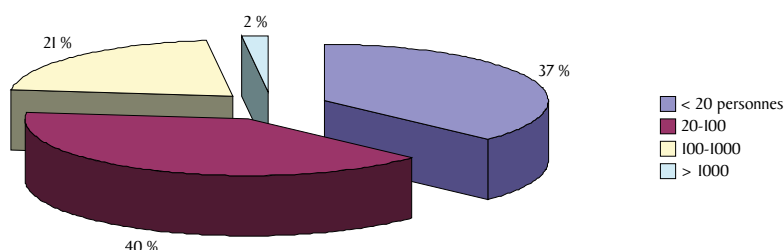
Le SESSI dans son enquête 2007 indique que 310 entreprises de plus de 20 personnes réalisent du traitement des métaux ce qui représente 17500 personnes. Ces chiffres ne tiennent pas compte des ateliers intégrés.

Près de 1000 ateliers de très petite taille sont également implantés sur le territoire mais ne sont pas pris en compte dans les statistiques du SESSI.

Plusieurs secteurs d'activité ont intégré le traitement de surface dans leurs propres usines (automobile, aéronautique, sidérurgie).

Une enquête réalisée par le SATS en février 2004 auprès de la sous-traitance française utilisant du chrome VI donne une répartition des effectifs des entreprises dans les ateliers de traitements de surface.

Graphique 5 - Taille des entreprises de traitement des matériaux utilisatrices de chrome VI



Le dimensionnement et le chiffre d'affaires des entreprises

La typologie des ateliers de traitements de surface est différente selon les marchés ciblés par les sous-traitants :

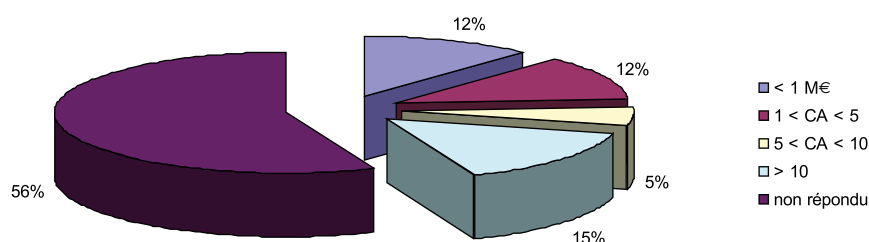
Marché de commodités : l'atelier est dédié pratiquement exclusivement à ce marché (automobile, aéronautique),

Marché de spécialités : les ateliers sont généralement à multi-activité : le volume de chaque bain ne dépasse pas en général 2 à 5 m³, mais le nombre de bains fonctionnels présent dans l'entreprise peut atteindre la vingtaine. Ainsi le sous-traitant peut proposer différents traitements au donneur d'ordre : argenture, dorure, nickel, oxydation anodique, chromage décoratif, zingage, passivation, ... au sein d'un même atelier.

Au total le traitement de surface réalisé en sous-traitance nationale représente environ 2300 millions d'euros (source SESSI 2007).

L'enquête réalisée en 2004 sur les sous-traitants en traitement de surface montre que plus des 2/3 des entreprises ont un chiffre d'affaires inférieur à 5 M€.

Graphique 6 - Chiffre d'affaires des entreprises de traitement des matériaux



La mise en œuvre des traitements dans un atelier de sous-traitance

Le sous-traitant en traitement des matériaux travaille comme intermédiaire pour des donneurs d'ordres. Le traitement lui est souvent imposé par cahier des charges.

Les donneurs d'ordres donnent des homologations pour chacun des traitements réalisés. Ces homologations concernent la nature du bain employé pour réaliser le traitement, les paramètres, les éléments de contrôle, d'emballage, ... Le sous-traitant n'est donc pas libre de remplacer un bain sans l'accord de son client et sans qu'une nouvelle homologation ait été prononcée.

Ce système d'homologation est largement répandu dans l'industrie automobile représentée par le CCFA¹ et plus encore dans l'industrie aéronautique où certains donneurs d'ordres membres du GIFAS² ont renforcé leurs exigences en demandant une accréditation PRI NADCAP³. La substitution des procédés est donc entièrement liée à une volonté des donneurs d'ordres.

La localisation du risque chrome VI dans les chaînes de traitements de surface

Selon le procédé mis en œuvre, il peut y avoir du chrome VI résiduel sur les pièces après traitement, et par conséquent, le contact des opérateurs avec du chrome VI est possible lors de leur manipulation (par exemple à l'emballage).

Le tableau suivant donne la probabilité de retrouver du chrome VI dans les procédés et/ou dans le revêtement final en fonction du type de revêtements ou procédés envisagés.

Tableau 1 - Le chrome VI dans les process et dans les revêtements

	Présence de chrome VI dans le process (bain de traitement)	Présence de chrome VI dans le revêtement final
Passivation sur zinc : (jaune, vert olive, noir) « anciennes générations »*	Oui	Oui
Passivations sur zinc « nouvelles générations »	Non	Non
Colmatage au bichromate de potassium	Oui	Oui
Mordançage	Oui	Non
Chromage décor	Oui	Non**
Chromage dur	Oui	Non**
Oxydation anodique chromique	Oui	Oui, mais en très faible quantité
Chromatation sur aluminium	Oui	Oui
Revêtements lamellaires « ancienne génération »*	Oui selon le fournisseur	Oui
Revêtements lamellaires « nouvelle génération »	Non	Non
Décapage sulfo chromique sur plastique	Oui	Non
Décapage sulfo chromique sur aluminium	Oui	Non
Chromatation sur cadmium	Oui	Oui
Passivation sur inox	Oui	Oui

(*) Avant entrée en vigueur de la directive VHU (véhicules hors d'usage).
 (**) Peu d'études sont disponibles sur la composition chimique des dépôts de chrome. Toutefois lors des études bibliographiques, il n'est retrouvé aucun article signalant la présence de chrome VI dans un dépôt de chrome. De plus, des tests de détermination de chrome VI selon les normes NF EN 15205 et NF EN 62321 ont été réalisés. Le chrome VI n'est pas détecté dans les dépôts de chrome dur (source : CETIM réf 2009/641/DT/JREB/SROU).

(1) CCFA : Comité des constructeurs français automobile.

(2) GIFAS : groupement des industries françaises aéronautiques et spatiales.

(3) PRI NADCAP : système d'accréditation aéronautique mondial exigé par les deux plus grands donneurs d'ordre.

■ La toxicologie du chrome VI

Données toxicologiques

Le chrome est naturellement présent dans notre environnement, sous forme de chrome III.

Le chrome VI est produit artificiellement notamment par l'activité industrielle. Les manifestations toxiques du chrome sont principalement attribuées à cette forme.

Absorption, voies de pénétration et élimination

Il existe 3 voies de pénétration du chrome : respiratoire, percutanée et digestive (contact main souillée, bouche, ...).

Le chrome se distribue principalement dans le foie, les reins, la rate et le poumon. Le chrome VI est rapidement réduit en chrome III dans les tissus et l'excrétion urinaire se fait sous cette forme. L'excrétion est essentiellement urinaire et un peu fécale. Il y a accumulation du chrome au cours de la semaine et tout au long de l'année chez les plus exposés. Une partie du chrome s'élimine lentement et même après plusieurs mois d'arrêt d'exposition, la chromurie (dosage du chrome dans les urines) peut rester supérieure aux valeurs de la population générale.

Toxicité aiguë

Les composés du chrome VI sont fortement irritants pour la peau et les muqueuses. L'inhalation d'aérosols peut provoquer une irritation intense des voies respiratoires. En cas de contact cutané direct, la sévérité des brûlures dépend de la concentration de la solution et du temps de contact. L'ingestion accidentelle provoque des brûlures du tube digestif. Une intoxication systémique (ou généralisée avec insuffisance rénale, hépatite, destruction des globules rouges) peut être consécutive à l'absorption du chrome par voie digestive ou percutanée.

Toxicité chronique

Les pathologies sont principalement cutanées et respiratoires.

● **Atteintes cutanées**

Les composés du chrome VI sont irritants et peuvent produire des lésions cutanées dont la plus typique est le « pigeonneau » ou ulcération arrondie, peu ou pas douloureuse, siégeant généralement au niveau des mains.

Le chrome VI est également sensibilisant. Il est responsable d'eczéma de contact.

● **Atteintes respiratoires**

Les composés du chrome VI sont irritants pour les muqueuses des voies respiratoires et peuvent produire une rhinite, des ulcérations ou perforations de la cloison nasale, une anosmie (diminution ou perte de l'odorat), une sinusite, une pharyngite, une laryngite ou une bronchite chronique. Les allergies respiratoires (asthme, rhinite) sont plus rares que les sensibilisations cutanées.

● **Autres effets**

L'exposition au chrome VI peut être responsable d'une irritation de la muqueuse des voies digestives (gastrite), d'une coloration jaunâtre des dents et de la langue, d'altérations de la fonction rénale.

Effets cancérogènes

Des études épidémiologiques ont mis en évidence un excès de cancers broncho-pulmonaires chez les sujets exposés aux composés hexavalents du chrome.

D'autres localisations ont été citées, en particulier les cavités nasales et sinus.

L'Union européenne classe les composés hexavalents du chrome en catégorie 1 ou 2 (certainement ou probablement cancérogènes pour l'homme; le trioxyde de chrome est classé en catégorie 1).

Le CIRC (Centre International de Recherche contre le Cancer) a classé les composés du chrome VI dans le groupe 1 des substances certainement cancérogènes pour l'homme.

Effets sur la reproduction

Chez l'animal, l'administration expérimentale de chrome VI a montré dans certaines études, des anomalies du développement fœtal.

L'union européenne classe le trioxyde de chrome en catégorie 3 (risque possible d'altération de la fertilité).

Maladies professionnelles et suivi post-professionnel

Des pathologies liées au chrome ou à ses composés sont décrites dans les tableaux 10, 10 bis et 10 ter des maladies professionnelles (**voir annexe 1**) et peuvent faire l'objet d'une déclaration en maladie professionnelle.

Les salariés qui ont été exposés à des agents CMR de catégorie 1 et 2 peuvent bénéficier d'un suivi post-professionnel. L'employeur doit remplir avec le médecin du travail une attestation d'exposition* aux agents cancérogènes, mutagènes, ou toxiques, qu'il remet à tout salarié qui quitte l'établissement.

Le suivi post-professionnel

Article D461-25 du Code de la Sécurité sociale créé par Décret n°93-644 du 26 mars 1993 :

*« La personne qui au cours de son activité salariée a été exposée à des agents cancérogènes au sens de l'article R. 231-56** du Code du travail et de l'article 1er du décret n° 86-1103 du 2 octobre 1986 peut demander, si elle est inactive, demandeur d'emploi ou retraitée, à bénéficier d'une surveillance médicale post-professionnelle prise en charge par la caisse primaire d'assurance maladie ou l'organisation spéciale de sécurité sociale. Les dépenses correspondantes sont imputées sur le fonds d'action sanitaire et sociale.*

Cette surveillance post-professionnelle est accordée par l'organisme mentionné à l'alinéa précédent sur production par l'intéressé d'une attestation d'exposition remplie par l'employeur et le médecin du travail.

Le modèle type d'attestation d'exposition et les modalités d'examen sont fixées par arrêté. »

(*) Article R4412-58 :

Une attestation d'exposition aux agents chimiques dangereux mentionnés à l'article R. 4412-40, remplie par l'employeur et le médecin du travail, est remise au travailleur à son départ de l'établissement, quel qu'en soit le motif.

Un arrêté conjoint des ministres chargés du travail et de l'agriculture détermine les conditions de remise de cette attestation en cas d'exposition à des agents cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction.

(**) Article R4412-60 :

On entend par agent cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction, toute substance ou préparation classée cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction de catégorie 1 ou 2 ainsi que toute substance, toute préparation ou tout procédé défini comme tel par arrêté conjoint des ministres chargés du travail et de l'agriculture.

Partie 2 : Substituer le chrome VI

Ce chapitre est la synthèse des procédés et des substitutions possibles du chrome VI dans l'activité de traitement de surface, à la date de publication du guide. Les pistes de substitution sont proposées pour aider les entreprises dans cette démarche.

■ La démarche de substitution

Lorsque l'évaluation des risques a mis en évidence une **exposition à un agent cancérogène**, cet agent doit obligatoirement être supprimé ou faire l'objet d'une démarche de substitution par un autre produit voire un procédé moins dangereux (principes généraux de prévention), chaque fois que cela est techniquement possible.

L'employeur doit pouvoir justifier des démarches fructueuses ou infructueuses qu'il a entreprises en vue de la substitution de tous les agents ou procédé CMR de catégories 1 ou 2 inventoriés sur le lieu de travail.

L'implication des donneurs d'ordre et des décideurs est, le plus souvent, indispensable pour la bonne réussite du projet de substitution.

Après une analyse complète de la situation initiale, plusieurs paramètres doivent guider le choix de la solution de substitution :

- dangerosité du nouveau produit ou procédé,
- efficacité de la solution de substitution,
- adéquation avec les équipements en place et les locaux,
- impact et contraintes de la solution sur la protection du personnel et de l'environnement,
- coût de la solution de substitution,...

La recherche de substitution : une obligation

Circulaire DRT12 du 24 mai 2006 : « La recherche de substitution est une obligation de l'employeur qui prévaut sur toutes les autres mesures de réduction du risque, lorsque celui-ci n'a pu être supprimé (R.4412-15, R.4412-16 et R.4412-66 du Code du travail). »

« Il importe de rappeler qu'une substitution réussie ne saurait conduire à déplacer les risques. Toutes les solutions de substitution doivent faire l'objet d'une démarche d'évaluation des risques afin de s'assurer que cette substitution ne conduit pas à une augmentation ou un déplacement du risque pour la santé et la sécurité des travailleurs. »

Cette démarche de substitution résulte d'une réflexion spécifique à chaque entreprise. Le chef d'entreprise doit pour cela dégager des moyens financiers, humains et techniques. Les retours d'expérience d'autres entreprises ou secteurs d'activité qui ont eu des cas similaires à gérer peuvent alimenter cette réflexion.

Il convient donc de questionner les donneurs d'ordre, les fournisseurs de produits, les organisations professionnelles ou d'autres industriels.

■ Les principales technologies existantes et les pistes de substitution

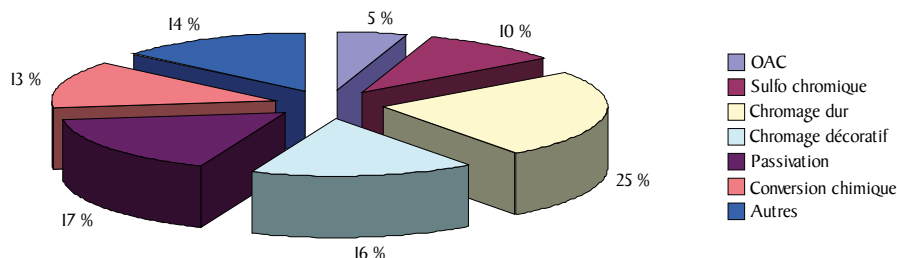
Les techniques de substitution sont amenées à évoluer en fonction des travaux de recherche et de l'évolution de la classification des produits.

La nature des bains utilisant du chrome VI et les produits de montage des bains

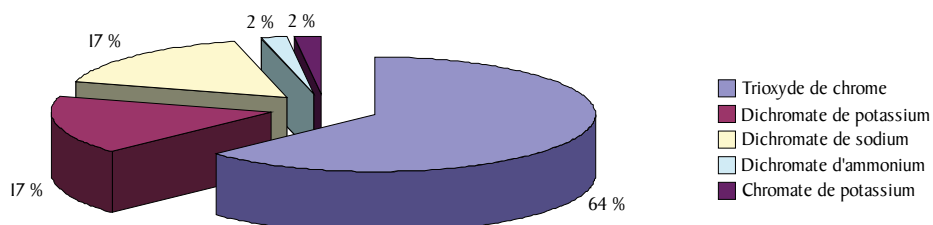
Selon les procédés mis en œuvre, le produit de montage des bains est différent. Les graphiques présentés ci-dessous montrent la part d'activité des différents traitements dans la sous-traitance ainsi que la part des matières premières utilisées pour le montage des bains. Dans tous les cas, la dissolution ou réaction avec l'eau des substances conduit à la présence de chrome VI dans les bains de traitement.

Le graphique 7 présente les principaux procédés de traitement de surface utilisant du chrome VI - quelles que soient leurs formes - pour le montage des bains. Le graphique 8 donne la répartition des matières premières utilisées au montage des bains pour les procédés utilisant du chrome VI.

Graphique 7 - Principaux traitements de surface utilisant du chrome VI



Graphique 8 - Nature de la source de Chrome VI dans les procédés source SATS - février 2004



Environ 60 % des entreprises utilisent du trioxyde de chrome (CrO_3) pour le montage des bains lorsqu'ils contiennent du chrome VI.

Le dichromate de potassium et de sodium sont aussi utilisés mais de façon moins importante.

Le chromage électrolytique (qu'il soit dur ou décoratif) représente 41 % des procédés utilisant du chrome VI. Les bains sont formulés à partir de trioxyde de chrome.

Viennent ensuite les différents traitements de passivation sur zinc ainsi que la conversion chimique sur aluminium, magnésium,...

Les ateliers réalisant de l'oxydation anodique chromique (OAC) sont assez peu nombreux (5 % des sous-traitants); la raison essentielle est que ce type de traitement demande une assez haute qualification (spécifique aéronautique, spatial,...).

Les bains utilisant du chrome VI (bichromates ou trioxyde de chrome)

Les principaux procédés utilisant du chrome VI sont présentés avec des pistes possibles pour la substitution lorsqu'elles existent.

● **Les bains de passivation sur zinc**

La passivation s'effectue généralement après zingage, en bain mort (sans apport de courant) et permet, selon le type de passivation, d'améliorer la résistance à la corrosion. Avant les différentes directives VHU¹ et ROHS², les passivations à base de chrome VI étaient beaucoup utilisées dans l'industrie automobile, l'électroménager et l'électronique, ... Aujourd'hui, ce type de passivation reste encore utilisé dans les autres secteurs (visserie, quincaillerie pour le bâtiment par exemple).

Les trois types de passivation contenant du chrome VI les plus courants sont : la passivation blanche ou bleue contenant peu de chrome VI, la passivation bichromatée jaune, la passivation vert olive. Elles correspondent à un niveau d'anticorrosion normalisé. Les traitements s'effectuent à température ambiante.



Des solutions alternatives principalement à base de chrome trivalent ont donc été développées pour satisfaire à la réglementation. Ces procédés n'ayant pas les mêmes caractéristiques que ceux utilisés précédemment, il est parfois nécessaire d'appliquer une couche de finition organo-minérale. La visserie automobile par exemple utilise ce type de revêtement.

● **Les bains de passivation sur acier inox**

Les surfaces d'acier inox doivent subir une passivation pour avoir leur pleine résistance à la corrosion. Pour certains aciers (acier de décolletage par exemple), il est nécessaire d'utiliser un bain très oxydant obtenu par addition de bichromate de sodium et d'acide nitrique par exemple. Cette passivation s'effectue à température ambiante, sans apport de courant.



Il n'y a aucune solution acceptable sans chrome VI à l'heure actuelle.

● **Les bains de colmatage après anodisation**

L'industrie aéronautique demande encore à ses sous-traitants d'utiliser des bains de colmatage à base de chrome VI (amené sous forme de bichromate de potassium en faible concentration). Pour un colmatage optimal, la température du bain ne doit pas être inférieure à 98 °C.



Des solutions alternatives sont en cours de perfectionnement mais elles n'ont pas encore été homologuées par les donneurs d'ordres. Des essais sont en cours à l'échelle industrielle.

● **Les bains de conversion chimique sur magnésium (mordançage)**

Le mordançage est un traitement chimique superficiel du magnésium au moyen d'une solution aqueuse qui donne une mince pellicule d'un sel complexe insoluble, le plus souvent réalisé par immersion.

Ce traitement est réalisé dans un but de protection provisoire dans l'attente d'une protection définitive ou bien comme base d'accrochage des peintures.



Il n'y a pas de solutions alternatives sans chrome VI pour traiter ce type de pièces.

(1) VHU : directive 2000/53/CE du 18 septembre 2000 sur véhicule hors d'usage

(2) ROHS : Directive 2002/95/CE du 27 janvier 2003 sur les produits électriques et électroniques

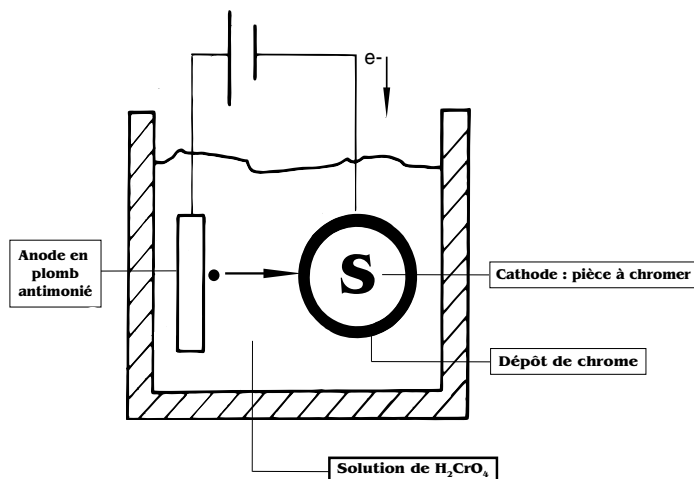
● Les bains de chromage électrolytique

Les dépôts ayant une épaisseur inférieure à 10 microns sont dits dépôts de chrome décoratif. Au dessus de cette épaisseur on parle de chromage dur.

Le bain de chromage contient de l'acide chromique et de l'acide sulfurique. Les sulfates servent de catalyseurs à la réaction.

Quel que soit le type de dépôt réalisé, le procédé d'électrolyse reste identique. Il est présenté sur le schéma suivant :

Graphique 9 - Principe de réaction conduisant au dépôt de chrome métallique



Les réactions à la cathode conduisent au dépôt de chrome métallique par la réduction du chrome hexavalent en chrome métal.

La température de traitement est de 65 °C maximum, idéalement, les concentrations en acide chromique sont de l'ordre de 250 g/l pour les bains de chromage dur.

Le rendement d'un bain de chromage dur, n'étant que de 17 % de l'électricité fournie, les 83 % restant provoquent un échauffement du bain et un dégagement important d'hydrogène à la cathode. Cet hydrogène forme des vésicules contenant de l'acide chromique.

Les temps d'électrolyse peuvent varier de quelques minutes à plusieurs heures selon l'épaisseur de chrome métal souhaitée.



Concernant les solutions alternatives, certains bains de chromage décor peuvent être formulés à partir de chrome trivalent, toutefois cette solution ne remplit pas tous les cahiers des charges des donneurs d'ordre (couleur des pièces).

Concernant le chrome dur, son remplacement par une autre substance que le chrome VI a donné lieu à de nombreux programmes européens et mondiaux. Ces derniers ont montré qu'il n'existait pas de solutions universelles pour remplacer le chrome dur (ECOCHROM, HCAT, JCAT). Il est donc impossible de préconiser une solution alternative universelle.

Sur certaines pièces, des revêtements obtenus par projection thermique (HVOF, plasma...), PVD, CVD, shérardisation pourront être élaborés, tandis que d'autres pièces seront traitées par revêtement électrolytique de zinc-nickel, nickel chimique ... ceci n'étant que des exemples (tableau 2, p.22).

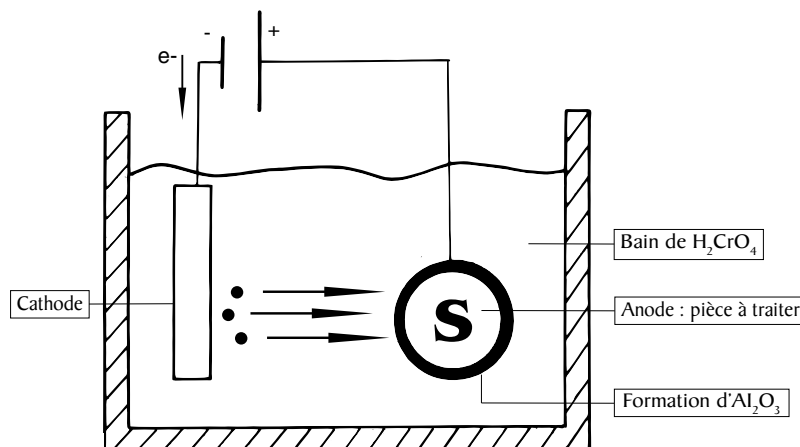
Pour certaines applications spécifiques de sécurité, (pistons de freins dans l'automobile, pompes et vannes dans le nucléaire, pièces de réacteurs, de transmission de freinage en aéronautique et dans bien d'autres secteurs,...), aucun substitut ne peut être envisagé à l'heure actuelle (géométrie complexe des pièces, propriétés du revêtement).

Dans le secteur du médical par exemple, les prothèses qui étaient réalisées en chromage dur sont maintenant réalisées en projection plasma. Toutefois, cette transposition n'a pas été possible pour les appareils ancillaires (ustensiles de chirurgie) qui restent chromés durs.

● **Les bains d'oxydation anodique chromique (OAC)**

L'OAC permet, sur alliage d'aluminium principalement, d'obtenir la formation d'alumine particulièrement résistante à la corrosion tout en évitant une attaque chimique du substrat.

Graphique 10 - Principe de réaction de l'oxydation anodique chromique



Lorsqu'une pièce d'aluminium est placée en anode d'une cuve d'électrolyse, c'est-à-dire reliée au pôle positif d'un générateur, il se forme en surface de la pièce un film mince, dur et poreux d'alumine (Al_2O_3).

L'optimisation des paramètres opératoires aboutit aux conditions opératoires suivantes :

- Température de fonctionnement : 30 à 45 °C
- Concentration : 50 à 100 g/l d'acide chromique
- Tension : 25 à 50 V
- Temps : 30 à 60 minutes

Les dépôts ont une épaisseur de 2 à 8 microns.

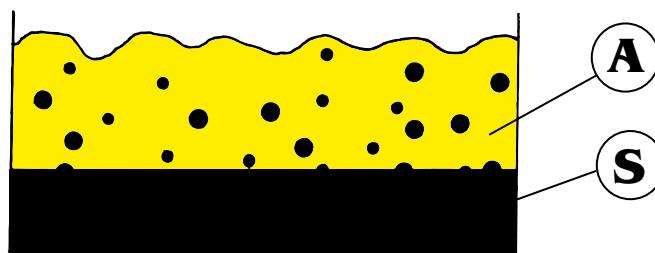
L'industrie de l'aéronautique est particulièrement utilisatrice de ce type de revêtements qui peuvent être complétés par un colmatage au bichromate de potassium.



Bien qu'aucune validation industrielle n'ait encore été réalisée, les grands donneurs d'ordres ont orienté la substitution des bains à base d'acide chromique par des bains à base d'acide sulfo-tartrique (test industriel en cours). Dans certains cas, une oxydation anodique dure ou sulfurique (utilisation d'acide sulfurique au lieu du trioxyde de chrome) peut aussi convenir.

● **Les bains de conversion sur aluminium**

Graphique 11 - Schématisation d'un traitement de conversion



**Le matériau d'apport A
réagit superficiellement
avec le substrat S**

La chromatisation ou conversion chimique est un traitement qui permet la formation d'une couche superficielle (de conversion) de chromates à la surface de l'aluminium dans le but en général d'améliorer sa résistance à la corrosion et d'assurer une continuité électrique. La chromatisation est obtenue chimiquement, le plus souvent par immersion, dans une solution contenant du chrome sous forme hexavalent. Ce traitement conduit à la formation d'un composé insoluble sur la surface. Les chromatisations peuvent être réalisées directement sur aluminium sans traitement ultérieur ou être suivies d'une étape de peinture.



Les procédés de substitution sont difficiles à mettre au point car ils ne permettent pas d'obtenir simultanément les 2 propriétés mentionnées ci-dessus, nécessaires dans la plupart des applications. Ils font appel à des formulations complexes. Le procédé qui sera employé peut aussi dépendre de la série de l'alliage d'aluminium utilisé.

Des formulations à base de chrome trivalent et de fluorure ou à base d'alliage de nickel, cobalt et chrome trivalent ou bien encore à base de zirconium ont été développées et sont actuellement sur le marché. Les procédés alternatifs sont toutefois plus efficaces pour les systèmes qui requièrent une finition peinture que pour les systèmes de conversion sans peinture.

● **Les revêtements lamellaires**

Les revêtements lamellaires sont des revêtements de zinc obtenus non électrolytiquement c'est-à-dire par trempage ou centrifugation. Ces revêtements sont ensuite cuits.



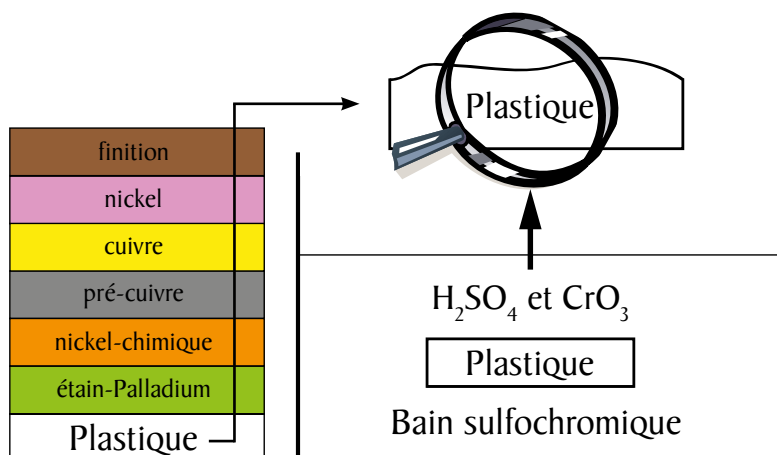
Pour répondre aux exigences de la directive VHU (automobile), des formulations sans chrome VI ont été développées par les différents acteurs de ce secteur. Elles sont commercialisées et très utilisées.

● **Les bains de décapage sulfo chromique sur plastiques**

Les bains de décapage sulfo chromique sont utilisés notamment dans l'attaque des plastiques afin d'aviver la surface pour permettre la réalisation du dépôt électrolytique ultérieur.

Le graphique suivant présente les phases nécessaires à l'élaboration du métal final sur un plastique et précise plus particulièrement l'étape où intervient le chrome VI.

Graphique 12 - Réaction à la surface du plastique de type ABS lors du décapage sulfo chromique



Les concentrations usuellement utilisées au montage du bain de décapage sont d'environ 400 g/l d'acide chromique et d'acide sulfurique.



Il n'y a aucune solution sans chrome VI pour ce type de procédé.

À l'heure actuelle, pour certains types de plastiques (hors ABS), des bains ayant des concentrations moins importantes (de l'ordre de 100 g/l d'acide chromique et 700 g/l d'acide sulfurique) peuvent être utilisés.

Néanmoins, le décapage de type 400/400 ne peut être remplacé pour le traitement de l'ABS (plastique le plus utilisé).

Des programmes de recherches sont actuellement en cours chez les laboratoires de recherche spécialisés dans le traitement du plastique mais ces derniers n'en sont qu'au commencement.

● **Les bains de décapage sulfo chromique sur aluminium**

Le but de ce traitement utilisé principalement dans l'aéronautique est d'enlever les oxydes de la surface des alliages d'aluminium tout en protégeant l'aluminium de la corrosion et en activant la surface pour un traitement ultérieur.



Il existe des solutions à base d'acide sulfo-nitro-ferrique homologuée par certains donneurs d'ordres.

● **Les bains de chromatisation sur cadmium**

La chromatisation du cadmium est effectuée pour conférer au cadmium une excellente tenue à la corrosion. Les pièces sont plongées dans un bain de traitement contenant des sels de chrome.

Le cadmium est soumis à restriction d'usage. Son utilisation n'est tolérée que pour les secteurs aéronautiques et militaires (pièces de sécurité).



Il n'y a aucune solution acceptable sans chrome VI à l'heure actuelle.

■ Tableaux de synthèse sur les solutions alternatives

La substitution du chromage dur

La substitution du chromage dur est de loin la substitution qui présente le plus de difficultés. Il n'existe pas de solutions universelles.

Le tableau suivant donne les propriétés de certains procédés utilisés pour remplacer le chromage dur, lorsque cela est possible. Pour mémoire, le chromage est un procédé réalisé en voie humide qui confère à la pièce une bonne protection contre la corrosion ainsi qu'une bonne résistance à l'usure, une bonne tenue à l'oxydation haute température et une bonne tenue à la fatigue.

Attention, certains procédés ne sont pas adaptés à toutes les pièces à traiter ou à toutes les fonctionnalités. Il convient de se référer aux cahiers des charges afin de déterminer si un traitement alternatif est acceptable.

Tableau 2 - Substituts possibles au chromage dur

Procédés	Technologie	Caractéristiques
Dépôts chimiques à base de nickel (phosphore, bore, tungstène)	Voie humide	Résistance à l'usure inférieure à celle du chrome. Coefficients de frottement supérieurs à celui du chrome.
Dépôt chimique + particules de diamant	Voie humide	Propriétés intéressantes mais inférieures à celles des dépôts à base de chrome.
Chromage trivalent	Voie humide	Caractéristiques physiques et mécaniques inférieures à celles des dépôts classiques (épaisseur insuffisante). Aspect différent. Peut poser des problèmes d'adhérence.
D.L.C (diamant like carbone)	Voie sèche	Bonne tenue à l'oxydation haute température peu efficace dans les zones techniques. Problèmes d'adhérence sur les pièces qui nécessitent des charges importantes de la surface.
Nitride métallique obtenu par dépôt sous vide (P.V.D)	Voie sèche	Bonne tenue à l'oxydation haute température. Cadences de traitement élevées. Pas adaptés aux grandes pièces et aux alésages. Coefficients de frottement supérieurs à celui du chrome dur.
Projection thermique dont HVOF	Voie sèche	Problème adhérence sur certaines pièces. Coût élevé. Traitement unitaire. Ne convient pas aux pièces de géométrie complexe. Coefficient de frottement plus élevé que pour le chrome.
Cémentation (traitement thermochimique d'enrichissement en carbone)	Traitement thermique	Tenue à la fatigue, résistance, usure. Faible résistance à la corrosion applicable que sur les aciers.
Shérardisation (cémentation par le zinc)	Traitement thermique	Protection corrosion.

L'annexe 2 donne quelques définitions techniques.

Des pistes de substitution pour les autres procédés mettant en œuvre du chrome VI

Pour simplifier la compréhension, le tableau ci-dessous ne prend en compte les pistes de substitution que sur plastique, aluminium et acier. Toutefois, le lecteur doit garder à l'esprit qu'avant de faire un choix sur un traitement de substitution, il convient de s'assurer que celui-ci est compatible avec le matériau à traiter.

Tableau 3 - Exemples de substituts pour quelques procédés

Matériaux Traitement contenant du chrome VI	Acier	Aluminium	Plastique
Chromage décoratif	Chrome III Alliage étain-cobalt		Chrome III
Décapage sulfo chromique		Acide sulfo-nitro-ferrique	Baisse des concentrations, remplacement impossible pour le traitement de l'ABS
Passivations	Passivation chrome III	Passivation titane/zirconium, silane, cerates passivation chrome III	
Dépôts lamellaires	Sans chrome VI		
Anodisation (OAC) chromique		Anodisation sulfurique, anodisation sulfo-tartrique	
Colmatage		Colmatage à base de sels de nickel, ou chrome III ou cobalt	
Chromatation		Chrome III, ou zirconate, ou manganèse, ou fluorure	



Incompatibilité traitement/matériau

Partie 3 : À défaut de substitution, réduire et maîtriser l'exposition au chrome VI

Lorsque la substitution n'est techniquement pas possible et dans l'attente d'une substitution, l'employeur doit régulièrement vérifier l'efficacité des mesures de prévention mises en place. Pour cela des outils sont disponibles et sont présentés au travers des résultats d'une étude pratique.

Des mesures de prévention complémentaires à la ventilation sont également proposées.

■ L'évaluation de l'efficacité des mesures de prévention lors de l'exposition au chrome VI : résultats d'une étude pluridisciplinaire

Cette étude pluridisciplinaire, est réalisée par la CRAMIF et des services de Santé au travail, est menée dans le but de faire connaître les techniques d'évaluation de l'efficacité des mesures de prévention qui sont mises en œuvre dans les entreprises où du chrome VI est présent, et de proposer des axes d'amélioration de la prévention le cas échéant.

Pour cela, une évaluation de l'exposition au chrome VI est réalisée dans neuf établissements de traitement de surface en Ile-de-France, mettant en œuvre les techniques d'évaluation suivantes :

- l'étude des mesures de prévention en place : en particulier évaluation de la ventilation, mais aussi l'hygiène collective, individuelle, la formation des salariés,
- l'étude de la pollution atmosphérique liée au chrome,
- l'étude de la pollution surfacique liée au chrome,
- l'étude de la contamination des salariés par la pratique d'un bilan biologique individuel (dosage du chrome urinaire).

Le matériel et la méthode

● *Choix des entreprises*

L'étude est réalisée dans neuf entreprises ayant une activité de traitement et revêtement de surface et mettant en œuvre du chrome VI (trioxyde de chrome, acide chromique).

Il ne s'agit pas d'un échantillon représentatif de la situation française de cette activité.

Caractéristiques des entreprises :

- sept entreprises effectuent du traitement de surface en activité principale, dont deux effectuent aussi la mise en peinture (pouvant contenir des chromates),
- deux entreprises effectuent du traitement de surface en atelier intégré,
- surface totale cumulée des baignoires contenant du chrome VI : de 2 m² à 46 m².

Les effectifs :

- cinq comptent moins de 25 salariés,
- quatre emploient entre 50 et 100 salariés.

● *Mesures effectuées*

Les mesures doivent permettre une évaluation du chrome VI au niveau :

- des salariés à leur poste de travail dans l'atelier,
- du personnel administratif,
- des locaux sociaux.

● *Prélèvements atmosphériques*

Deux types de prélèvements sont réalisés : prélèvements individuels et prélèvements en ambiance.

Le dispositif de prélèvement est composé d'une cassette porte-filtre de 37 mm de diamètre en configuration fermée, équipée d'un filtre en fibres de « quartz », reliée à une pompe régulée assurant un débit d'environ 2 litres d'air par minute.

Dans le cas des prélèvements individuels, le système est fixé sur le salarié, à proximité des voies respiratoires. Ces prélèvements sont privilégiés et sont effectués sur les salariés travaillant au niveau des bains de chrome.

Dans le cas des prélèvements en ambiance, les appareils de prélèvements sont disposés en différents points de l'atelier, à proximité des bains de chrome.

Ces prélèvements sont effectués sur une durée minimale d'un demiposte de travail (minimum de 4 heures).

Photo 1 - Prélèvements atmosphériques en ambiance et individuel



● **Ventilation**

- Contrôle de l'efficacité des dispositifs de captage sur chaque cuve contenant du chrome.
En première approche un test au fumigène permet de visualiser les flux d'air. Il est complété par une mesure de vitesse d'air dans les gaines ou au niveau des fentes d'aspiration des bains afin de déterminer le débit d'extraction mis en œuvre.
- Évaluation de la ventilation générale des ateliers.
- Vérification de la présence ou non d'une introduction mécanique d'air neuf de compensation.

● **Prélèvements surfaciques**

Les prélèvements surfaciques sont réalisés à l'aide de lingettes (nettoyantes et désinfectantes), sur des surfaces bien définies. Ces frottis permettent après analyse, de localiser les surfaces contaminées et de situer les niveaux de contamination.

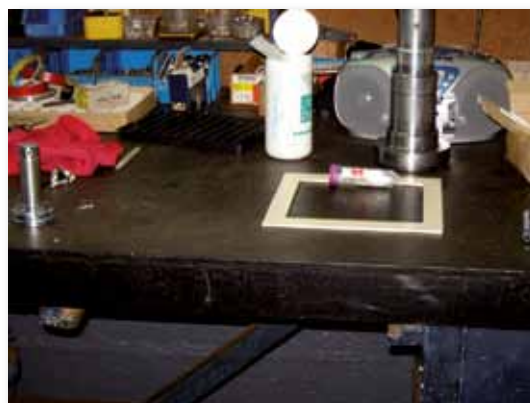
On peut distinguer quatre types de prélèvements surfaciques :

- type 1 : sur des surfaces qui devraient être exemptes de contamination (ex : bureaux, vestiaires, réfectoires),
- type 2 : sur des surfaces pouvant être saisies par une main nue (ex : poignées de porte, robinets,...),
- type 3 : sur des surfaces proches du poste de travail (ex : paillasse, mur, appareillage,...),
- type 4 : sur les mains des salariés, avant et après lavage des mains.

Photo 2 : Prélèvement surfacique sur une table de réfectoire (type1)



Photos 3 et 4 : prélèvement surfacique sur un plan de travail (type 3)



● **Prélèvements urinaires**

La biométrie ou surveillance biologique des expositions permet de donner des indications sur le taux de chrome absorbé par les salariés. Elle prend en compte l'ensemble des voies de pénétration dans l'organisme.

Le dosage du chrome urinaire ou chromurie est un indicateur biologique de l'exposition au chrome.

En raison de la réduction rapide du chrome VI en chrome III après absorption, les dosages biométrieques du chrome reflètent la quantité totale de chrome absorbé.

Ces mesures ne permettent pas de discriminer les expositions aux différentes espèces de chrome (chrome VI, III et métal).

Des prélèvements urinaires sont réalisés pour le personnel en atelier et pour un échantillon de personnel administratif.

Le prélèvement doit être fait en fin de poste de travail (recueil des urines des 2 dernières heures du poste) et en fin de semaine.

Par conséquent, les prélèvements sont effectués le jeudi (représentatif de la fin de semaine).

Ils sont réalisés au mieux après une douche et au minimum après lavage des mains pour limiter le risque de contamination du prélèvement.

● **Questionnaire de poste**

Un questionnaire sur les tâches (activité semaine et journée) et l'hygiène collective et individuelle, est complété pour chaque salarié concerné par les prélèvements.

Les questionnaires permettent notamment de répertorier pour chaque salarié les tâches effectuées et leur fréquence le « jour du questionnaire » (<1h, 1 à 4h, >4h) et la « semaine du questionnaire » (occasionnel, fréquent, habituel).

De même, un questionnaire médical peut être complété par le médecin du travail de l'entreprise, si possible le jour des prélèvements, sinon au moment de la restitution individuelle des résultats de chromurie.

Les valeurs de référence

● **Prélèvements atmosphériques**

La **VME** (valeur limite de moyenne d'exposition, sur 8 heures) des composés du chrome VI exprimée en chrome est fixée à **50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ d'air** (INRS - ED 984).

NB : l'abaissement de cette valeur est en cours de discussion. La valeur recommandée actuellement par le **NIOSH** (National Institute for Occupational Safety and Health, États-Unis) pour les composés du chrome VI est de **1 $\mu\text{g}/\text{m}^3$** .

Le seuil de détection de la méthode analytique est de 0,1 µg/m³ pour le dosage du chrome VI soluble et de 1µg/m³ pour les autres dosages du chrome atmosphérique. Par convention la valeur égale au seuil de détection divisé par 2 est attribuée aux résultats inférieurs au seuil de détection, soit respectivement 0,05 µg/m³ et 0,5 µg/m³.

● **Contrôle de la ventilation**

Guide pratique de ventilation « cuves de traitement de surface », INRS - ED 651 (6^e édition).

● **Prélèvements surfaciques**

Nous ne disposons pas de valeur limite pour le chrome déposé.

On peut cependant se référer à la valeur de **0,2 µg** retrouvée par le laboratoire de la CRAMIF **sur des mains** de personnes n'ayant pas été exposées au chrome (valeur témoin).

Et pour les dépôts sur les autres types de surface, la valeur peut être comparée à la valeur minimale obtenue sur l'ensemble des résultats pour le type de surface considérée.

● **Prélèvements urinaires**

Pour la chromurie la plupart des valeurs des indices biologiques d'exposition (dont la valeur française) ont été établies à partir d'expositions aux fumées de soudage. Ces valeurs ne sont pas transposables à tous les types d'exposition.

Pour le chromage électrolytique ou traitement de surface, on se réfère donc à la valeur finlandaise **chrome urinaire total : 5,2 µg/l** en fin de poste - fin de semaine (BIOTOX 2008). Cette valeur est basée sur les effets sur la santé et correspond à une exposition de 2 µg /m³ (1/25^e de la VME actuelle), valeur au-delà de laquelle des changements de la muqueuse nasale sont observés.

Population générale : chrome urinaire **< 0,5 µg /l** (INRS - guide BIOTOX).

Tableau récapitulatif des valeurs de référence

Technique d'évaluation	Référence	Remarque
Contrôle de la ventilation	guide INRS - ED 651	
Prélèvement atmosphérique	VME CrVI : 50 µg/m ³	Recommandation NIOSH : 1 µg/m ³
Prélèvement surfacique	0,2 µg (Cr total acido-soluble) sur les mains de personnes non exposées	Valeur de référence du laboratoire de la CRAMIF (2008)
Prélèvement urinaire	- 5,2 µg/l (Cr total) pour le traitement de surface - 0,5 µg/l (Cr total) dans la population générale	Valeur finlandaise (Biotox 2008)

Les résultats

● Prélèvements atmosphériques

94 mesures réalisées : 60 prélèvements individuels et 34 en ambiance.

Tous les résultats sont inférieurs à la VME actuelle pour le chrome VI ($50 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Toutefois 24 % des résultats sont supérieurs à la valeur recommandée de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ par le NIOSH.

Ce constat concerne 5 établissements sur les 9 étudiés (ateliers de peinture exclus).

À noter que, dans les entreprises où il y a une activité de polissage, on observe généralement des valeurs supérieures en chrome total (poussières métalliques).

	Nombre de mesures	Référence en $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Chrome VI soluble en $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
		VME	Minimum	Maximum	Moyenne	Médiane*
Prélèvements atmosphériques	94	50	0,05	23	1,02	0,20

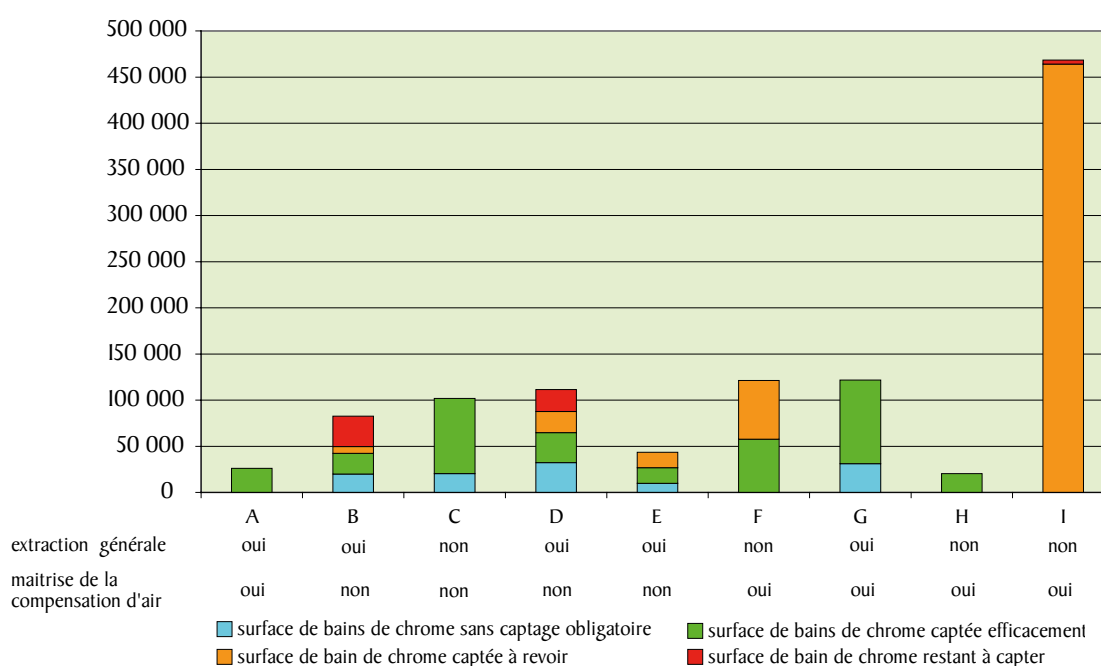
(*) la médiane est le nombre qui divise en deux parties les résultats, tel que chaque partie contient le même nombre de valeurs (ainsi 50 % des résultats sont supérieurs à la médiane et 50 % sont inférieurs).

● Ventilation

Lors du contrôle de la ventilation, on constate que, dans plus de 50 % des établissements étudiés (5 sur 9), des captages localisés au niveau des baignoires contenant du chrome VI sont inexistantes ou insuffisantes.

De plus, dans 4 établissements la maîtrise de la compensation d'air extrait n'est pas satisfaisante : elle peut générer des perturbations au niveau des captages localisés et rend ces derniers moins efficaces.

Graphique 13 - Représentation graphique des surfaces de baignoires de chrome en cm^2 en fonction du captage des baignoires existantes comparées à ceux recommandés dans le guide de ventilation du traitement de surface



Chaque barre de graphique représente la surface des bains de chrome d'une entreprise répartie selon le type de captage localisé mis en œuvre au niveau des cuves. Les couleurs utilisées rouge, orange, vert, bleu, correspondent respectivement, selon les critères du guide INRS « Cuves de traitement de surface », aux bains restant à capter, captés à revoir, captés efficacement, sans captage obligatoire.

Par exemple, dans l'établissement F, le captage de certaines cuves est à améliorer (pour la moitié des surfaces de bain de chrome), il n'y a pas d'extraction générale et la compensation d'air est maîtrisée.

Photo 5 - Cuves avec aspiration unilatérale à dossierer



Photo 6 - Cuves avec aspiration bilatérale



Photo 7 et 8 - Cuves avec aspiration et couvercle



● Prélèvements surfaciques

304 mesures réalisées : 231 sur les mains avant et après lavage et 73 sur les surfaces.

La réalisation de prélèvements surfaciques sur les mains des salariés et sur les surfaces, met en évidence que :

- des surfaces qui devraient être exemptes de pollution sont parfois fortement souillées (table de réfectoire, poignées de portes, vestiaires...),
- la contamination des mains avant lavage est souvent élevée, parfois même pour le personnel administratif,
- les mains après lavage peuvent encore présenter une contamination.

Synthèse des résultats des prélèvements surfaciques sur les mains avant lavage :

Poste	Nombre de mesures	Référence en µg	Chrome acido-soluble sur les mains avant lavage, en µg			
			Minimum	Maximum	Moyenne	Médiane*
Mise au bain	41	0,2	0,5	788	137	60
Autres postes en atelier	56	0,2	0,8	3 364	108	14
Administratif	13	0,2	0,1	56	12	6

(*) la médiane est le nombre qui divise en deux parties les résultats, tel que chaque partie contient le même nombre de valeurs (ainsi 50 % des résultats sont supérieurs à la médiane et 50 % sont inférieurs)

Synthèse des résultats de chrome obtenus sur des surfaces de matériels :

Poste	Nombre de mesures	Chrome acido-soluble surfacique, en µg/m ²			
		Minimum	Maximum	Moyenne	Médiane*
Réfectoire/table	8	0,5	31 300	3 954	39
Réfectoire/Réfrigérateur	6	0,5	1 190	340	157
Réfectoire/Micro-ondes	8	0,5	228	83	52
Vestiaires/armoires	8	21	781	297	204
Sanitaires/robinets	9	14	1 850	620	200
Bureaux attenants aux ateliers	8	7	1 150	244	27
Tables de travail en atelier	16	203	69 000	7 603	648
Téléphone	2	237	1 150		

(*) la médiane est le nombre qui divise en deux parties les résultats, tel que chaque partie contient le même nombre de valeurs (ainsi 50 % des résultats sont supérieurs à la médiane et 50 % sont inférieurs)

● Prélèvements urinaires

163 chromuries réalisées.

L'utilisation de la biométrie, qui reflète l'ensemble des voies de pénétration, permet de mettre en évidence la contamination de salariés :

- dans 4 établissements sur les 9 étudiés (soit environ 50 %), le personnel d'atelier présente des chromuries supérieures à la valeur recommandée de 5,2 µg/l (réf. finlandaise, 2008). Cela concerne 20 % des metteurs au bain,
- généralement les chromuries, y compris pour le personnel administratif, sont supérieures à la valeur de référence de la population générale de 0,5 µg/l.

Synthèse des résultats des prélèvements urinaires :

Poste	Nb de mesures	Chromuries > 5,2 µg/l	
		En nombre	En %
Mise au bain	52	10	20 %
Autres postes en atelier	82	9	11 %
Administratif	22	0	0 %
Peinture	7	2	30 %
<i>TOTAL</i>	<i>163</i>	<i>21</i>	<i>13 %</i>

Discussion

Représentation synthétique des résultats de l'étude :

Établissement	A	B	C	D	E	F	G	H	I
Résultats atm. > 50 µg/m³ (VME)									
Résultats atm. > 1µg/m³ (valeur NIOSH)									
Ventilation		(1)							
Surfacique main avant lavage									
Surfacique main après lavage									
Surfacique matériel/poste									
Surfacique matériel/locaux sociaux									
Fréquence de nettoyage locaux sociaux/semaine	5	5	2	1	0	1	3	5	3
Chromuries > 5,2 µg/l									
Nombre de personnes/étude	10	36	25	17	9	15	19	12	20
(1) concerne 1 prélèvement non représentatif (durée prélèvement = 104 mn)									

-  aucune action spécifique n'est à prendre en dehors des contrôles de suivi si toutes les possibilités raisonnables de prévention sont appliquées et si la situation n'évolue pas.
-  examen des actions de prévention et action corrective à mettre en œuvre.
-  action corrective à mettre en œuvre rapidement et suivi jusqu'à l'obtention de résultats acceptables.

Des chromuries dépassant la valeur limite recommandée sont constatées dans 4 établissements (E, F, G, I).

Dans ces établissements soit la ventilation localisée ou générale est à améliorer, soit il y a des pollutions surfaciques importantes, soit les deux.

- Pour trois d'entre eux, les captages localisés des bains sont à améliorer et les contaminations surfaciques sont élevées.
- Pour l'un d'entre eux, les captages localisés des bains sont efficaces mais les résultats surfaciques sur les mains et dans les locaux sociaux sont élevés.

Généralement, lorsqu'un problème de ventilation est constaté, les résultats atmosphériques présentent un ou plusieurs dépassements de la valeur limite de $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ recommandée par le NIOSH (Rmq : cela justifierait l'abaissement prévu de la VME).

De plus, si les aérosols ne sont pas correctement captés, ils se déposent sur les surfaces et/ou migrent vers les locaux annexes (locaux sociaux par exemple), ce qui peut expliquer en partie des résultats de prélèvements surfaciques plus élevés.

Toutefois une ventilation efficace n'est pas suffisante à elle seule. L'hygiène collective et individuelle est aussi primordiale dans la prévention des expositions au chrome VI.

La pollution des matériels dans un atelier de traitement de surface est inévitable mais des dispositions doivent permettre de la réduire. Elle représente un risque de contamination du personnel de l'atelier mais aussi des personnes extérieures qui peuvent être amenées à venir dans l'atelier (exemple du personnel administratif).

Des prélèvements surfaciques réalisés dans certains locaux sociaux ont mis en évidence des niveaux de chrome élevés, équivalent parfois à ceux trouvés dans les ateliers, alors qu'aucune manipulation de produit ne s'y fait. L'origine probable de cette pollution est soit un transfert par contact des mains ou des vêtements de travail contaminés (ex. : réfectoire) soit par le dépôt d'aérosol lié à une ventilation non efficace (extraction au niveau des bains ou réintroduction d'air par les ouvrants trop près des cheminées de rejet d'air). Il est à craindre que du personnel ne travaillant pas en atelier (administratif par exemple) puisse se contaminer s'il utilise ces locaux sociaux.

Dans un établissement où les sanitaires du personnel administratif étaient séparés de ceux du personnel de l'atelier, il a pu être constaté l'absence de contamination sur les mains du personnel administratif.

La fréquence de nettoyage indiquée par les entreprises n'est pas corrélée aux niveaux de pollution surfacique mesurée. L'étude met ainsi en évidence la nécessité de veiller aux procédures de nettoyage couplées à une fréquence adéquate.

La seule réalisation de prélèvements atmosphériques ne permet pas de mettre en évidence d'exposition dépassant la VME et peut conduire à une conclusion erronée, et par conséquent à des mesures de prévention inadaptées.

Conclusion de l'étude

- ⇒ **Le captage localisé des bains** de chrome VI est nécessaire et doit être efficace, d'autant plus que la VME du chrome VI va diminuer et qu'en présence d'un cancérigène la pollution atmosphérique doit être au niveau le plus bas possible. Des dépassements de la valeur de $1\mu\text{g}/\text{m}^3$ recommandée par le NIOSH et des chromuries élevées sont relevés dans les établissements où des problèmes de ventilation sont établis.
- ⇒ Une ventilation efficace n'est pas suffisante à elle seule, **l'hygiène collective et individuelle** sont des éléments importants à prendre en compte. Dans les établissements où des contaminations surfaciques sont élevées, les chromuries y sont généralement élevées.
- ⇒ **Il est indispensable d'utiliser l'ensemble des outils** disponible pour une évaluation du risque la plus juste possible. En effet, les mesures atmosphériques ne permettent pas à elles seules de conclure sur le niveau d'exposition des salariés.

Cette étude permet de confirmer la pertinence des contrôles proposés (ventilation, prélèvements atmosphériques, surfaciques et biologiques), d'illustrer pour les professionnels du secteur leur intérêt et leur nécessité et de proposer des axes d'amélioration de la prévention.

■ Les mesures de prévention complémentaires à la ventilation

Lorsque le chrome VI n'a pas encore pu être substitué, la ventilation générale et le captage localisé des cuves de traitement de surface restent la priorité pour réduire les risques liés au chrome VI (se référer au guide pratique de ventilation, INRS ED 651). Néanmoins, la ventilation, si elle est nécessaire, n'est pas suffisante.

Les résultats de l'étude et la possibilité d'absorption percutanée pour le chrome VI confirment que l'hygiène joue un rôle prépondérant dans la prévention des risques de contact cutané et d'ingestion.

Les recommandations en termes d'hygiène sont comparables à celles préconisées pour la prévention des expositions au plomb.

Ces recommandations sont applicables pour toutes les substances chimiques mises en œuvre en traitement de surface.

Les mesures de prévention préconisées dans ce chapitre complètent celles indiquées dans les guides INRS existants (ED 651, ED 827) auxquels il est nécessaire de se référer.

Les mesures d'hygiène collective

Une bonne hygiène repose simultanément sur la mise en œuvre d'équipements sanitaires adaptés et sur le respect de règles d'hygiène, comme indiqué ci-dessous :

● L'aménagement des locaux

- **Aménager deux locaux vestiaires**, le premier étant réservé aux vêtements de ville et le second au rangement des vêtements de travail. Des douches assurent la communication entre les deux vestiaires. Pourvoir celles-ci d'une ventilation efficace et maintenir l'ensemble des portes fermées pour éviter toute migration de poussières d'un local vers l'autre.
- **Pour faciliter leur nettoyage, les locaux doivent être réalisés en surface lisse**, de même que l'ensemble du mobilier : par exemple, proscrire les sièges en tissus, les tables en bois ou équivalents qui sont très difficiles à décontaminer.

Photo 9 - Réfectoire : revêtements sol, murs, tables et chaises faciles à nettoyer



- **Installer dans les sanitaires** des brosses à ongles, du savon liquide en distributeur fermé, commande au coude de préférence, et de l'essuie-mains jetable. Installer des robinets à commande au pied ou à infrarouge ou à cellule photoélectrique pour limiter le risque de contamination par contact de surfaces souillées.

Photo 10 - Utilisation d'absorbant jetable sur une table d'attache



● **Le nettoyage des locaux**

- **Procédures de nettoyage** des locaux : elles doivent intégrer le nettoyage régulier des surfaces en contact avec le personnel (portes et poignées de portes, tables, claviers d'ordinateurs, téléphone...).
- **Maintenir les locaux sociaux** (réfectoire, vestiaires,...) propres par un nettoyage quotidien. Les moyens utilisés pour le nettoyage des locaux de travail ne doivent pas être utilisés dans les locaux sociaux pour éviter le transfert de pollution. Par exemple :
 - prévoir deux aspirateurs (un pour l'atelier et un pour les bureaux),
 - prévoir des sanitaires côté ateliers et côté bureaux-réfectoire, le nettoyage quotidien des sanitaires est obligatoire.
 - utiliser des serpillières et chiffons à usage unique (évite la propagation de la pollution). Une solution à moindre coût consiste à prendre un seau, le remplir de chiffons propres, y mettre de l'eau en quantité suffisante pour être absorbée par les chiffons ainsi humidifiés, les utiliser un par un, au fur et à mesure de l'avancement du nettoyage ; de cette façon, le nettoyage se fait toujours avec un chiffon non contaminé par les usages antérieurs.
 Ne pas oublier de mettre les chiffons salis dans un sac étanche identifié.
- **Maintenir** les locaux de travail dans un bon état de propreté.
- **Pour toute intervention extérieure** (nettoyage, maintenance,...), signaler à l'entreprise intervenante les risques liés à l'activité, notamment la présence de chrome VI.

● **Le nettoyage des vêtements**

- **L'employeur est tenu d'assurer l'entretien des vêtements de travail.** Utiliser des sacs hydrosolubles pour mettre les vêtements sales destinés à la société de nettoyage et l'informer de la présence de chrome VI.

● **La formation du personnel**

- **Informé et formé** les salariés sur l'hygiène, le port et l'entretien des EPI.
- **Sensibiliser le personnel à la séparation stricte entre les vêtements** de travail et les effets personnels.

Photo 11 - EPI à disposition dans l'atelier



Photo - 12 Port des EPI



Les mesures d'hygiène individuelle

- **Changer fréquemment de vêtements** de travail. Respecter la séparation stricte entre les vêtements de travail et les effets personnels.
- **Se laver soigneusement** le visage, les avant-bras, les mains avec brossage des ongles avant chaque pause pour éviter tout risque de contamination par ingestion.
- **Ne pas se restaurer dans les ateliers.**
- **Ne pas se restaurer en vêtements de travail.** Manger en vêtements de ville ou en combinaison jetable neuve, fournie par l'employeur.
- **Utiliser systématiquement les douches** en fin de poste et de préférence sur le temps de travail.

Les mesures organisationnelles

- **Limitier le nombre de personnes exposées au chrome VI en séparant les zones** de travail : zone des bains/zone d'épargne, attache.../zone contrôle des pièces,...
- **Limitier la génération d'aérosols :**
 - **Éviter le séchage à la soufflette**, préférer le séchage en cuve (étuve). Le cas échéant, utiliser la soufflette dans une zone délimitée prévue à cet effet (type cabine ouverte). Rmq : le niveau sonore étant très élevé lors de l'usage de la soufflette à air comprimé, il convient d'utiliser une soufflette basse pression munie d'un silencieux.
 - **Éviter** le rinçage des pièces au jet d'eau au-dessus de la cuve de chromage par l'opérateur, générant des aérosols et le risque d'éclaboussures. Privilégier le rinçage en bain.
- **Limitier les surfaces d'évaporation** des bains : Le débit à mettre en œuvre par un captage localisé et le risque d'inhalation d'aérosol est proportionnel à la surface ouverte des bains de chrome VI. Il faut adapter la taille des bains à la taille des pièces de façon à limiter la surface d'évaporation de ceux-ci.
- **Adapter la concentration** des bains en chrome de façon à utiliser la plus faible concentration techniquement possible.

Le contrôle de l'efficacité des mesures de prévention

- **Vérifier régulièrement l'efficacité des moyens** de prévention mis en œuvre notamment par le contrôle de la ventilation, la réalisation de prélèvements atmosphériques, surfaciques, la biométrie, ...

Photo 13 - Séparation de la zone des bains



Photo 14 - Séparation de la zone de masquage



Photos 15 et 16 - Séparation des zones de travail (montage, attache)



Photo 17 - Mise au bain automatisée



Photo 18 - Étuve pour le séchage
des pièces



Photos 19 et 20 - Zone délimitée pour séchage à l'air comprimé



Photos 21 et 22 - Cuves avec aspiration et couvercle, à double compartiment superposé :
- les pièces sont introduites alors que le bain se trouve isolé
dans le compartiment inférieur



Que dit le Code du travail à ce sujet ?**– Vérifications des installations et appareils de protection**

Vérifications relatives aux agents chimiques dangereux → Article R4412-23 : L'employeur assure régulièrement la vérification et le maintien en parfait état de fonctionnement des installations et appareils de protection collective.

Arrêté du 8 octobre 1987 :**Locaux à pollution spécifique**

Au minimum tous les ans :

- contrôle du débit global d'air extrait par l'installation ;
- contrôle des pressions statiques ou des vitesses aux points caractéristiques de l'installation, notamment au niveau des systèmes de captage ;
- examen de l'état de tous les éléments de l'installation (système de captage, gaines, dépoussiéreurs, épurateurs, systèmes d'apport d'air de compensation ...)

Locaux à pollution non spécifique

Au minimum une fois par an :

- contrôle du débit global d'air neuf de l'installation ;
- examen de l'état des éléments de l'installation (système d'introduction et d'extraction, gaines, ventilateurs) et plus particulièrement de la présence et de la conformité des filtres de rechange par rapport à la fourniture initiale (caractéristique, classe d'efficacité), de leurs dimensions, de leur perte de charge ;
- ...

– Contrôle des valeurs limites d'exposition professionnelle concernant les agents chimiques dangereux et CMR

Décret n° 2009-1570 du 15 décembre 2009 relatif au contrôle du risque chimique sur les lieux de travail

→ Article R4412-27 relatif aux agents chimiques dangereux :

« L'employeur procède de façon régulière au mesurage de l'exposition des travailleurs aux agents chimiques dangereux présents dans l'atmosphère des lieux de travail.

Lorsque des valeurs limites d'exposition professionnelle ont été établies pour un agent chimique dangereux, l'employeur fait procéder à des contrôles techniques par un organisme accrédité.

Ces contrôles techniques sont effectués au moins une fois par an et lors de tout changement susceptible d'avoir des conséquences néfastes sur l'exposition des travailleurs. »

→ Article R4412-76 relatif aux agents CMR :

«L'employeur procède de façon régulière au mesurage de l'exposition des travailleurs aux agents cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction présents dans l'atmosphère des lieux de travail.

Lorsque des valeurs limites d'exposition professionnelle ont été établies pour un agent cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction, l'employeur fait procéder à des contrôles techniques par un organisme accrédité.

Ces contrôles techniques sont effectués au moins une fois par an et lors de tout changement susceptible d'avoir des conséquences néfastes sur l'exposition des travailleurs.»

– **Contrôle des valeurs limites biologiques**

Décret n° 2009-1570 du 15 décembre 2009

→ Article R4412-51 :

«Le médecin du travail prescrit les examens médicaux nécessaires à la surveillance biologique des expositions aux agents chimiques. Le travailleur est informé par le médecin des résultats de ces examens et de leur interprétation. »

→ Article R4724-15 :

« Les analyses destinées à vérifier le respect des valeurs limites biologiques fixées par décret sont réalisées par un organisme accrédité dans ce domaine. »

Supprimer ou substituer un agent cancérogène lorsque c'est techniquement possible est la première mesure prescrite par le décret CMR.

Le chrome VI étant cancérogène, sa suppression ou sa substitution doit être recherchée en priorité, en fonction de l'évolution des techniques disponibles.

Cependant, la substitution est une démarche généralement complexe, difficile chez les entreprises sous-traitantes et les TPE. Elle nécessite l'implication des donneurs d'ordres et la mobilisation des branches professionnelles, des fournisseurs et des préventeurs.

Ainsi, la substitution n'est pas toujours réalisée alors même que des alternatives existent.

Ce guide a permis de faire le bilan des alternatives au chrome VI connues à ce jour pour inciter et aider les entreprises dans la décision d'une substitution (voir encadré).

Dans les cas où la substitution du chrome VI n'est pas encore possible, des mesures de prévention doivent être mises en œuvre par l'entreprise et l'efficacité de ces mesures doit être contrôlée régulièrement.

Pour cela, plusieurs outils sont disponibles : bilan ventilation, prélèvements atmosphériques, surfaciques, prélèvements biologiques. Le prélèvement atmosphérique seul n'est pas adapté à l'évaluation de l'exposition de salariés au chrome VI dans les ateliers de traitement de surface car il ne reflète que l'exposition par voie respiratoire qui n'est pas toujours prépondérante dans ce type d'exposition. La biométrie et le prélèvement surfacique sont des indicateurs complémentaires nécessaires permettant la mise en évidence de la contamination par voies respiratoire, cutanée et digestive.

Ainsi les résultats présentés montrent tout l'intérêt de la mise en œuvre des différents outils d'évaluation, lorsqu'ils sont disponibles, pour évaluer de façon pertinente l'exposition à un cancérogène et pour améliorer toujours plus la prévention dans l'objectif d'atteindre le niveau d'exposition le plus bas possible, objectif demandé par la réglementation, et nécessaire face à une substance cancérogène.

L'application des mesures de prévention proposées dans ce document permettra de contribuer à cet objectif (voir Partie 3).

La ventilation des installations est indispensable et doit être vérifiée et entretenue régulièrement mais ne suffit pas, des mesures d'hygiène collective, individuelle et des mesures organisationnelles doivent aussi être mises en œuvre.

Aide à la décision

Pour inciter et aider les entreprises dans la décision d'une substitution du chrome VI, les recommandations peuvent être résumées ainsi.

La substitution doit être envisagée quand une alternative au chrome VI est possible.

- passivation bichromatée sur zinc :

Il y a des substitutions largement appliquées : avez-vous envisagé d'utiliser une passivation à base de chrome trivalent ?

- colmatage de l'aluminium au bichromate :

Substitution possible dans 50 % des cas : votre donneur d'ordre a-t-il homologué un autre procédé ?

- chromage décor :

Substitution possible mais problème de teinte : le bain de chrome trivalent peut-il répondre au cahier des charges ?

- chromage dur :

Pas ou peu de substitution : seul votre client peut repenser le cahier des charges

- revêtement lamellaire :

Il y a des formulations ne contenant pas de chrome VI : pouvez-vous les mettre en œuvre ?

- décapage sulfo-chromique sur plastique :

Pas de substitution : est-il possible de diminuer la concentration des bains ?

Lors de réponse à appel d'offres, pensez à proposer à votre client la substitution en rappelant que l'utilisation de chrome VI est visée par le décret CMR du 1^{er} février 2001.

Les branches professionnelles, en incitant leurs adhérents, peuvent soit contribuer à ce qu'ils mentionnent dans leurs appels d'offres l'exclusion de produits ou procédés CMR, soit les amener à dissuader leurs clients d'acheter un produit CMR tout en leur offrant d'autres possibilités.

Dans le cadre de conventions « CMR » signées avec le Ministère du Travail, la CNAMTS et l'INRS, trois branches professionnelles, l'UIMM, l'UIC et la FIPEC se sont engagées depuis avril 2008 à de telles actions.

En cas de non substitution, l'entreprise ou le donneur d'ordre doit fournir une justification documentée.

Et dans ce cas, il faut alors évaluer l'efficacité des mesures de prévention mises en place, dans l'attente d'une substitution possible.

-  Trioxyde de chrome. INRS Fiche Toxicologique n° 1
-  Guide pratique de ventilation n° 2 : Cuves de traitement de surface. INRS ED 651
-  Atelier de traitement de surface. Prévention des risques chimiques. Santé et sécurité des personnes. INRS ED 827
-  Ateliers de traitement de surface : Guide d'identification des cuves, canalisations et équipements. INRS ED 794
-  Ateliers de traitement de surface : Concevoir en sécurité intégrée. Création, extension, modification. INRS ED 848
-  Prévention du risque chimique dans les activités de traitement de surface. CNAMTS. Recommandation R 442
-  Le risque chimique percutané. CRAMIF DTE 211
-  Biotox : Guide biotoxicologique pour le médecin du travail. INRS ED 791
-  Installations sanitaires des entreprises. INRS TJ11
-  Décret 2001-97 dit « CMR » du 1^{er} février 2001
-  Décret risque chimique 2003-1254 du 23 décembre 2003
-  CETIM (Centre technique des industries mécaniques) : délégation régionale, 52 Avenue Félix Louat, BP 80067, 60304 SENLIS CEDEX - Tél. : 03 20 99 46 37 - Fax : 03 20 99 24 16
-  UITS (Union des Industries du traitement de surface) : 39-41 rue Louis Blanc - 92400 COURBEVOIE - Tél. : 01 47 17 64 35
-  La substitution des agents chimiques dangereux. INRS ED 6004
-  www.substitution-cmr.fr
-  Circulaire DGT 2010/03 du 13 avril 2010 relative au contrôle du risque chimique sur les lieux de travail

Annexe 1 :
TABLEAUX DE MALADIES PROFESSIONNELLES
 (Régime général de la sécurité sociale)

Régime général - Tableau 10

Ulcérations et dermites provoquées par l'acide chromique, les chromates et bichromates alcalins, le chromate de zinc et le sulfate de chrome

Date de création : décret du 12 juillet 1936

**Dernière mise à jour :
décret du
11 novembre 2003**

Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste indicative des travaux susceptibles de provoquer ces maladies
Ulcérations nasales	30 jours	Préparation, emploi, manipulation de l'acide chromique, des chromates et bichromates alcalins, du chromate de zinc et du sulfate de chrome, notamment : - Fabrication de l'acide chromique, des chromates et bichromates alcalins ; - Fabrication de pigments (jaune de chrome, etc.) au moyen de chromates ou bichromates alcalins ; - Emploi de bichromates alcalins dans le vernissage d'ébénisterie ; - Emploi des chromates ou bichromates alcalins comme mordants en teinture ; - Tannage au chrome ; - Préparation, par procédés photomécaniques, de clichés pour impression ; - Chromage électrolytique des métaux.
Ulcérations cutanées chroniques ou récidivantes	30 jours	
Lésions eczématiformes récidivant en cas de nouvelle exposition au risque ou confirmées par un test épicutané.	15 jours	

Régime général - Tableau 10 bis

Affections respiratoires provoquées par l'acide chromique, les chromates et bichromates alcalins

Date de création : décret du 22 janvier 1982

Dernière mise à jour :
décret du
11 février 2003

Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste indicative des travaux susceptibles de provoquer ces maladies
Rhinite récidivant en cas de nouvelle exposition au risque ou confirmée par test.	7 jours	Chromage électrolytique des métaux.
Asthme objectivé par explorations fonctionnelles respiratoires récidivant en cas de nouvelle exposition au risque ou confirmé par test.	7 jours	Fabrication, manipulation, emploi de chromates et bichromates alcalins.

Régime général - Tableau 10ter

Affections cancéreuses causées par l'acide chromique et les chromates et bichromates alcalins ou alcalinoterreux ainsi que par le chromate de zinc

Date de création : décret du 22 juin 1984

Dernière mise à jour :
décret du
11 février 2003

Désignation des maladies	Délai de prise en charge	Liste indicative des travaux susceptibles de provoquer ces maladies
A. Cancer bronchopulmonaire primitif.	A. 30 ans (sous réserve d'une durée d'exposition de 5 ans)	A. - Fabrication manipulation et conditionnement de l'acide chromique, des chromates et bichromates alcalins; - Fabrication de chromate de zinc; - Travaux de mise au bain dans les unités de chromage électrolytique dur.
B. Cancer des cavités nasales.	B. 30 ans (sous réserve d'une durée d'exposition de 10 ans)	B. - Fabrication, manipulation et conditionnement de l'acide chromique, des chromates et bichromates alcalins; - Fabrication du chromate de zinc.

Annexe 2 : Quelques définitions techniques

Cémentation gazeuse : La cémentation est un traitement thermochimique d'enrichissement superficiel par diffusion pour atteindre sur des aciers à bas carbone une teneur en carbone superficielle de l'ordre de 0,6 à 0,9%. Elle s'effectue en milieu gazeux riche en CO, à des températures comprises entre 900 et 950 °C.

La cémentation ne peut être réalisée que sur certains aciers alliés.

La shérardisation est une cémentation par le zinc.

HVOF : (High Velocity Oxy-Fuel ou Projection par Flamme Supersonique) : Le procédé HVOF est un cas particulier de la projection thermique classique. Cette technique permet de projeter à une température de 2000°C de fines particules à l'état liquide, pâteux ou solide sur un substrat. La vitesse d'éjection des gaz très importante, permet un dépôt compact.

PVD (Physical Vapor Deposition) : Les dépôts sous vide regroupent différentes techniques (pulvérisation, évaporation, pulvérisation cathodique) permettant de réaliser sous faible pression et à basse température toutes sortes de revêtements (métaux, alliages, céramiques, ...). Ce procédé est non polluant : il permet de traiter n'importe quel type de substrat. En revanche, il subsiste quelques inconvénients comme une faible vitesse de dépôt (5 microns/heure) et la difficulté de traiter des alésages de faibles diamètres. De plus, ce procédé réalisé dans une enceinte sous vide, ne permet pas de traiter des pièces de grande dimension et en continu. Son automatisation et son rendement demeurent un frein à son développement.

[illegible]

Notes

CAISSE RÉGIONALE D'ASSURANCE MALADIE D'ILE-DE-FRANCE

DIRECTION RÉGIONALE DES RISQUES PROFESSIONNELS

PRÉVENTION DES RISQUES PROFESSIONNELS

17-19 place de l'Argonne - 75019 PARIS

prevention.atmp@cramif.cnamts.fr

**EN FONCTION DU LIEU D'IMPLANTATION DE VOTRE ÉTABLISSEMENT
PRENEZ CONTACT AVEC L'ANTENNE PRÉVENTION
DE VOTRE DÉPARTEMENT**

■ 75 - PARIS

☎ 01 40 05 38 16 - Fax 01 40 05 38 13
antenne75.prevention@cramif.cnamts.fr

■ 77 - DAMMARIÉ-LES-LYS

☎ 01 64 87 02 60 - Fax 01 64 37 12 34
antenne77.prevention@cramif.cnamts.fr

■ 78 - VERSAILLES

☎ 01 39 53 41 41 - Fax 01 39 51 06 24
antenne78.prevention@cramif.cnamts.fr

■ 91 - EVRY

☎ 01 60 77 60 00 - Fax 01 60 77 10 05
antenne91.prevention@cramif.cnamts.fr

■ 92 - NANTERRE

☎ 01 47 21 76 63 - Fax 01 46 95 01 94
antenne92.prevention@cramif.cnamts.fr

■ 93 - PANTIN

☎ 01 49 15 98 20 - Fax 01 49 15 00 07
antenne93.prevention@cramif.cnamts.fr

■ 94 - CRETEIL

☎ 01 42 07 35 76 - Fax 01 42 07 07 57
antenne94.prevention@cramif.cnamts.fr

■ 95 - CERGY PONTOISE

☎ 01 30 30 32 45 - Fax 01 34 24 13 15
antenne95.prevention@cramif.cnamts.fr

SERVICES FONCTIONNELS

▲ ÉTUDES TECHNIQUES ET ASSISTANCE EN PRÉVENTION

☎ 01 40 05 38 32 - Fax 01 40 05 38 39 - etudes.prevention@cramif.cnamts.fr

▲ HYGIÈNE INDUSTRIELLE ET PATHOLOGIE PROFESSIONNELLE

☎ 01 40 05 38 30 - Fax 01 40 05 38 67 - hipp.prevention@cramif.cnamts.fr

▲ FORMATION

☎ 01 40 05 38 50 - Fax 01 40 05 38 64 - formation.prevention@cramif.cnamts.fr

▲ MÉDIATHÈQUE

☎ 01 40 05 38 19 - Fax 01 40 05 39 92 - espace.prevention@cramif.cnamts.fr

TARIFICATION DES RISQUES PROFESSIONNELS

17-19, avenue de Flandre - 75019 PARIS

tarification.atmp@cramif.cnamts.fr

- Votre interlocuteur sur les services en ligne :
☎ 01 40 05 37 57 - Fax 01 40 05 68 33
Courriel : serviceenligne.atmp@cramif.cnamts.fr
- Vous souhaitez un examen personnalisé des éléments
composant votre cotisation AT/MP : ☎ 01 40 05 37 54
- Vous souhaitez consulter votre taux de cotisation AT/MP
ou votre compte employeur :
www.cramif.fr/Calculer les cotisations AT/MP

RÉPARATION DES RISQUES PROFESSIONNELS

17-19, place de l'Argonne - 75019 PARIS

reparation.atmp@cramif.cnamts.fr

- Vous désirez des informations sur :
- l'allocation de cessation anticipée d'activité
des travailleurs de l'amiante :
☎ 01 40 05 28 42 - Fax 01 40 05 32 65
 - le registre de déclarations d'accidents de travail bénins :
☎ 01 40 05 38 56 - Fax 01 40 05 68 82



Caisse Régionale d'Assurance Maladie d'Ile-de-France
17-19 Avenue de Flandre 75954 PARIS CEDEX 19

www.cramif.fr

**Direction Régionale
des Risques Professionnels**