

conservation-restauration des biens culturels



Cahier technique N° 25

Le plomb dans les chantiers de conservation-restauration

actes de la journée d'études
25 mai 2018

Charenton-le-Pont 2018

Association des restaurateurs d'art et d'archéologie
de formation universitaire

ARAAFU

2020

CT N° 25

RELECTURE ET CORRECTIONS

Pascale Le Roy-Lafaurie
Caroline Relier
Silvia Pain

COUVERTURE

Silvia Pain

MAQUETTE ET MISE EN PAGE

Laurent Tournier

ISBN : 978-2-907465-30-9

Avant-propos

Ces dernières années ont été marquées par un tournant dans la prise de conscience des risques liés au plomb sur les chantiers de conservation-restauration, notamment avec les chantiers parisiens lancés au Panthéon, à la Bourse du Commerce ou encore à l'église Saint-Germain-des-Prés. De nouvelles questions se posent quant aux mesures de prévention et à la surveillance sanitaire à mettre en place. L'ARAAFU a voulu convier le 25 mai 2018 des professionnels de la conservation-restauration et du service Prévention des risques professionnels de la Caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France pour faire un état des lieux concernant les effets du plomb sur la santé et la réglementation en vigueur. Cette journée était également l'occasion d'un retour d'expériences de conservateurs-restaurateurs de différentes spécialités – peinture, vitrail, métal – illustrant la diversité des travaux concernés par cette problématique.

L'ANSES a publié récemment, en juillet 2019, de nouvelles recommandations sur les valeurs biologiques d'exposition au plomb en milieu professionnel : celles-ci ont en effet été revues à la baisse. Cette mise à jour est présentée dans l'encart proposé à la page suivante.

Nous espérons que ces actes permettront de donner des clés pour améliorer la prévention de ce risque, encore méconnu dans notre secteur.

Nous remercions vivement la Médiathèque de l'Architecture et du Patrimoine pour son accueil chaleureux dans ses locaux de Charenton-le-Pont, ainsi que tous les auteurs pour leur participation.

NINA ROBIN

ALERTE INFO
Juillet 2019

Des valeurs biologiques d'exposition au plomb en milieu professionnel revues à la baisse !

Saisie le 11 mars 2013 par la direction générale du travail (DGT) pour mener des travaux d'expertise sur les valeurs limites réglementaires d'exposition professionnelle au plomb, l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES) a rendu son avis et publié ses recommandations durant l'été 2019.

La mise en évidence, par des tests neurocomportementaux, d'effets neurologiques du plomb au-delà d'un taux de plombémie de 210 µg/l de sang conduit l'ANSES à recommander désormais une valeur de **180 µg/l comme nouvelle Valeur Limite Biologique***. La toxicité du plomb chez le fœtus étant avérée, l'ANSES recommande aux femmes susceptibles d'être enceintes de ne pas dépasser une **valeur biologique de référence ** de 45 µg/l de sang**.

Par ailleurs l'Anses souligne que, compte tenu du classement du plomb comme toxique pour la reproduction et de l'absence de seuil de toxicité identifié à ce jour, notamment pour ces effets reprotoxiques, **l'exposition, lorsqu'elle ne peut être évitée, doit être réduite au niveau le plus faible possible.**

De toute évidence, le risque plomb doit être pris en compte et les mesures de prévention mises en place !

Pour en savoir plus : <https://www.anses.fr/fr/system/files/VLEP2013SA0042.pdf>

** Valeur au-delà de laquelle le travailleur ne doit plus être exposé au plomb et qui impose que tout travail soit arrêté aux postes concernés, jusqu'à la mise en œuvre des mesures propres à assurer la protection des travailleurs*

*** Valeur faisant référence à la population générale ou à une population de témoins non professionnellement exposés à l'agent chimique étudié*

Sommaire

- 2 NINA ROBIN**
Avant-propos
- 5 MARIE-HÉLÈNE DIDIER**
Le ressenti des acteurs du patrimoine, mythes et réalités
- 10 JULIETTE ROLLIER-HANSELMANN**
De la maladie des peintres à celle des restaurateurs d'art : bilan d'une enquête de toxicité du plomb
- 21 AUDE BOGEY**
Démarche de prévention et chantier test
- 24 DR. CAROLE MORNEAU**
Plomb et risques pour la santé
- 27 FABRICE MATTY**
Expositions professionnelles au plomb et réglementation
- 32 LORETTA ROSSETTI, ELODIE GUILMINOT**
Évaluation des risques associés au plomb en atelier de conservation-restauration
- 37 AURÉLIE RÈGUE**
Équipement et sécurité face au plomb dans un établissement de formation en vitrail
- 39 MÉLANIE CHÂTEAU ET THOMAS BONZOM**
Démarche de prévention dans un atelier de vitrail d'un lycée professionnel
- 41 GÉRALDINE FRAY**
La dépose de toiles marouflées à la céruse : cas pratiques de mise en œuvre d'interventions en contexte plomb
- 51 AUDE BOGEY**
Sources et situations d'exposition au plomb en restauration d'art
- 62 JEAN-BERNARD MEMET ET PHILIPPE DE VIVIÈS**
Essais comparatifs de décapage de peinture au plomb sur éléments métalliques (gare d'Austerlitz) et béton (*Le Cyclope*, Jean Tinguely et Niki de Saint-Phalle)
- 71 BARBARA BRUNET-IMBAULT**
Nettoyage d'œuvres en pierre. Phase test pour la mise au point des protocoles de nettoyage en présence de plomb
- 77 NINA ROBIN, PAULINE PARFAIT ET SILVIA PAÏN**
Bibliographie

LE RESSENTI DES ACTEURS DU PATRIMOINE, MYTHES ET RÉALITÉS

MARIE-HÉLÈNE DIDIER

Résumé En 2013 le chantier du Panthéon est arrêté en raison de la présence du plomb sur les façades. Depuis, la présence du plomb sur les chantiers est prise en compte mais les recommandations en matière de protection sont inégales. Quel est le ressenti des acteurs du patrimoine face à ces contradictions? Le plomb est un matériau présent dans les techniques anciennes. Les conseils sont-ils adaptés à la spécificité du monument historique? Les méthodes de déplombage s'accordent-elles à la fragilité du monument historique? Peut-on séparer artificiellement le chantier de son environnement? Un dialogue serein doit s'instaurer entre santé et culture.

Cette introduction est tirée de celle faite lors de la première journée sur le plomb organisée par l'ICOMOS et la compagnie des architectes en chef des Monuments historiques en 2017. J'avais interrogé alors les acteurs du patrimoine, maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entreprises, restaurateurs. Je les remercie à nouveau. J'ai étendu mon enquête aux régions autres que l'Île-de-France. Mon but est de livrer les ressentis vis-à-vis de ce qui est arrivé, de ce qui a été exigé, les interrogations et les incompréhensions. Quelle est la réalité de la réglementation existante? Ces témoignages, sans photographie ni lieux, resteront anonymes pour éviter toute polémique.

Une prise de conscience

Le premier chantier, le seul nommé, dont l'organisation a été bouleversée par la prise en compte de la présence de plomb sur les façades, a été celui du Panthéon, il y a maintenant cinq ans. La première question, pour laquelle je n'ai toujours pas de réponses, est pourquoi cette prise en compte de la présence de plomb sur les façades s'est-elle faite de manière soudaine? Quelle en a été la cause? Depuis longtemps certaines entreprises sont en contact direct avec le plomb : les couvreurs et les maîtres-verriers. Elles prennent en compte cette composante pour leur personnel dans leur intervention sur site ou en atelier, qui sont aménagés en conséquence. Les plombémies sont surveillées. Le travail avec la CRAM se fait en concertation afin d'établir avec pragmatisme et maîtrise les meilleures conditions de travail. Les entreprises demandent qu'on leur fasse confiance mais comprennent qu'il faut sanctionner si les précautions ne sont pas prises. Les chefs d'entreprise n'ont pas intérêt à mettre en danger leurs salariés. Que s'est-il donc passé? Y a-t-il eu des complications antérieures sur certains chantiers? Nous n'en avons pas eu connaissance. Certaines entreprises auraient-elles eu des difficultés sur le sujet? La soudaineté a surpris tout le monde.

Les effets du plomb sur la santé

La seconde question est l'effet du plomb pour l'être humain. Son effet nocif est reconnu. Des taux sont fixés sur la présence acceptable de plomb dans le sang; la plombémie existe depuis longtemps. Cette prise en compte intervient après le désastre de l'amiante et sa détection trop tardive aux conséquences mortelles. Mais l'amiante a eu un usage limité dans le temps. Son éradication est identifiée. Le plomb est plus complexe car il est utilisé anciennement dans certaines techniques comme les peintures à la céruse ou au minium de plomb. Les couvertures en plomb sont multiples dans les monuments historiques. Les précautions sont prises, en principe, sur ce type d'intervention. Le maître d'ouvrage doit vérifier les attestations de plombémie et de formation suivie par les entreprises. Mais maintenant on incrimine les dépôts de plomb dus à la pollution ambiante. Quelle est leur nocivité sur les intervenants, sur leurs taux de plombémie et sur les alentours du chantier? On constate chez les restaurateurs indépendants et les toutes petites entreprises un manque criant d'information. Les mises aux normes des ateliers, en particulier chez les restaurateurs de vitraux, sont parfois difficiles à mener par manque de place et de moyens financiers. L'interrogation porte également sur les expositions temporaires au plomb, pour les visiteurs occasionnels.

D'où la question suivante concernant les seuils de pollution atteints lors des tests et contrôles de chantiers sur les monuments historiques eux-mêmes, sols et murs. La réglementation repose sur une recommandation de l'Institut national de recherche et de sécurité, l'INRS, avec un taux à ne pas dépasser. Elle concerne les bâtiments construits avant 1949 et les seuils fixés sont basés sur des matériaux contenant du plomb, essentiellement les peintures, suite à la prise en compte des risques dans les logements insalubres et le développement du saturnisme chez les jeunes enfants qui inhalaient ou touchaient une peinture dégradée. Les précautions nécessaires sont claires et déterminées par le diagnostic du risque d'intoxication par le plomb des peintures, le DRIPP, réalisé par fluorescence X concernant les peintures anciennes. Ce diagnostic plomb peut être complété au fur et à mesure du chantier et des démolitions. Il faut choisir un bon diagnostiqueur.

Mais qu'en est-il du taux de plomb demandé lors de la restauration de façades? Est-ce comparable? On a appliqué la réglementation pour des matériaux contenant du plomb à des matériaux qui en reçoivent. Les poussières de plomb sont dues à la pollution, un agent extérieur impossible à maîtriser. On ne vit pas dans un monde aseptisé. Doit-on rendre le monument plus propre que son environnement? A-t-on comparé ces résultats avec les surfaces alentour? Est-il normal de séparer de manière totalement artificielle le chantier et les abords? Quel taux est acceptable par rapport à l'air ambiant? Des tests lingettes sont pratiqués au début du chantier pour déterminer le point dit 0 avant intervention. Des tests lingettes libératoires sont faits pendant et en fin de chantier pour permettre le démontage de l'échafaudage. Le choix de leurs emplacements est fait avec le coordinateur en matière de sécurité et de protection de la santé, le CSPS. Le test lingette est-il adapté à nos édifices? Selon les emplacements, trouve-t-on les mêmes taux? Qu'en est-il si l'on trouve des taux différents, au-dessus et au-dessous du seuil? Estime-t-on alors que l'ensemble du chantier est pollué et non certaines parties? Le plomb des toitures influe-t-il sur les résultats des tests lingettes?

Les tests ne sont plus faits uniquement sur les sols mais également sur les façades. Si l'on est au-dessus du seuil les dispositions à prendre sont considérables, alors que juste au-dessous, soit rien n'est demandé, soit on demande de prendre quand même des précautions identiques à un taux dépassé, d'où l'incompréhension des intervenants qui ne savent plus que

penser devant ces demandes contradictoires qui m'ont encore été rapportées récemment. Les précautions progressives sont inexistantes. Il a été constaté que des façades récemment nettoyées étaient plus plombées que des façades proches non encore nettoyées. Que pensez de cela? Des échafaudages neufs arrivent plombés sur les chantiers. L'individu arrive-t-il aussi recouvert de plomb sur le chantier?

Interlocuteurs et partenaires

La quatrième question concerne les interlocuteurs des chantiers, CSPS, contrôleurs de sécurité de la CRAM¹ et inspecteurs du travail. Le dialogue est souvent difficile voire impossible, avec un sentiment très fort de suspicion ou de mise en cause quelles que soient les propositions des entreprises. Les protections demandées sont jugées hors normes par les acteurs du patrimoine et parfois différentes d'un interlocuteur à l'autre. Si elles ne sont pas appliquées, le chantier est arrêté souvent dans l'incompréhension. Les CSPS sont quelquefois complètement tétanisés par les demandes de la CRAM, ce qui entraîne des surenchères dans les installations demandées, soit un surcoût de 15 à 20 %. Trouver des interlocuteurs compétents peut obliger à changer de CSPS en cours de chantier pour en trouver un avec expérience plomb. On a l'impression qu'un immense parapluie de précautions est déployé. Aucune instance de dialogue n'existe, les décisions sont unilatérales.

On constate que pour le moment le problème est essentiellement parisien, sur des chantiers emblématiques avec des maîtres d'ouvrages riches et des entreprises très importantes. Les quelques chantiers concernés en province sont également des chantiers importants ou n'ont affecté que des chantiers de vitraux ou de peinture. Les petits chantiers ne semblent pas impactés et, lorsque l'on passe dans la rue, on remarque que souvent, sur ces derniers, les intervenants ont des EPI plus que basiques et que la poussière se répand partout. L'existence d'une mise en concurrence forte entre les maîtres d'œuvre et les entreprises a fait venir sur le marché parisien de nouveaux interlocuteurs qui ont l'impression d'arriver sur une autre planète lorsqu'on leur parle des précautions à prévoir face au plomb.

Les maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre, entreprises et restaurateurs essaient de se former, mais la difficulté est de trouver des formateurs compétents à la fois sur le plomb et sur les monuments historiques. Des maîtrises d'œuvre spécialisées sur le plomb apparaissent, mais sont-elles adaptées au monument historique? Les interprétations des tests lingettes sont diverses selon les interlocuteurs et donc les conséquences variables. Que faire lorsque la méthodologie et l'intervention à la fois du CSPS et du contrôleur de sécurité de la CRAM changent la donne à la seconde ou troisième tranche et interrompent le chantier alors qu'il ne s'était rien passé auparavant?

Les mesures à mettre en œuvre

L'interrogation suivante porte sur les mesures à mettre en œuvre sur les chantiers. Les maîtrises d'ouvrage et les maîtres d'œuvre essaient de prendre en compte cette nouvelle donne dans leur descriptif de travaux afin de ne pas voir les chantiers arrêtés, source de pertes financières importantes, de désorganisation des calendriers, de mise en péril des entreprises ayant répondu à l'appel d'offre par le bouleversement de leur carnet de commandes. Les chantiers

¹ CRAM, Caisse régionale d'assurance maladie ; CRAMIF : Caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France.

doivent désormais prévoir des protections individuelles, ce qui étaient déjà souvent le cas auparavant, des sas de décontamination, un confinement total, la récupération des déchets et l'évacuation en décharge spéciale. Les EPI sont indispensables, personne ne remet en cause leur utilité. Les restaurateurs indépendants déclarent qu'ils font maintenant plus attention qu'autrefois, en particulier lors du dégagement de décors anciens recouverts par des peintures modernes à base de plomb. Mais là encore nous sommes face à un matériau constitué de plomb. Les nouvelles générations qui sortent des écoles sont habituées dès leurs études à mettre des EPI; il y a trente ans, beaucoup ne portaient pas de gants lors de l'application des produits. Mais ces protections doivent peut-être aussi évoluer car elles tiennent chaud, sont parfois compliquées à mettre, engendrent des difficultés à se mouvoir, des douleurs lombaires, des risques de chute, de déshydratation ou des dangers cardio-vasculaires. Les conditions de travail sont pénibles. Malheureusement le domaine de la restauration est un trop petit marché. Les EPI à ventilation assistée existent depuis longtemps dans les entreprises, avec la méthode du micro-gommage, quel que soit le type de poussière.

Les restaurateurs ont cependant l'impression que les protections collectives sont exagérées pour les poussières contenant du plomb, non pour les protections individuelles. La question posée par les intervenants est l'influence de certaines mesures sur la santé? Certaines demandes n'engendrent-elles pas d'autres risques? Tout le monde connaît les sur-chaussures en forme de bottes qui glissent immédiatement lorsqu'on les met. Les risques de chute lorsque l'on monte un escalier ou une échelle sont permanents. Le confinement est une des mesures les plus généralement demandées avec l'installation de sas. Comment faire si, pour des raisons techniques comme la stabilité du monument, on ne peut le réaliser? Le confinement associé à la présence d'eau et de chaleur peut entraîner d'autres désagréments sur le chantier, moisissures, odeurs désagréables. On supprime un mal et on en crée un autre. Les bâches épaisses sont là aussi pour empêcher le plomb de sortir du chantier. On parle uniquement de pollution à l'intérieur du chantier et de ses conséquences sur la base vie mais a-t-on étudié l'impact de la pollution extérieure au chantier sur le chantier lui-même et sur la base vie? Des tests lingettes pratiqués à l'extérieur des chantiers montrent que la pollution au plomb pulvérise les normes. Quelle est la volatilité des poussières de plomb dues à la pollution? Lorsqu'on les met en mouvement, jusqu'où vont-elles? Sur le sol du chantier ou dans l'air plus loin.? Si c'est sur le sol, fait-on la différence entre la concentration de plomb à l'intérieur et à l'extérieur du chantier? Est-il normal que l'on distingue de manière théorique l'air que l'on respire sur la base vie donc en dehors du chantier lui-même et celui à l'extérieur de toutes ces zones? Cela me rappelle le nuage de Tchernobyl qui s'était arrêté juste à la frontière française.

Les méthodes de déplombage des façades se développent mais les estimations financières sont différentes d'une entreprise à une autre. Des solutions innovantes sont testées, aspiration-extraction, ventouse, *peeling*. Faut-il séparer le déplombage du nettoyage? Risque-t-on d'endommager le support? Les maîtres d'ouvrage choisissent en fonction de leurs chantiers précédents. La solution apportée actuellement est le chantier test en début de travaux et le contrôle de l'air aspiré par les intervenants. Mais comment l'adapter au code des marchés publics? Un chantier arrêté est un gouffre financier. Le chantier test est sécurisant pour le maître d'ouvrage pour montrer qu'il maîtrise le sujet. Que se passe-t-il si des éléments de sculpture ou de peinture ont besoin de pré-consolidations? Comment se comporter face aux matériaux poreux comme le bois avec une pénétration à cœur du plomb? Joue-t-on aux apprentis sorciers alors que nous avons des protocoles de nettoyage reconnus pour leur

efficacité et leur innocuité sur le monument? Comment traiter la spécificité d'authenticité des matériaux, propre aux monuments historiques? On ne peut pas toujours encapsuler les peintures anciennes. Lors de la restauration de peintures murales, le plomb est présent comme matériau endogène. Les précautions doivent-elles être les mêmes que lorsqu'on décape des peintures au plomb? Aucune différence n'est faite par les interlocuteurs entre des peintures murales que l'on conserve et qui contiennent du plomb et celles que l'on va enlever. Le risque est-il le même?

Conclusion

Malheureusement, malgré les précautions prises, un incident est toujours possible. On constate que chacun rejette la faute sur l'autre, les entreprises sur le maître d'ouvrage et le maître d'œuvre avec un CCTP non réaliste, le maître d'œuvre et le maître d'ouvrage sur l'entreprise qui n'a pas respecté les consignes de sécurité et les entreprises entre elles. Les interfaces sont parfois difficiles à gérer entre deux corps de métier. Faut-il avoir un gestionnaire plomb sur le chantier, une assistance à maîtrise d'ouvrage sur le sujet? Toutes les entreprises n'ont pas l'habitude du protocole plomb et l'ensemble du chantier en pâtit, avec parfois une re-contamination du chantier et de grandes difficultés pour nettoyer l'échafaudage et, en particulier, les parties bois qui finissent par être remplacées car on ne trouve pas de solution. Enfin certains se sont posé la question de la récupération des déchets et de leur traitement. Que fait-on de tous ces sacs?

Un dialogue doit être établi entre les différents partenaires, culture et santé. Il faut tendre à des normalisations cohérentes et adaptées. Il est regrettable que depuis le Panthéon on en soit toujours à expérimenter diverses méthodes et que les chantiers soient toujours arrêtés ou sous la menace permanente d'un tel acte. Les acteurs du patrimoine se sentent désespérément seuls et abandonnés depuis cinq ans. Il faut que chacun comprenne les enjeux de l'autre pour aboutir à des actions équilibrées et raisonnables, loin du sentiment d'arbitraire ou d'impossibilité. Je terminerai par une anecdote personnelle en dehors du domaine de la restauration. Une de mes filles, en tant que personnel hospitalier, travaillait il y a quelques années dans l'hôpital chargé de recueillir les malades contaminés par le virus Ebola. Un protocole de protection du personnel avait été mis en place de manière théorique sans connaître les gestes des praticiens. Conclusion, un sur deux risquait d'être contaminé. Il a fallu la persuasion du personnel qui refusait de soigner si on ne l'écoutait pas pour que le protocole soit changé. Les théoriciens doivent écouter les praticiens.

L'auteur

Marie-Hélène Didier conservateur général des Monuments historiques, DRAC Île-de-France, conservation régionale des Monuments historiques, 45-47 rue Le Peletier, 75009 Paris, marie-helene.didier@culture.gouv.fr

DE LA MALADIE DES PEINTRES À CELLE DES RESTAURATEURS D'ART : BILAN D'UNE ENQUÊTE DE TOXICITÉ DU PLOMB

JULIETTE ROLLIER-HANSELMANN

Résumé Les peintres qui manipulaient des produits au plomb souffraient de pathologies plus ou moins graves selon les cas (Watteau, Goya, Van Gogh, Klee). Chez les conservateurs-restaurateurs qui travaillent souvent au contact du plomb, les symptômes d'intoxication sont variés, allant de l'anémie aux nausées, en passant par des maladies de l'oreille interne et, pour les exemples les plus graves, des coliques gastriques et des insuffisances respiratoires. Une vingtaine de professionnels ont répondu à un questionnaire de santé, ce qui permet d'avoir une première idée des problèmes soulevés par cette question, qu'il faut obligatoirement mettre en parallèle avec l'usage des solvants.

Les maladies liées à l'usage du plomb sont attestées chez certains artistes qui broyaient et mélangeaient de nombreuses couleurs au blanc de plomb, matériau qui sert également de siccatif dans les couches picturales. Autant dire que le plomb est omniprésent dans les peintures anciennes, que ce soit dans les tableaux, les toiles marouflées ou les peintures murales. Les restaurateurs d'art qui traitent ces œuvres sont donc susceptibles d'être touchés par diverses pathologies, sans pour autant en être conscients.

Depuis quelques années, nous voyons apparaître différentes études consacrées à la toxicologie du plomb et des solvants en milieu professionnel. L'INRS de Nancy (Vincent, Jeandel, 2002) a publié une analyse des résultats archivés dans la base de données COLCHIC qui regroupe les résultats de plus de 14000 lieux de travail où le plomb est utilisé. La conservation-restauration y apparaît indirectement. Deux colloques organisés en 2007 et 2010 à Draguignan (partenariat entre le LC2R Draguignan et le CICRP Marseille) ont permis de réunir pour la première fois des spécialistes de la conservation-restauration et des professionnels de la santé/sécurité au travail. Ensuite, la Commission européenne a financé le projet JOCONDA (Mielcarek, Rebière, 2011) qui constitue une démarche de prise de conscience, par une profession encore jeune, des risques qu'elle encourt dans le cadre de ses activités.

Les premiers traités sur les maladies des maîtres verriers de Venise

Parmi les couleurs utilisées au Moyen Âge, il y a le blanc de plomb, utilisé en couche préparatoire ou en mélange avec diverses couleurs. Le minium figure également dans de nombreuses couches. Au XIII^e siècle à Venise, les verriers commencent à ajouter de la poudre de plomb dans le verre, pour allonger la durée de modelage (Salerno, 2016), mais il faut attendre plusieurs siècles avant de voir le premier traité sur les maladies des artisans, écrit par Bernardino Ramazzini en 1700 (*De morbis artificum diatriba*)¹. Cet ouvrage contient un chapitre consacré aux maladies des verriers et des fabricants de miroirs, qui sont généralement graves. Concernant les colorants, c'est son élève Giuseppe de Grandi, médecin à Venise, qui étudiera les effets toxiques. Pour la France, il existe également divers ouvrages permettant de connaître

¹ <https://www.cairn.info/revue-geneses-2012-4-page-88.htm>

les maladies des peintres, notamment l'ouvrage de Watin, *L'art du peintre, doreur, vernisseur* (1772) qui contient un chapitre sur les coliques des peintres.

En 1924, le premier traité sur les maladies du travail est publié par Ranelletti² qui décrit les risques de contagion entre les souffleurs de verre, à travers la canne à souffler. Avec la naissance de l'industrie, les verriers continueront d'avoir des maladies inflammatoires non contagieuses, comme l'inflammation des glandes salivaires, fréquentes chez les souffleurs de verre et chez les trompettistes, l'inflammation de la muqueuse oculaire, l'intoxication aux métaux et les maladies respiratoires. Ces maladies vont perdurer jusqu'en 1980. Un article publié en 2010 évoque maintenant les effets sur l'environnement de la pollution par les métaux dans la région de Murano, l'île des verriers vénitiens.

Quelques exemples de pathologies chez les peintres

Le cas précoce de Watteau (1684-1721)

Jean-Antoine Watteau est un peintre mort prématurément à l'âge de 36 ans. Il commence sa carrière très jeune, peut-être vers l'âge de 10 ans en apprentissage chez le peintre Gérin à Valenciennes.



Figure 1 Portrait du peintre par Rosalba Carriera (source : Wikipedia Commons).

Peu après il s'installe à Paris, dans le quartier Saint-Germain, sans protection ni ressources; il travaille chez un fabricant de peintures où il apprend à copier des images religieuses et des tableaux de genre. Il passe ensuite chez différents peintres plus ou moins importants (dont Gillot). On estime qu'il a peint environ deux cents toiles, dont une quarantaine lui sont attribuées de manière certaine. Il sera malade durant toute sa vie, comme le raconte le comte de Caylus.

En 1719-1720, Watteau part pour Londres, peut-être dans l'espoir d'y faire soigner sa maladie pulmonaire³. Il va voir le médecin à la mode, Robert Mead, mais l'air de Londres est pollué et ne lui convient pas davantage. Watteau est emporté par une maladie pulmonaire, peut-être la tuberculose en 1721. L'abbé Haranger raconte que, durant ses derniers jours, Watteau était à demi conscient et muet, peignant en l'air des figures imaginaires (**fig. 1 et 2**).

² <http://www.venicethefuture.com/schede/fr/360?aliusid=360>

³ <http://www.universdesarts.com/biographie/43/watteau-jean-antoine>



Figure 2 Antoine Watteau, *Fêtes vénitiennes*, 1717
(source : Wikipedia Commons).

La maladie de Goya

Ce peintre et graveur espagnol (1746-1828) a réalisé un grand nombre de peintures à l'huile, mais également des peintures murales. Il contracte une grave maladie en 1793, à l'âge de 47 ans, et devient totalement sourd par la suite.

L'otorhinolaryngologiste américaine Ronna Hertzano (professeur à l'université du Maryland) pense qu'il s'agit d'une maladie auto-immune : le syndrome de Susac⁴, qui est une pathologie microvasculaire touchant le cerveau, la rétine et la cochlée. Les caractéristiques principales de ce syndrome sont bien établies : encéphalopathie subaiguë souvent précédée d'une migraine ophtalmique atypique, avec une atteinte cochléovestibulaire bilatérale comportant une hypoacousie de perception qui prédomine sur les fréquences basses. Il rapporte des sensations permanentes de grondements et de sonneries à l'intérieur du crâne, accompagnées de vertiges et de sensations d'évanouissement. À quoi il faut ajouter des pertes de l'équilibre, de la vision et de l'ouïe. Il deviendra sourd.

À la fin de sa vie, il réalise une série de quatorze peintures à l'huile sur plâtre qui décorent sa maison de campagne, qu'on appelle les « Peintures noires » (1819-1823). De cette période troublée, Goya laissera un tableau effrayant illustrant son état : *Goya et son médecin* (1820). Il a alors 73 ans (**fig. 3, 4 et 5**).

⁴ <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0248866311012070>



Figure 3 Portrait de Goya par Vicente Lopez (source : Wikipedia).



Figure 4 Goya, Autoportrait avec son médecin (source : Wikipedia).



Figure 5 Goya, Peintures noires, La romería de San Isidro (source : Wikipedia).

La maladie de Van Gogh⁵

Vincent Van Gogh (1853-1890) est un personnage de légende qui a réalisé une œuvre colossale en à peine dix ans. Entre 1880 et 1890, année où il s'est suicidé, il a été l'auteur de plus de huit cents tableaux et de mille dessins. L'artiste a été hospitalisé à de multiples reprises en hôpital psychiatrique, dont la première fois après s'être tranché l'oreille gauche.

Les médecins pensaient qu'il souffrait de schizophrénie car il présentait des hallucinations auditives et visuelles. S'il avait été schizophrène, il aurait été incapable de peindre un tableau par jour et d'écrire avec autant de cohérence et de précision les lettres qu'il a adressées à son frère Théo.

⁵ <http://www.van-gogh.fr/la-maladie-mentale-de-van-gogh.php>

Concernant l'amputation de son oreille, certains auteurs ont envisagé qu'il présentait une maladie de l'oreille interne qu'on appelle la maladie de Ménière, qui est responsable de vertiges, de nausées et, surtout, d'acouphènes intolérables, qui auraient pu le pousser à se couper l'oreille pour soulager les bruits insoutenables. En effet, une étude médicale américaine (Arenberg *et al.*, 1990), basée sur les 796 lettres du peintre à sa famille et à ses amis, affirme que Van Gogh était atteint de cette maladie. Ces lettres (1844-1890) montrent qu'il avait toute sa tête, mais qu'il souffrait de crises répétées de vertiges. À l'époque de Van Gogh, la maladie de Ménière n'était pas connue, si bien que les médecins ont invoqué l'épilepsie. Il faudra attendre la découverte de Prosper Ménière en 1861 pour commencer à connaître cette pathologie.

D'autres pensent que Van Gogh présentait des troubles bipolaires, aussi appelés folie circulaire, cyclothymie ou psychose maniaco-dépressive. On peut alors évoquer le rôle de l'absinthe qui pouvait favoriser les crises et les hallucinations (**fig. 6 et 7**).



Figure 6 Van Gogh, *Autoportrait* (source : Wikipedia).

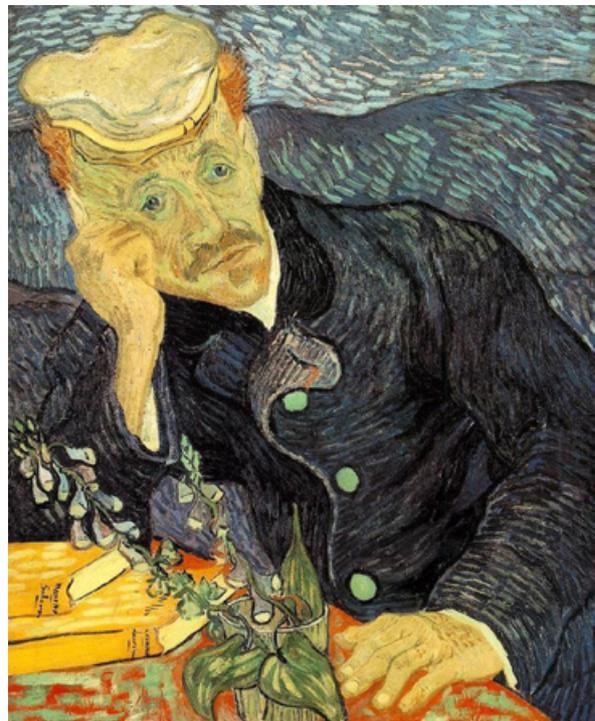


Figure 7 Van Gogh, *Portrait du Dr Gachet* (source : Wikipedia).

Sa peinture a probablement été influencée par ses troubles (par exemple *La nuit étoilée*, 1888). On peut relever la présence quasi constante de la couleur jaune et, en particulier, la présence de halos jaunes autour des objets dans les toiles réalisées au cours de la dernière partie de sa vie (**fig. 8**).

Concernant l'automutilation de l'oreille, le doute subsiste car il y eut aussi un conflit important entre Van Gogh et Gauguin. Les historiens allemands Kaufmann et Wildegans pensent que c'est Paul Gauguin, expert en escrime et maître d'armes, qui aurait tranché l'oreille de Van Gogh avec un sabre. En 2016, à l'occasion d'une exposition sur la maladie de Van Gogh à Amsterdam, un article de la revue *Sciences et avenir* revient sur le sujet⁶.

⁶ https://www.sciencesetavenir.fr/sante/cerveau-et-psy/pourquoi-le-peintre-vincent-van-gogh-s-est-il-coupe-l-oreille_105031



Figure 8 Van Gogh, *Nuit étoilée* (source : Wikipedia).

La maladie de Paul Klee⁷

Paul Klee est un peintre allemand (1879-1940) qui tombe progressivement malade à partir de 1935, à l'âge de 56 ans, lorsqu'il commence à ressentir les premiers effets d'une affection maligne de la peau, la sclérodermie. Il s'agit d'une maladie auto-immune, rare mais sérieuse, caractérisée avant tout par le durcissement de la peau. La maladie évolue lentement mais touche plusieurs organes. Elle débute généralement par deux symptômes très précoces, pouvant précéder la sclérodermie de plusieurs années : le reflux gastro-œsophagien (RGO) et le syndrome de Raynaud (trouble de la circulation sanguine avec engourdissement ou douleurs aux extrémités, le plus souvent les mains). Le phénomène de sclérose ou de durcissement des tissus débute dans la majorité des cas aux extrémités du corps (mains ou, plus rarement, pieds). La peau devient tendue, raide, comme adhérente aux plans plus profonds, réduisant ainsi la mobilité des doigts et des différentes articulations. Progressivement, certains gestes deviennent difficiles. L'évolution lente de la maladie conduit à une atteinte progressive des avant-bras et des lèvres avec gêne à l'ouverture de la bouche et à la mastication. La sclérose ne se limite pas à l'enveloppe du corps (la peau), elle atteint également le tube digestif, avec risque de brûlures gastriques, de régurgitations (atteinte de l'œsophage), voire de troubles du transit (constipation) dans le cadre d'une atteinte intestinale. La maladie peut toucher les poumons, avec risque d'essoufflement même au repos, le cœur et les reins (insuffisance rénale, avec ou sans hypertension artérielle) (**fig. 9**).

⁷ Voir le compte-rendu en ligne du Professeur Jean Cabane, Chef de service, Service de médecine interne, Pavillon Horloge 2, hôpital St Antoine 75012 – PARIS, Président du GFRS, <http://www.association-sclerodermie.fr/la-maladie/paul-klee-et-la-sclerodermie.html>.



Figure 9 Portrait de Paul Klee, 1911 (source : Wikipedia).

En 1935 Paul Klee contracta également une inflammation grave des poumons, une pneumopathie, et mit six mois à récupérer. Il souffrit aussi d'un reflux gastro-œsophagien sévère avec une atteinte de l'œsophage, d'où une gêne pour avaler les aliments solides. Il eut des problèmes intestinaux et des diarrhées qui l'obligèrent à faire lui-même des purées qu'il avalait par petites quantités. Il développa également une anémie et en 1936 il devint essoufflé.

C'est le dermatologue suisse Hans Suter qui s'est penché sur la maladie du peintre et publia une étude basée sur un long travail d'investigation dans les dossiers médicaux des différents établissements suisses où Paul Klee avait été soigné (Suter, 2010). Comme il ne restait ni radiographies, ni enregistrements, ni observations, ni analyses, son étude est basée sur la correspondance de la famille Klee et quelques prescriptions médicales conservées par la femme du peintre. Il semblerait qu'il y ait un facteur déclenchant quand la sclérodé-

mie est associée à une exposition à certaines substances chimiques (silices, solvants, métaux lourds, hydrocarbures...).

Bilan d'une enquête auprès d'une vingtaine de restaurateurs

Nous allons voir maintenant comment les restaurateurs travaillant au contact des peintures au plomb sont touchés par diverses pathologies.

En octobre 2016, suite à un chantier de plus de six mois sur des boiseries du XVIII^e siècle, je suis tombée malade, avec des malaises importants qui m'ont obligée à arrêter toute activité. Les symptômes ont commencé, trois mois après la fin du chantier, par des bourdonnements, des sifflements dans les oreilles et une sensation permanente d'oreilles bouchées.

En consultant un généraliste, on m'a prescrit deux antibiotiques contre une otite externe, ce qui a accentué les symptômes, jusqu'au déclenchement de malaises très importants, accompagnés de nausées et de vertiges continuels. Même allongée, les vertiges et hallucinations étaient intolérables. Les acouphènes sont devenus si intenses que j'avais envie littéralement de m'arracher les oreilles. En fermant les yeux, une lueur blanche semblait longer mon visage du côté droit, là où les acouphènes étaient insoutenables.

Ces symptômes ressemblaient beaucoup à la maladie de Ménière, que des artistes et des peintres en bâtiment connaissent également. En effet, les peintures au plomb dans la rénovation des maisons ont été largement utilisées jusque dans les années 80-90 et je connais des personnes qui maintenant souffrent de surdité.

En réalisant une plombémie, j'avais atteint un taux élevé. Il faut savoir que le taux admis au Canada est de 10 µg par litre de sang. En France il est actuellement de 60 µg/l, en raison des nombreuses habitations contenant des peintures au plomb, mais ce taux va être prochainement revu à la baisse. Quatre mois après la fin du chantier, mon taux s'élevait encore à 119 µg/l, après une exposition à mi-temps sur un chantier de boiseries, pendant six mois. Après huit mois ma plombémie a baissé à 68 µg/l. Au moment de l'intoxication, on peut donc estimer que la plombémie était de l'ordre de 138-140 µg/l. Normalement une plombémie doit être réalisée dans les trente jours suivant l'intoxication. Le seuil de surveillance d'une toxicité au plomb est de 100 µg/l chez la femme et de 200 µg/l chez l'homme. Le taux de plomb moyen des français est de l'ordre de 25 µg/l.

Lorsque le plomb est décelé dans le sang, il s'agit d'une intoxication récente, ensuite il disparaît progressivement pour se fixer dans les os de manière irréversible, provoquant à long terme différents dégâts, comme l'ostéoporose. Dans les cas les plus graves, le plomb provoque des stries visibles dans les vertèbres sous radiographie, ou des stries sombres dans les dents. Un effet bleuté des gencives peut également apparaître. L'intoxication est silencieuse et peut également toucher d'autres organes.

Sur mon chantier, deux équipes travaillaient quasiment en permanence de 7h à 18h : une équipe de six peintres qui décapaient les boiseries au solvant ou au décapeur thermique, et une équipe de huit restaurateurs qui dégageaient les reliefs en stuc des dessus de porte. Il n'y avait pas de sas de décontamination; nous n'avions ni masque spécifique, ni gants, et les repas avaient lieu sur le chantier même. D'autres restaurateurs présents sur le chantier n'ont pas été intoxiqués et leur plombémie reste normale.

À la suite de cette expérience, j'ai mis en place un questionnaire de santé et j'ai demandé à la Fédération française des conservateurs-restaurateurs de bien vouloir le diffuser auprès de ses membres. Voici le résultat d'une vingtaine de questionnaires qui m'ont été retournés.

Sur les vingt personnes qui ont répondu, les âges se situent entre 30 et 65 ans.

Les restaurateurs de peinture (tableaux, peintures murales) font état de pathologies variées selon les individus : maux de tête, sécheresse oculaire, nausées, brûlures cutanées et décollement de peau au bout des doigts, sinusite chronique, dont un cas avec opération, angines fréquentes, anémie, sensation de piquûre dans l'oreille, vertiges et intoxication au plomb, même chez des sujets jeunes de 35 ans. Ces maux apparaissent malgré les protections utilisées (masques, gants, etc.). Certaines jeunes restauratrices ont des plombémies autour de 130 µg/l et élèvent des enfants en bas âge, sans même connaître les principes de base de la prévention.

Chez les restaurateurs de sculpture, une jeune femme de 33 ans et une autre de 50 ans rapportent les mêmes souffrances : maux de tête, nausées, troubles digestifs, maux d'estomac, vomissements. Pour les restaurateurs de métaux, les problèmes sont identiques (deux femmes de 30 ans) : maux de tête, nausées, troubles gastriques, troubles nerveux.

Les plus atteints restent de loin les maîtres-verriers et les restaurateurs de vitraux, où les pathologies sont décuplées. Une jeune femme de 30 ans dont la plombémie est élevée souffre de maux de tête durant deux-trois jours, de douleurs abdominales chroniques, de troubles digestifs, de troubles nerveux/insomnie chroniques, de vertiges, de dysphagie chronique, de crispation des membres et d'insuffisance pancréatique. Un maître verrier, âgé de 62 ans, est encore plus touché, avec une plombémie triple de la normale. Il souffre en permanence de maux de tête, de nausées quotidiennes et de troubles respiratoires. Il est atteint d'asthme, de pneumopathie sévère et de bronchite chronique. Il a en permanence des douleurs

abdominales, le nez bouché et des quintes de toux. Il suit chaque année des cures thermales respiratoires. Son taux d'incapacité au travail est reconnu entre 50 et 79 % par la commission des droits et de l'autonomie des personnes handicapées du Jura.

D'autres substances, apparemment anodines, peuvent également impacter la santé. À titre d'exemple, on peut citer les restaurateurs de bois dorés qui ont l'habitude de mouiller avec de la salive le plâtre qu'ils appliquent sur les cadres. Même si l'usage des solvants reste réduit, cette méthode très courante de salivation au contact de la colle de peau provoque des picotements, la perte du goût et des maux de tête. En effet, la colle de peau contient des phénols, produits conservateurs. À terme les restaurateurs de bois dorés peuvent souffrir de plusieurs pathologies : troubles gastriques, gênes oculaires et nasales, troubles urinaires (le jour même suite à la salivation). À long terme les troubles urinaires deviennent plus sévères (menant à une opération de la prostate).

La réaction des médecins et les recettes personnelles

L'enquête révèle également chez les médecins une grande méconnaissance des pathologies des restaurateurs d'art. Les médecins généralistes et ORL ignorent pratiquement tout au sujet des risques liés au plomb et aux solvants. D'ailleurs un spécialiste ORL d'une clinique réputée de Besançon m'a prescrit des médicaments qui sont toxiques pour l'oreille interne, alors que je souffre de la maladie de Ménière. Heureusement, une association française, du nom de « [acouphenes.org](https://france-acouphenes.org) »⁸, a édité une liste de médicaments déconseillés pour les problèmes d'audition. Dans cette liste, il y a notamment l'ibuprofène, substance devenue extrêmement courante, mais fortement toxique pour certaines pathologies auditives. De nombreux produits anti-inflammatoires et antibiotiques sont à éviter.

L'enquête montre que les restaurateurs ont cherché par eux-mêmes diverses recettes et produits pour se soigner, comme :

- le gingembre contre les nausées par exemple;
- les compléments en fer et magnésium dans le cas d'anémie, survenant en cas de plombémie élevée;
- les compléments en zinc (ampoules, gélules, comprimés) sont fortement conseillés pour les maladies auditives, pour réparer les dégradations de la cochlée, voire l'otospongiose (dégradation des petits os internes) qui peuvent aussi survenir suite à l'utilisation fréquente d'antibiotiques ou d'anti-inflammatoires.

Les produits naturels sont utiles pour fluidifier la circulation sanguine et les anti-oxydants pour ralentir le vieillissement général : le ginkgo biloba, l'*harpagophytum*. Un régime peu gras est vivement conseillé pour maintenir la fluidité des petits vaisseaux internes de l'oreille, ce qui ralentira l'apparition de cristaux dans les vaisseaux, provoquant des acouphènes et des malaises.

Plusieurs restauratrices utilisent les bienfaits de l'aromathérapie contre l'intoxication aux métaux lourds, notamment les huiles essentielles de livèche et de céleri combinées. Une algue, appelée la chlorelle, permet également de détoxifier l'organisme. Un maître verrier utilise du Xenosulf (laboratoire Le Stum), qui est un mélange de pissenlit-chlorelle, pour aider les fonctions hépatiques et biliaires.

⁸ <https://france-acouphenes.org/index.php/pathologies/acouphenes>

Pour ma part, je consomme toute une série de produits détoxifiants ou riches en nutriments spécifiques (curcuma, gingembre, poivre, cannelle en bâton, clous de girofle, thé vert, badiane et sureau sauvage).

Pour les troubles nerveux (fourmillements dans les membres, agitation, insomnies), les produits naturels sont également bénéfiques : le magnésium, la lavande (désinfectante et calmante), les extraits de plantes (passiflore, oranger, aubépine, valériane).

En période de crise (acouphènes, vertiges, nausées, troubles gastriques), il vaut mieux suivre un régime alimentaire très peu gras, riche en légumes et féculents (très peu de viande). En cas d'acouphènes, oreilles bouchées, l'acétylcystéine permet de fluidifier les vaisseaux et lorsque les symptômes augmentent vers les nausées/vertiges, l'acétylleucine permet de faire passer la crise sur plusieurs jours. Si les symptômes persistent, il faut prendre quelques comprimés de cortisone pendant trois jours par exemple. J'ai constaté que les médicaments plus forts (Betazerc, antibiotiques) ne font que reporter la guérison et amènent des effets secondaires nerveux et digestifs peu confortables.

Tous ces remèdes restent cependant dérisoires face à une intoxication aux métaux lourds et la prévention constitue la méthode la plus efficace. Dans les cas extrêmes, il existe des traitements visant à faire sortir une partie du plomb de l'organisme, mais ceux-ci ne sont pas dénués de risques, comme l'indique un article de la CRAMIF présent dans cette publication.

Précautions et préconisations

Il est évident que la prévention est la meilleure méthode pour éviter toute intoxication au plomb et aux solvants. Pour se protéger efficacement, il faut prévoir une combinaison totale : un vêtement de travail à usage unique, un masque à cartouches adapté au plomb (l'idéal étant un masque à ventilation assistée), des gants à usage unique. Le masque, les gants et les surchaussures doivent être scotchés de manière hermétique sur la combinaison de travail et certaines règles de base doivent être respectées au moment du déshabillage. Un sas de décontamination doit être mis en place sur le chantier. Il faut tout enlever en sortant, passer sous une douche et s'habiller entièrement de vêtements propres, ce qui n'est pas le cas actuellement.

En cours de chantier, la première consigne est de se laver régulièrement les mains avec un produit non agressif, surtout avant un repas ou une pause-café. Pendant le chantier, l'usage du téléphone portable constitue également un vecteur de contamination que l'on emporte vers l'extérieur. Il faut éviter de balayer le chantier mais passer l'aspirateur équipé de filtres spéciaux. Le dépoussiérage et le décapage de peintures au plomb doivent être faits avec un aspirateur muni de filtres adaptés. En fin de chantier, pour éviter toute contamination de notre voiture et de notre habitat, il convient de ramener nos vêtements de travail dans un emballage hermétique. L'échafaudage doit être entièrement nettoyé à l'eau et les déchets du chantier transmis à un organisme compétent. Malheureusement la réalité de notre profession est tout autre actuellement, à quelques rares exceptions près.

Le ministère du Travail a édité une fiche très utile pour nos problématiques que chaque professionnel devrait connaître : <http://travail-emploi.gouv.fr/sante-au-travail/prevention-des-risques/autres-dangers-et-risques/article/plomb>

Conclusion

Les symptômes d'intoxication au plomb sont variés, allant de l'anémie aux nausées, en passant par des maladies de l'oreille interne et, pour les exemples les plus graves, des coliques gastriques, des insuffisances respiratoires ou rénales. Les médecins ne connaissent pas les pathologies des conservateurs-restaurateurs et prescrivent parfois des médicaments qui aggravent certains effets. Une étude plus globale sur un panel large de conservateurs-restaurateurs devrait être réalisée, en prenant également en compte l'usage des solvants, le type d'alimentation et le mode de vie (tabagisme, pollution, consommation de médicaments).

Des campagnes de prévention sont nécessaires pour former les restaurateurs, indépendants pour la plupart, et pour lesquels il n'existe pas de médecine du travail.

Références bibliographiques

- Arenberg I.K., Countryman L.F., Bernstein L.H., Shambaugh G.D.** (1990), « Van Gogh had Ménière's disease and not epilepsy », *The Journal of American Medical Association*, N° 264 (4), p. 491-493.
- Duquenoy-Bizouerne A.F., Falcy M.** (1998), *Restaurateurs de tableaux, évaluation des risques toxicologiques*, Paris, C2RMF.
- Mielcarek F., Rebière J.** (2011), *Rapport de synthèse du Joconda project*, 2011-1-FR1-LEO04-24215 3.
- Papo T., Klein I., Sacré K., Doan S., Bodaghi B., Aubart-Cohen F.** (2012), « Syndrome de Susac Susac syndrome », *La Revue de médecine interne*, Vol. 33, Issue 2, February 2012, p. 94-98. <https://www.science-direct.com/science/article/pii/S0248866311012070>
- Ramazzini B.** (1700), *De morbis artificum diatriba*, Padoue.
- Salerno S.**, *Venise et ses lagunes*, <http://www.venicethefuture.com/schede/fr/360?aliasid=360>
- Suter H.**, (2010), *Paul Klee and his Illness : bowed but not broken by suffering and adversity*, Karger, 272 p. (ISBN 978-3-8055-9381-6).
- Vincent R., Jeandel B.** (2002), « Exposition professionnelle au plomb. Analyse des résultats archivés dans la base de données COLCHIC », *Cahiers de notes documentaires-Hygiène et sécurité au travail*, n° 187, 2^e trimestre 2002. INRS, Département Métrologie des Polluants, Centre de Lorraine, Vandoeuvre-lès-Nancy.
- Watin J.F.** (1772), *L'art du peintre, doreur, vernisseur*, 1772 (rééd. Presses universitaires de la Méditerranée, 2005).

L'auteur

Juliette Rollier-Hanselmann restauratrice de tableaux et peintures murales, atelier Rollier2d3dconservation, 3 rue Frédéric Mistral, 21110 Tart-le-Haut, rollierjuliette@free.fr

DÉMARCHE DE PRÉVENTION ET CHANTIER TEST

AUDE BOGEY

Résumé L'évaluation des risques s'inscrit dans la démarche générale de prévention des risques professionnels. Sur un chantier, elle implique plusieurs acteurs. Concernant la démarche de prévention du risque plomb, cette évaluation vise à estimer les niveaux attendus d'exposition des salariés au plomb et à définir les mesures de prévention nécessaires. La réalisation d'un chantier test, en amont du démarrage du chantier lui-même, peut contribuer à cette évaluation. En effet, celui-ci permet à l'entreprise de comparer plusieurs techniques d'intervention, de valider le choix des procédés et des mesures de prévention, ou de les améliorer, et de s'assurer du respect des valeurs limites d'exposition professionnelle à partir de mesures d'exposition des salariés aux poussières de plomb.

Le choix des mesures de prévention s'appuie sur les principes généraux de prévention et sur les dispositions réglementaires particulières aux agents chimiques CMR (cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction). Il doit être fait en prenant en compte pour chaque tâche l'ensemble des risques engendrés sur le chantier et pas seulement le risque plomb.

Ainsi, doivent être mis en œuvre les moyens et techniques de prévention propres à supprimer les risques ou, à défaut, à les amener à leur niveau le plus bas techniquement possible. Si le niveau de risque atteint n'est pas suffisamment bas, les choix techniques doivent être reconsidérés.

L'évaluation des risques s'inscrit dans la démarche générale de prévention des risques professionnels, respectant les neuf principes généraux de prévention. Sur un chantier, elle implique plusieurs acteurs : donneur d'ordre, maître(s) d'œuvre, CSPS (coordination sécurité et protection de la santé) et entreprises.

L'évaluation du risque plomb, réalisée avant le début des travaux, vise à estimer les niveaux attendus d'exposition des salariés au plomb et à définir les mesures de prévention nécessaires. Elle doit prendre en compte les deux voies d'exposition possibles des opérateurs au plomb : l'inhalation et l'ingestion, *via* notamment la contamination main-bouche.

In fine, l'évaluation des risques doit conduire au choix des moyens et techniques de prévention et de protection propres à supprimer les expositions ou, à défaut, à les amener à leur niveau le plus bas possible en maîtrisant en particulier les émissions de poussières.

Le chantier test

Le chantier test est un moyen de comparer plusieurs techniques afin de valider celle qui sera finalement retenue lors d'une intervention sur un matériau, un revêtement contenant du plomb ou lors de la décontamination d'une zone de travail. Le chantier test est réalisé dans des conditions représentatives de celles qui seront mises en œuvre lors du chantier, et doit tenir compte de possibles dérives et évènements accidentels dans l'application permanente de toutes les mesures de prévention. Il se déroule dans une zone dédiée, isolée, calfeutrée ou

confinée selon le type de travaux, afin d'éviter la dissémination des polluants dans le reste du chantier.

Lors du chantier test, les niveaux d'exposition sont mesurés afin de valider le choix des procédés et des mesures de prévention ou de les améliorer. Ces mesures d'exposition permettent aussi de s'assurer du respect des valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP) réglementaires contraignantes relatives aux poussières inhalables et au plomb. Le respect de ces VLEP doit être considéré comme un objectif minimal de prévention.

Pendant le chantier test :

- des mesures atmosphériques (*a minima* les poussières inhalables et au plomb, voire les autres polluants susceptibles d'être émis) sont réalisées sur la durée d'un poste de travail ou à défaut pendant au minimum 4 h, pour une même technique. Ces mesures consistent à réaliser des prélèvements atmosphériques individuels sur les salariés et éventuellement en ambiance, selon la stratégie de prélèvement préalablement définie;
- des prélèvements surfaciques de poussières de plomb sont réalisés dans et hors de la zone de travail, eux aussi, selon la stratégie de prélèvement préalablement définie;
- les différents tests sont exécutés en commençant par la technique considérée *a priori* comme la moins émissive;
- les opérateurs effectuant le test portent les équipements adaptés au travail réalisé.

Les conditions de réalisation du chantier test sont retranscrites fidèlement et avec précision, notamment la description détaillée du matériau ou revêtement contenant du plomb, du procédé (technique et matériels utilisés), de l'activité (nombre de salariés...), des facteurs ambiants, des mesures de protection collective mises en œuvre et des équipements de protection individuelle portés par les salariés.

Une fois le chantier test réalisé et la technique retenue validée, l'entreprise consigne le procédé d'intervention dans son DUER (document unique évaluation des risques). Lors d'une intervention ultérieure sur un nouveau chantier présentant les mêmes conditions que celles décrites lors du chantier test (même matériau ou revêtement), elle pourra réutiliser cette même technique en prenant soin d'en respecter rigoureusement le procédé.

Le choix des mesures de prévention

Les mesures de prévention sont mises en place en fonction des résultats de l'évaluation des risques, issus, entre autres, du chantier test. Le choix des mesures de prévention s'appuie sur les principes généraux de prévention et sur les dispositions réglementaires particulières aux agents chimiques CMR (cancérogène, mutagène ou toxique pour la reproduction). Il doit être fait en prenant en compte pour chaque tâche l'ensemble des risques engendrés sur le chantier sans se limiter au risque plomb. Ainsi, doivent être mis en œuvre les moyens et techniques de prévention propres à supprimer les risques ou, à défaut, à les amener à leur niveau le plus bas techniquement possible. Si le niveau de risque atteint n'est pas suffisamment bas, les choix techniques doivent être reconsidérés.

Les mesures de prévention collectives portent à la fois sur :

- le choix du procédé;
- la ventilation (captage à la source et ventilation générale) et le confinement du chantier;
- d'autres types de mesure de prévention, comme par exemple la mise en place de techniques de traitement par voie humide.

Ces mesures de prévention collectives sont associées :

- à la mise en place de mesures d'hygiène incluant d'une part, l'installation d'équipements tels que l'installation de décontamination et les cantonnements et, d'autre part, la définition et le respect des procédures d'hygiène;
- au choix des équipements de protection individuelle nécessaires, tels que les protections respiratoires, gants, vêtements, chaussures de sécurité, etc.;
- à la formation des intervenants et donneurs d'ordre (encadrement de chantier, encadrement technique, opérateur, maître d'ouvrage, maître d'œuvre, CSPS, etc.) au risque plomb et aux mesures de prévention à respecter;
- à la rédaction de notices de poste;
- au suivi du chantier (état des moyens de prévention, pollution surfacique, contrôle des VLEP);
- à la gestion des déchets.

Conclusion

L'évaluation des risques est une étape essentielle de la démarche de prévention du risque plomb. Elle doit être faite en amont du démarrage du chantier. Sa réalisation implique plusieurs acteurs : donneur d'ordre, maître(s) d'œuvre, CSPS et entreprises.

En l'absence de bases de données, de retours d'expérience ou de documentations spécifiques à l'activité réalisée, l'évaluation du risque plomb peut être complétée à l'aide d'un chantier test. Celui-ci doit être prévu par le donneur d'ordre et réalisé dans des conditions rigoureuses par les entreprises. Il permet de définir et de valider les mesures de prévention à mettre en œuvre.

Les mesures de prévention définies sont de différentes natures et sont complémentaires.

Ainsi, l'évaluation des risques au travers de la réalisation de chantiers test permet à la fois :

- au donneur d'ordres, de prendre en compte les contraintes liées au risque plomb;
- à l'entreprise, de s'assurer de l'efficacité des mesures de prévention mises en œuvre et de capitaliser son retour d'expérience.

Références bibliographiques

INRS, *Interventions sur les peintures contenant du plomb, Prévention des risques professionnels*, ED 909, INRS (nouvelle édition prévue en 2020).

L'auteur

Aude Bogey Ingénieur conseil, laboratoire de toxicologie Industrielle - prévention des risques professionnels - CRAMIF, 17/19 avenue de Flandre, 75954 Paris Cedex 19 aude.bogey@assurance-maladie.fr

PLOMB ET RISQUES POUR LA SANTÉ

DR. CAROLE MORNEAU

Alors que la toxicité du plomb est connue depuis très longtemps (l'intoxication professionnelle au plomb est à l'origine du premier tableau de maladie professionnelle, conçu en 1919), on ne sait que depuis quelques années que cette toxicité est sans seuil, pouvant apparaître même à de faibles taux de plomb dans le sang (plombémie). Les effets sur la santé sont potentiellement graves en cas d'exposition régulière, notamment au niveau neurologique ou rénal, mais aussi pour la reproduction. Les effets toxiques du plomb se voient chez l'homme sur la fonction testiculaire; chez la femme, sur le déroulement de la grossesse et sur le fœtus lui-même – très grande toxicité sur son système neurologique et son développement cérébral – et, chez l'enfant, sur son développement sexuel (**fig. 1**). Si le pouvoir cancérogène du plomb et des composés de plomb n'est aujourd'hui pas formellement prouvé, il est cependant fortement évoqué. À ce titre, le plomb est considéré comme un agent CMR (cancérogène mutagène reprotoxique), ce qui entraîne une législation particulière très stricte.

Deux voies essentielles de contamination sont reconnues : l'ingestion (notamment en cas de repas pris, cigarettes fumées ou appel téléphonique donné avec des mains souillées) et l'inhalation (en cas de respiration de poussières, fumées ou vapeurs de plomb). Le plomb présente la particularité de pouvoir s'accumuler et rester stocké très longtemps dans l'organisme, principalement dans l'os, où il persiste plusieurs dizaines d'années!

Alors que les signes cliniques d'intoxication au plomb sont difficiles à repérer, car très variés, non spécifiques, voire parfois totalement silencieux, c'est la plombémie qui représente l'indicateur biologique de référence de l'exposition au plomb. Elle permet de dépister une contamination, de déterminer si une prise en charge doit rapidement être mise en place et d'en apprécier alors l'efficacité. En aucun cas elle ne doit, en revanche, être l'indicateur qui décide s'il y a lieu ou pas de mettre en place des mesures de prévention! La législation impose le retrait du salarié de son poste de travail en cas de plombémie supérieure à 400 µg/l chez l'homme et 300 µg/l chez la femme et prévoit un suivi individuel renforcé par la médecine du travail dès que ce taux atteint 200 µg/l chez l'homme et 100 µg/l chez la femme (articles R4412-152 et R4412-160 du Code du travail). Tous ces taux devraient prochainement être revus à la baisse. Il est par ailleurs interdit d'affecter une femme enceinte ou allaitante à des travaux l'exposant au plomb métallique ou ses composés.

En cas de plombémie supérieure à la valeur limite réglementaire contraignante

Compte tenu de la toxicité avérée du plomb sur la reproduction (et du classement de certains composés du plomb comme cancérogènes supposés), la mise en évidence, chez un travailleur, d'une **plombémie supérieure à 400 µg/l**, s'il s'agit d'un homme, ou **300 µg/l**, s'il s'agit d'une femme, doit entraîner l'arrêt du travail aux postes de travail concernés **jusqu'à la mise en œuvre des mesures propres à assurer la protection des salariés** (articles R. 4412-77 et R. 4412-78).

| Effets chez l'ENFANT | Plombémie (µg/l) | Effets chez l'ADULTE |
|--|------------------|---|
| Risque d'intoxication mortelle | 2000 | Risque de décès Atteinte cérébrale grave |
| | 1500 | Hépatite cytolytique |
| | 1000 | Atteinte neurologique périphérique (paralysie) Colique de plomb |
| Atteinte cérébrale sévère | 700 | Anémie |
| | 500 | Atteinte rénale Douleurs abdominales |
| | 400 | Atteinte neurologique centrale : détérioration intellectuelle et troubles du comportement Déficit de la fonction rénale |
| | 250 | Risque d'avortement et de prématurité |
| | 200 | ↗ du délai pour concevoir |
| | 150 | Altération du spermogramme |
| | 100 | |
| | | |
| Troubles du comportement Altération du comportement et du quotient intellectuel Troubles mentaux organiques Toxicité auditive Retard du développement statur pondéral Retard pubertaire | 0 | Diminution de la fonction rénale Risque augmenté de maladie rénale chronique Si femme enceinte : - petit poids de naissance du fœtus - effets neurotoxiques chez le fœtus |

Figure 1 Manifestations cliniques potentielles selon le niveau de plombémie (d'après Ministère des Solidarités et de la Santé, 2002).

Face au risque d'intoxication au plomb, des mesures de prévention doivent systématiquement être mises en place : avant tout, des mesures de protection collective, destinées à assainir l'air et éviter la pollution des surfaces (captage des poussières à la source, ventilation, ...), mais aussi des mesures d'hygiène indispensables pour ne pas se contaminer avec des mains souillées, voire contaminer son entourage familial en revenant avec des vêtements sales à son domicile ...

Conclusion

Le danger du plomb sur la santé, même à faible plombémie, impose de mettre d'emblée en place des mesures de prévention efficaces sur les lieux de travail, qui impliquent à la fois maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et travailleurs.

Références bibliographiques

Ministère des Solidarités et de la Santé (2002), *Les effets du plomb sur la santé*, 6 p. URL : <https://solidarites-sante.gouv.fr/IMG/pdf/effetsplombsante.pdf>

Ministère des Solidarités et de la Santé (2015), *Effets du plomb sur la santé*, URL : <https://solidarites-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/batiments/article/effets-du-plomb-sur-la-sante>

L'auteur

Dr Carole Morneau conseiller médical, CRAMIF,
17/19 avenue de Flandre, 75954 PARIS Cedex 19, carole.morneau@assurance-maladie.fr

EXPOSITIONS PROFESSIONNELLES AU PLOMB ET RÉGLEMENTATION

FABRICE MATTY

Résumé Sur le chantier comme à l'atelier, la réglementation du travail impose la mise en œuvre de la démarche de prévention du risque lié au plomb aux différents acteurs d'une opération. Celle-ci s'articule autour des principes généraux de prévention, des dispositions relatives à la prévention du risque chimique et de la coordination des intervenants. L'efficacité de la démarche, objective et anticipative, repose sur des points clés techniques et organisationnels.

Contexte de la prévention et rôle des acteurs

Apprécié pour ses caractéristiques physico-chimiques, le plomb a été utilisé à travers les siècles dans la construction d'édifices et l'ornementation du bâti. Lors des opérations d'entretien et de conservation-restauration de ce patrimoine, de nombreux corps d'État et travailleurs y sont confrontés. Or le plomb est dangereux pour leur santé, par ingestion ou inhalation de poussières. Exporté hors du lieu de travail, le plomb peut également intoxiquer les collègues ou les proches.

De nos jours, en France, l'individu dispose d'un droit à la santé pour lui permettre de vivre au sein de la collectivité à son gré et subvenir à ses besoins, notamment par le travail. Logiquement, le travail ne doit pas remettre en question cette capacité et affecter la santé de l'individu. Dès lors, la prévention des risques professionnels pouvant porter atteinte à la santé s'impose. Le fondement de la démarche consiste à considérer objectivement l'individu au cœur de son travail réel, à savoir une activité spécifique dans un environnement donné, pour en déduire les solutions les plus efficaces en termes de préservation de la santé.

Aujourd'hui indissociables de toute action effectuée à titre professionnel, les questions de santé au travail relèvent de la réglementation du travail (Code du travail); la démarche de prévention des risques y est décrite et sa mise en œuvre est obligatoire. Pour sa part, le Code de la sécurité sociale régit le volet assurantiel du risque Accident du travail et maladie professionnelle, pour le compte des entreprises et des travailleurs (tarification, réparation, prévention des risques). Directement ou indirectement, le plomb est concerné par d'autres réglementations (santé publique, environnement, urbanisme, construction, patrimoine, etc.), mais elles restent hors du champ de la santé au travail.

La prévention des risques professionnels s'impose aux employeurs, aux travailleurs, salariés et indépendants, ainsi qu'aux donneurs d'ordre, maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et coordinateurs Sécurité et protection de la santé (CSPS) d'une opération. D'un point de vue institutionnel, l'Inspection du travail (DIRECCTE) contrôle l'application de la réglementation,

les organismes de Sécurité sociale (CARSAT, CRAMIF, CGSS) développent et coordonnent la prévention des risques sur leur territoire, conseillent les acteurs et contrôlent la mise en œuvre des mesures justifiées de prévention par les employeurs. Les services de santé au travail (médecine du travail) assurent le suivi médical des travailleurs et conseillent les employeurs. L'Organisme professionnel de prévention du BTP (OPPBT), l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS) ou encore l'Agence nationale pour l'amélioration des conditions de travail (ANACT) conduisent des programmes d'étude et de recherche, conseillent et forment les acteurs, et diffusent de l'information.

Avant d'aller plus loin, accordons-nous sur la notion de prévention des risques. Un risque est caractérisé par la probabilité non nulle qu'un dommage survienne du fait qu'un individu se trouve en présence d'un danger ou d'un phénomène dangereux, d'une part, et par la gravité du dommage potentiel, d'autre part. Dans le cas du plomb, un travailleur est exposé au risque d'intoxication dès lors qu'il intervient dans un environnement présentant des particules susceptibles d'être inhalées ou ingérées. La répétition de ces interventions accroît l'exposition globale et la probabilité d'apparition des dommages.

Prévenir c'est devancer, agir avant que quelque chose ne nuise. Prévenir un risque professionnel consiste à mettre en œuvre tout ce qui permet de réduire au plus bas la probabilité qu'un travailleur soit confronté à un danger, afin d'éviter toute altération accidentelle ou chronique de sa santé. Si le risque est inévitable, on cherchera à réduire la gravité potentielle du dommage en influant sur le niveau, la durée et la répétitivité des expositions. Prévenir le risque d'intoxication par absorption de plomb consiste à mettre en œuvre tout ce qui permet de réduire au plus bas la quantité de particules présentes dans l'environnement du travailleur, qu'elles soient en suspension dans l'air ambiant, en dépôt sur les surfaces, émises par les travaux ou déjà présentes dans les locaux. *In fine*, la mesure de prévention la plus efficace consistera à supprimer autant que possible les sources de plomb pour éviter tout empoussièrement ou émission de poussières, donc toute exposition ultérieure; autrement dit, éviter le risque en le combattant à la source pour empêcher toute atteinte à la santé.

Cadre réglementaire

Le cadre réglementaire de la santé au travail repose sur des principes à appliquer et des objectifs à atteindre avec, dans certains cas, des dispositions particulières à prendre. Le choix des solutions techniques et organisationnelles reste globalement à la main des acteurs de l'opération; il leur incombe de viser l'efficacité maximale en matière de sécurité. Le socle essentiel de la démarche de prévention du risque lié au plomb s'articule autour des principes généraux de prévention, de la coordination SPS et des dispositions relatives à la prévention du risque chimique. Tous les acteurs sont concernés.

Les principes généraux de prévention

L'employeur prend les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale des travailleurs : prévention, information, formation, organisation et moyens, etc. (L4121-1)¹. L'employeur est responsable en cas d'accident ou d'atteinte à la santé. Il met en œuvre ces mesures sur le fondement des neuf principes généraux de prévention : éviter les risques, évaluer les risques qui ne peuvent pas être évités, combattre les risques

¹ Les annotations de type « L4121-1 » renvoient aux articles du Code du travail.

à la source, adapter le travail à l'Homme, tenir compte de l'évolution technologique, remplacer ce qui est dangereux par ce qui ne l'est pas ou moins, planifier la prévention, prendre des mesures de protection collective et individuelle, donner les instructions appropriées (L4121-2). L'efficacité de la démarche de prévention dépend de la mise en œuvre conjointe de ces principes généraux, l'objectif premier étant d'éviter d'exposer les travailleurs au risque en supprimant le danger.

Le travailleur prend soin de sa santé et de sa sécurité, ainsi que de celles des autres personnes concernées par ses actes ou ses omissions au travail, en fonction de sa formation et selon ses possibilités. Cette disposition est sans incidence sur le principe de la responsabilité de l'employeur (L4122-1). Le travailleur doit notamment éviter tout acte ou comportement dangereux, respecter les modes opératoires, le plan de circulation, les mesures d'hygiène, les instructions, le règlement intérieur, respecter le plan de formation établi par l'employeur, respecter le plan de suivi médical, etc.

Le maître d'ouvrage, le maître d'œuvre et le CSPS mettent en œuvre les principes généraux de prévention, dès la phase d'élaboration du projet et pendant la réalisation des travaux. Le maître d'ouvrage tient compte de ces principes dans ses choix architecturaux, techniques et organisationnels, en vue d'éviter les risques et de faciliter les interventions ultérieures sur l'ouvrage (L4531-1). Le maître d'ouvrage est à l'origine de l'action de travail, il est garant de l'environnement qu'il met à *disposition des intervenants* et qu'il doit maîtriser.

La coordination sécurité et protection de la santé

La coordination SPS est organisée pour toute opération où sont appelés à intervenir plusieurs entreprises, sous-traitants ou travailleurs indépendants, afin de prévenir les risques résultant de leurs interventions simultanées ou successives (co-activité), et de prévoir l'utilisation de moyens communs tels que les infrastructures, les moyens logistiques, les protections collectives (L4532-2). La coordination SPS est organisée dès la conception du projet jusqu'à la fin de l'opération (L4532-3). Le maître d'ouvrage engage contractuellement un coordonnateur SPS en conception et un en réalisation, il tient compte de leurs conseils. Le maître d'ouvrage s'assure de la collaboration effective du maître d'œuvre et du CSPS, il leur donne l'autorité et les moyens nécessaires à l'exercice de leur mission. L'anticipation, en amont et au cours de l'opération, est la clé : elle permet notamment au maître d'ouvrage, à travers la mise en œuvre des compétences appropriées en externe comme en interne, d'établir un dossier de consultation des entreprises (DCE) objectif et précis, d'obtenir en retour des devis pertinents et des prestations conformes à la réglementation, de faciliter le pilotage de l'opération et d'éviter les contraintes organisationnelles et financières liées à la mise en conformité réglementaire en cours d'opération.

Sur les chantiers soumis à un plan général de coordination (PGCSPS), chaque entreprise rédige un plan particulier de sécurité et de protection de la santé (PPSPS) et le communique au CSPS, avant le début des travaux (L4532-9). Adapté aux spécificités de l'opération, le PPSPS contient la description des travaux et des différents processus, l'analyse des risques, les mesures de prévention et de coordination générale. (R4532-56 à 76).

La prévention du risque chimique

Les dispositions relatives à la prévention du risque chimique s'appliquent en premier lieu aux employeurs et aux travailleurs, directement concernés par l'exposition au risque et la

maîtrise des modes opératoires. Elles s'imposent par voie de conséquence au maître d'ouvrage qui doit éviter les risques liés aux interventions simultanées ou successives. En raison de ses caractéristiques toxicologiques, le plomb relève des dispositions concernant les agents chimiques dangereux (R4411-1 à 57, R4535-8) et les agents cancérogènes, mutagènes et repro-toxiques, ou CMR (R4412-59 à 93, R4535-9). Enfin, plusieurs dispositions spécifiques au plomb sont également applicables (R4412-149, R4412-156 à 160).

Dans les grandes lignes, ces dispositions déclinent les principes généraux de prévention et se concrétisent de la façon suivante : éviter l'exposition, substituer/supprimer l'agent chimique (dépose, retrait, nettoyage) ; évaluer objectivement le risque qui ne peut être évité (repérage exhaustif, test des modes opératoires en amont, mesurages et contrôle du niveau d'exposition et de l'efficacité de la démarche) ; planifier la prévention (choix architecturaux et méthodologiques, organisation, pilotage, contrôles) ; réduire l'exposition au niveau le plus bas possible : mettre en œuvre les techniques et les modes opératoires les moins émissifs, capter le polluant à la source, limiter l'effectif exposé et le temps d'exposition, contrôler le respect des valeurs limites, prendre des mesures de protection collective (système clos, confinement, aspiration localisée, humidification, assainissement de l'air, etc.), porter des équipements de protection individuelle, notamment respiratoires, adaptés aux travaux et aux polluants, mettre en œuvre des installations sanitaires spécifiques (vestiaires « sales » et vestiaires « propres » séparés par des douches), fournir les meilleures conditions pour assurer l'hygiène individuelle ; informer sur les risques et former les intervenants, donner les consignes et les instructions appropriées, ne pas manger, boire ou fumer avant décontamination ; assurer le suivi médical des travailleurs.

Les expositions professionnelles au plomb sont soumises à des valeurs limites réglementaires ; elles doivent être mesurées par des organismes accrédités.

- Valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP) : 0,1 mg de plomb/m³ d'air inhalable sur 8h (R4412-149) ; en cas de dépassement : arrêt de la tâche, *évaluation* du risque, changement de mode opératoire, mesures de prévention et nouveau contrôle de la VLEP.
- Valeur limite biologique (VLB) : 300 µg (femme) / 400 µg (homme) de plomb par litre de sang (R4412-152) ; en cas de dépassement : retrait du travailleur et actions identiques déclenchées en cas de *dépassement de VLEP*.
- Déclenchement du suivi individuel renforcé (SIR) à partir de 0,05 mg de plomb/m³ d'air inhalable sur 8h, ou 100 µg (femme) / 200 µg (homme) de plomb par litre de sang (R4412-160).

Ces seuils sont des valeurs maximales à ne pas dépasser, et non des objectifs de prévention ; des résultats inférieurs aux seuils n'impliquent pas l'absence de danger donc d'exposition. La réglementation précise bien que, si elle ne peut pas être évitée, l'exposition à un agent CMR doit être réduite au niveau le plus bas possible. Ce principe mérite d'autant plus d'être souligné que certains effets du plomb sur la santé sont sans seuil ; les expositions doivent être autant considérées dans le cadre de chaque opération que sur l'ensemble d'une carrière.

Nombre d'acteurs se réfèrent aux valeurs seuils du Code de la santé publique pour caractériser l'exposition au risque. Ces valeurs visent le niveau de concentration en plomb d'un revêtement (enduit, peinture) et l'empoussièrément des sols de bâtiments de logements en fin de travaux. Ici encore, des résultats inférieurs aux valeurs seuils ne permettent pas d'écarter l'exposition au risque : la nature et le niveau d'exposition des travailleurs dépendent non seulement de la concentration en plomb du matériau sollicité ou du niveau de pollution

d'une surface, mais également du mode opératoire mis en œuvre et de la durée de l'intervention. Le contrôle de l'empoussièrément par prélèvements surfaciques permet cependant d'objectiver l'évaluation du risque en amont et d'apprécier l'efficacité de la démarche jusqu'à la fin des travaux.

Dispositions complémentaires

Plusieurs autres dispositions sont à prendre en compte dans le cadre des opérations concernées par le plomb, les plus notables étant : l'assainissement de l'air des locaux de travail; la vérification des installations et des équipements de travail; la fourniture, le port et l'entretien des équipements de protection individuelle; la formation des travailleurs exposés à des travaux dangereux; les travaux interdits aux mineurs et aux femmes enceintes ou allaitantes; les dispositions spécifiques aux travailleurs indépendants; les droits d'alerte et de retrait du travailleur; l'arrêt d'activité CMR par l'Inspection du travail.

Pierre angulaire de la démarche de prévention, l'évaluation du risque repose notamment sur l'information échangée entre les acteurs, en amont et au cours d'une opération. Les éléments concernant le plomb doivent être accessibles à travers différents documents réglementaires : dossier de consultation des entreprises, cahier des clauses techniques particulières, plan général de coordination Sécurité et protection de la santé (PGCSPS), registre journal (RJ) du CSPS, compte-rendu du comité interentreprises pour la santé, la sécurité et les conditions de travail (CISSCT), dossier des interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO), diagnostics et rapports de repérage, rapports d'analyse des prélèvements atmosphériques et surfaciques, fiches de données de sécurité (FDS), plan particulier de sécurité et protection de la santé (PPSPS), document unique d'évaluation des risques (DUER) de l'entreprise, plan de prévention, etc.

La mise en œuvre de compétences adaptées aux opérations concernées par le plomb constitue un autre facteur d'efficacité de la démarche de prévention, tant au niveau des donneurs d'ordre, pilotes et encadrement, que des entreprises et des travailleurs. Des formations existent (OPPBT, CRAMIF par exemple). L'outil CODIT, tableur téléchargeable sur travail.gouv.fr, facilite la lecture thématique de la réglementation du travail.

Conclusion

Face à un risque aux conséquences graves sur la santé, la réglementation du travail encadre les opérations exposant au plomb. À travers des principes généraux à appliquer et des objectifs à atteindre, elle engage les acteurs à mettre en œuvre une démarche de prévention du risque dont l'efficacité dépend de points clés essentiels : prendre en compte le sujet du plomb dès la phase d'étude de l'opération, mettre en œuvre au plus tôt les compétences internes et externes appropriées, placer l'Homme au centre du travail, évaluer objectivement et régulièrement le risque, coordonner les intervenants et maîtriser les expositions (retrait du plomb, captage à la source, ventilation, nettoyage, hygiène, mutualisation des moyens).

L'auteur

Fabrice Matty contrôleur de sécurité, Caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France, direction régionale des Risques professionnels, antenne des Yvelines, fabrice.matty@assurance-maladie.fr

ÉVALUATION DES RISQUES ASSOCIÉS AU PLOMB EN ATELIER DE CONSERVATION-RESTAURATION

LORETTA ROSSETTI, ELODIE GUILMINOT

Résumé En 2008, l'afflux d'une grande quantité d'objets à base de plomb au sein du laboratoire Arc'Antique a amené à s'interroger sur les risques sanitaires. À partir de ces premiers questionnements, une étude de deux ans a démarré, en collaboration avec l'équipe de l'IHIE-SSET (Institut d'hygiène industrielle et de l'environnement – Sécurité sanitaire de l'environnement et du travail) du CNAM d'Angers, associée au laboratoire de Toxicologie de l'université de Pharmacologie de Nantes. Les résultats de cette étude ont permis une prise de conscience du problème et ils ont conduit à la réalisation de travaux et à l'établissement de procédures pour mieux maîtriser les risques de pollution.

Contexte de l'étude

Au vu de la quantité d'objets en plomb passant au sein de notre laboratoire, il nous est apparu indispensable de connaître et de maîtriser les risques sanitaires relatifs au plomb, du musée à l'atelier de conservation-restauration. Pour réaliser cette étude, un programme de recherche financé par le ministère de la Culture (PNRCC) a été réalisé avec des spécialistes de l'hygiène et sécurité : l'équipe de l'IHIE-SSET (Institut d'hygiène industrielle et de l'environnement - Sécurité sanitaire de l'environnement et du travail) du CNAM (Conservatoire national des arts et métiers) d'Angers, associé au laboratoire de Toxicologie de l'université de Pharmacologie de Nantes.

Le plomb se classe parmi les plus dangereux des métaux (ICC, 2010). Cette substance présente deux types de toxicité : une toxicité aiguë qui est due à l'absorption en un court laps de temps d'une grande quantité de produit et une toxicité chronique, plus répandue, due à la mise en contact fréquente avec la substance dans des concentrations plutôt faibles. En France, le plomb est classé toxique pour la reproduction et est soupçonné d'avoir des effets cancérigènes (INRS, 2004). La connaissance des effets du plomb sur l'homme a permis aux autorités de mettre en place une réglementation sur l'utilisation de cette substance. Différents décrets s'intègrent dans la prévention du risque chimique. Ils définissent des valeurs limites contraignantes : d'une part une valeur limite contraignante de moyenne d'exposition professionnelle (VLEP-8 heures) dans l'air des locaux de travail de $0,10\text{mg}/\text{m}^3$ en plomb pour 8 heures (art. R4412-149 du Code du travail); et d'autre part une valeur limite biologique contraignante (VLB) de $400\mu\text{g}/\text{L}$ pour les hommes et $300\mu\text{g}/\text{L}$ pour les femmes. Un dépassement de ces deux valeurs conduit à un retrait du salarié du poste de travail. Par ailleurs, le Code du travail français exige une surveillance médicale renforcée (SMR) lors d'une exposition au plomb d'une concentration dans l'air supérieure à $0,05\text{mg}/\text{m}^3$ et/ou lors de concentrations de plomb dans le sang (plombémie) supérieures à $200\mu\text{g}/\text{l}$ pour les hommes

et 100µg/l pour les femmes. L'exposition par voie cutanée n'est pas prise en compte dans ces textes réglementaires. Une étude menée par la CRAMIF a proposé une valeur de référence de 6 µg ; valeur obtenue sur des mains propres de sujets non exposés professionnellement (CRAMIF 2009), car une contamination des mains par des poussières de plomb peut entraîner un risque d'ingestion lié au portage main-bouche.

Quant à la pollution au plomb des locaux professionnels, aucun texte réglementaire n'exige le respect de valeurs limites. En termes de contamination des surfaces, il est possible de se référer à la valeur de 1000µg de plomb/m² (=0,1µg/cm²) qui est la valeur exigée en santé publique lors des diagnostics dans l'habitat (article 6 de l'arrêté du 12 mai 2009 en application de l'article L1334-2 du Code de la santé publique). À partir de ces références, des mesures ont été réalisées au sein de l'atelier de conservation-restauration et dans les musées collaborant au projet, le musée de Arts et Métiers et le musée d'Archéologie nationale, afin d'identifier les situations exposantes et donc potentiellement à risques pour les salariés.

Résultats

L'étude des processus de travail, pour lesquels un contact avec le plomb est supposé, est menée pour l'ensemble des groupes d'étude (musée des Arts et Métiers de Paris, musée d'Archéologie nationale de Saint-Germain-en-Laye et Arc'Antique). Les paramètres suivants sont renseignés pour chaque tâche réalisée : types d'objets manipulés, lieu de manipulation, caractéristiques environnementales, description de la tâche (type de contact et/ou de traitement), durée et fréquence de la tâche, protections individuelles et collectives utilisées. À l'issue de l'étude des processus de travail, il apparaît que la restauration d'objets en plomb présente les principales situations à risques. Les réserves et les salles d'exposition, de par le délitement des objets, peuvent présenter une contamination des surfaces. Aussi, les mesurages de l'exposition individuelle et l'évaluation de la contamination de l'environnement se sont concentrés sur le laboratoire Arc'Antique.

Plusieurs activités au sein de l'atelier de conservation-restauration ont fait l'objet de mesurages d'exposition au plomb :

- le nettoyage des objets en plomb par micro-sablage : pour des gros objets, un système d'aspiration des poussières « à la source » par bras aspirant mobile (Ø 120 mm) était utilisé à l'époque des mesures. La restauration des petits objets était réalisée dans une enceinte ventilée, de type boîte à gants, avec aspiration/filtration autonome. Les équipements de protection individuelle utilisés sont dépendants des tâches réalisées et des restaurateurs;
- le nettoyage de la cabine de sablage après le traitement d'objets en plomb;
- la prise de vue des objets en plomb avant et après traitement;
- la maintenance du matériel utilisé pour les activités liées au plomb : changement de filtre du système de ventilation, changement du sac aspirateur utilisé pour nettoyer la cabine de sablage;
- les activités menées par d'autres salariés à proximité de la salle de sablage pendant le traitement d'objets en plomb.

Les échantillonnages du plomb au niveau des voies respiratoires ont été réalisés au moyen de pompes individuelles portatives reliées à une cassette porte-filtre ø37mm Versa Trap® Cassette (Omega Specialty Instrument Co) contenant un filtre en fibre de quartz (Réf AQFA03700, Millipore, France). La contamination des mains a été appréhendée par essuyage

via des compresses (Mesoft Mölnlycke Health Care) de taille 10x10 cm imbibées de 5 ml de sérum physiologique. De façon complémentaire à ces mesurages, des dosages de la teneur en plomb dans le sang des salariés ont été réalisés. Pour l'évaluation de la contamination en plomb des locaux, des salles du laboratoire, la cabine de sablage et les paillasse ont fait l'objet de prélèvements. Ces derniers ont été réalisés sur le sol et sur les paillasse : avant et après la réalisation d'activités en cabine de sablage (pour les échantillonnages réalisés en cabine ou dans les locaux adjacents); à un moment défini de la journée pour les autres échantillonnages. Des compresses imbibées de sérum physiologique ont été utilisées sur une surface de 10 × 10 cm.

L'interprétation des mesurages de plomb par voie respiratoire dépend des activités du salarié sur la journée de 8 h.

Cas n° 1 : le restaurateur n'effectue que la tâche supposée exposante au plomb dans la journée et sur la durée mesurée.

L'exposition au plomb, lors de la réalisation des trois activités en cabine de sablage, est modérée et le dépassement de la VLEP est peu probable. Il n'y a pas de dépassement de la valeur limite lors de la réalisation de l'activité de bureautique (en absence d'activités en cabine) et lors de la prise de vues d'objets en plomb. Seule l'activité de restauration en laboratoire en absence d'activités en cabine présente un probable dépassement de la valeur limite.

Cas n° 2 : le restaurateur n'effectue, dans la journée, que la tâche supposée exposante au plomb et ceci durant toute la journée de travail.

Les résultats montrent un dépassement de la valeur limite pour les activités de sablage et de microsablage réalisées en cabine (**fig. 1**). Le dépassement est aussi constaté pour les activités de restauration et de bureautique lors d'activités en cabine, ainsi que pour les activités de restauration en absence d'activités en cabine. Pour toutes les autres tâches mesurées (et

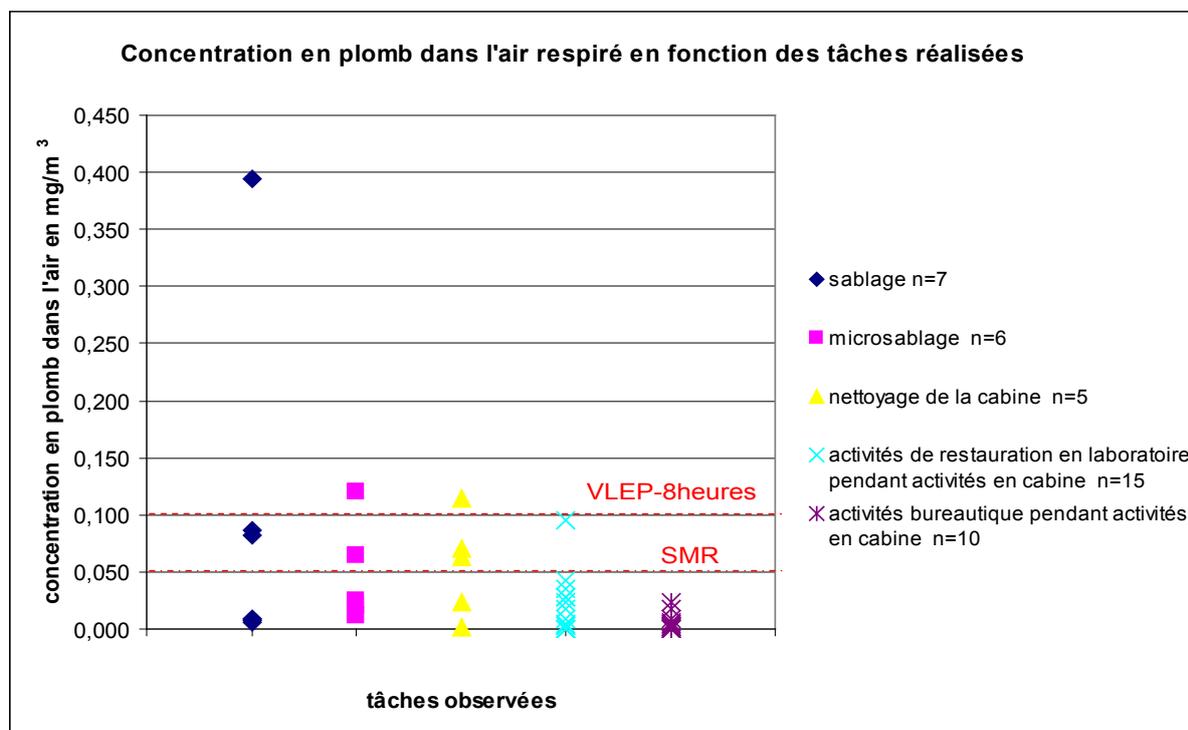


Figure 1 Résultats de la concentration en plomb dans l'air respiré lors de la réalisation de tâches menées en cabine ou en laboratoire pendant des activités en cabine.

dans la limite du nombre de mesurages réalisés), l'analyse conclut à un non dépassement de la valeur limite (activités de bureautique en absence d'activités en cabine, activités de photographie).

Les résultats des mesurages réalisés sur les mains des salariés, à la prise de poste et/ou avant le début d'une activité en lien avec le plomb, présentent tous des résultats supérieurs à 6 µg (étendue : 24 à 311 µg). Après la réalisation d'activités supposées contaminantes (tâche de sablage, micro-sablage, maintenance, prise de vues), les données sont comprises entre 64 à 2659 µg malgré le port des gants.

Les valeurs de plombémie dans le sang obtenues sont toutefois inférieures aux valeurs nécessitant un retrait du poste du salarié et nécessitant une surveillance médicale renforcée. Un seul salarié présente une plombémie supérieure à la valeur de référence en population générale.

Quant à la contamination des locaux professionnels par le plomb, des concentrations supérieures à la valeur de référence (0,1µg/cm²) ont été détectées pour l'ensemble des échantillons analysés (fig. 2), à l'exception de la paillasse de la restauratrice qui restaure les objets en plomb et qui a l'habitude de nettoyer soigneusement son espace de travail.

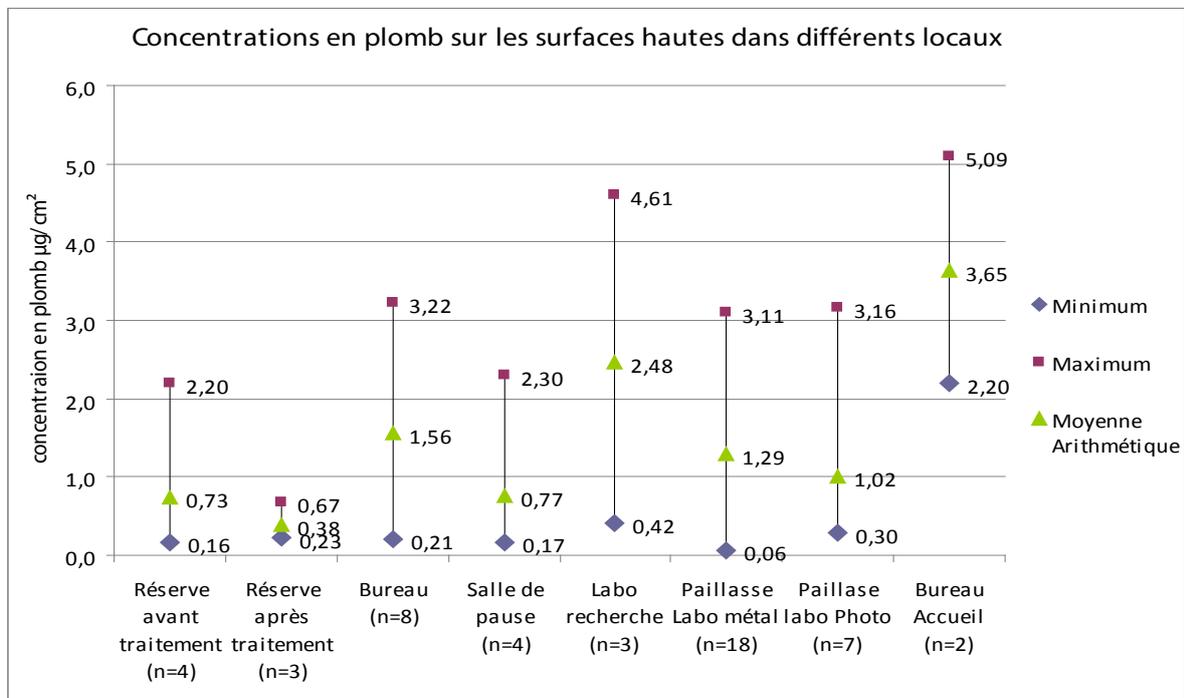


Figure 2 Présentation des résultats de concentrations en plomb sur les surfaces hautes dans l'entreprise Arc'Antique

Conclusion

Cette recherche, menée en situation réelle de travail, a permis une prise de conscience de la part des professionnels quant aux risques liés à l'exposition au plomb.

Au laboratoire de restauration, le suivi des valeurs de pollution, effectué par tâche et dans des lieux différents, a amené à une réflexion qui a intéressé toute l'équipe. Dans l'atelier de restauration des métaux, cela s'est traduit par la modification de la cabine de sablage et la construction d'un sas, afin de confiner au maximum la pollution. Le constat que les

poussières de plomb étaient dispersées dans tout le bâtiment a aussi amené à la modification des pratiques de travail : des procédures ont été élaborées afin d'améliorer la protection personnelle, le nettoyage des surfaces souillées (plans de travaux, équipements) et, enfin, le suivi des déchets.

Références bibliographiques

CRAMIF (2009), *Décapage de volets recouverts de peinture au plomb* (coll. Fiche d'information et de prévention, FIP 21), disponible en ligne sur <http://www.cramif.fr/pdf/th2/prev/fip21-decapage-volets-peinture-plomb.pdf> (consulté le 30 août 2011).

ICC (2010), *La présence de plomb dans les collections muséales et les édifices patrimoniaux* (coll. Notes de

l'ICC), Disponible en ligne sur http://www.cci-icc.gc.ca/publications/ccinotes/enotes-pdf/1-8_f.pdf (consulté le 30 août 2011).

INRS (2004), *Le risque cancérigène du plomb, évaluation en milieux professionnels, avis d'experts*, Paris, INRS, 356 p.

Remerciements

La réalisation de ce projet a été possible grâce au soutien financier du ministère de la Culture, dans le cadre de programme national de recherche sur la connaissance et la conservation des matériaux du patrimoine culturel (2009). L'étude sanitaire a été menée par Delphine Teigné, avec l'aide de Josselin Pichon et Nathalie Faisant, de l'IHIE- SSET (Institut d'hygiène industrielle et de l'environnement – Sécurité sanitaire de l'environnement et du travail) du CNAM d'Angers, avec la collaboration de Yannick François et Alain Pineau du laboratoire de Toxicologie de l'université de Pharmacologie de Nantes. Les remerciements s'adressent également aux représentants d'Arc'Antique, du musée du conservatoire national des Arts et Métiers de Paris et du musée d'Archéologie nationale de Saint-Germain-en-Laye qui ont accepté de participer à ce projet, et particulièrement aux salariés pour leur collaboration aux mesurages de leurs expositions.

Les auteurs

Loretta Rossetti conservateur restaurateur métal,
Loretta.Rossetti@Loire-Atlantique.fr

Elodie Guilminot ingénieur de recherche, Elodie.
Guilminot@Loire-Atlantique.fr

Laboratoire Arc'Antique – GPLA (Grand Patrimoine de Loire Atlantique), 26 rue de la Haute Forêt, 44300 Nantes

ÉQUIPEMENT ET SÉCURITÉ FACE AU PLOMB DANS UN ÉTABLISSEMENT DE FORMATION EN VITRAIL

AURÉLIE RÈGUE

Résumé Diplômée d'un master en Conservation-restauration des biens culturels, en vitrail, de l'université Paris I – Panthéon Sorbonne, j'ai travaillé de nombreuses années dans des ateliers de restauration de vitraux. J'ai ensuite intégré l'équipe pédagogique du lycée Lucas de Nehou, en tant qu'enseignante auprès des classes de CAP Décoration sur verre et vitrail et de BMA Verrier décorateur, option peinture sur verre et vitrail, puis à l'ENSAAMA Olivier de Serres auprès des DMA Vitrail, tout en gardant mon activité d'indépendante en conservation-restauration et création de vitraux en parallèle. Ma pluridisciplinarité et cette vision élargie du métier m'ont permis de comprendre l'ensemble des problématiques liées à la sécurité dans différents postes de travail et son impact au quotidien.

L'objectif de mon intervention a consisté à présenter le point de vue d'un formateur, d'un professeur, quant à la sécurité et l'hygiène face au plomb. Ceci, dans un établissement de formation du vitrail dont le public est essentiellement constitué de jeunes, souvent mineurs, tout en étant consciente des contraintes professionnelles et de la réalité de la situation en atelier (**fig. 1**).



J'ai présenté le lycée des métiers des arts du verre et des structures verrières « Lucas de Nehou ». Cet établissement polyvalent public, qui forme aux métiers d'art liés au travail du verre, dispense des formations diplômantes allant du CAP au DNMADE. Il est le seul des deux établissements que j'ai fréquentés à entreprendre une démarche positive d'amélioration de ses locaux et d'optimisation des conditions de travail en matière d'hygiène et de sécurité, que les équipes voudraient exemplaire, optimum et sécuritaire face au plomb.



Après une présentation rapide des lieux, des formations puis des ateliers, nous avons passé en revue les équipements (**fig. 2**) ainsi que la gestion de la sécurité face au plomb au quotidien, les petits gestes, les habitudes et les conseils pour améliorer sa propre sécurité sans pour autant posséder l'équipement, les travaux étant un projet à venir. Néanmoins, des aménagements simples ont d'ores et déjà été mis en place, comme des doubles casiers pour chaque élève : un pour les vêtements de ville (propre), un pour les vêtements d'atelier (contaminé par le plomb), l'installation de robinets d'évier en commande non-manuelle (actionnée à l'aide du genou), d'essuie-mains jetable, des gants épais pour le sertissage, des masques et, progressivement, nous remplaçons les blouses et blousons par des combinaisons de travail, lavés par une société extérieure spécialisée.

Mon travail était un préambule à la présentation de la CRAMIF, qui a réalisé des tests et proposé un protocole/cahier des charges pour améliorer le quotidien dans les ateliers de vitrail.

Conclusion

Nous tentons de faire de la prévention quotidiennement, en informant les élèves en fonction de nos propres connaissances sur le sujet, en nous appuyant sur notre propre vécu professionnel et personnel. Il est malheureusement évident que les jeunes élèves, parfois mineurs, ne mesurent pas forcément l'enjeu vital d'une telle sécurité, perçue comme contraignante.

Il est de notre responsabilité de leur en faire prendre conscience, de les accompagner en expliquant et en les encadrant tout au long de leur formation, créant ainsi un environnement protégé et idéal pour leur apprentissage.

L'auteur

Aurélië Règue conservateur restaurateur et création de vitraux, enseignante, contact@arelieregue-vitraux.com

DÉMARCHE DE PRÉVENTION DANS UN ATELIER DE VITRAIL D'UN LYCÉE PROFESSIONNEL

MÉLANIE CHÂTEAU ET THOMAS BONZOM

Le service Prévention des risques professionnels de la Caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France est intervenu au sein du Lycée Lucas de Néhou dans le cadre d'un accompagnement, afin de réduire l'exposition au plomb des élèves et des professeurs.



Figure 1 Essai d'aspiration de la grisaille



Figure 2 Essai d'aspiration des fumées de soudage

Des prélèvements surfaciques de poussières de plomb ainsi que l'observation de l'activité et des pratiques ont mis en évidence un risque d'exposition au plomb à la fois par ingestion et par inhalation. À partir de ces constats, des essais de solutions de ventilation ont été menés avec l'équipe pédagogique. Ces essais ont permis de valider le principe d'aspiration des poussières de grisaille directement sur l'ouvrage (**fig. 1**), ainsi qu'un captage des poussières et des fumées en suspension dans l'air au poste de travail (**fig. 2**). Ils ont également permis d'identifier des améliorations dans l'ergonomie des postes de travail et des mesures techniques et d'hygiène à mettre en place, pour éviter la contamination des mains et des surfaces (création de deux vestiaires distincts « sale » et « propre », installation d'une commande fémorale à chaque point d'eau se trouvant dans les salles de cours, etc.).

Conclusion

Un cahier des charges précis avec des objectifs clairement définis a été établi pour réduire au maximum l'exposition au plomb des élèves et de leurs professeurs. Ce cahier des charges porte sur un dimensionnement des postes de travail, sur des caractéristiques de ventilation, sur du matériel à préconiser permettant de respecter les règles d'hygiène.

La réussite d'un tel projet est conditionnée par l'implication de l'ensemble des différents acteurs (proviseur, enseignants, mairie de Paris, élèves).

Les auteurs

Mélanie Château contrôleur de sécurité, melanie.chateau@assurance-maladie.fr

Thomas Bonzom contrôleur de sécurité, bonzom@assurance-maladie.fr

CRAMIF, 17/19 avenue de Flandre, 75954 Paris Cedex 19

LA DÉPOSE DE TOILES MAROUFLÉES À LA CÉRUSE : CAS PRATIQUES DE MISE EN ŒUVRE D'INTERVENTIONS EN CONTEXTE PLOMB

GÉRALDINE FRAY

Résumé Les restaurateurs sont fréquemment confrontés à la présence de plomb sur les chantiers, particulièrement lors d'interventions sur les toiles marouflées, fréquemment collées à la céruse sur leur support mural. Lors de la dépose et du transfert de plusieurs décors sur toiles marouflées, nous avons pu mettre en œuvre toutes les mesures de protection nécessaires lors de telles opérations, tant pour la protection des intervenants que pour éviter la contamination du lieu de travail. La dépose et le transfert du décor de Xavier de Langlais de l'oratoire de la chapelle de l'évêché de Saint-Brieuc fut ainsi un chantier éprouvant, mais où la mise en œuvre pratique des mesures de protection a permis aux intervenants de se protéger efficacement.

Les grands décors marouflés et leur technique

Apparition et développement des œuvres marouflées

Les grands décors sur toiles marouflées se développent à partir du xvii^e siècle, avec de grands artistes comme Lebrun ou Coypel au château de Versailles, notamment, et la technique va alors connaître un grand engouement. Elle se développe par la suite et prend son essor au xix^e siècle, où les exemples sont nombreux, tant en contexte religieux que civil. Le décor de la voûte de la Banque de France illustre cet attrait pour la technique, puisque le décor d'origine de François Perrier, daté de 1646-49, à l'origine à fresque, est refait à l'identique en 1865-69 par les frères Baize et Denuelle sur toiles marouflées, technique plus simple de mise en œuvre, permettant aux artistes d'effectuer une partie du travail en atelier.

Au xx^e siècle, les grands décors marouflés perdurent et se multiplient, avec des artistes illustres comme Besnard ou Maurice Denis, qui ornent plusieurs espaces du Petit Palais à Paris. Le procédé est toujours utilisé de nos jours, mais les techniques ont évolué au fil du temps.

Les techniques de marouflage

À l'origine, aux xvii^e et xviii^e siècles, les toiles étaient principalement marouflées avec des colles protéiniques de type colle de peau, employées à chaud, ce qui impliquait un temps de travail court et des difficultés de mise en œuvre. À la fin du xix^e et au xx^e siècle, de nombreuses toiles ont été marouflées à la céruse, mais celle-ci tombe progressivement en désuétude en raison de sa toxicité; elle est remplacée par la caséine au début du xx^e siècle et presque

définitivement à partir des années 60. Outre son absence de toxicité, la caséine permet des manipulations plus lentes qu'avec les colles protéiniques.

Xavier de Langlais, dans son livre *La technique de la peinture à l'huile* (Langlais de, 1959), donne des indications pour le marouflage des toiles. Concernant la céruse, il précise que les supports poreux comme le plâtre doivent être préalablement isolés avec des huiles siccatives. La céruse en pâte est également rendue plus siccative par ajout d'un siccatif liquide au plomb et au manganèse (siccatif de Courtrai) et du vernis y est également ajouté (Eburit) pour conserver un peu de souplesse. Xavier de Langlais mit lui-même en œuvre la céruse de manière abondante, tant pour la préparation de ses toiles que pour leur marouflage.

La céruse

La céruse est un pigment blanc opaque à base de carbonate de plomb, fabriqué artisanalement depuis l'Antiquité. Il dispose de plusieurs appellations : céruse, blanc de plomb, blanc d'argent, blanc de Venise... et prend souvent le nom de son lieu de fabrication (Guillerme, 2012).

Ses procédés de production se développèrent de manière industrielle à la fin du XVIII^e siècle, ce qui provoqua un fort engouement pour cette matière au cours du XIX^e siècle, malgré la connaissance des risques sanitaires qu'il entraînait (Rainhorn, 2014). Les ouvriers travaillant dans les usines de fabrication étaient largement atteints de saturnisme et les peintres qui le mettaient largement en œuvre, surtout dans le bâtiment, étaient également fortement affectés.

Vers 1840, une quinzaine d'usines de fabrication existaient en France. La même année, un nouveau procédé technique permit de fabriquer le blanc de zinc à grande échelle, ce qui apporta une solution alternative au blanc de plomb, mais ce dernier perdura encore largement, malgré des enquêtes sanitaires de plus en plus alarmantes. Dès 1849, un premier décret officiel indique que le blanc de zinc doit remplacer le blanc de plomb pour la peinture dans les bâtiments publics, mais ce n'est qu'aux alentours de 1900 que l'évolution de la médecine permet de mieux juger de l'impact du saturnisme et des symptômes associés. En 1909, une nouvelle loi est édictée qui prévoit l'interdiction complète de la céruse dans les travaux de peinture, mais le décret n'est pas appliqué. En 1919, une nouvelle législation reconnaît le saturnisme comme maladie professionnelle, mais aucune réglementation n'interdit l'usage de la céruse et sa fabrication.

Entre 1930 et 1990, une série de décrets tend à informer sur les risques concernant les peintures au plomb et interdit progressivement leur fabrication et leur utilisation. Ce n'est finalement qu'en 1993 qu'un arrêté du ministère de la Santé interdit en France la vente et l'importation de peintures contenant de la céruse ou des sulfates de plomb (Rainhorn, 2014).

Xavier de Langlais et ses décors sur toiles marouflées

Un peintre breton polyvalent

Xavier de Langlais est un peintre, graveur et écrivain breton du XX^e siècle (1906-1975). Entre 16 et 22 ans, il se forme à la pratique picturale en suivant successivement les cours des Beaux-Arts de Nantes puis de Paris. Il revient ensuite rapidement en Bretagne, région à laquelle il est très attaché, et se spécialise dans la décoration des édifices religieux. Il exerce son talent

dans différents édifices bretons : église de La Richardais, grand séminaire de Saint-Brieuc, église Notre-Dame-de-la-Mer à Etel, collège Saint-Joseph de Lannion ou encore l'église paroissiale de Sarzeau, commune dont il est originaire. Principalement connu comme graveur ou comme auteur de son traité *La technique de la peinture à l'huile*, il a pourtant décoré de nombreuses églises et chapelles bretonnes. C'est après la guerre qu'il recevra ses commandes les plus importantes dont celles de Saint-Brieuc, avec les peintures du grand séminaire en 1949 et de la chapelle de l'Evêché en 1956 (Delouche, 1999). C'est au cours de cette période qu'il accroît son activité en élargissant le périmètre géographique de ses interventions, en amplifiant ses formats et en diversifiant ses thématiques.

Le décor du grand séminaire de Saint-Brieuc

Le grand séminaire de Saint-Brieuc fut construit dans les années 1920, mais la crypte de la chapelle ne fut construite qu'en 1948-49 pour recevoir les restes du chanoine Cabaret. La décoration en fut commandée à Xavier de Langlais, qui peignit le décor de part et d'autre de l'abside sur toile marouflée en représentant la présentation de la Vierge et le Christ au Golgotha (fig. 1). Les peintures furent réalisées sur place après conception de nombreux dessins préparatoires, conservés par la famille de l'artiste.



Figure 1 Décor de la crypte de la chapelle du grand séminaire de Saint-Brieuc.
©Géraldine Fray.

Dans le cadre du chantier de réhabilitation du grand séminaire, qui fut réalisé en 2016-2017¹ pour y accueillir les nouveaux locaux de l'évêché, la peinture fut restaurée sur place. Cette dernière, bien conservée, ne nécessitait que des interventions minimales de dégrèvement et des reprises ponctuelles de petits soulèvements et lacunes. Le diagnostic plomb, réalisé au préalable par le cabinet Paturol, avait révélé des taux de plomb très élevés sur la peinture, aux alentours de 65 mg/cm², ce qui indiquait la présence de pigments au plomb et d'un marouflage à la céruse, technique très usitée par Xavier de Langlais et bien documentée dans ses

¹ Sous la maîtrise d'œuvre de Frédérique Le Bec, architecte du patrimoine.

notes personnelles². Dans le cadre de ce chantier, aucun traitement engendrant des particules n'ayant été nécessaire, les mesures de protection ont été limitées au port des équipements de protection individuels par les intervenants. En revanche, ce premier diagnostic nous a alertés pour le traitement d'un autre décor similaire conservé à l'oratoire de l'ancien évêché.

Le décor de la chapelle de l'oratoire de l'ancien évêché

Contexte

L'évêché de Saint-Brieuc, installé depuis les années 1910 dans l'hôtel du Clésieux, situé au centre de Saint-Brieuc, commanda un grand décor pour la chapelle de l'oratoire à Xavier de Langlais en 1956. Il l'orne d'un grand décor sur toiles marouflées, réalisé sur place, représentant la Vierge entourée de saints bretons sur le mur situé derrière l'autel (fig. 2) et le débarquement de Saint-Brieuc sur le grand mur face aux baies.



Figure 2 Xavier de Langlais, décor de la chapelle de l'oratoire de l'évêché de Saint-Brieuc.
©Thorsten Greve.

Technique

Suite au travail réalisé au grand séminaire, une forte suspicion de présence de plomb avait été anticipée et l'étude du journal personnel de l'artiste, dans lequel il notait ses techniques de mise en œuvre, a confirmé l'emploi massif de plomb, tant pour le marouflage que pour l'exécution picturale.

Il y décrit la préparation de ses fonds en indiquant que la toile a été marouflée à la céruse en y ajoutant de l'huile ordinaire, de l'Eburit (vernis huileux) et du blanc d'Espagne (blanc de Meudon). Après marouflage de la toile, composée de plusieurs lés cousus entre eux, l'artiste

² Le journal personnel de l'artiste, conservé par la famille, a été remis au domaine public en 2018 et il est actuellement conservé à la bibliothèque des Champs Libres à Rennes.

a encollé son support avec une céruse similaire appliquée en deux couches, poncées et grattées après chaque séchage. Après report de ses cartons, Xavier de Langlais détaille également sa technique picturale, à base d'émulsion d'huile et d'œuf siccativée (siccatif de Courtrai ou siccatif de Haarlem) et décrit les couleurs employées, dont certaines contiennent également des particules de plomb : blanc d'argent, jaune de Naples.

Étude préalable pour la faisabilité de la dépose

Dans le cadre du déménagement de l'évêché au grand séminaire, l'évêque souhaitait transférer ce décor car les anciens locaux allaient être vendus à un promoteur immobilier et, l'œuvre n'étant pas protégée, il craignait sa destruction.

Dans un premier temps, une étude préalable a donc été réalisée, en déposant un petit lé de toile afin d'évaluer la faisabilité technique de l'opération.

Bien que l'opération soit fastidieuse, la toile pouvait être décollée du mur en agissant sur les couches de plâtre sous-jacentes, qui formaient une couche d'intervention. En revanche, la présence massive de céruse au revers rendait l'opération délicate pour protéger les intervenants et les locaux, mais elle accentuait également la difficulté technique en alourdissant les toiles et en les rendant très rigides.

En raison de la présence de plomb dans la céruse, il a été décidé de ne pas retirer tous les résidus de colle au revers et une solution technique de remarouflage sur panneaux rigides en nid d'abeille d'aluminium a été proposée.

Mise en place d'un confinement

Lors de l'intervention, la chapelle a été isolée des autres parties du bâtiment servant de bureaux, grâce à un confinement hermétique, mis en place à l'aide de bâches transparentes en polyéthylène, scotchées de manière étanche. Des fentes calfeutrées par une double bâche permettaient toutefois de maintenir possible l'ouverture des fenêtres pour conserver une source d'aération. La disposition de la chapelle, accolée à une petite sacristie distincte qui ouvrait sur l'extérieur, a permis de mettre en place deux sas isolés, dans lesquels les intervenants retiraient progressivement les équipements souillés dans le premier, puis les vêtements dans le deuxième. Chaque espace servait ainsi graduellement à se décontaminer, les outils et le matériel restant dans l'espace de travail jusqu'à la fin de l'opération et du nettoyage complet.

Protection et isolation de la surface

Avant de procéder au démarouflage des toiles, la couche picturale a été protégée à l'aide de papiers de chanvre, appliqués à l'aide d'une colle de pâte traditionnelle, afin de sécuriser la surface peinte pendant les opérations (**fig. 3**). Cette protection permettait également d'isoler la peinture afin de ne pas souiller la face et d'éviter l'émanation de particules de plomb provenant des pigments et de l'huile siccativée employée pour la réalisation picturale.



Figure 3 Pose de papiers de protection en surface de la peinture. ©Thorsten Greve.

Port des équipements de protection individuelle (EPI)

Afin de protéger les intervenants, les équipements de protection adéquats pour les chantiers plomb ont été utilisés. Chaque restaurateur était ainsi vêtu d'une combinaison en Tyvek avec capuche, de gants nitrile résistants, de surchaussures en Tyvek, le tout scotché de manière hermétique afin d'empêcher la pénétration des particules. Des masques à ventilation assistée CleanAir de chez Lapro, dotés de cartouches filtrantes de type FFP3, ont également été utilisés (fig. 4, 5, 6). Ces derniers présentent l'avantage d'être entièrement hermétiques, de filtrer toutes les particules et procurent un confort lors du travail en raison de leur système de ventilation assistée qui permet une respiration plus fluide.

La zone de chantier était balisée et interdite aux visites, mais les personnes extérieures autorisées, lors des réunions, étaient également dotées des équipements de sécurité.

Transfert des peintures / isolation du revers

Afin de décontaminer au maximum les toiles avant leur transfert à la nouvelle maison Saint-Yves, le plâtre a été dégagé au revers des toiles sur place, dans la zone de confinement, mais la céruse a été laissée sur la toile, car trop difficile et présentant trop de risques à retirer. Les déformations et déchirures ont ensuite été résorbées, puis les peintures ont été soigneusement aspirées puis nettoyées à l'eau avant leur transfert dans les nouveaux locaux.

À leur arrivée, les toiles ont été stockées dans une nouvelle pièce, protégée et interdite au public, où les toiles ont été stockées à plat pour finalisation du travail sur le support. Une gaze de coton a finalement été appliquée au revers des toiles afin d'isoler les particules de plomb pouvant encore être émises.



Figure 4 Mise en place des équipements de protection
©Thorsten Greve.



Figure 5 Dépose des toiles de la chapelle de l'oratoire.
©Thorsten Greve.



Figure 6 Dépose des toiles de la chapelle de l'oratoire.
©Thorsten Greve.

Nettoyage des lieux

Après dépose complète des toiles, l'ancienne chapelle de l'oratoire désaffectée a été entièrement nettoyée, aspirée, serpillée, et les murs ont été isolés avec une couche de peinture appliquée au pistolet afin de bloquer les particules de plomb résiduelles.

Les outils ont tous été soigneusement nettoyés avec des lingettes professionnelles de nettoyage, afin de ne pas ramener d'objets souillés en atelier.

Traitement des déchets

Un chantier plomb produit de grandes quantités de déchets : bâches, équipements souillés, gravats... Tous ces derniers ont été ramassés quotidiennement et doublement ensachés hermétiquement avant d'être retirés par une entreprise spécialisée de traitement des déchets qui est venue les retirer sur place en les plaçant dans des containers étanches et qui les a ensuite traités en délivrant un bordereau de suivi des déchets.

Finalisation de la restauration

Après dépose et traitement du support toile, la restauration s'est poursuivie dans les nouveaux locaux de l'évêché et les peintures ont été reposées sur un support en nid d'abeille d'aluminium et sont actuellement exposées sur les murs du cloître (**fig. 7**).



Figure 7 Finalisation de la restauration dans le cloître de la maison Saint-Yves.
©Géraldine Fray.

Autres cas pratiques

La toile de Garin dans l'ancienne mairie de Montauban-de-Bretagne

Une autre opération de dépose similaire a été réalisée en 2016 dans l'ancienne mairie de Montauban-de-Bretagne, qui allait être détruite et dans laquelle les mosaïques d'Odorico et la grande toile de Louis Garin, datée de 1938, ont été sauvées (fig. 8, 9).



Figure 8 Toile de Louis Garin de l'ancienne mairie de Montauban de Bretagne.
©Géraldine Fray.



Figure 9 Dépose de la toile de Garin. ©Géraldine Fray.

De même que pour l'œuvre de Xavier de Langlais, aucun diagnostic n'avait été préalablement établi, mais les tests réalisés sur l'œuvre, marouflée sur un mur en béton armé, montraient qu'il s'agissait très probablement d'une colle à la céruse, en raison de sa dureté, de son adhérence et de son aspect légèrement jaunâtre. Cette impression a été confirmée en raison de la difficulté rencontrée pour décoller la toile à l'aide de spatules fines.

De même qu'à Saint-Brieuc, un confinement a été mis en place et les restaurateurs ont été équipés des mêmes équipements de protection, sauf que nous ne disposions pas encore des masques à ventilation assistée. L'équipe a donc été dotée de masques 3M à visière, mais en raison de l'effort fourni, par une période de très forte chaleur, leur port était peu agréable et provoquait beaucoup de condensation.

Le décor de Péron à Brest

Le décor de Péron, daté de 1965 et représentant une vue de Brest avant-guerre, qui ornait les anciens locaux du Cercle de la Marine à Brest, a été déposée en raison de la désaffectation et de la vente future des lieux. Dans ce cas, le diagnostic a révélé des teneurs en plomb comprises entre 0,01 et 0,05 mg/cm², indiquant une technique de marouflage à la caséine, ce qui semble confirmer l'abandon de la technique à la céruse dans les années 1960. Le diagnostic a été établi sur des échantillons de plâtre au revers de la peinture, présentant les différentes couches d'apprêt, car les analyses réalisées par la face ne sont pas forcément représentatives des matériaux appliqués au revers de la toile.

Conclusion

Les différentes déposes de toiles marouflées réalisées récemment ont été l'occasion de mettre en œuvre des mesures de protection simples et efficaces en raison de la forte présence de plomb. L'efficacité des moyens mis en place a pu être vérifiée grâce à des plombémies sanguines qui ont révélé une baisse du taux de plomb des intervenants.

En revanche, il est dommageable que les diagnostics ne soient pas encore systématiquement réalisés avant le lancement des consultations. Lorsque des études préalables sont réalisées sur des édifices, elles sont le moment privilégié pour faire les mesures nécessaires afin d'anticiper les dispositifs à mettre en œuvre et les coûts qui y sont liés.

Bibliographie

Delouche D. (1999), *Xavier de Langlais et la Bretagne*, Coop Breizh.

Guillermé A. (2002), « La céruse », *Techniques et culture, revue semestrielle d'anthropologie des techniques*, n° 38, 2 p.

Langlais de X. (1959), *La technique de la peinture à l'huile*, Paris, Flammarion.

Rainhorn J. (2014), « Poussières de plomb et pollution de l'air au travail : la céruse en question sur le temps long (France, XIX^e-XX^e siècles) », *Pollution*

atmosphérique, n° 222, 16 p., [en ligne], téléchargeable sur : http://odel.irevues.inist.fr/pollution-atmosphérique/docannexe/file/4472/1222_03_rainhorn_bis.pdf (consulté le 4/11/2019).

L'auteur

Géraldine Fray restauratrice de peinture, 29 rue d'en Haut de Brambuan, 56120 La Croix Helléan, contact@gfray.com

SOURCES ET SITUATIONS D'EXPOSITION AU PLOMB EN RESTAURATION D'ART

AUDE BOGEY

Résumé Le plomb, présent sous différentes formes, se retrouve fréquemment dans des objets, peintures, éléments de bâti, etc. à restaurer. Ainsi, les restaurateurs d'art se retrouvent exposés au plomb lors de l'exercice de leur métier. Le laboratoire de toxicologie industrielle de la CRAMIF est intervenu dans quatre ateliers de restauration afin d'estimer le risque chimique lié à l'exposition des restaurateurs aux poussières de plomb.

Dans la plupart des situations de travail étudiées, le risque chimique lié à l'inhalation de poussières de plomb est important à très important et le risque lié à l'ingestion de poussières de plomb ne peut être écarté. C'est pourquoi il est nécessaire d'évaluer les risques liés à l'inhalation et à l'ingestion de poussières de plomb, que ce soit sur chantier ou en atelier, afin de mettre en place des mesures de prévention permettant de réduire l'exposition des restaurateurs autant qu'il est techniquement possible. Ces mesures de prévention doivent prendre en compte les voies d'exposition par inhalation et ingestion.

Exemples de sources d'émission du plomb en restauration d'art

Le plomb se retrouve sous différentes formes : plomb métallique, composés du plomb ou contaminant.

Le plomb métallique a été utilisé, et l'est toujours, pour sa résistance à la corrosion et sa malléabilité, qui en font un matériau intéressant pour réaliser, par exemple :

- couvertures, ornements, étanchéités de balcon, couvertines, scellements;
- baguettes de vitraux;
- objets et outils : canalisations, statuaire, ferronneries d'art, plomb doré, outils divers, soldats en plomb, poids, etc.

Des composés à base de plomb ont pu être utilisés dans :

- les enduits et peintures à bases de céruse (hydrocarbonate de plomb), que l'on peut retrouver sur les murs, les vieilles menuiseries;
- les peintures anticorrosion (ex. : minium de plomb) que l'on peut retrouver sur les charpentes métalliques, les ferronneries d'art, les serrureries, les armatures en fer de statue;
- les pigments ou siccatifs dans certains types de peinture ou vernis tels que :
 - le chromate de plomb (pigment jaune-vert);
 - le rouge de chromate, de molybdate et de sulfate de plomb (C.I. *red* 104, pigments jaune, orange, rouge vifs);
 - le jaune de sulfochromate de plomb (C.I. pigment *yellow* 34);

- le monoxyde de plomb ou litharge, (pigment jaune orangé);
- le minium de plomb (pigment rouge orangé);
- le jaune de Naples (mélange d'oxyde d'antimoine et de plomb);
- le massicot (pigment jaune);
- le sulfure de plomb (pigment noir);
- le dioxyde de plomb (pigment brun-noir);
- le chlorure de plomb (blanc de plomb Pattinson).

Ces pigments peuvent être retrouvés dans la grisaille des vitraux, les poteries, les faïences, les porcelaines, les émaux, les carrelages, le cristal, les peintures à l'huile, les peintures murales, les enluminures, les dessins.

Du plomb sous forme de contaminant peut être présent sur les façades des bâtiments, dans les encrassements et croûtes noires ou sous forme de dépôt de poussières sur les sols, dans les augets ou sur divers objets à restaurer.

Lors d'activités de restauration - retrait de peintures au plomb, réalisation de couvertures, fusion du métal lui-même, découpage de matériaux métalliques recouverts de peinture anti-corrosion - le plomb et ses composés peuvent être émis sous forme de particules (poussières, écailles, fumées) ou de vapeurs.

Missions et méthodes de prélèvement mises en œuvre par le laboratoire de toxicologie industrielle de la CRAMIF

Dans le cadre des actions de prévention des risques professionnels, le laboratoire de toxicologie industrielle de la CRAMIF a pour mission, entre autres, de détecter, estimer et prévenir les risques liés à la présence d'agents chimiques sur les lieux de travail et, pour cela, de caractériser les expositions des salariés.

Cette caractérisation des expositions des salariés au plomb se fait par l'observation de l'activité réalisée et la mise en œuvre de la métrologie. Cette double approche permet d'estimer le risque chimique lié à l'exposition au plomb, à la fois par inhalation et par ingestion, et de préconiser alors des mesures de prévention adaptées à la situation de travail.

Pour cela, différentes méthodes de prélèvement sont mises en œuvre : prélèvements atmosphériques (air des lieux de travail) et prélèvements surfaciques (surfaces de travail, mains et visage des salariés).

En complément de la métrologie du plomb, le laboratoire de toxicologie industrielle associe systématiquement la métrologie des poussières inhalables et la métrologie d'autres polluants tels que les poussières de bois lorsque cela est pertinent. Les résultats d'analyse sont comparés à des valeurs de référence afin d'estimer l'importance du risque chimique (**fig. 1 et 2**).

| Substances | Valeur de référence | Origine |
|----------------------------------|-----------------------|-----------------|
| Poussières inhalables | 10 mg/m ³ | Code du travail |
| Plomb métallique et ses composés | 0,1 mg/m ³ | Code du travail |
| Poussières de bois | 1 mg/m ³ | Code du travail |

Figure 1 Valeurs limites d'exposition professionnelle utilisées pour les prélèvements atmosphériques.

| Type de prélèvement | Substances | Valeur de référence | Origine |
|---------------------|---------------------|------------------------|---------------------------|
| Surface délimitée | Plomb acido-soluble | 1000 µg/m ² | Code de la santé publique |
| Mains | Plomb acido-soluble | 6 µg | CRAMIF |

Figure 2 Valeurs de référence utilisées pour les prélèvements surfaciques.

Exemples de situations d'exposition au plomb en restauration d'art

À titre d'illustration sont présentés les résultats de prélèvement et d'analyse réalisés lors de quatre interventions du laboratoire de toxicologie industrielle de la CRAMIF dans des établissements ou sur des chantiers de restauration d'art. L'observation de l'activité permet d'interpréter ces résultats. Ils sont comparés aux valeurs de référence afin d'estimer le risque chimique auquel sont exposés les restaurateurs durant leur activité.

Les résultats des analyses relatifs à ces quatre interventions sont propres à chaque situation de travail et ne peuvent être généralisés.

1^{re} intervention : atelier de restauration et de fabrication de vitraux

Le laboratoire de toxicologie industrielle est intervenu dans un atelier de fabrication et de restauration de vitraux. Le jour de son intervention, des travaux de peinture et d'assemblage des vitraux sont réalisés par quatre vitraillistes. Les ateliers sont dépourvus de ventilation générale mécanique. Leurs portes sont restées ouvertes la plupart du temps de prélèvement.

Les concentrations de poussières inhalables mesurées au niveau des voies respiratoires des vitraillistes sont comprises entre 6 % et 13 % de la valeur de référence égale à 10 mg/m³ (**fig. 3**).

Les concentrations de plomb mesurées au niveau des voies respiratoires des salariés sont comprises entre 7 % et 27 % de la valeur de référence du plomb égale à 0,1 mg/m³.

Les prélèvements surfaciques sur les mains des restaurateurs mettent en évidence une très forte contamination de celles-ci par des poussières de plomb en fin de poste, avant lavage. Cette contamination diminue après lavage des mains, mais reste néanmoins supérieure à la valeur de référence égale à 6 µg.

Le risque chimique lié à l'inhalation de poussières plombifères est important pour les vitraillistes, même si les résultats des prélèvements atmosphériques sont inférieurs à la valeur de référence du plomb.

Le risque chimique lié à l'ingestion de poussières de plomb ne peut être écarté pour l'ensemble des restaurateurs, même après lavage des mains.

| Substance | Prélèvements atmosphériques individuels | | Prélèvements surfaciques sur les mains des restaurateurs |
|-----------------------------|---|-------------------|--|
| | Poussières inhalables | Plomb | Plomb soluble |
| Valeurs de référence | 10 | 0,1 | 6 |
| Unité | mg/m ³ | mg/m ³ | µg |
| Postes de travail : | | | |
| Peinture | 0,06 | 0,013 | Avant lavage : 830 Après lavage : 32 |
| Montage, découpe et soudure | 0,09 | 0,007 | Avant lavage : 1100 Après lavage : 120 |
| Montage, découpe et soudure | 0,13 | 0,027 | Avant lavage : 430 Après lavage : 48 |
| Montage, découpe et soudure | 0,1 | 0,013 | Avant lavage : 160 Après lavage : 37 |

Figure 3 Résultats d'analyse des prélèvements atmosphériques et surfaciques réalisés dans un atelier de restauration de vitraux sur différents postes de travail. Les résultats d'analyse en rouge sont supérieurs aux valeurs de référence.

D'après la **figure 4**, l'ensemble des résultats des prélèvements surfaciques réalisés dans les ateliers et vestiaires de l'entreprise sont supérieurs à la valeur de référence de 1 mg/m², à l'exception du prélèvement réalisé sur le sol d'un bureau du secrétariat.

Ces résultats mettent en évidence une contamination très importante des postes de travail ainsi qu'un transfert de poussières de plomb de l'atelier vers les locaux qui devraient en être exempts, tels que les vestiaires.

| Prélèvements surfaciques sur des surfaces délimitées | |
|---|-------------------|
| Substance | Plomb soluble |
| Valeur de référence | 1 |
| Unité | mg/m ² |
| Lieux de prélèvement : | |
| Sur le sol, face à l'évier servant au nettoyage des vitraux amenés au dépôt | 147 |
| Sur le sol, dans un bureau du secrétariat | 0,4 |
| Sur le sol en parquet à l'entrée de l'atelier principal | 37,9 |
| Sur le sol carrelé, face au poste de peinture | 4,5 |
| Sur la poignée (intérieure et extérieure) de la porte d'entrée de l'atelier principal | 6,7 |
| Sur un plan de travail en verre de la salle de peinture | 9,2 |
| Sur un établi en bois recouvert de peinture servant au montage | 42,4 |
| Sur le poste de radio, dans l'atelier de montage | 56,9 |
| Sur le sol dans le vestiaire « Hommes » | 20,6 |
| Sur le plancher d'un casier de vêtements propres dans le vestiaire « Hommes » | 18,4 |
| Sur le sol dans le vestiaire « Femmes » | 17,6 |
| Sur le sol devant la douche | 79,5 |

Figure 4 Résultats d'analyse des prélèvements surfaciques réalisés sur différentes surfaces délimitées. Les résultats d'analyse en rouge sont supérieurs aux valeurs de référence.

2^e situation : chaudronnerie d'art

Le laboratoire de toxicologie industrielle est intervenu dans une chaudronnerie d'art. Les salariés restaurent une fontaine classée au titre des Monuments historiques. Ils interviennent sur les statues de la fontaine constituées de plomb et d'acier.

Le jour de l'intervention, quatre restaurateurs réalisent différentes tâches décrites dans la **figure 5**.

| Substance | Prélèvements atmosphériques individuels | | Prélèvements surfaciques sur les mains des restaurateurs |
|--|---|-------------------|--|
| | Poussières inhalables | Plomb | Plomb soluble |
| Valeurs de référence | 10 | 0,1 | 6 |
| Unités | mg/m ³ | mg/m ³ | µg |
| Postes de travail : | | | |
| Démontage de l'armature de la statue en acier recouverte de minium de plomb et plusieurs opérations de soudure MIG | 3,6 | 5,9 | Fin de poste, avant lavage : 1040 |
| Restauration du drapé en plomb en extrayant l'armature métallique. Utilisation d'une meuleuse et une disqueuse | 4,1 | 0,7 | Fin de poste, avant lavage : 340 |
| Restauration d'une tête en plomb. Utilisation d'une meuleuse et une ponceuse. Réalisation de soudures avec un alliage étain/plomb | 4,1 | 1,5 | Fin de poste, avant lavage : 1100 |
| Restauration d'une statue en plomb. Réalisation de soudures avec un alliage étain/plomb. Utilisation d'un racloir et une polisseuse. | 2,9 | 0,7 | Fin de poste, avant lavage : 1100 |

Figure 5 Résultats d'analyse des prélèvements atmosphériques et surfaciques individuels réalisés dans une chaudronnerie d'art sur différents postes de travail. Les résultats d'analyse en rouge sont supérieurs aux valeurs de référence.

Une ventilation générale mécanique est présente et est en fonctionnement; un bras aspirant muni d'un boa est installé à proximité du poste de restauration d'une statue.

Les restaurateurs portent des combinaisons jetables de type 5/6¹. Le restaurateur intervenant sur un drapé porte un masque à cartouche ABEK1². Les autres salariés portent un masque à cartouche A2B2E2K2P3R.

¹ Caractéristique des vêtements de protection

² Caractéristique des filtres des appareils de protection respiratoire

D'après la **figure 5**, les concentrations de poussières inhalables mesurées au niveau des voies respiratoires des restaurateurs sont comprises entre 29 % et 41 % de la valeur de référence égale à 10 mg/m³. Les concentrations de plomb mesurées au niveau de leurs voies respiratoires dépassent toutes la valeur de référence égale à 0,1 mg/m³ et sont comprises entre 700 % et 5900 % de cette valeur.

| Prélèvements surfaciques sur des surfaces délimitées | |
|---|-------------------|
| Substance | Plomb soluble |
| Valeur de référence | 1 |
| Unité | mg/m ² |
| Lieux de prélèvement : | |
| Dans les vestiaires : sur la table de déjeuner, café | 14 |
| Dans les vestiaires : sur le sol devant un casier | 32 |
| Dans les vestiaires : sur la face avant du micro-onde | 3,8 |
| Dans le sas d'entrée de l'atelier, sur le dessus de la fontaine à eau | 40 |
| Dans l'atelier : sur le sol devant le bureau du chef d'atelier | 24 |

Figure 6 Résultats d'analyse des prélèvements surfaciques réalisés sur des surfaces délimitées. Les résultats d'analyse en rouge sont supérieurs aux valeurs de référence.

Les prélèvements surfaciques sur les mains des restaurateurs mettent en évidence une très forte contamination de celles-ci par des poussières de plomb en fin de poste, avant lavage.

Pour les restaurateurs de l'atelier chaudronnerie, le risque chimique lié à l'inhalation de poussières inhalables contenant des poussières de plomb est très important. Le risque chimique lié à l'ingestion de plomb ne peut être écarté.

Les concentrations de plomb soluble mesurées sur les surfaces délimitées sont comprises entre quatre et quarante fois la valeur de référence. Ces résultats mettent en évidence un transfert de poussières de plomb de l'atelier vers les locaux qui devraient en être exempts, tels que les vestiaires.

3^e situation : menuiserie spécialisée en monuments historiques

L'établissement est spécialisé en restauration et conception de menuiseries pour les monuments historiques. Le laboratoire de toxicologie industrielle de la CRAMIF a réalisé deux interventions dans cet établissement.

Lors de la première intervention, les menuisiers ont réalisé la restauration de fenêtres d'un monument historique (démontage, rabotage, ponçage, sciage, vissage, perçage, collage).

Les postes de travail des salariés ayant fait l'objet de prélèvements atmosphériques individuels et surfaciques sont décrits dans la figure 7.

Les machines à bois sont équipées de dispositifs de captage raccordés à une installation d'aspiration centralisée localisée à l'extérieur du bâtiment, à l'exception d'une scie pendulaire et d'une scie à ruban (non raccordées) et d'une scie circulaire reliée à une centrale à manche filtrante.

Le réseau des conduits d'aspiration des poussières est équipé de registres manuels qui ne sont pas systématiquement fermés lorsque les machines correspondantes ne sont plus utilisées. Les outils portatifs sont reliés à trois aspirateurs. Un aspirateur est mis à la disposition des menuisiers pour le nettoyage du sol.

Les menuisiers portent des chaussures de sécurité. Ils ont à leur disposition des masques de type FFP3D. Le nettoyage des vêtements de travail est effectué par les salariés à leur domicile. Le salarié au poste de décapage est équipé d'une combinaison à capuche (type 5/6), de gants en nitrile, d'un masque complet équipé de cartouche ABEK1.

Les prélèvements atmosphériques réalisés au niveau des voies respiratoires des menuisiers mettent en évidence une exposition des salariés équivalente ou supérieure à la valeur de référence des poussières de bois dans deux cas sur trois (fig. 7). D'après l'observation de l'activité, les phases de ponçage manuel contribuent significativement à leur exposition.

Les concentrations en plomb mesurées lors des prélèvements atmosphériques sont faibles. Mais les mains des menuisiers sont significativement contaminées par des particules plombifères en fin de journée. Les quantités analysées peuvent dépasser dans certains cas plus de cinq cents fois la valeur de référence du plomb égale à 6 µg.

Une concentration significative en plomb est également mesurée sur les mains du salarié ayant réalisé le décapage de portes-fenêtres, bien que celui-ci soit équipé de gants en nitrile.

- En raison des propriétés cancérigènes des poussières de bois et du dépassement constaté de la valeur de référence égale à 1 mg/m³, le risque chimique est important et n'est pas suffisamment maîtrisé.
- Des concentrations en plomb très largement supérieures à la valeur de référence de 6 µg sont mises en évidence sur les mains des salariés lors des prélèvements surfaciques. Le risque lié à l'ingestion de poussières de plomb ne peut être écarté.

| Substance | Prélèvements atmosphériques individuels | | Prélèvements surfaciques sur les mains des restaurateurs |
|----------------------------------|---|-------------------|--|
| | Poussières de bois | Plomb | Plomb soluble |
| Valeurs de référence | 1 | 0,1 | 6 |
| Unités | mg/m ³ | mg/m ³ | µg |
| Postes de travail : | | | |
| Décapage de portes-fenêtres | 0,31 | 0,0001 | 390 |
| Restauration d'une porte-fenêtre | 1,26 | 0,00002 | 610 |
| Restauration d'une porte-fenêtre | 0,58 | 0,00002 | 3500 |
| Restauration d'une porte-fenêtre | 0,93 | 0,00005 | 920 |

Figure 7 Résultats d'analyse des prélèvements atmosphériques et surfaciques individuels réalisés dans une menuiserie sur différents postes de travail. Les résultats d'analyse en rouge sont supérieurs aux valeurs de référence.

Lors de la deuxième intervention dans cet établissement, des prélèvements surfaciques dans deux véhicules de l'entreprise ont été réalisés (fig. 8).

Les sols des véhicules (cabine et fourgon) sont significativement contaminés par des particules plombifères, en particulier le sol du fourgon du véhicule de chantier du charpentier. L'intérieur des cabines des véhicules (volant, siège et tableau de bord) est contaminé dans une moindre mesure, hormis le tableau de bord du camion du charpentier.

| Prélèvements surfaciques sur des surfaces délimitées | |
|---|-------------------|
| Substance | Plomb soluble |
| Valeur de référence | 1 |
| Unité | mg/m ² |
| Lieux de prélèvement : | |
| Camion d'un commercial | |
| Assise du conducteur | 0,18 |
| Sol côté conducteur | 16,9 |
| Tableau de bord | 0,55 |
| Sol à l'arrière du fourgon | 16,4 |
| Camion d'un charpentier | |
| Assise du conducteur | 0,31 |
| Sol côté conducteur | 34,0 |
| Tableau de bord | 1,58 |
| Sol arrière du fourgon | 103 |
| Étagère à l'arrière du fourgon | 38,4 |

Figure 8 Résultats d'analyse des prélèvements surfaciques réalisés sur des surfaces délimitées à différents endroits de deux types de véhicules de l'entreprise. Les résultats d'analyse en rouge sont supérieurs aux valeurs de référence.

4^e situation : restauration de décorations murales sur chantier

Le laboratoire de toxicologie industrielle est intervenu lors de la restauration des peintures d'un hôtel particulier.

Dans une salle, un peintre ponce l'enduit recouvrant les ornements d'un miroir et trois salariées restaurent les décorations murales. Un échafaudage roulant et deux plateformes individuelles sont à leur disposition. Dans une autre salle, sept restaurateurs réalisent des travaux de préparation de surface et de peinture. Trois peintres restaurent les décorations murales. Trois échafaudages roulants et quatre plateformes individuelles sont à leur disposition. Du matériel et des produits chimiques sont entreposés au centre de chacune des pièces. Leur plancher est protégé par des panneaux de bois.

Deux restaurateurs sont équipés d'un masque de protection respiratoire, soit un demi-masque à cartouches ABEK1P3 et un demi masque jetable de type pièce faciale FFP1. Deux restaurateurs portent des gants de protection jetables en nitrile et un autre est équipé de gants en tissu dont la paume et les doigts sont enduits.

Les résultats d'analyse des prélèvements surfaciques réalisés sur les mains des peintres sont très supérieurs à la valeur de référence de 6 µg (fig. 9). Compte tenu des opérations réalisées, le port de gants ne permet pas une protection suffisante.

Les sols de la zone de travail ainsi que les équipements de travail sont fortement contaminés par des poussières de plomb (fig. 10).

| Prélèvements surfaciques sur les mains des restaurateurs | |
|--|--|
| Substance | Plomb soluble |
| Valeur de référence | 6 |
| Unité | µg |
| Postes de travail : | |
| 1 ^{re} salle : ponçage de l'enduit recouvrant les ornements d'un miroir | Avant lavage : 8200 |
| 2 ^e salle : travaux de préparation de surface et de peinture | Avant lavage : 310 ; 410 ; 220 ; 13 500 ; 1800 ; 430 ; 4600 |

Figure 9 Résultats d'analyse des prélèvements surfaciques individuels réalisés sur les mains de peintres à différents postes de travail. Les résultats d'analyse en rouge sont supérieurs aux valeurs de référence.

| Prélèvements surfaciques sur des surfaces délimitées | |
|---|-------------------|
| Substance | Plomb soluble |
| Valeur de référence | 1 |
| Unité | mg/m ² |
| Lieux de prélèvement : | |
| 2^e salle | |
| Sur un panneau en bois protégeant le sol, à proximité du mur mitoyen des salles | 80,1 |
| Sur le plancher d'une plate-forme individuelle roulante | 277 |
| Sur le plancher d'une plate-forme individuelle roulante | 87,3 |
| Sur le miroir de la cheminée | 2,9 |
| Sous un échafaudage roulant côté rue, après ponçage de volets intérieurs | 551 |
| Sur le plancher de l'échafaudage roulant, situé au niveau du mur mitoyen des salles | 18,1 |

Figure 10 Résultats d'analyse des prélèvements surfaciques réalisés sur des surfaces délimitées. Les résultats d'analyse en rouge sont supérieurs aux valeurs de référence.

Conclusion

Les analyses des prélèvements atmosphériques et surfaciques réalisés par le laboratoire de toxicologie industrielle de la CRAMIF permettent de caractériser l'exposition des salariés aux poussières de plomb dans quatre ateliers de restauration : restauration et fabrication de vitraux, chaudronnerie d'art, menuiserie spécialisée en monuments historiques et restauration de décorations murales sur chantier.

Dans la plupart des situations de travail ayant fait l'objet de prélèvements atmosphériques ou surfaciques, le risque chimique pour les restaurateurs, lié à l'inhalation de poussières de plomb, est important à très important et le risque lié à l'ingestion des poussières de plomb ne peut être écarté. Une exposition par inhalation faible aux poussières de plomb n'exclut pas un risque d'exposition par ingestion *via* une contamination des mains et des surfaces.

Par ailleurs, des transferts de pollution de zones de travail contaminées par des poussières de plomb vers les vestiaires ou les réfectoires qui devraient être exempts de contamination sont mis en évidence. C'est pourquoi il est nécessaire d'évaluer les risques liés à l'inhalation et l'ingestion de poussières de plomb, sur tout chantier ou dans tout atelier, afin de mettre en place des mesures de prévention permettant de réduire l'exposition des restaurateurs autant qu'il est techniquement possible. Ces mesures de prévention doivent prendre en compte les deux voies connues d'exposition, à la fois par inhalation et ingestion.

Références bibliographiques

INRS (2017), *Les appareils de protection respiratoire. Choix et utilisation*, ED 6106, INRS.

INRS (2007), *Les vêtements de protection. Choix et utilisation*, ED 995, INRS.

INRS (2013), *Interventions sur les peintures contenant du plomb. Prévention des risques professionnels*, ED 909, INRS (nouvelle édition en préparation).

INRS (2016), *Valeurs limites d'exposition professionnelle aux agents chimiques en France. Aide-mémoire technique*, ED 984, INRS.

Arrêté du 12 mai 2009 relatif au contrôle des travaux en présence de plomb, réalisés en application de l'article L. 1334-2 du Code de la santé publique.

L'auteur

Aude Bogey ingénieur conseil, laboratoire de toxicologie Industrielle - prévention des risques professionnels - CRAMIF, 17/19 avenue de Flandre, 75954 Paris Cedex 19
aude.bogey@assurance-maladie.fr

ESSAIS COMPARATIFS DE DÉCAPAGE DE PEINTURE AU PLOMB SUR ÉLÉMENTS MÉTALLIQUES (GARE D'AUSTERLITZ) ET BÉTON (*LE CYCLOPE*, JEAN TINGUELY ET NIKI DE SAINT-PHALLE)

JEAN-BERNARD MEMET ET PHILIPPE DE VIVIÈS¹

A-Corros est à la fois un bureau d'études matériau basé à Arles, spécialisé dans le diagnostic de la corrosion et la formulation de préconisations de lutte contre la corrosion, mais c'est aussi un laboratoire de conservation-restauration. Il possède trois domaines principaux d'activité : patrimoine, industrie et monuments historiques.

Dans le domaine du patrimoine, et plus spécifiquement des biens culturels, A-Corros œuvre à la conservation-restauration de collections d'objets archéologiques ou historiques et la restauration de sculptures d'art contemporain. Par ailleurs, nous nous sommes spécialisés dans la stabilisation de la corrosion d'objets archéologiques et avons en particulier codéveloppé une technique innovante – la stabilisation par les fluides subcritiques – qui permet de réduire drastiquement les temps de traitement. La séparation sémantique que nous faisons entre patrimoine et monuments historiques vient du fait que les protocoles dans le domaine des monuments historiques sont souvent plus proches de l'industrie que de ceux des biens culturels. Enfin, nous réalisons également des missions de conseil pour le choix des matériaux et des revêtements pour des projets architecturaux, notre patrimoine de demain.

En quoi sommes-nous concernés par cette problématique plomb ? Il suffit pour cela de consulter nos activités du quotidien :

- le diagnostic de la corrosion des charpentes métalliques : nous travaillons régulièrement sur des charpentes anciennes dont les peintures sont écaillées ; en particulier les couches primaires à base de minium de plomb. Aussi, que ce soit lors du constat d'état visuel de peintures écaillées, de la caractérisation détaillée des peintures ou de prélèvements des métaux, nous sommes régulièrement confrontés à la présence de plomb dans les couches primaires de revêtement ;
- la réalisation d'essais préalables de décapage : sur la grande statuaire ou sur les charpentes métalliques, ces essais se heurtent souvent en tout premier lieu à la présence de plomb dans les couches de peinture ;
- la conservation-restauration de collections historiques ou archéologiques : nous restaurons régulièrement des collections composée d'alliage à base plomb ; ce point ayant été également abordé par le laboratoire Arc'Antique au cours de la journée.

¹ Le texte ici présenté est une transcription des interventions orales de Jean-Bernard Memet et Philippe de Viviès lors de la journée d'études, réalisée par Pauline Parfait et Nina Robin.

Depuis une petite dizaine d'années, en matière de diagnostic des monuments historiques, le plomb et l'amiante se sont immiscés petit à petit dans notre quotidien. Les essais à mener durant le diagnostic sont à la fois non destructifs (essais de dureté des matériaux, essais de réplique métallographique des matériaux) mais également destructifs : nous avons besoin de prélever pour déterminer la nature d'un métal, ses caractéristiques métallographiques et mécaniques au travers d'essais de traction. Ce qui est important de retenir aujourd'hui est que même lorsque ces essais sont non-destructifs, le revêtement doit être retiré et nous partons du principe qu'il y a du plomb dans les peintures sur lesquelles nous sommes amenés à travailler; aussi, nos opérateurs sont équipés en conséquence.

Pour toute opération de diagnostic, quel que soit le niveau de connaissance préalable de l'ouvrage, nous n'avons pas toujours accès à un diagnostic plomb ou amiante en amont; c'est pourquoi nous considérons qu'il faut adapter les équipements de protection individuels comme s'il y avait du plomb et conditionner les déchets de notre intervention, même pour de petites quantités (en effet, on peut imaginer que pour faire un diagnostic en une dizaine de points sur un ouvrage, les quantités de déchets ne sont pas importantes).

La documentation sur laquelle nous appuyons notre expertise a déjà été mentionnée par M. Matty dans une intervention précédente (i.e. « Exposition au plomb et réglementation - Obligations des différents acteurs », Fabrice Matty, contrôleur de sécurité CRAMIF). Il s'agit des documents INRS et OPPBTP, notamment le fascicule 909 de l'INRS sur l'intervention sur les peintures contenant du plomb ou la fiche prévention de l'OPPBTP sur le décapage des peintures plombifères. Pour les mesures, nous nous référons aux normes, « Diagnostic plomb et protocole de réalisation du constat de risque d'exposition » ou « L'analyse chimique des peintures », ainsi que sur celle liée à la fluorescence X sur site.

Les exemples d'opération de décapage du plomb pour diagnostic

Exemple de l'hôtel de la Monnaie, l'atelier d'estampage, 2013

A-Corros a été sollicité pour un prélèvement de métal pour faire une analyse métallographique et une caractérisation du matériau. Les protections plomb devaient être installées autour de la zone à prélever; des équipements de protection individuels devaient être portés par les intervenants. Un décapage par gel chimique caustique a été effectué : une fois que la zone était décapée concernant le plomb, la découpe d'un bout de gousset a été réalisée. (fig.1, a, b, c)



Figure 1 (a, b, c) Paris, hôtel de la Monnaie, atelier d'estampage. Découpe d'échantillons pour diagnostic plomb. ©A-Corros.

Exemple de la coupole en fonte de la Bourse du Commerce

Ce cas est un exemple de mesures non destructives. La mission était de déterminer les caractéristiques mécaniques des fontes utilisées sur la coupole de la Bourse du Commerce, qui constitue la première charpente métallique en fonte édifée à Paris. Pour réaliser les 120 analyses de dureté, la peinture a d'abord été décapée par le biais de gel chimique (**fig. 2, a, b**) : les mesures de dureté portables ont été effectuées une fois que la structure a été débarrassée de la peinture au plomb. (**fig. 3**)



Figure 2 (a, b) Paris, coupole en fonte de la Bourse du Commerce. Décapage de la structure à l'aide d'un gel chimique. ©A-Corros.



Figure 3 Paris, coupole en fonte de la Bourse du Commerce. Mesure de dureté sur une zone décapée. ©A-Corros.

Exemple de la grande halle des voyageurs de la gare d'Austerlitz

Cette étude a été menée sous maîtrise d'œuvre AREP et maîtrise d'ouvrage SNCF, en collaboration avec la société Expiris (diagnostiqueur de peinture). Elle a été menée dans un contexte tendu avec des problèmes survenus dans la gare de Bordeaux, largement évoqués dans la presse. L'objectif était simple car il s'agissait tout d'abord de réaliser une étude comparative entre deux techniques de décapage de peinture. Une étude préalable avait déjà été menée sur une partie de la gare avec des techniques de sablage à induction. Cette étude intervenait

donc à la suite de ces essais : SNCF et AREP voulaient mener deux nouveaux essais, d'une part avec le procédé Sponge Jet®; d'autre part avec un procédé de décapage chimique. Le procédé Sponge Jet®, littéralement « jet d'éponge », est arrivé en France il y a une douzaine d'années. Le principe consiste à projeter sur la surface des éponges synthétiques contenant de l'abrasif; le contact de l'éponge avec la surface crée une dépression qui va arracher la peinture. La peinture est censée rester dans la petite éponge. Les éponges utilisées sont passées dans un pot vibrant, ce qui sépare la peinture de l'éponge, et on peut en théorie recycler ensuite l'éponge. Ce recyclage fonctionne en théorie : il y a débat sur la notion de recyclage. L'objectif était de réaliser cette étude comparative entre le décapage chimique, avec trois décapants d'une même marque, et le procédé Sponge Jet®; ainsi que dans deux conditions différentes de travail, d'une part sur un chéneau qui avait été déposé en raison de son état de corrosion, d'autre part sur plusieurs éléments en conditions réelles, sur nacelle, la nuit. Au préalable, une étude de caractérisation des couches de surface avait été menée par Expiris : elle montrait que l'on était en présence de sept couches différentes, dont trois contenaient du minium, avec une épaisseur globale de 600 microns, ce qui constitue une épaisseur conséquente, bien que largement inférieure aux couches situées sur la tour Eiffel.

Pour le décapage, il existe différentes techniques : le sablage « classique », le procédé Sponge Jet®, le décapage par induction, par laser, par flammes; dans les décapages chimiques, il existe une grande diversité de marques de décapants caustiques ou de chimie verte. Dans notre cas, ce sont les produits de la marque Dumont® qui ont été sélectionnés en amont, en accord avec le maître d'œuvre. Le protocole mis en œuvre sur les éléments a été relativement simple : photographie de la zone concernée, mesure de la teneur en plomb au spectromètre de fluorescence X, mise en œuvre du procédé de décapage du revêtement, mesure de la teneur en plomb au spectromètre de fluorescence X après décapage, photographie de la zone après décapage. Un certain nombre de critères de choix définis dans le cadre du projet ont été évalués : facilité de mise en œuvre; avis de l'utilisateur sur les nuisances générées; efficacité sur le retrait du plomb; bruit généré par le procédé (puisque'il s'agit d'une gare dite « de fin de voies » avec un bruit important au regard des usagers, des commerçants et des agents SNCF, le volume sonore a donc également été testé); déchets générés par le procédé, poids et évacuation; état de surface post-décapage en lien avec l'étape de restauration qui doit suivre.

Les mesures de la teneur en plomb, avec des seuils de 1 milligramme par centimètre carré au spectromètre de fluorescence X, ont été réalisées sur les différentes zones. Les essais de décapage ont d'abord été réalisés sur de petites zones avant de passer en conditions réelles, pour sélectionner parmi les produits caustiques de la marque Dumont® celui qui serait le plus adapté en fonction de la nature des peintures concernées et de l'épaisseur du système de peinture.

Les différentes étapes sont illustrées sur les figures ci-contre : l'application du gel caustique (**fig. 4, a, b**), l'enveloppement du gel dans une poche étanche (**fig. 5**). Le résultat des différentes solutions est visible : sur les zones 1, 2 et 3, pour un temps d'attente de 12 h en moyenne, on observe que le décapage de la zone 3 a mieux fonctionné : la calamine a été retrouvée (**fig. 6 et 7**). Les résultats des trois produits sont récapitulés dans un tableau, avec les conclusions de l'essai notées, les teneurs en plomb avant et après décapage. Les résultats sont satisfaisants, néanmoins il reste encore du plomb sur les surfaces, ce qui est l'un des inconvénients des décapants chimiques. Les décapants chimiques sont très simples d'utilisation sur des panneaux plans, mais dès lors que l'on travaille sur des croix de Saint-André



Figure 4 (a, b) Paris, gare d'Austerlitz, grande halle des voyageurs. Essais de décapage au gel chimique (caustique) sur chéneau déposé : application des trois solutions Dumond Chemicals®. ©A-Corros.



Figure 5 Paris, gare d'Austerlitz, grande halle des voyageurs. Essais de décapage : attente confinée de 6 à 24 h. ©A-Corros.



Figure 6 Paris, gare d'Austerlitz, grande halle des voyageurs. Résultats des trois zones de décapage au gel chimique. ©A-Corros.

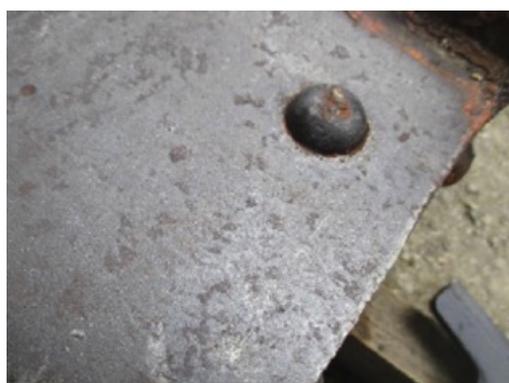


Figure 7 Paris, gare d'Austerlitz, grande halle des voyageurs. Détail de la zone-test n°3 de décapage au gel chimique : la calamine a été « retrouvée ». ©A-Corros.

ou sur des rivets multiples, enlever le plomb requiert des étapes supplémentaires. En termes d'avantages, il faut noter que ces produits sont en phase aqueuse, sans solvant, ininflammables, ils n'attaquent pas les plastiques ni les joints; cependant, le pH est situé autour de 11-12, la manipulation n'est donc pas anodine, des équipements de protection adaptés sont donc requis (combinaisons, casques à ventilation, gants, sur-gants, sur-bottes) et la nacelle a été complètement encapsulée pour travailler. Un autre inconvénient majeur des décapeurs caustiques est l'effet retardateur des poussières et des salissures, le décapage est donc beaucoup moins bien maîtrisé. De plus, la rugosité atteinte n'est pas satisfaisante pour la bonne application de la peinture. Avec le procédé *Sponge Jet*®, les conditions sont similaires au sablage : bâche étanche, petit sas avec pédiluve pour décontaminer les chaussures. Différents abrasifs ont été testés. Sur les deux photographies ci-contre, le travail est en cours : comparativement au sablage, le procédé *Sponge Jet*® permet d'aller plus vite car l'utilisateur voit mieux le résultat du travail en cours. La rugosité obtenue est parfaite pour la remise en peinture. Ce procédé permet également de bien décapier les zones complexes comme les rivets, sans avoir à faire plusieurs passages. Pour conclure, ce procédé génère moins de poussières que le sablage et offre donc une très bonne visibilité pour l'utilisateur, le balayage est plus rapide et la rugosité de surface est idéale pour la remise en peinture. La notion de recyclage, avec les éponges qui peuvent être recyclées deux à trois fois, est soumise au débat. Le gros inconvénient est que, d'après la FDS, deux constituants cancérigènes sont présents dans la composition de l'éponge : dioxyde de titane et trioxyde de difer.

Essais menés sur une sculpture monumentale, *Le Cyclope de Jean Tinguely et Niki de Saint-Phalle, Milly-la-Forêt*

Cette sculpture est une mosaïque de miroirs collés sur un substrat en béton, lui-même renforcé par un grillage de poulailier. La problématique concernait la corrosion des tains des miroirs, qui allait du ternissement du miroir à la chute du verre pour les zones les plus altérées, ce qui avait conduit au bâchage de l'œuvre en raison des risques pour les visiteurs. Une première étude a été mandatée en 2014 par le CNAP en collaboration avec le LRMH. Il s'agissait de comprendre les modes de dégradation de ces miroirs et de prévoir une issue à cette dégradation. Le processus de corrosion des tains des miroirs a été mis en évidence et entraîne la chute du verre, tandis que le tain reste accroché au substrat en béton. Des premiers tests ont été faits afin de diagnostiquer la présence de plomb dans les tains. Des prélèvements ont également été analysés au microscope électronique à balayage. La question s'est ensuite posée des conséquences de la présence de plomb sur le travail de restauration de l'œuvre, du point de vue de la méthodologie et du coût de la restauration.

Un premier diagnostiqueur est intervenu, sans connaître la problématique : ses premiers tests par fluorescence X ont été réalisés à la surface des miroirs, et se sont révélés négatifs; il a fallu le guider et lui dire de réaliser ses mesures directement sur les tains en dessous des verres pour que les tests soient pertinents. Les teneurs en plomb étaient en limite inférieure de 1 mg/cm²; par principe de précaution, il a été décidé de mettre en place des essais de décapage du plomb afin de connaître la technique la plus adaptée, son efficacité et son coût pour financer la campagne de restauration. Comme nous l'avons cité précédemment, il existe des techniques de sablage classiques, le procédé *Sponge Jet*® et des décapages chimiques. *Le Cyclope* est situé au milieu d'une forêt, la problématique était de ne pas contaminer l'environnement, tout en permettant de maintenir la présence des visiteurs durant le temps de la

restauration. Les techniques de sablage classique ont été mises à l'écart suite à de mauvaises expériences sur des chantiers précédents où malgré la mise en place de mesures de sécurité importantes et de confinements, des taux de plomb élevés étaient relevés à l'extérieur du chantier. Les essais ont donc été menés avec le procédé Sponge Jet®, avec des décapants chimiques ainsi que par cryogénie.

Méthodes de décapage



Figure 8 *Le Cyclope*, Jean Tinguely et Niki de Saint-Phalle, Milly-la-Forêt. Procédé Sponge Jet® de décapage par projection d'éponges abrasives. ©A-Corros.

Le procédé Sponge Jet® est un décapage par projection d'éponges abrasives (fig. 8 et 9). L'éponge est projetée contre le substrat, elle s'écrase et le grain vient alors contre le support, générant très peu de poussières. Le substrat est en partie absorbé par l'éponge; le reste tombe au bas de la paroi.



Figure 9 *Le Cyclope*, Jean Tinguely et Niki de Saint-Phalle, Milly-la-Forêt. Procédé Sponge Jet® : détail des éponges abrasives. ©A-Corros.



Figure 10 *Le Cyclope*, Jean Tinguely et Niki de Saint-Phalle, Milly-la-Forêt. Cryogénie avec ou sans abrasif : décapage par projection de pastilles de CO₂. ©A-Corros.

La cryogénie consiste à projeter du CO₂ congelé sur la paroi ou sur l'œuvre; l'inconvénient majeur est le manque de visibilité lors de la mise en œuvre de cette technique (fig. 10 et 11). Ce procédé est aussi très dépendant des conditions atmosphériques dans l'environnement car, si elles ne sont pas bonnes, la glace CO₂ se fige dans les appareils et il devient difficile de travailler.

Pour le décapage chimique, deux marques différentes ont été testées (fig. 12, 13, 14).



Figure 11 *Le Cyclope*, Jean Tinguely et Niki de Saint-Phalle, Milly-la-Forêt. Mise en œuvre du procédé de cryogénie sur la sculpture. ©A-Corros.



Figure 12 *Le Cyclope*, Jean Tinguely et Niki de Saint-Phalle, Milly-la-Forêt. Application de décapant chimique sur la sculpture. ©A-Corros.



Figure 14 *Le Cyclope*, Jean Tinguely et Niki de Saint-Phalle, Milly-la-Forêt. Gel décapant *DCap Vert*, Biorox®. ©A-Corros.



Figure 13 *Le Cyclope*, Jean Tinguely et Niki de Saint-Phalle, Milly-la-Forêt. Gel décapant *SmartStrip 1*, Dumond®. ©A-Corros.

Tests et résultats

Une zone de protection a été mise en place autour de la zone de miroir test, dont la dépose était prévue (**fig. 15 et 16**). Une bande de test a été effectuée pour les trois techniques, selon le même déroulement : dépose du miroir, application du traitement, mesure de la quantité de plomb présente sur la zone avant et après, mesure de la quantité de plomb déposée sur les murs de la tente de confinement.

Des tests lingettes ont été effectués pour analyser la quantité de plomb surfacique avant et après intervention. Avec la cryogénie, environ 60 % de la teneur en plomb a été extraite; les résultats des gels décapants ont été légèrement supérieurs; pour le procédé *Sponge Jet*®,



Figure 15 *Le Cyclope*, Jean Tinguely et Niki de Saint-Phalle, Milly-la-Forêt. Détail de la zone-test, entourée de ruban adhésif. ©A-Corros.



Figure 16 *Le Cyclope*, Jean Tinguely et Niki de Saint-Phalle, Milly-la-Forêt. Confinement installé autour de la zone-test : on note également les protections revêtues par l'intervenant (combinaison en Tyvek®, masque intégral à cartouches, gants). ©A-Corros.

l'efficacité a été d'environ 95 %. Concernant les tests surfaciques menés sur les parois de la tente de confinement, les résultats étaient inférieurs aux valeurs seuil de 1 milligramme par cm^2 (fig. 17).

| Nature du test | Cryogénie | Gels | Sponge Jet® |
|--|-----------|-------|-------------|
| Surface analysée (m^2) | 0,024 | 0,025 | 0,03 |
| Concentration en plomb acido-soluble calculée (mg/m^2) AVANT | 34 | 47,3 | 18,9 |
| Concentration en plomb acido-soluble calculée (mg/m^2) APRÈS | 14 | 5,1 | 0,9 |
| % de la teneur en plomb extrait | 58,8% | 89,2% | 95,3% |

Figure 17 Synthèse des résultats d'analyse du plomb, en fonction des trois méthodes de décapage.

Ces tests ont permis de voir quelles étaient les méthodes les plus adaptées pour la restauration de cette œuvre ainsi que de chiffrer le temps approximatif de restauration et le coût des protections à mettre en place. Les essais préalables dans ce type de configuration sont donc extrêmement importants.

Les auteurs

Jean-Bernard Memet docteur en science des matériaux et fondateur d'A-Corros.

Philippe de Viviès conservateur-restaurateur objets et sculptures métalliques, co-gérant d'A-Corros

NETTOYAGE D'ŒUVRES EN PIERRE PHASE TEST POUR LA MISE AU POINT DES PROTOCOLES DE NETTOYAGE EN PRÉSENCE DE PLOMB

BARBARA BRUNET-IMBAULT

Résumé La présence de particules de plomb mesurée sur des parements de pierre a bouleversé la mise en œuvre des protocoles de nettoyage de la pierre il y a quelques années. Depuis, la profession tente de faire face à cette nouvelle problématique engendrant un enjeu à la fois technique et financier. La mise au point du protocole de nettoyage de la pierre doit passer par une phase test comprenant un suivi métrologique de l'émissivité en plomb des procédés pour pouvoir définir les protections collectives et individuelles nécessaires au nettoyage de la pierre. Un exemple de cas concret est présenté dans ce travail pour illustrer la méthodologie à mettre en œuvre pour l'exécution de la phase test.

Les œuvres sculptées, décors et maçonneries en pierre de taille peuvent comporter des particules de plomb dans et/ou sur leur épiderme. Il y a quelques années, des mesures ont montré que des prélèvements faits sur des parements de pierre de taille pouvaient comporter du plomb dont nous ne connaissons, à ce jour, ni parfaitement l'origine ni précisément la forme sous laquelle il se trouve. Ce plomb à la surface de la pierre a fondamentalement bouleversé l'approche du nettoyage des parements et sculptures en en faisant une problématique aux enjeux multiples : assurer la conservation des épidermes des œuvres ou parements de pierre tout en retirant les dépôts de poussières contenant du plomb en protégeant les hommes.

L'objectif à atteindre dans cette phase de travaux est de retirer les dépôts présents sur la pierre en garantissant la conservation et la préservation à long terme des épidermes du matériau. L'objectif dans le cas présent est très différent du retrait d'anciennes couches de peinture au plomb; il ne s'agit pas ici d'une opération de déplombage. Après nettoyage de l'œuvre, il reste, dans tous les cas, des particules de plomb à la surface et/ou dans l'épiderme.

Face au risque d'exposition au plomb, la méthodologie du restaurateur doit reposer sur trois étapes :

- évaluer le risque lors du diagnostic;
- définir l'émissivité des différents procédés de nettoyage possibles au regard de l'état de conservation des épidermes de l'œuvre;
- adapter le protocole de nettoyage en définissant les protections collectives et individuelles nécessaires et suffisantes.

Évaluation du risque - phase I. Diagnostic de la présence de plomb

La 1^{re} phase d'évaluation du risque d'exposition au plomb doit permettre de déterminer la teneur en plomb présente sur et dans l'épiderme de l'œuvre en pierre. Cette teneur en plomb sera déterminée par des mesures surfaciques pratiquées par prélèvements à la lingette, par dosages du plomb acido-soluble prélevé à la lingette et par des prélèvements massiques en cas de présence de revêtements de type badigeons ou autres.

Le prélèvement surfacique est réalisé à l'aide d'une lingette sur une surface précisément connue de 30 × 30 cm² à l'aide d'un gabarit. La teneur en plomb est exprimée en µg/m². Le diagnostic de la présence de plomb par mesure surfacique de teneur en plomb sera complété par une mesure de teneur en plomb massique sur un échantillon d'écaille d'épiderme dans le cas de présence de recouvrements de type badigeons ou autres sur l'œuvre en pierre. La teneur en plomb massique est alors exprimée en mg/g et une analyse stratigraphique associée permettra d'identifier la ou les couches comportant du plomb, sous forme d'oxydes utilisés en pigments par exemple. La teneur en plomb massique est le reflet de la quantité de plomb présente à la surface et en subsurface de l'épiderme mais attention ! : même inférieure à son seuil de 1,5 mg/g, elle peut engendrer une émissivité de particules de plomb dans l'environnement de travail lors du nettoyage de l'œuvre, propre à contraindre les conditions de nettoyage par certains procédés.

Le diagnostic de l'œuvre fournissant la teneur en plomb surfacique et massique de son épiderme n'est donc pas suffisant pour évaluer le risque d'exposition au plomb lors des taches de nettoyage de celle-ci. En cas de présence de plomb, l'évaluation du risque d'exposition au plomb doit être poursuivie par la mesure d'émissivité des procédés de nettoyage.

La phase I d'évaluation du risque d'exposition au plomb consistant à rechercher la présence de plomb sur et dans l'épiderme de l'œuvre sera idéalement réalisée en phase de diagnostic de l'œuvre permettant de qualifier l'état sanitaire de celle-ci ou, au plus tard, en phase de préparation du chantier de restauration. La phase de diagnostic est déjà une phase durant laquelle le restaurateur peut être en contact avec des particules de plomb présentes sur et/ou dans l'épiderme. Le contact de l'œuvre présente donc un risque de contamination des mains, donc d'ingestion et, par extension, un risque de contamination des outils utilisés pour le relevé : feutres, tablette, téléphone portable... Le relevé avec des feutres dont on met instinctivement les capuchons à la bouche est donc à proscrire, ils peuvent être remplacés par un stylo 4 couleurs; la tablette et le téléphone portable doivent être protégés par un film étirable qui sera jeté en sortie de zone de travail et les outils de travail seront nettoyés à la lingette jetable avant d'être rangés dans le sac de transport. Les relevés cartographiques sur feuilles de papier seront numérisés ou photocopiés de retour au bureau avant d'être reportés informatiquement ou remis au propre, afin d'éviter tout risque de contamination secondaire au bureau, dans un espace par ailleurs plus propice à l'ingestion de boissons ou nourriture en travaillant.

Évaluation du risque - phase II.

Définition de l'émissivité des procédés possibles

Le risque d'exposition au plomb permet au restaurateur, compte tenu du diagnostic sanitaire de l'œuvre, de définir les différents procédés de nettoyage et/ou allègement en plomb possibles. Si la 1^{re} phase d'évaluation du risque a montré la présence de plomb sur ou dans

l'épiderme, l'émissivité en plomb des différents procédés possibles pour le nettoyage de l'œuvre doit donc être mesurée.

À cette phase de la réflexion dans la mise au point du protocole de nettoyage de l'œuvre, tous les procédés pouvant permettre le nettoyage de celle-ci ou pouvant participer à son nettoyage en allégeant la teneur en plomb surfacique doivent être listés, en évaluant les avantages et inconvénients : les procédés mécaniques de projection de granulats peuvent être émissifs de poussières chargées en plomb, les procédés par action de principes actifs chimiques sous forme de compresses ou cataplasmes présentent un risque en cas de contamination saline de l'œuvre ou de vestiges d'anciens consolidants, les gels polymères pelables peuvent être contre-indiqués en fonction de l'état de cohésion des épidermes...

À la lumière de l'état sanitaire de l'œuvre, les procédés possibles sont sélectionnés pour être testés et évalués grâce à un suivi métrologique durant la phase test. Des mesures surfaciques de teneurs en plomb au sol de la zone de travail sont alors faites, avant et après application de chaque procédé ou tâches nécessaires au nettoyage de l'œuvre, et des mesures atmosphériques de teneurs en plomb sont réalisées sur l'opérateur grâce à une pompe de prélèvement, placée au plus près de ses voies respiratoires et dans l'environnement à proximité de la zone de nettoyage. Les mesures atmosphériques fournissent la teneur en plomb de l'air pompé en mg/m^3 . Le code du travail encadre précisément cette valeur de teneur en plomb atmosphérique : à partir d'une valeur de $0,05 \text{ mg}/\text{m}^3$ prélevé sur 8 heures, le poste de travail est considéré à risque et l'opérateur doit faire l'objet d'un suivi médical renforcé; au-delà de $0,1 \text{ mg}/\text{m}^3$, le poste de travail doit être arrêté, la tâche réévaluée pour être modifiée afin d'être moins exposante au risque de contamination par le plomb. La mesure de plomb atmosphérique est encadrée et définit la valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP). Au regard de la VLEP, les mesures de teneur en plomb atmosphérique mesurées lors du chantier test permettent de déterminer le risque d'exposition au plomb.

Tout comme les mesures surfaciques et les mesures massiques, les mesures atmosphériques de teneur en plomb seront réalisées par un laboratoire missionné spécifiquement. La phase test étant une phase d'évaluation du risque d'exposition au plomb et ne connaissant pas, *a priori*, l'émissivité des différents procédés testés, les protections collectives et individuelles nécessaires à la protection de l'environnement de la zone de travail et des restaurateurs devront être mises en place. Les protections collectives doivent toujours primer sur les protections individuelles. Les protections collectives consistent à isoler la zone de travail par un bâchage et à en contrôler l'accès par un sas de trois compartiments comportant un pédiluve. Pour une phase test, ces dispositions peuvent être réalisées en structure légère de poteaux habillés de polyane. L'isolement de la zone de travail d'un test par projection de granulats est assuré par un joint de mousse expansée et un extracteur d'air est mis en place. Les protections individuelles comporteront *a minima*, outre les équipements de sécurité, une combinaison jetable à usage unique, un masque P3 à cartouches et lunettes en fonction du temps de la tâche ou un masque intégral à ventilation assistée, des gants jetables, des surchausses ou bottes aisément décontaminables.

Pour exemple, les enseignements d'un chantier test sont présentés dans la figure 1. Il s'agit d'un chantier test de nettoyage réalisé sur les parements de pierre de taille de l'hôtel de la Monnaie à Paris pour le compte de la Monnaie de Paris. Réalisé sous la direction de Monsieur Daniel Lefevre, architecte en chef des Monuments historiques, il a été réalisé avec le concours d'Antea, assistant à maîtrise d'ouvrage sur le risque lié à la présence de plomb, de l'entreprise de taille de pierre et maçonnerie PIERRENOEL et du cabinet Studiolo, bureau

| | Teneur en plomb par accessibles à la lingette par prélèvement surfacique ($\mu\text{g}/\text{m}^2$) | Teneur en plomb sur prélèvement atmosphérique d'air sur opérateur (mg/m^3) |
|--|---|--|
| Test de nettoyage par injection-extraction d'eau | | |
| Sur pierre AVANT | 630 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ | |
| Sur pierre APRÈS | < 6 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ | |
| Sur sol APRÈS | < 80 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ | |
| PENDANT la mise en œuvre | | < 0,04 mg/m^3 |
| Test de nettoyage par application de gel polymère pelable (Syrax® de ECP) | | |
| Sur pierre AVANT | 1220 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ | |
| Sur pierre APRÈS | 127 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ | |
| Sur sol APRÈS | < 80 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ | |
| PENDANT l'application | | < 0.023 mg/m^3 |
| PENDANT le retrait | | 0.057 mg/m^3 |
| Test de nettoyage par application de cataplasme ou polymère (Syrax® de ECP) et rinçage par injection-extraction d'eau | | |
| Sur pierre AVANT | 1350 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ | |
| Sur pierre APRÈS | 120 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ | |
| Sur sol APRÈS | < 80 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ | |
| PENDANT l'application | | < 0.018 mg/m^3 |
| PENDANT le retrait | | 0.021 mg/m^3 |
| Test de nettoyage par micro-abrasion en voie humide après un passage d'injection-extraction d'eau | | |
| Sur pierre AVANT | 590 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ | |
| Sur pierre APRÈS | < 80 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ | |
| Sur sol AVANT | 1090 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ | |
| Sur sol APRÈS | 1400 $\mu\text{g}/\text{m}^2$ | |
| PENDANT la mise en œuvre | | 0.017 mg/m^3 |

Figure 1 Teneurs en plomb surfaciques et atmosphériques lors d'un chantier test de nettoyage de parement pierre par quatre procédés de nettoyage distincts.

d'études pour le diagnostic sanitaire des parements et la mise au point du protocole de nettoyage de ceux-ci.

Dans l'exemple fourni, quatre procédés ont été testés. Pour chaque procédé, les mesures surfaciques de teneur en plomb ont été faites avant et après mise en œuvre du procédé et une mesure atmosphérique de teneur en plomb sur opérateur a été réalisée pendant la mise en œuvre du procédé.

La **figure 1** montre que les teneurs surfaciques en plomb sont variables d'une zone à l'autre du parement et que, en fonction des états de surface (hétérogénéité de la pierre en termes de rugosité), les teneurs en plomb surfaciques peuvent être très variables. Le prélèvement surfacique à la lingette sur un matériau parfois très ouvert comme la pierre est, par ailleurs, difficilement reproductible. Les trois premiers procédés testés ont été réalisés dans des zones contiguës de parement. Le quatrième procédé, mettant en œuvre la micro-abrasion, a été réalisé dans une zone différente, présentant un état de surface comportant plus de dépôt atmosphérique. La teneur en plomb surfacique avant mise en œuvre de la micro-abrasion mais après injection extraction d'eau ne peut donc être comparée à la teneur en plomb après injection-extraction du premier procédé, les états de surface étant très différents.

La **figure 1** indique qu'en termes de teneur en plomb surfacique au sol dans la zone de travail, les trois premiers procédés n'engendrent pas de contamination au sol de la zone de travail. Le quatrième procédé, mettant en œuvre la micro-abrasion par projection de granulats, engendre une contamination au sol de la zone de travail. En termes de teneur en plomb atmosphérique, le nettoyage par micro-abrasion est moins émissif que le dépôt du cataplasme, tout en restant inférieur au 1^{er} seuil de la VLEP, tandis que le dépôt du gel pelable, fortement adhérent au parement de pierre, engendre un dépassement du seuil de surveillance de la VLEP.

Définition des protections collectives et individuelles nécessaires et suffisantes

À la lumière du suivi métrologique des teneurs en plomb surfaciques et atmosphériques, les protections collectives et individuelles peuvent être déterminées. Dans l'exemple illustré par la figure 1, le nettoyage par injection-extraction d'eau n'engendre pas d'émissions de particules de plomb et ne nécessite donc pas de protections collectives et individuelles spécifiques au risque d'exposition au plomb.

En ce qui concerne le nettoyage par gel pelable, la tâche de retrait du pelable nécessite une protection collective d'isolement de la zone, une protection du sol par polyane pour contenir et récupérer le gel pelable contaminé et une protection individuelle respiratoire par masque à ventilation assistée.

En ce qui concerne le nettoyage par micro-abrasion, du point de vue de l'émission de plomb dans la zone de travail, les mesures indiquent que l'isolement de la zone est nécessaire, comprenant protection du sol par polyane et protection individuelle respiratoire par masque à ventilation assistée.

Conclusion

La phase test pour la mise au point des protocoles de nettoyage en présence de plomb sur la pierre permet d'ajuster les protections collectives et individuelles nécessaires à l'exécution

du nettoyage de la pierre en toute sécurité pour les restaurateurs et intervenants à proximité. La méthodologie présentée dans ce travail illustrée par un cas concret permet d'ajuster les protections sur des bases métrologiques afin de mettre en œuvre les protections nécessaires et suffisantes. La mise au point du protocole ne peut être réalisée que grâce à une phase test qui décompose toutes les tâches du protocole afin de cerner la ou les tâches émissives (par exemple, l'application du gel pelable n'est pas émissive alors que son retrait l'est). La prise de conscience du risque d'exposition au plomb dans des tâches jusque-là faites souvent sans protections permet de réajuster les protections et réflexes d'hygiène sur chantier, qui doivent devenir de nouveaux réflexes. Au fur et à mesure des chantiers tests réalisés, les conditions opérationnelles de protection seront mieux connues et pourront être anticipées sur les nouveaux chantiers sans avoir à refaire toute la chaîne métrologique. Pour cela, les conditions d'exécution du chantier test, les valeurs avant et après exécution de chaque procédé doivent être soigneusement consignés ainsi que les rapports d'analyse de laboratoire y afférents, afin de pouvoir éviter de refaire les mêmes mesures. L'enjeu de cette nouvelle problématique de risque d'exposition au plomb lors de la restauration d'œuvres ou parements en pierre est de définir des protocoles permettant le nettoyage de la pierre en toute sécurité et garantissant la conservation des épidermes à long terme. Les procédés traditionnels par projection ne doivent pas être *a priori* bannis mais l'évaluation de leur émissivité doit être mieux connue. Les procédés par voie chimique sont une solution alternative intéressante mais constituent un risque pour la préservation des épidermes dans certains cas. Seul un diagnostic sanitaire précis et l'expérience du restaurateur permettront de définir le protocole adéquat pour le nettoyage de la pierre en présence de plomb dans les meilleures conditions et au meilleur coût.

L'auteur

Barbara Brunet-Imbault docteur ès Sciences des matériaux, directrice associée du cabinet Studiolo, 6 rue des Haudriettes 75003 Paris, barbara.brunet@cabinet-studiolo.com

BIBLIOGRAPHIE

PRÉPARÉE PAR NINA ROBIN, PAULINE PARFAIT ET SILVIA PAÏN

Ressources de l'Institut national de recherche et de sécurité pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles (INRS)

INRS (2006), *Le plomb, vous et votre famille*, ED 834, dépliant, téléchargeable sur : <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20834> (consulté le 4/11/2019).

INRS (2013), *Intervention sur les peintures contenant du plomb. Prévention des risques professionnels*, Paris, INRS, (ED 909), 52 p., téléchargeable sur : <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%20909> (consulté le 4/11/2019).

INRS (2013), *Métiers de la peinture. Fiche d'aide au repérage de produit cancérigène*, FAR 22, [en ligne], téléchargeable sur : <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=FAR%2022> (consulté le 4/11/2019).

INRS (2014), *Prévenir les expositions professionnelles au plomb* [en ligne], Santé et sécurité au travail, mise à jour 15/12/2014, téléchargeable sur : <http://www.inrs.fr/risques/plomb/ce-qu-il-faut-retenir.html> (consulté le 14/10/2019).

INRS (2014), *Plomb au travail. - Plomb. Prévenir les expositions professionnelles au plomb – Risques*, DW 39, téléchargeable sur : <http://www.inrs.fr/risques/plomb/ce-qu-il-faut-retenir.html>.

INRS (2015), *Peintres en bâtiment. Fiche d'aide au repérage de produit cancérigène*, (FAR 8), téléchargeable sur : <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=FAR%208> (consulté le 4/11/2019).

INRS (2015), *Démolition de bâtiments non industriels*, FAR 29, [en ligne], téléchargeable sur : <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=FAR%2029> (consulté le 4/11/2019).

INRS (2015), *Ravalement et rénovation de façade*, FAR 44, [en ligne], téléchargeable sur : <http://www.inrs.fr/header/recherche.html?queryStr=Ravalement+et+r%C3%A9novation+de+fa%C3%A7ade%2C+FAR+44.&rechercher=OK> (consulté le 4/11/2019).

INRS (2017), *Poussières. Guide de bonnes pratiques en démolition*, ED 6263,72 p., téléchargeable sur : <http://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED%206263> (consulté le 4/11/2019).

Santé, risques et toxicité

Bastide J.-C. (2011), « Regard sur un risque. Plomberie installations sanitaires. Un salarié sur onze accidenté au travail », *Travail et Sécurité*, N° 716, avril 2011, p. 48.

Bergdahl I. A. (1998), « Lead-binding proteins - a way to understand lead toxicity? », *Analisis*, juil. / août 1998, vol. 26, N° 6, p. M81-M84.

Brasseur G. (2013), *Dossier- Les risques liés au plomb, Travail et sécurité*, N° 745, décembre 2013, 57 p.

Clergot J. (2011), « Travail du verre : l'atelier des restaurateurs restauré », *Travail et Sécurité*, N° 713, janvier 2011, p. 46-47.

CRAM Centre, FFB, OPPBTP, DRTEFP Centre (2009), *Risque plomb chez les peintres en bâtiment. Opérateurs. Les intoxications au plomb existent toujours* - Dépliant salariés, Orléans, CRAM Centre, FFB, OPPBTP, DRTEFP Centre, 2 p.

Huet S. (2005), *Mise au point sur la toxicité des principaux métaux lourds (plomb, mercure et cadmium)*, thèse sous la direction d'Yves Mauras, université d'Angers, 163 p. [en ligne] <http://hdl.handle.net/10068/773300> (consulté le 14/10/2019)

Lemarié J. (2011), « Patrimoine culturel. Taille de pierre naturelle : les poussières et les risques aspirés! », *Travail et Sécurité*, N° 713, janvier 2011, p. 44-45.

Miquel G. et al. (2001), *Les effets des métaux lourds sur l'environnement et la santé. Rapport d'information n° 261 (2000-2001)*, pour le compte de Office parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et techniques, déposé le 5 avril 2001, 365 p. [en ligne] : <http://www.senat.fr/rap/l00-261/l00-261.html> (consulté le 14/10/2019).

OPPBTP, *Décapage des peintures plombifères*, [en ligne] <https://www.preventionbtp.fr/Documentation/Explorer-par-produit/Information/Fiches/Conditions-de-travail-axes-penibilite/Fibres-et-poussieres-hors-amiant/Decapage-des-peintures-plombiferes> (consulté le 14/10/2019).

OPPBTP, *Peintures au plomb*, [en ligne] <https://www.preventionbtp.fr/Documentation/Explorer-par-produit/Information/Ouvrages/Traitement-des-peintures-au-plomb> (consulté le 14/10/2019)

Roulleau C. (2001), « Plomb : le risque persiste », *Travail et sécurité*, mars 2001, N° 605, p. 20-38.

Teigné D., Faisant N. et al. (2012) « Évaluation et prévention des risques associés au plomb en conservation-restauration », dans *Transversalité's : conservation-restauration-archéologie*, actes des XXV^{es} Journées des restaurateurs en archéologie (Arc'Antique, Nantes, 23 et 24 juin 2011), Paris, ARAAFU, (coll. CRBC-Cahiers techniques, 20), p. 47-49.

Santé et législation

Arrêté du 19 août 2011 relatif au diagnostic du risque d'intoxication par le plomb des peintures, ministère du Travail, de l'Emploi et de la Santé, Journal officiel du 01 septembre 2011 [en ligne] https://www.legifrance.gouv.fr/jo_pdf.do?numJO=0&dateJO=20110901&numTexte=41&pageDebut=14830&pageFin=14832 (consulté le 28/10/2019)

Arrêté du 21 novembre 2006 définissant les critères de certification des compétences des personnes physiques opérateurs des constats de risque d'exposition au plomb, des diagnostics du risque d'intoxication par le plomb des peintures ou des contrôles après travaux en présence de plomb, et les critères d'accréditation des organismes de certifications, ministère de l'Emploi, de la Cohésion sociale et du logement. Journal officiel du 5 décembre 2006 [en ligne]

https://www.legifrance.gouv.fr/jo_pdf.do?numJO=0&dateJO=20061205&numTexte=5&pageDebut=18274&pageFin=18276 (consulté le 28/10/2019)

DIRECCTE Centre Val de Loire (2014), *Préconisations pour la réalisation d'un diagnostic plomb avant travaux*, [en ligne] <http://centre-val-de-loire.direccte.gouv.fr/Preconisations-pour-la-realisation> (consulté le 28/10/2019)

Ministère des Affaires sociales et de la Santé (2015), *Recommandations pour la prévention de l'exposition au plomb* [en ligne], mise à jour 2/12/2015 : <http://social-sante.gouv.fr/sante-et-environnement/batiments/article/recommandations-pour-la-prevention-de-l-exposition-au-plomb> (consulté le 14/10/2019)

Informations techniques et historiques

Corbeil M.-C., Sirois P. J. (2007), « A note on a modern lead white, also known as « synthetic plumbonacrite » », *Studies in conservation*, vol. 52, N° 4, p. 281-288.

Costa V., Urban F. (2005), « Lead and its alloys : metallurgy, deterioration and conservation », *Reviews in conservation*, N° 6, p. 48-62.

Dik J., Peschar R., Schenk H. (2006), « The introduction of lead antimonate yellow in the 18th century », *Zeitschrift für Kunsttechnologie und Konservierung*, vol. 20, N° 1, p. 138-146.

Lestel L., Lefort A.-C. et al. (2003), *La céruse : usages et effets, X^e-XX^e siècles*, actes du colloque du 30 novembre 2000, N° spécial *Documents pour l'histoire des techniques*, n° 12, 145 p.

Mao Y. (2000), « Lead-alkaline glazed egyptian faience : preliminary technical investigation of ptolemaic period faience vessels in the collection of the Walters Art Gallery », *AIC Journal of the American institute for conservation*, été 2000, vol. 39, N° 2, p. 185-204.

Miles G., Polard S. (1985), *Lead and tin : Studies in conservation and technology*, London, UKIC, (coll. Occasional papers, 3), 63 p.

Rivot L.-E. (1872), *Métallurgie du plomb et de l'argent. Principes généraux du traitement des minerais métalliques*, 2, Paris, Dunod, 677 p.

Timbert A. (dir.) (2009), *L'homme et la matière : l'emploi du plomb et du fer dans l'architecture gothique*, actes du colloque, Noyon 16-17 novembre 2006, Paris, A. Picard et fils, 231 p.

Tite M. S., Freestone I., Mason R. (1998), « Lead glazes in antiquity - methods of production and reasons for use », *Archaeometry*, août 1998, vol. 40, N° 2, p. 241-260.

Les altérations du plomb

Aze S., Detalle V., Vallet J.-M. et al. (2008), « L'altération des pigments au plomb : Étude du minium et de sa possible reconversion », *L'actualité chimique*, N° 318, avril 2008, p. 9-15

Bouquillon A., Robinet L., Elias M. et al. (2008), « Méthodes portables non destructives d'analyse de l'altération des verres au plomb », *Technè*, N° hors-série, p. 104-113.

Butterfield F. (1994), « Reversion of blackened lead white on gouache drawings », *SSCR Journal*, vol. 5, N° 2, p. 17-18.

Domenech Carbo A., Domenech Carbo M.-T., Mas i Barbera X. et al. (2007), « Simultaneous identification of lead pigments and binding media in paint samples using voltammetry of microparticles », *Arché*, N° 2, p. 121-124.

Giovannoni S., Matteini M., Moles A. (1990), « Studies and developments concerning the problem of altered lead pigments in wall painting », *Studies in Conservation*, vol. 35, N° 1, p. 21-25.

Harch A., Robbiola L., Fiaud C., Santrot M.-H. (1993), « Caractérisation des principaux types d'altération des objets anciens en plomb », dans *Actes de la 7^e rencontre annuelle du groupe de travail ICOM-CC-SFIIC, section Métal*, Draguignan, Groupe ICOM-CC-SFIIC, section Métal, p. 15-31.

Heath D., Martin G. (1998), « The corrosion of lead and lead/tin alloys occurring on japanese lacquer objects », dans *The conservation of far eastern art. Preprints of the contributions to the Kyoto Congress*, London, IIC, p. 137.

Kühn H. (1968), « Identification of the materials of paintings : lead-tin yellow », *Studies in Conservation*, vol. 13, N° 1, p. 7-33.

Kühn H., Chase W. T., Gettens Rutherford J. (1967), « Identification of the materials of paintings : lead white », *Studies in Conservation*, vol. 12, N° 4, p. 125-139.

Mattias P., Maura G., Rinaldi G. (1984), « The degradation of lead antiquities from Italy », *Studies in Conservation*, vol. 29, N° 2, p. 87-92.

Noble P., Boon J., Wadum J. (2002), « Dissolution, aggregation and protrusion : lead soap formation in 17th century grounds and paint layers », *ArtMatters*, N° 1, p. 46-61.

Smith G. D., Derbyshire A., Clark R. J. H. (2002), « In situ spectroscopic detection of lead sulphide on a blackened manuscript illumination by Raman microscopy », *Studies in conservation*, vol. 47, N° 4, p. 250-256.

La protection des objets d'art contenant du plomb

Caillaud F. (1989), *Stabilisation et consolidation d'objets en plomb très dégradés : essai de traitement électrolytique*, rapport de stage, Saint-Denis, Electricité de France, 33 p.

Carradice A. (1994), « The conservation of lead communion tokens by potentiostatic reduction », *Studies in Conservation*, vol. 39, N° 2, p. 100-106.

Degrigny C. (1997), *Etude de la dégradation des objets en plomb dans les collections publiques et des moyens de les stabiliser et de les conserver à long terme*, Nantes, Arc'Antique, 42 p.

Degrigny C., Le Gall R. (1999), « Conservation of ancient lead artifacts corroded in organic acid environments : electrolytic stabilization/consolidation », *Studies in Conservation*, vol. 44, N° 3, p. 157-169.

Durand P. (1998), « The future of lead crystal is in our hands », *Verre*, août 1998, vol. 4, N° 4, p. 28-32.

Gottlieb B., Gottlieb C., Sjogren A. et al. (1993), « A new method for cleaning and conservation of lead objects using hydrogen and oxygen plasma », dans *ICOM committee for conservation 10th triennial meeting, Washington, DC, USA, 22-27 August 1993, preprints*, Paris, ICOM Committee for conservation, vol. 2, p. 767-771.

Sharma V. C., Lal U. S., Singh T. (2003), « Method for stabilization of leaded bronzes affected by corrosion of lead », *Studies in conservation*, vol. 48, N° 3, p. 203-209.

Schotte B., Adriaens A. (2006), « Treatments of corroded lead artefacts », *Studies in conservation*, vol. 51, N° 4, p. 297-304.