

Congrès

SURFACES CONTAMINÉES AU TRAVAIL : COMMENT MESURER POUR PRÉVENIR ?

8 avril 2021

Compte rendu de la Journée technique organisée, à distance, par l'INRS.

Le 8 avril 2021, l'INRS organisait une Journée technique sur les surfaces polluées qui peuvent contaminer les salariés lors de leur activité et présenter un risque pour leur santé. Compte tenu du prolongement de la crise sanitaire, l'événement a été diffusé en direct, sur Internet. Plus de 700 participants ont suivi la quinzaine d'interventions et ont échangé en temps réel *via* un tchat qui a comptabilisé plus de 200 questions. L'objectif était de passer en revue les différentes techniques de prélèvement utilisées, leurs applications en hygiène industrielle, mais également dans d'autres domaines comme l'air intérieur ou le secteur nucléaire. Les limites de cette approche, notamment en matière d'interprétation des résultats, ont été également abordées. Les actions menées pour combler les lacunes existantes ont été mises en perspective afin de proposer des outils complémentaires, à la fois pédagogiques et quantitatifs, sur lesquels s'appuyer pour mener des actions de prévention dans les entreprises.

SURFACE CONTAMINATION AT WORK: MEASURING IN ORDER TO PREVENT -

On 8 April 2021, INRS held a technical day on contaminated surfaces, which can contaminate employees during their activities and present a risk to their health. Given the perpetuation of the health crisis, the event was broadcast live online. More than 700 people followed the 15 or so presentations and discussed matters in real time via a chat, where more than 200 questions were asked.

The goal was to review the different sampling techniques used, their applications in industrial hygiene, but also in other fields such as indoor air and the nuclear sector. The limits to this approach, particularly in terms of results interpretation, were also addressed. The actions conducted to overcome existing shortcomings were put into perspective in order to propose additional tools, both educational and quantitative, to be used for prevention actions out in companies.

WILLIAMS
ESTÈVE,
VIRGINIE
MATERA
INRS,
département
Métrologie
des polluants*

*Contributions:
Bertrand
Tinoco, INRS,
département
Information et
communication

Contexte

La mesure des polluants présents dans l'air a longtemps représenté la seule évaluation de l'exposition prise en compte pour les salariés exposés aux composés chimiques. Pourtant, l'inhalation n'est pas le seul mode de pénétration des polluants dans l'organisme. De nombreux secteurs d'activité génèrent des produits particulaires et semi-volatils qui contaminent les surfaces de travail. Cette contamination

peut alors conduire à une exposition des salariés par contact avec les surfaces souillées : soit de façon directe, par dépôt des polluants sur la peau laissée sans protection ou insuffisamment protégée ; soit de manière indirecte, par contact de la peau avec des surfaces elles-mêmes contaminées par ces polluants. Cette contamination surfacique, résultant de dépôt d'aérosol et de molécules peu volatiles, voire de projections, peut donc induire une pénétration dans



l'organisme par l'épiderme et/ou par ingestion de substances nocives, avec de potentiels effets cancérogènes ou mutagènes, infectieux ou allergiques. L'évaluation des contaminations surfaciques nécessite la mise en place de méthodes de prélèvement spécifiques, reproductibles et, idéalement, harmonisées.

Cette journée a permis de rappeler que les contaminations surfaciques ne se limitaient pas aux agents biologiques comme le virus Sars-CoV-2 (propagateur de la maladie), mais que de nombreux polluants chimiques peuvent se déposer sur les surfaces de travail ou être remis en suspension lorsque les salariés réalisent une tâche à leur poste de travail.

Surfaces contaminées – Généralités et état de l'art

La première partie de cette Journée technique visait à définir et développer les principales notions et les éléments contextuels des thèmes abordés lors de cet événement.

Ainsi, **Virginie Matera** (INRS) a précisé, à travers quelques définitions, les enjeux liés à l'utilisation de prélèvements surfaciques dans un contexte d'expositions professionnelles. Après avoir abordé les principaux types de contaminants surfaciques, les environnements et secteurs concernés, elle a souligné les intérêts de ces prélèvements en matière de prévention (fonction pédagogique, identification de sources de contamination, aide à la compréhension des mécanismes de voies de contamination...). Enfin, des limites à l'utilisation des prélèvements surfaciques ont été mises en évidence, notamment l'absence de valeurs seuils et/ou de valeurs de référence, un manque d'harmonisation des méthodes nuisant à la reproductibilité de ce type de prélèvements, ou encore des stratégies de prélèvement qui méritent d'être précisées. Ces potentiels freins au déploiement de ce type de prélèvements suscitent encore de nombreuses questions, auxquelles les différents intervenants de cette journée, à travers leurs retours d'expérience, ont tenté de répondre.

Comment se contamine-t-on sur le lieu de travail ? Que deviennent les substances toxiques lorsqu'elles pénètrent notre organisme ? **Lisa Chedik** (INRS) a abordé leur cheminement dans notre organisme, depuis les voies d'entrée jusqu'à leur élimination, à travers une vue d'ensemble de la toxicocinétique. Les quatre principales étapes ont été décrites et illustrées : l'absorption, la distribution, la métabolisation et l'excrétion. Ainsi, en premier lieu, l'accent a été mis sur les mécanismes des trois principales voies d'absorption dans l'organisme des substances toxiques qui nous entourent : l'inhalation, l'ingestion accidentelle mais surtout, en lien direct avec le sujet de cette journée, l'absorption par voie cutanée. Une fois les quatre étapes de toxicocinétique passées en revue, elle a détaillé les modalités de transfert

du cadmium et du bisphénol dans l'organisme pour illustrer l'ensemble des notions abordées.

Emmanuel Belut (INRS) a présenté un état des lieux théorique du transport des polluants dans l'air, étape préalable à toute contamination de surface. D'une manière générale, toutes les particules inhalables tendent à suivre les écoulements d'air existant dans les locaux. Cependant, en fonction de leur taille, les particules ne répondent pas de la même manière aux mouvements de l'air. Ainsi, les particules de taille plus importante sont davantage sujettes à impaction sur les surfaces. La contamination des surfaces dépend également des charges électrostatiques, de la nature des surfaces et des particules, de leur transport par diffusion brownienne (qui concerne essentiellement les particules de taille nanométrique), ou encore de leur sédimentation, qui est davantage liée au poids des particules et concerne davantage les objets de diamètre aérodynamique supérieur à 1 µm. Ainsi, au final, une surface pourra être contaminée par des polluants de diverses tailles, des plus petites aux plus importantes, en fonction de l'environnement et de la pollution générée par l'activité professionnelle. La rugosité des surfaces pourra également moduler l'adhésion des aérosols. L'intervention se conclut sur un message de prévention mettant en avant la nécessité du captage des polluants à la source, avant qu'ils ne contaminent l'atmosphère de travail, puis les surfaces.

Williams Estève (INRS) a ensuite abordé l'aspect pratique du prélèvement surfacique, en présentant les principaux outils méthodologiques actuellement disponibles, afin d'évaluer au mieux la pollution surfacique et l'exposition potentielle. Les méthodes proposées s'appuient sur les deux principales techniques de prélèvement surfacique : l'essuyage et l'aspiration. D'une manière générale, l'évaluation des contaminations surfaciques est adaptée et pertinente dans le cas d'activités mettant en œuvre ou générant des aérosols liquides ou solides (utilisation de poudres, émissions de brouillards d'huiles, émissions issues de procédés thermiques, comme le soudage, ou mécaniques, comme le meulage et le ponçage, etc.) et dans le cas de projections récurrentes ou accidentelles. Il ressort globalement de l'analyse de la littérature scientifique un manque d'harmonisation des méthodologies disponibles, qui complique la mise en évidence d'une exposition professionnelle, et qui a motivé des travaux visant à homogénéiser les pratiques et à proposer des aides à la mise au point de méthodes. Ainsi, sur la base de travaux expérimentaux, l'INRS a développé une méthodologie pour la mise au point de prélèvements surfaciques, prenant en compte les principaux paramètres influents tels que la nature de la surface et du composé à prélever, la concentration surfacique, etc. Par ailleurs, devant l'absence de valeurs limites ou de valeurs de référence, une valeur cible représentative de la concen-



© INRS/2021

tration potentielle d'un polluant sur une surface est proposée dans le guide méthodologique accessible depuis la base de données MétroPol du site de l'INRS.

Retours d'expérience en hygiène industrielle

Catherine Hédouin-Langlet (Cramif) a souhaité illustrer l'intérêt, mais également certaines limites actuelles du prélèvement surfacique, à travers deux retours d'expérience d'évaluation de l'exposition de salariés aux sels de nickel lors d'opérations de traitement de surface, et au plomb lors de la dépose de câbles téléphoniques. Afin d'avoir une vision globale sur ces situations d'exposition, en plus de prélèvements sur les surfaces de travail, des prélèvements cutanés, atmosphériques et biologiques ont été effectués. D'une manière générale, l'ensemble des mesures réalisées dans le cadre de ces deux évaluations d'exposition a permis de sensibiliser les employeurs et leurs salariés sur les risques encourus par les surfaces souillées et sur l'intérêt des mesures d'hygiène individuelles et collectives. L'intervenante a pointé également l'absence de valeurs de référence pour le prélèvement surfacique, qui constitue une limite à leur usage. Enfin, l'importance d'un captage

des polluants à la source a une nouvelle fois été souligné.

Emmanuel Jouve (Carsat de Bretagne) a ensuite détaillé la problématique des risques liés à l'exposition à des substances cytotoxiques dans un centre hospitalier. Depuis plus de deux ans, en lien avec l'INRS, il a mis en place un accompagnement du personnel afin d'évaluer l'intérêt des prélèvements surfaciques dans un contexte particulier. En effet, suite à la mise en place de nouvelles options thérapeutiques dans le cadre du traitement d'un cancer (chimiothérapies de types Pipac et Chip), il a été nécessaire d'estimer si les protocoles appliqués en matière de nettoyage/décontamination étaient toujours adaptés et, donc, de préciser s'il subsistait des risques de contaminations persistantes des surfaces, en lien avec un risque d'exposition professionnelle aux médicaments cytotoxiques dans le cadre de chimiothérapies. Dans ce cas, les prélèvements surfaciques ont permis d'identifier les zones contaminées et les sources de contamination, mais également d'améliorer la procédure de bionettoyage utilisée, ou encore de démontrer que le nettoyage et le respect de l'hygiène du personnel étaient fondamentaux



dans la maîtrise des risques liés à l'utilisation de cytotoxiques.

Les docteurs **Delphine Bouvet** et **Isabelle Ledoux** (Airbus) ont présenté les résultats de prélèvements surfaciques de chrome hexavalent (Cr VI), utilisé dans le secteur aéronautique comme agent anticorrosion. Des mesures réalisées en 2021 sur le site d'Airbus Saint-Nazaire ont permis de montrer, dans le cadre d'une démarche d'évaluation des risques, l'intérêt des prélèvements surfaciques de Cr VI dans ce type d'industrie. Ainsi, une concordance entre les tendances de contaminations atmosphériques et surfaciques a été mise en évidence pour les points à proximité immédiate des sources d'émission. Ces travaux d'évaluation de la contamination se sont poursuivis jusqu'en 2022, en collaboration avec l'INRS, avec pour objectifs de définir un indicateur surfacique de performance de protection collective et de valider des procédures de nettoyage.

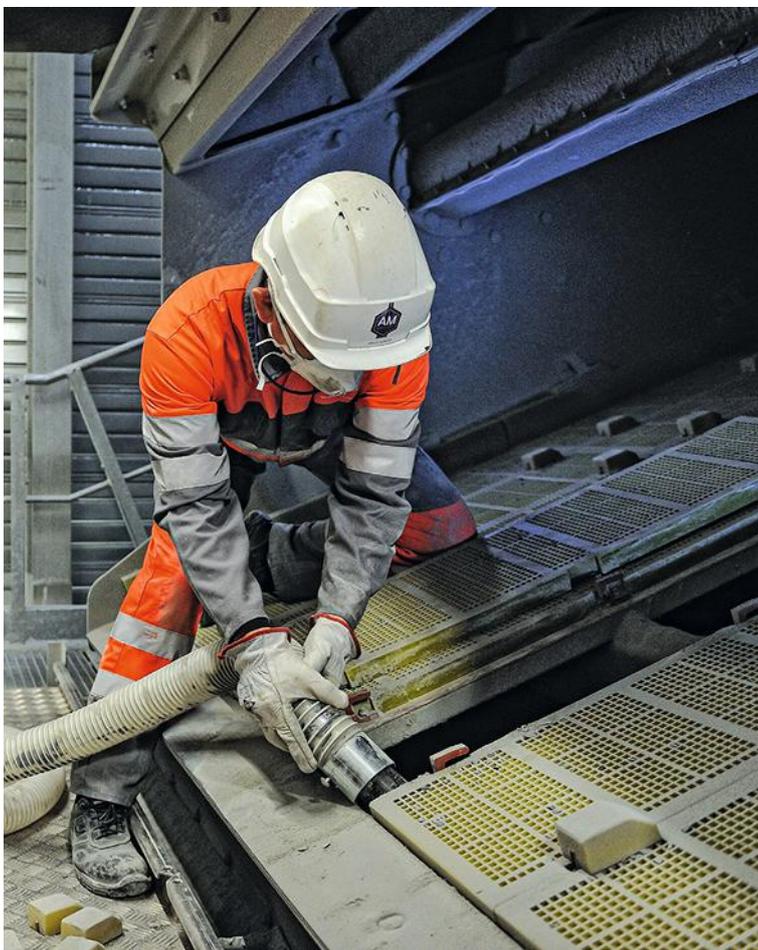
Retours d'expérience dans d'autres environnements d'intérêt

La présentation de **Philippe Blin** et de **Pascale Gay-Bineau** (SDIS 44) a permis d'aborder une problématique à laquelle sont confrontés les sapeurs-pompiers lors de leurs interventions, à savoir l'exposition aux

substances cancérigènes mutagènes et reprotoxiques (CMR), ces substances étant particulièrement dangereuses en tant que sources de risques à effet différé. Il s'agissait ici de présenter une étude, réalisée en lien avec l'INRS, la Carsat Pays-de-la-Loire et la Dreetts (ex Direccte) de Loire-Atlantique, qui visait à mieux connaître l'exposition à l'amiante des sapeurs-pompiers, par des prélèvements surfaciques et atmosphériques, par badges passifs, réalisés lors d'interventions sur des bâtiments. Ce travail, inédit et original, a mis en évidence le risque associé à la présence d'amiante et a permis de l'intégrer dans une démarche de prévention désormais formalisée dans un guide opérationnel départemental de référence. L'intervention de **Fabrice Petitot** (CEA) a permis d'échanger sur le monde très réglementé du nucléaire, notamment en matière de radioprotection. Ce secteur dispose en effet de programmes de surveillance précis et très cadrés, visant à s'assurer de la sûreté des installations et à vérifier les niveaux de contamination, par le biais de prélèvements surfaciques. Il existe d'ailleurs – et c'est une différence notable avec d'autres secteurs industriels – une norme qui définit les conditions de prélèvements surfaciques pour mesurer la contamination radioactive. Même si la règle de base doit être l'absence de contamination, certaines périodes de vie des installations – situations de maintenance, voire de démantèlement – s'avèrent particulièrement à risque et nécessitent une vigilance renforcée en matière de prévention. Un éclairage sur cet univers spécifique a été apporté à travers différents exemples d'expositions et de contaminations potentielles. Des techniques et méthodes de mesure pour adapter les mesures de protection individuelle ont également été discutées.

Pour conclure cette troisième partie de la Journée technique, **Corinne Mandin** (CSTB/OQAI) a fait part de retours d'expérience concernant la contamination de surfaces intérieures dans les lieux de vie telles que des habitations ou des écoles. L'exposition à ces surfaces souillées peut ainsi représenter une voie de contamination non négligeable, voire majoritaire, notamment pour les enfants de moins de trois ans, de par leur comportement, comme les déplacements au sol et les contacts main-bouche. Une campagne réalisée dans plusieurs centaines de logements français met en évidence la présence de nombreux contaminants organiques et de métaux, dont le plomb, dans les poussières intérieures, avec des concentrations hétérogènes. De plus, il a été observé une relation directe entre la contamination des surfaces et les niveaux de contamination de l'air intérieur, constat déjà exposé plus tôt dans la journée pour les environnements professionnels. Une autre étude menée dans des écoles fait état de profils de contamination similaires à ceux rencontrés dans les habitations, avec cependant des niveaux de contamination par

Utilisation d'un système d'aspiration pour réduire les émissions de poussières.



© Patrick Delapierre pour l'INRS/2014

fois plus élevés. Cette observation pose évidemment un problème, compte de tenu de la jeunesse de la population concernée. Par ailleurs, la contamination biologique des surfaces, notamment en moisissures, est actuellement évaluée, à travers des campagnes de mesures en logements et en crèches, afin de mettre en relation les niveaux de contamination biologique et la santé respiratoire des individus. Comme pour l'hygiène industrielle, l'intervenante a fait le double constat de méthodes de prélèvement hétérogènes et de l'absence de valeurs sanitaires à ne pas dépasser.

Et maintenant ?

Marion Keirsbulck (Anses) a présenté les enjeux scientifiques actuels concernant la contamination surfacique et les travaux de l'Anses sur l'établissement de valeurs réglementaires sanitaires à ne pas dépasser. L'Anses élabore ainsi différentes valeurs de référence, dans le cadre d'une expertise pluridisciplinaire sur la base de critères sanitaires, afin d'améliorer la connaissance de l'exposition et de protéger la population générale et les travailleurs. Certaines de ces valeurs sont destinées au milieu professionnel, comme les valeurs limites d'exposition professionnelle par inhalation (VLEP). L'Anses propose également d'accompagner ces valeurs par la mention « *Peau* », qui vise à prendre en compte la pénétration cutanée lorsqu'elle entraîne des effets systémiques. Concernant l'exposition de la population générale aux poussières intérieures sédimentées, des travaux ont récemment débuté, afin d'élaborer des valeurs guides pour les poussières intérieures (VGPI), pour des polluants semi-volatils et des métaux. Une méthode simple, qui considère l'ingestion comme la voie majoritaire d'exposition de la population générale, a été recommandée.

Nadia Nikolova-Pavageau (INRS) a apporté son expertise sur un aspect spécifique de la réflexion sur ce sujet, en replaçant le prélèvement surfacique dans un contexte métrologique plus large. Elle a ainsi expliqué en quoi une démarche de prélèvement surfacique pouvait présenter un intérêt dans le cadre de la surveillance médicale, et plus spécifiquement d'une campagne biométrologique mise en place par le médecin du travail. L'accent a donc été mis sur l'articulation et la complémentarité entre surveillance biologique, prélèvements atmosphériques et prélèvements surfaciques, afin de disposer d'une vision plus globale de la situation de l'exposition professionnelle considérée.

Williams Estève (INRS) a ensuite présenté certains développements techniques et quelques perspectives dans le domaine du prélèvement surfacique, en partant du constat que le caractère manuel du prélèvement surfacique peut introduire une variabilité inter-opérateurs non négligeable. Des travaux ont ainsi été lancés par l'INRS, pour développer des outils de prélèvement visant à simplifier et fiabiliser

les procédures, et à s'affranchir de ces biais opératoires. Les prototypes d'outils sont actuellement en cours de validation expérimentale. Il a rappelé que, malgré l'absence de valeurs guides plusieurs fois pointée lors de cette journée, l'évaluation des contaminations surfaciques reste un outil pertinent, complémentaire aux autres méthodes d'évaluation des expositions. D'une part, dans sa dimension qualitative, le prélèvement surfacique permet principalement de faire passer un message pédagogique aux salariés. Et d'autre part, dans un objectif quantitatif, à l'aide des protocoles existants, il permet d'évaluer l'évolution de la contamination d'un poste de travail, de vérifier le bon fonctionnement d'un équipement de protection collective ou d'évaluer l'efficacité d'un protocole de nettoyage des surfaces. Enfin, il a ajouté que des réflexions sur l'élaboration de référentiels et de valeurs guides surfaciques sont actuellement en cours au sein de la communauté scientifique, afin de mettre au point un outil d'aide à la prise de décision.

Prospective - Conclusion

Séverine Brunet (INRS) a clôturé cette journée en mettant en avant cinq qualificatifs en lien avec le prélèvement surfacique : « Diagnostic », « Complémentaire des autres méthodes », « Qualitatif », « Simple à mettre en œuvre », « Illustratif ou pédagogique ». Le prélèvement surfacique est en effet un outil de diagnostic, complémentaire des évaluations atmosphériques et biométrologiques, permettant d'aider à réduire le plus possible la pollution en amont. L'absence de valeurs réglementaires ne doit pas constituer un frein à l'utilisation du prélèvement surfacique, dont la dimension qualitative est importante. En effet, cet outil simple d'utilisation s'avère extrêmement utile et pédagogique. Il permet de sensibiliser les employeurs et les salariés sur les transferts de pollution et, en particulier, sur les moyens de s'en protéger, notamment par le port des gants (passage transcutané) et par des procédures de nettoyage appropriées, pour éviter de s'exposer aux contaminations surfaciques. L'élaboration de normes harmonisées reste toutefois nécessaire, afin de pouvoir comparer les résultats entre eux et de se diriger vers des évaluations plus quantitatives, voire, à terme, vers l'établissement de valeurs de référence. ●

POUR EN SAVOIR +

- Consulter les actes de la Journée technique : www.inrs.fr/footer/actes-evenements/journee-technique-surfaces-contaminees.html.
- Consulter la rediffusion des interventions : www.youtube.com/playlist?list=PLqIw8IH6G3t1J19QuPeTizThiLSDendSe.