

Congrès

MESURES DES EXPOSITIONS CHIMIQUES: LES AVANTAGES DU PRÉLÈVEMENT PASSIF

Paris, France, 11 octobre 2016

Compte-rendu de la journée technique INRS « Prélèvement passif »

Cette journée avait pour objectif de présenter la technique du prélèvement passif, son principe, ses applications, ses avantages et ses limites. Destinée aux laboratoires de surveillance de la qualité de l'air des lieux de travail, des services de santé au travail et, plus largement, des intervenants en santé au travail, elle a permis d'aborder les récents développements sur les badges passifs, ouvrant la voie à une grande diversité d'applications.

MEASURING EXPOSURES TO CHEMICALS: THE ADVANTAGES OF PASSIVE SAMPLING - *The aim of this day for laboratories who monitor workplace air quality, for occupational health services, and more broadly for occupational health specialists was to present the technique of passive sampling, its principle, its applications, its advantages, and its limitations. It was also an opportunity to talk about recent developments on passive badges, paving the way to a very diverse range of applications.*

EDDY
LANGLOIS
INRS,
département
Métrologie
des polluants

Le président du Conseil d'administration de l'INRS, Guy Vacher, a ouvert cette journée en rappelant que l'Institut souhaitait promouvoir des outils et techniques d'évaluation ou de réduction des expositions simples à mettre en œuvre et peu coûteux. À ce titre, il a souhaité que les présentations et les échanges de cette journée concourent au développement du prélèvement passif, trop peu utilisé aujourd'hui dans le domaine de l'hygiène industrielle.

La journée s'est articulée en deux parties. Les interventions de la première partie visaient à démontrer l'aspect pratique et l'efficacité du prélèvement passif au travers de témoignages de laboratoires, d'entreprises et de médecins du travail utilisateurs de la technique. La seconde partie a été consacrée à la présentation de travaux de recherche menés actuellement à l'INRS sur de nouveaux développements de la technique.

Principes, avantages et limites de la technique

Eddy Langlois et Williams Estève, du laboratoire de Chimie analytique organique de l'INRS, ont présenté les principes physiques sur lesquels est fondé

le fonctionnement des dispositifs de prélèvement passif, les hypothèses de travail et les limites qui y sont associées. Ils ont notamment rappelé que pour pouvoir utiliser cette technique de prélèvement d'une substance, la grandeur essentielle est le débit de prélèvement. Ils ont également insisté sur les conditions de validité de cette utilisation: les plages de température, d'humidité relative, de vitesse d'air à la surface du dispositif ainsi que la durée de prélèvement. Enfin, ils ont présenté les différents types de dispositifs, leurs avantages et les techniques analytiques qui leur sont associées.

Étude comparative des prélèvements actif et passif du furfural et de l'isoflurane

Anne Nicolas, responsable du laboratoire Toxilabo à Nantes, a présenté deux exemples d'application pour lesquels des prélèvements actif et passif ont été réalisés de manière simultanée en vue de comparaison. Le premier cas concerne le prélèvement et l'analyse d'isoflurane, un gaz anesthésique, en bloc opératoire et dans des laboratoires de recherche vétérinaire. Les résultats des prélèvements par voie passive montrent un biais systématique positif par rapport aux concentrations mesurées par la voie



© Serge Morillon/NRS

Mise en place
d'un dispositif
de prélèvement
passif.

active, une partie de ces écarts pouvant s'expliquer par des conditions d'analyse différentes. Les écarts observés ne modifient pas le diagnostic de dépassement de la valeur de référence.

Il en est de même dans le deuxième exemple qui concerne le suivi du furfural, lors d'opérations de maintenance en raffinerie. Dans cet exemple, les conditions de prélèvement – température, humidité relative et surtout vitesse faciale d'air – sont en dehors des limites de validation du dispositif de prélèvement passif et également en dehors des conditions de validité de la méthode active. De plus, les méthodes d'analyse sont différentes pour les deux modes de prélèvement. Malgré les écarts observés entre les résultats en concentrations absolues, l'interprétation en termes de dépassement de la valeur limite n'est pas modifiée par le choix de la technique de prélèvement.

Ces deux exemples, réalisés en conditions extrêmes de limite de validité, à défaut d'autre moyen de mesure existant, confirment l'équivalence de performance des techniques actives et passives pour diagnostiquer un dépassement de valeur limite.

Le point de vue d'un médecin du travail sur un site industriel

Claire Montagner, médecin du travail chez Total sur les sites de la raffinerie de Normandie et de l'usine pétrochimique de Gonfreville, a mis en avant l'acceptabilité des badges passifs par rapport aux dispositifs de prélèvement actif. En effet, si le mode actif est souvent privilégié lors des contrôles atmosphériques réglementaires en marche normale,

il est beaucoup moins adapté aux besoins de l'évaluation lors des situations de marche dégradée non couvertes par la réglementation¹: arrêts de production, travaux ou incidents. Le prélèvement passif, dans ces situations, offre une meilleure réactivité et une autonomie du prescripteur, tout en garantissant une maîtrise des coûts. Les opérateurs acceptent mieux le badge que les pompes, souvent encombrantes, leurs gestes ne sont pas gênés. Claire Montagner a notamment insisté sur le fait que le bon déroulement de l'intervention réside surtout dans le choix de la stratégie de prélèvement la mieux adaptée à la situation.

Utilisation en air intérieur

Loïc Paillat, responsable technique au sein de la section Air du pôle Environnement du laboratoire central de la préfecture de police, a ensuite présenté les résultats de trois interventions réalisées dans des logements à proximité de locaux professionnels, à la suite de plaintes de riverains. Le premier cas concerne un salon de soins de l'ongle où la mesure de substances chimiques caractéristiques de cette activité a été réalisée dans un logement situé au-dessus du local professionnel. Les mesures mettent en évidence la présence de méthacrylate de méthyle, des acétates d'éthyle et de butyle et de l'acétone à l'intérieur de l'appartement. Dans le deuxième cas, la pollution est provoquée par un garage de deux roues. Les scooters et motos qui sont stockés dans les locaux la nuit et le week-end provoquent des émanations des hydrocarbures les plus légers du carburant. Enfin, dans le



dernier cas, c'est un pressing à sec qui pollue son voisinage avec des émissions de perchloroéthylène dans l'ensemble des appartements des cinq étages de l'immeuble. Dans les trois cas, les dispositifs de prélèvement passif ont été choisis en raison de la rapidité de leur mise en œuvre, de leur autonomie énergétique, de l'absence de bruit et de vibration, de leur faible encombrement et des bons résultats obtenus pour les substances d'intérêt par rapport au prélèvement actif. Dans ce type de prélèvement, certaines limitations apparaissent néanmoins: il s'agit de l'absence de débit de prélèvement pour l'ensemble des substances émises qui peut réduire le champ de l'investigation, du résultat moyenné sur la période de prélèvement qui oblige à utiliser un appareil à lecture directe pour visualiser les variations temporelles et, enfin, l'absence de maîtrise de la valeur de la vitesse faciale de l'air qui pourrait conduire à un léger biais dans le résultat.

Prélèvement passif et accréditation

C'est en qualité de co-directeur du laboratoire Oxygenair, mais également en tant qu'expert

technique du Cofrac qu'Olivier Pétrique a présenté les exigences à satisfaire en vue de l'accréditation par le Cofrac des laboratoires procédant aux contrôles des expositions professionnelles. Contrairement aux idées reçues, l'utilisation de dispositifs de prélèvement passif constitue une solution possible pour l'accréditation, à la condition de satisfaire aux exigences des documents prescripteurs, comme le référentiel d'accréditation ou les normes associées à l'utilisation de ces dispositifs. Dans la pratique, très peu de laboratoires sont accrédités pour le prélèvement passif, mais la démarche n'est pas plus complexe que l'accréditation concernant des méthodes de prélèvement actif. Olivier Pétrique a d'ailleurs présenté les résultats du dossier de validation de la méthode de prélèvement passif et de l'analyse du benzène réalisé dans le laboratoire Oxygenair, qui est accrédité pour cette prestation. Malgré la reconnaissance de la méthode, gage de qualité et de performance, les prestations d'évaluation d'exposition aux agents chimiques restent majoritairement, voire exclusivement, réalisées par voie active. Il faut donc poursuivre les efforts de promotion de la technique. La seconde partie de la journée a permis d'aborder les développements actuels sur le prélèvement passif qui contribuent à étendre le domaine d'application de la technique.

Développement d'adsorbant spécifique

C'est parfois l'absence de support adsorbant adapté à la substance d'intérêt qui limite l'utilisation de la technique de prélèvement passif. C'est le cas du protoxyde d'azote pour lequel Marianne Guillemot, responsable d'études au laboratoire de Chimie analytique organique de l'INRS, a développé un tamis moléculaire modifié qui permet de piéger spécifiquement le protoxyde d'azote. L'intégration de ce support dans un tube de désorption thermique permet une utilisation pour les prélèvements actif et passif. Ce dispositif a été validé à la fois en laboratoire dans des dispositifs de génération d'atmosphères polluées et sur le terrain en situation réelle de travail. La méthode de prélèvement et d'analyse, validée selon les exigences normatives, est aujourd'hui publiée dans la base de données MétroPol de l'INRS et est utilisée en routine par les laboratoires des Carsat pour l'évaluation de l'exposition professionnelle en milieu hospitalier.

Désorption thermique du charbon actif

Les supports adsorbants de désorption thermique utilisés dans des dispositifs de prélèvement passif présentent l'inconvénient de ne pas retenir parfaitement les polluants piégés et sont, par conséquent, sujets au phénomène de rétrodiffusion². Le charbon actif, considéré comme un adsorbant idéal, ne peut être utilisé en désorption thermique



© Serge Morillon/INRS

classique, mais il peut être désorbé à l'aide d'un dispositif de désorption thermique assistée par micro-ondes. Le rayonnement micro-ondes est focalisé sur le lit de charbon contenant les polluants, qui sont libérés instantanément sous l'effet de cet apport d'énergie sans passer par l'intermédiaire d'un piège secondaire. Williams Estève, du laboratoire de Chimie analytique organique de l'INRS, présente un dispositif de prélèvement passif qu'il a développé et qui peut être utilisé en désorption thermique assistée par micro-ondes. Le matériau qui est le siège de la diffusion a été spécialement sélectionné et dimensionné pour répondre à la fois aux exigences du prélèvement passif et à celle de la désorption par micro-ondes. Les premiers essais réalisés avec ce dispositif sont encourageants et laissent entrevoir un vaste champ d'applications.

Prélèvements passifs sur quinze minutes

Si, pour des durées de prélèvement de huit heures, la performance des dispositifs passifs a été largement démontrée et est aujourd'hui acceptée, l'utilisation de ces dispositifs pour des courtes durées de quinze minutes en vue de comparaison à des valeurs limites à court terme (VLCT) est loin d'être acquise. L'objet de l'étude en cours à l'INRS présentée par Eddy Langlois, responsable du laboratoire de Chimie analytique organique, est de démontrer, en situation réelle d'exposition, l'équivalence entre les techniques de prélèvements actif et passif. Pour cela, les tâches exposant aux composés possédant une VLCT sont suivies en entreprise avec des prélèvements actif et passif réalisés de manière simultanée sur des opérateurs. La théorie du modèle de diffusion prédit une équivalence de performance entre les deux techniques, prédiction confirmée lors des premières interventions réalisées. Cette étude doit se poursuivre avec des interventions impliquant plus de substances et de conditions d'utilisation variées.

La mesure des expositions à la trichloramine dans les piscines

Issu de la réaction entre le chlore et les substances azotées d'origine anthropique, le trichlorure d'azote ou trichloramine est très irritant et représente un enjeu de prévention majeur pour les personnels de piscines et de centres aquatiques. Les prélèvements actifs sont délicats à mener dans ce type d'activité, la présence de personnes en charge du prélèvement pas forcément souhaitée, et les horaires de grande affluence ne sont pas toujours prévisibles. C'est pourquoi Fabien Gérardin, du laboratoire Procédés et épuration des polluants de l'INRS, a développé un dispositif de prélèvement passif pour la mesure de la trichloramine (Cf. article « Trichloramine: de l'émergence d'un risque aux

solutions de prévention », *HST* n°245, NT44, décembre 2016). Encore à l'état de prototype, mais prêt à être transféré pour une commercialisation, ce dispositif est équipé d'un filtre imprégné qui capte la trichloramine et la dégrade par photocatalyse grâce à une ampoule Led placée sous le filtre. Les produits de cette dégradation sont ensuite extraits et dosés. La version actuelle, destinée à des prélèvements d'ambiance, peut encore être miniaturisée pour la réalisation de prélèvements individuels.

Prélèvement des fibres d'amiante

Tous les cas évoqués dans les exposés de cette journée ont concerné le prélèvement de gaz et de vapeurs. Dans ce dernier exposé, Céline Eypert-Blaison, du laboratoire d'Analyse inorganique et de caractérisation des aérosols de l'INRS, a présenté les résultats d'une étude mettant en œuvre un dispositif de prélèvement passif de fibres d'amiante, dont le principe est fondé sur le déplacement des fibres par effet électrostatique. Ces badges ont été portés par des artisans plombiers-chauffagistes lors de travaux de rénovation, pendant une semaine de travail. La présence de fibres d'amiante a été mise en évidence dans 35% des cas, ainsi que la présence de fibres céramiques réfractaires. Dans la moitié de ces cas, le risque amiante n'était pas perçu par les opérateurs.

Aux questions posées lors de la table ronde qui a suivi cette présentation, concernant la pérennité de la technique et les aléas techniques possibles, les réponses ont été rassurantes au regard de l'utilisation courante de cette technique dans d'autres domaines comme l'environnement ou l'air intérieur et des études en cours pour améliorer l'applicabilité de la technique.

En clôture de cette journée, Didier Baptiste, directeur scientifique de l'INRS, a rappelé l'attachement de l'Institut aux solutions de prévention simples et efficaces. Il a insisté sur le fait que le prélèvement passif, par ses performances, sa facilité de mise en œuvre et son coût réduit, méritait d'être envisagé plus systématiquement par les organismes de contrôle de la qualité de l'air des lieux de travail, à l'instar de ce qui se fait dans le domaine de l'air intérieur. Il a confirmé également que les travaux menés à l'INRS sur cette technique traduisaient la volonté de pérenniser son utilisation et d'accompagner les laboratoires qui choisissent de s'engager dans cette voie dans une mise en œuvre à grande échelle. ●

1. Décret n°2009-1570 du 15 décembre 2009 relatif au contrôle du risque chimique sur les lieux de travail et arrêté du 15 décembre 2009 relatif aux contrôles techniques des valeurs limites d'exposition professionnelle sur les lieux de travail et aux conditions d'accréditation des organismes chargés des contrôles.

2. La rétrodiffusion est le phénomène de diffusion inverse, de l'intérieur du dispositif vers l'extérieur, lorsque le support adsorbant n'est pas assez fort et que la concentration atmosphérique en polluant devient faible, voire nulle.