



La détection des gaz et vapeurs dans l'atmosphère des locaux de travail

L'Institut national de recherche et de sécurité (INRS)

pour la prévention des accidents du travail et des maladies professionnelles est une association loi 1901, créée en 1947 sous l'égide de la Caisse nationale d'assurance maladie, administrée par un Conseil paritaire (employeurs et salariés).

De l'acquisition de connaissances jusqu'à leur diffusion, en passant par leur transformation en solutions pratiques, l'Institut met à profit ses ressources pluridisciplinaires pour diffuser une culture de prévention dans les entreprises et proposer des outils adaptés à la diversité des risques professionnels à tous ceux qui, en entreprise, sont chargés de la prévention : chef d'entreprise, services de santé au travail, instances représentatives du personnel, salariés... Toutes les publications de l'INRS sont disponibles en téléchargement sur le site de l'INRS : www.inrs.fr

Les caisses d'assurance retraite et de la santé au travail (Carsat), la caisse régionale d'assurance maladie d'Île-de-France (Cramif) et les caisses générales de sécurité sociale (CGSS) de l'Assurance maladie - Risques professionnels, disposent, pour participer à la diminution des risques professionnels dans leur région, d'un service Prévention composé notamment d'ingénieurs-conseils et de contrôleurs de sécurité. Spécifiquement formés aux disciplines de la prévention des risques professionnels et s'appuyant sur l'expérience quotidienne de l'entreprise, ces professionnels sont en mesure de conseiller et, sous certaines conditions, de soutenir les acteurs de l'entreprise (direction, médecin du travail, instances représentatives du personnel, etc.) dans la mise en œuvre des démarches et outils de prévention les mieux adaptés à chaque situation. Les caisses assurent aussi la diffusion des publications éditées par l'INRS auprès des entreprises.

Toute représentation ou reproduction intégrale ou partielle faite sans le consentement de l'INRS, de l'auteur ou de ses ayants droit ou ayants cause, est illicite. Il en est de même pour la traduction, l'adaptation ou la transformation, l'arrangement ou la reproduction, par un art ou un procédé quelconque (article L. 122-4 du code de la propriété intellectuelle). La violation des droits d'auteur constitue une contrefaçon punie d'un emprisonnement de trois ans et d'une amende de 300 000 € (article L. 335-2 et suivants du code de la propriété intellectuelle).

© INRS, 2022.

Édition : Katia Bourdelet (INRS)

Conception graphique : Julie&Gilles

Mise en pages : Valérie Latchague-Causse



ED 894 |
Février 2022

Moyens de prévention
Dispositifs de mesure et d'évaluation

La détection des gaz et vapeurs dans l'atmosphère des locaux de travail

Brochure INRS élaborée par B. Courtois

Sommaire

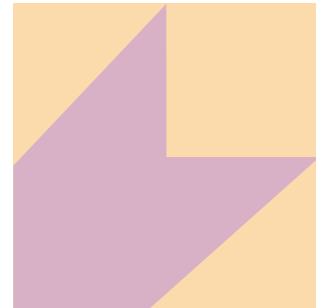
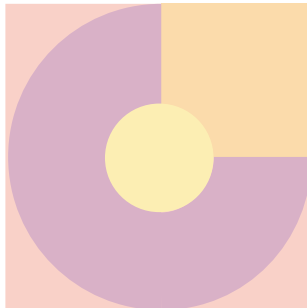
Introduction	3
1 Les détecteurs de gaz	4
1.1 Utilisation des détecteurs	5
1.2 Les détecteurs fixes	6
1.3 Les détecteurs portables ou portatifs	7
2 Les prélèvements par badges et tubes	8
2.1 Les tubes de prélèvement	8
2.2 Les badges de prélèvement	9
2.3 Utilisation des prélèvements par tubes et badges	10
3 Les tubes et badges colorimétriques	11
3.1 Les tubes colorimétriques	11
3.2 Les badges colorimétriques et tubes à diffusion	13
Bibliographie	14

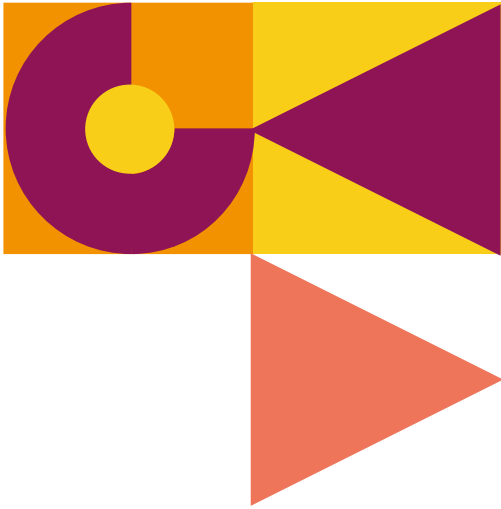


Introduction

Les moyens de détection de gaz et de vapeurs de substances chimiques sont une aide précieuse pour les préventeurs, en particulier pour l'évaluation des risques au poste de travail.

Les moyens de détection aujourd'hui disponibles sont nombreux et vont des dispositifs très simples, comme les tubes colorimétriques, jusqu'à des appareils complexes et performants, comme les chromatographes portables. L'objectif de ce document est de faire le point sur les moyens de détection les plus couramment utilisés, à savoir les détecteurs de gaz, les tubes et les badges de prélèvement ainsi que les tubes et les badges colorimétriques.





1. Les détecteurs de gaz

Un détecteur de gaz est un appareil qui fournit en temps réel une indication de la concentration d'un gaz en un point donné de l'atmosphère d'un local. Il peut également ne fournir qu'un signal de dépassement de seuil. Chaque appareil est spécifique du ou des gaz indiqués par le fabricant et doit être étalonné avec ce ou ces gaz.

On trouve sur le marché trois différents types de détecteurs :

- les détecteurs portatifs, parfois très légers, destinés à être accrochés aux vêtements de travail ou portés à la ceinture (voir photo 1),
- les détecteurs portables ou transportables, parfois sous forme de balise, sur lesquels il est souvent possible de raccorder plusieurs têtes de détection afin de couvrir temporairement l'ensemble d'une zone à risque, pendant un chantier par exemple (voir photo 2),



© G. Maisonneuve/2019

■ Photo 2 – Détecteur transportable de gaz (balise)

- les installations fixes constituées d'une ou de plusieurs têtes de détection qui sont installées à demeure dans des locaux ou sur des équipements (voir photo 3).



© P. Castano/2019

■ Photo 1 – Détecteur portatif de gaz



© V. Nguyen/2016

■ Photo 3 – Détecteur de gaz fixe

Certains appareils permettent de stocker des données sur une période de fonctionnement pouvant dépasser une journée de travail de 8 heures, de transférer ces données vers un ordinateur, et d'effectuer des moyennes et des comparaisons de ces moyennes avec les valeurs limites d'exposition professionnelle.

Le nombre de gaz pour lesquels il existe un détecteur spécifique est limité (quelques dizaines) en comparaison des possibilités des tubes colorimétriques ou de prélèvement, mais leurs performances et leurs utilisations sont différentes.

Les détecteurs de gaz peuvent utiliser des capteurs fonctionnant selon différents principes. Les plus courants sont les capteurs électrochimiques (voir leur principe de fonctionnement dans l'encadré p. 9).

Il existe également des détecteurs qui ne sont pas spécifiques d'un type de polluant donné et

qui sont capables de mettre en évidence de très nombreux polluants présents dans l'atmosphère. Ces appareils ont des utilisations différentes de celles des autres détecteurs et les plus courants sont les détecteurs à photo-ionisation (voir encadré ci-dessous).

1.1 Utilisation des détecteurs

En comparaison des méthodes lourdes, nécessaires à la réalisation d'un prélèvement d'atmosphère à des fins d'analyse, le détecteur de gaz, d'une mise en œuvre extrêmement souple, peut être utilisé dans des situations variées pour un coût limité. Il peut servir à la fois pour évaluer un

■ Les détecteurs à photo-ionisation (PID)

La détection de vapeurs dans l'air est basée sur le fait qu'il est possible d'ioniser la plupart des molécules organiques à l'aide d'un rayonnement ultraviolet sans que les composants majoritaires de l'air (azote, oxygène, vapeur d'eau, argon, dioxyde de carbone) le soient (voir photo 4). Ces détecteurs ne peuvent être spécifiques d'un type de polluant. Ils permettent, en revanche, de détecter avec une très bonne sensibilité de très nombreux polluants. Il est malgré tout possible, dans certains cas, de ne détecter que certaines molécules qui ont des énergies de photo-ionisation plus basses que les autres ; ce peut, par exemple, être le cas de molécules de solvants aromatiques (toluène, xylène...) au milieu d'autres solvants (hexane, alcools...).

Les détecteurs à photo-ionisation permettent de mesurer la teneur d'un polluant dans l'air et d'évaluer les expositions individuelles si celui-ci est le seul présent ou s'il possède une énergie de photo-ionisation plus faible que celle des autres polluants présents. Un étalonnage pour le polluant en question est également nécessaire. Les détecteurs à photo-ionisation sont également utiles pour détecter en continu des polluants pour lesquels il n'existe pas de détecteur spécifique. Ils peuvent alors être utilisés pour :

- mettre en évidence les postes soumis aux plus fortes concentrations en polluant afin de déterminer ceux où des prélèvements individuels ou d'ambiance doivent être réalisés,
- surveiller l'évolution de la pollution au cours du temps dans un atelier et, en particulier, détecter les pics de pollution.

Comme les autres types de détecteurs, les détecteurs à photo-ionisation doivent être périodiquement vérifiés et entretenus.



■ Photo 4 – Détecteur à photo-ionisation

niveau de pollution, dans le cadre de la protection de la santé des travailleurs, comme dans celui de la sauvegarde de l'environnement. L'une des plus importantes limites d'un tel appareil réside précisément dans le fait qu'il doit être choisi a priori pour répondre au problème de mesure d'un polluant connu.

Une métrologie d'ambiance n'est pas une fin en soi et le recours à un détecteur de gaz doit être motivé ; cette solution doit avoir été choisie pour répondre à un problème précis de surveillance ou de contrôle d'atmosphère.

Les installations fixes seront choisies en particulier pour la surveillance permanente de postes de travail ou d'équipements industriels fixes sur lesquels un risque de fuite, d'émanation ou d'accumulation de gaz dangereux existe. Les têtes de détection seront disposées en fonction des points, déterminés après une étude minutieuse, où le risque de fuite ou d'atteinte du personnel est dominant.

Les appareils portables ou portatifs seront, en revanche, utilisés pour des investigations ponctuelles : vérifier l'étanchéité d'un équipement, évaluer la qualité d'une ambiance de travail à un instant donné ou pendant une période courte, par exemple.

Selon l'utilisation envisagée, des caractéristiques particulières pourront être demandées aux fabricants, par exemple sur la précision de l'indication, le temps de réponse, les protections pour un environnement difficile ou un fonctionnement dans de larges plages de température ou d'humidité. Chaque principe de détection présente des limites techniques d'emploi. De façon plus générale, l'utilisation de détecteurs n'est possible que dans des conditions relativement normales : les appareils les plus courants ne peuvent fonctionner à des températures extrêmes (en dessous de -10°C , ou au-dessus de 50°C) ou en air trop sec, et en l'absence d'oxygène (sauf les capteurs optiques). Ils peuvent également être sensibles aux fortes variations de pression ou d'humidité, aux chocs, chutes, vibrations... La sensibilité des détecteurs aux interférences provoquées par certains gaz est une limite importante. Il existe des interférences positives qui conduisent à une surestimation de la substance à détecter, susceptible d'engendrer une fausse alarme, mais aussi des interférences négatives qui entraînent une sous-évaluation du gaz à détecter et un risque d'absence d'alarme en cas de

dépassement de seuil. Il est nécessaire de s'informer auprès du fournisseur sur la liste des gaz qui interfèrent avec le type de détecteur donné.

Les détecteurs sont aussi susceptibles de dériver au cours du temps, il est alors utile de les contrôler à intervalle régulier et, si nécessaire, d'effectuer un calibrage suivant les recommandations du fournisseur.

1.2 Les détecteurs fixes

D'une manière générale, il est souhaitable de mettre en place une installation fixe de détection de gaz (explosimètre ou détection de niveau d'oxygène, par exemple) chaque fois qu'un équipement ou une installation industrielle présente un risque réel, connu ou soupçonné, vis-à-vis de la santé des salariés ou du matériel lui-même (mise en œuvre, production ou émanation de produits gazeux dangereux ou bien accumulation de gaz en quantité suffisante pour abaisser le taux d'oxygène de l'air jusqu'à des niveaux dangereux, par exemple). L'appareil peut alors être utilisé pour alerter d'un danger soudain ou pour suivre jour après jour le respect d'un seuil fixé (voir photo 5).

Le choix des points d'implantation des têtes de détection des appareils fixes est fondamental.

- Si l'on cherche à détecter une émission dans des locaux inoccupés ou sur un équipement, les points de détection seront situés à proximité immédiate de celui-ci (au-dessus d'un bac, près d'un orifice d'évent, d'une cheminée...).



■ Photo 5 – Détecteur fixe de formaldéhyde dans un laboratoire d'anatomopathologie

- Pour détecter une émission fugitive sur un procédé ou dans des locaux inoccupés, on devra mettre en place un réseau de points de détection repérés, par exemple, dans une salle de contrôle sur un schéma de l'installation ou des locaux, permettant de localiser tout incident à distance. D'autres signaux peuvent être installés sur la zone dangereuse ou à l'entrée des locaux pour en interdire l'accès.
- Sur un poste ou dans un local de travail, le ou les points de détection seront situés à proximité des voies respiratoires des opérateurs, dans leur zone habituelle d'évolution et en tenant compte des mouvements de l'air. Dans de rares cas particuliers de bâtiments qui comportent des fosses, des caves ou d'autres points bas mal ventilés et dans lesquels existe un risque d'accumulation de gaz plus lourds que l'air, la détection pourra s'effectuer aux points situés les plus bas.
- Pour protéger les populations et l'environnement à proximité d'une implantation industrielle à risque d'émission de gaz dangereux, les capteurs seront installés en bordure de la zone (sur les barrières, par exemple).

1.3 Les détecteurs portables ou portatifs

Les appareils portables ou portatifs peuvent être utilisés pour évaluer la salubrité d'une ambiance chaque fois qu'une installation fixe de détection ne peut pas être mise en place, soit du fait du caractère exceptionnel de l'opération potentiellement polluante, soit du fait de sa mobilité. Dans certains cas, ces détecteurs peuvent être utilisés en complément d'installations de détection fixes. Ils sont principalement employés pour :

- vérifier l'étanchéité d'une canalisation ou d'un équipement nouvellement mis en service ou ayant subi une modification récente, par la recherche de traces de gaz,
- évaluer l'efficacité d'un dispositif de protection collective (encoffrement, système de captage de polluants ou de ventilation d'un local) ou pour vérifier le maintien de ses performances dans le temps (voir photo 6),



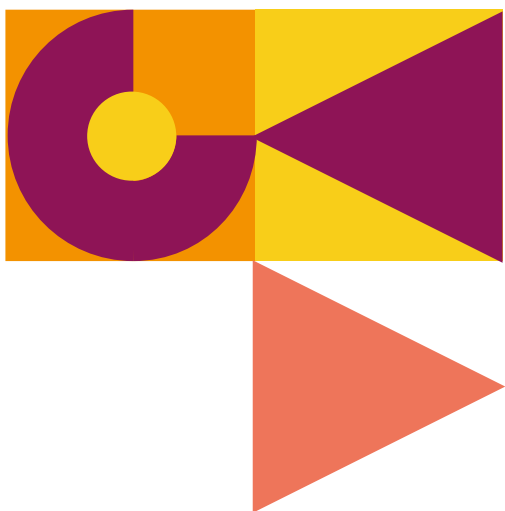
© F. Dimier/2016

■ Photo 6 – Conducteur d'engin équipé d'un détecteur de sulfure d'hydrogène

- contrôler la salubrité d'une ambiance de niveau de pollution inconnu, avant de pénétrer dans une zone à risque (local inoccupé comportant des installations pouvant émettre des substances dangereuses, fosse, réservoir, citerne ou tout espace confiné qui n'est pas régulièrement fréquenté par le personnel),
- surveiller la qualité de l'air lors de travaux ayant un caractère exceptionnel (travaux de maintenance ou d'entretien, par exemple) pour lesquels il est difficile de prévoir des moyens précis d'aération ; les personnes peuvent être équipées de détecteurs portables ou la zone peut être surveillée par un ou plusieurs détecteurs portatifs,
- vérifier le respect des valeurs limites d'exposition professionnelle aux postes de travail par une mesure ou une série de mesures réalisées au niveau des voies respiratoires et pendant une période représentative (si possible la plus active) de l'activité ordinaire du poste. Les mesures se feront en continu pendant 15 minutes (ou une moyenne de 4 à 5 mesures sur 15 minutes) si l'on veut comparer le résultat à une VLEP-CT⁽¹⁾, et sur une période de plus de 4 heures (ou la moyenne de plusieurs mesures de plus courte durée) pour exprimer le résultat par rapport à une VLEP-8 h⁽²⁾,
- délimiter un périmètre dangereux autour d'une source d'émission d'un polluant ou pour définir les conditions optimales de protection du personnel.

1. Valeur limite d'exposition atmosphérique de court terme dont le respect permet d'éviter le risque d'effets sur la santé immédiats ou à court terme ; elle est mesurée sur une durée de 15 min.

2. Valeur limite d'exposition professionnelle sur 8 heures destinée à protéger les salariés des effets toxiques à terme ; elle est mesurée ou estimée sur la durée d'un poste de travail de 8 heures.



2. Les prélèvements par badges et tubes

Ils consistent à fixer les polluants à analyser sur un milieu solide adapté puis à déterminer en laboratoire, par une méthode d'analyse, la quantité de polluants prélevés. Les tubes nécessitent l'utilisation d'une pompe permettant de faire circuler l'air prélevé. Les badges sont des moyens passifs de prélèvements, l'absorption se faisant par diffusion.

2.1 Les tubes de prélèvement

Les prélèvements par tube sont à la base des méthodes de référence pour l'évaluation de l'exposition aux polluants atmosphériques en milieu professionnel. Ils sont utilisables aussi bien pour des mesures individuelles que d'ambiance.

Le dispositif se compose d'un tube en verre contenant un substrat solide destiné à retenir le ou les polluants qui le traversent. Différents substrats absorbants sont utilisés ; les plus courants sont les charbons actifs ou les gels de silice. Ils peuvent, pour le prélèvement de polluants particuliers, être imprégnés de réactifs chimiques spécifiques.

Pour des prélèvements individuels, l'air doit être prélevé dans la zone respiratoire de la personne (c'est-à-dire à une distance de moins de 20 cm du nez et de la bouche). La circulation de l'air à travers un tube est assurée par une pompe électrique en

général fixée à la ceinture de la personne (voir l'encadré sur les pompes de prélèvement p. 12).

Le débit de la pompe de prélèvement est réglé en fonction de la concentration attendue du polluant et de la durée pendant laquelle on veut réaliser le prélèvement. Les tubes permettent de réaliser des prélèvements sur 15 minutes, les résultats obtenus pouvant être comparés à des VLEP-CT, et sur plusieurs heures pour comparaison à des VLEP-8h. Ils servent également à estimer des concentrations atmosphériques beaucoup plus faibles que celles permises par les badges.

Une fois le prélèvement réalisé, les tubes doivent être envoyés à un laboratoire qui déterminera la quantité de polluants absorbés par une méthode spécifique à chaque type de polluant. Il existe des méthodes normalisées pour le prélèvement et l'analyse d'un certain nombre de polluants. L'INRS a mis au point des méthodes de prélèvement et d'analyse pour de nombreux polluants, celles-ci sont accessibles sur le site web de l'INRS dans la base de données Metropol.

La précision de la mesure d'un polluant dépend de la connaissance précise du débit de la pompe et de sa stabilité pendant toute la durée du prélèvement. Les pompes doivent donc être régulièrement contrôlées et, si nécessaire, réglées.

En comparaison aux prélèvements sur badges, les prélèvements sur tubes offrent des possibilités plus larges en termes de nature de polluants accessibles, de gammes de concentration et de

durées de prélèvement. Ils sont, en revanche, plus lourds à mettre en œuvre et plus coûteux du fait de l'utilisation de pompes de prélèvement, qui entraînent également une gêne plus importante pour la personne faisant l'objet du prélèvement.

2.2 Les badges de prélèvement

Ils sont composés d'un boîtier contenant un matériau absorbant (en général du charbon actif). Le contact entre le charbon et l'atmosphère se fait par diffusion à travers une membrane. Très légers, ils peuvent être portés près des voies respiratoires ou fixés au col d'une chemise, par exemple. Le prélèvement de très nombreux polluants peut être réalisé ainsi.

Une fois les badges exposés, ils sont envoyés à un laboratoire d'analyse. Les polluants y sont désorbés par un solvant et sont analysés, en général, par chromatographie en phase gazeuse (voir photo 7).



© S. Morillon/2016

■ Photo 7 – Badge de prélèvement de trichloramine

Le même type de badge peut être utilisé pour la plupart des vapeurs organiques mais il existe également des badges spécifiques pour une substance (ou un type de substances) comme le formaldéhyde ou le mercure. L'obtention de valeurs de concentration moyennes atmosphériques nécessite de connaître la vitesse de diffusion de chaque polluant que l'on veut analyser. Ces

■ Les détecteurs électrochimiques

Le principe le plus couramment utilisé pour la détection des gaz toxiques à des concentrations de l'ordre de la ppm (partie par millions, soit 1 cm^3 par m^3) est l'ampérométrie, c'est-à-dire la mesure du courant produit par une réaction d'oxydoréduction. La cellule électrochimique fonctionne comme une pile : sur une des électrodes en contact avec l'air ambiant et l'électrolyte (l'électrode de travail), le gaz à détecter peut s'oxyder ; sur l'autre électrode (l'électrode auxiliaire), l'oxygène peut être réduit.

Par exemple pour le CO, on a :

$\text{CO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^-$, à l'électrode de travail

$\frac{1}{2} \text{O}_2 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2\text{O}$, à l'électrode auxiliaire

Lorsque les deux électrodes sont reliées électriquement, un courant proportionnel au nombre de molécules oxydées circule. Ce courant est très faible – de l'ordre de quelques μA par ppm de gaz – et doit donc être amplifié par le dispositif électronique.

La réaction produit près des électrodes des accumulations de charges qui ont tendance à limiter la réaction et à produire un effet « mémoire ». Pour améliorer la stabilité et la reproductibilité de la mesure, une troisième électrode, non active chimiquement, est ajoutée dans la cellule. Son potentiel est alors égal à celui du couple oxydoréducteur $\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$. Un montage potentiométrique est utilisé pour maintenir le potentiel de l'électrode de travail à la même valeur que cette troisième électrode, appelée électrode de référence.

Ces capteurs sont très sensibles mais relativement peu sélectifs ; ils peuvent réagir d'une façon plus ou moins importante à des gaz autres que celui à détecter. Ils peuvent aussi être sensibles à un air très sec qui produit un dessèchement de l'électrolyte. Ils ne fonctionnent que dans une plage donnée de température et leur durée de vie est limitée en général à un ou deux ans.

valeurs ont été déterminées expérimentalement par les fournisseurs des badges pour un nombre important de substances.

En comparaison aux tubes de prélèvement, les badges présentent l'avantage de ne pas nécessiter l'utilisation d'une pompe, ils sont donc moins gênants pour l'utilisateur. Ils peuvent aussi être employés par des préventeurs en entreprise ou des médecins du travail qui ne disposent pas de ce matériel. Leur coût d'utilisation est plus faible que celui des tubes.

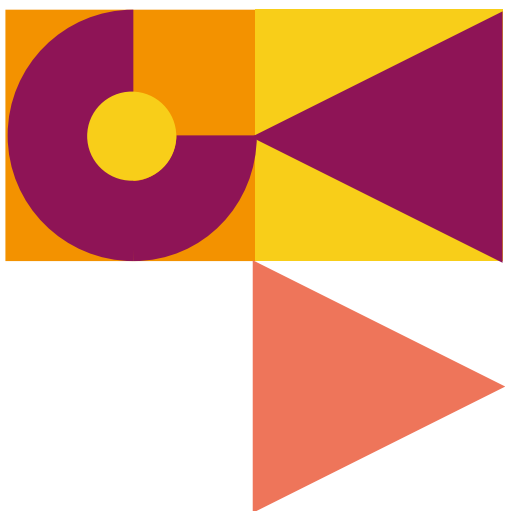
Les badges sont principalement utilisés pour l'évaluation de l'exposition individuelle de personnes à des postes de travail. En revanche, ils ne sont pas adaptés à la mesure de concentrations d'ambiance du fait de la nécessité d'un minimum de circulation d'air pour leur bon fonctionnement. Ils permettent d'estimer le niveau d'exposition individuelle moyen sur une durée pouvant aller jusqu'à 8 heures ; ces valeurs peuvent être comparées aux VLEP-8 h. Ces dispositifs ne sont en général pas assez sensibles pour être utilisés sur des durées courtes (inférieures à 15 minutes) et donc pour évaluer l'exposition à des pics de pollution. Les valeurs d'exposition obtenues ne peuvent donc valablement être comparées à des VLEP-CT.

2.3 Utilisation des prélèvements par tubes et badges

Les prélèvements atmosphériques constituent un outil, parmi d'autres, permettant au préventeur d'évaluer les risques chimiques en entreprise. Les techniques de prélèvement sont principalement utilisées pour estimer l'exposition respiratoire aux substances chimiques aux postes de travail, avec pour objectif :

- l'évaluation des situations de travail existantes afin de décider de l'éventuelle mise en place de nouveaux moyens de prévention,
- le contrôle de l'efficacité de nouveaux moyens de prévention ou des moyens de prévention sur de nouveaux postes de travail,
- le contrôle périodique réglementaire de l'exposition pour des agents chimiques cancérogènes, mutagènes ou toxiques pour la reproduction.

Les prélèvements sont nécessairement limités en nombre et dans la durée. Il est donc indispensable qu'une analyse des situations de travail soit effectuée au préalable afin de déterminer les postes où l'on peut attendre les expositions les plus fortes. Les moments pendant lesquels les prélèvements sont effectués devront également correspondre à un fonctionnement habituel du poste de travail et de ceux environnants.



3. Les tubes et badges colorimétriques

Ces dispositifs permettent d'obtenir une indication immédiate de la présence d'une substance chimique ou une évaluation de sa concentration atmosphérique par l'intermédiaire d'un changement de couleur provoqué par une réaction chimique entre la substance et un réactif.

3.1 Les tubes colorimétriques

Les tubes colorimétriques se composent d'un tube en verre contenant un ou plusieurs produits chimiques déposés sur un support inerte ; le tube est scellé à ses deux extrémités. Lors de son utilisation, ces extrémités sont cassées et une pompe manuelle ou automatique permet de faire circuler un volume d'air donné à l'intérieur du tube. Le gaz à détecter réagit avec le réactif et une couleur se développe immédiatement à partir de l'entrée du tube. C'est la localisation de l'interface entre la zone colorée et la zone non colorée qui permet d'estimer la concentration en gaz, en référence à une échelle gravée sur le tube (voir photo 8).

Les tubes colorimétriques sont habituellement conçus pour réaliser des mesures sur de courtes durées, de l'ordre de quelques secondes à quelques minutes. Il existe également des tubes conçus pour réaliser des mesures sur de plus

longues périodes, pouvant aller jusqu'à 8 heures. Ces tubes nécessitent des débits très faibles et ne peuvent être utilisés qu'avec des pompes automatiques conçues pour cet usage.

Les tubes colorimétriques sont sensibles à différents paramètres comme la température, l'humidité, la pression et la présence d'autres gaz. Chaque tube possède une plage de fonctionnement en température et en humidité qui est donnée par le fabricant. En dehors de cette plage, les réactions chimiques à la base de la coloration ne peuvent se développer correctement et la mesure est faussée. La température et la pression, en modifiant la densité de l'air, agissent aussi sur la mesure. Une température basse ou une pression



© G. Maisonneuve/2014

■ Photo 8 - Mesure par tube colorimétrique sur une carotte de sol pollué

■ Les tubes et badges colorimétriques

élevée tend à augmenter la valeur mesurée alors qu'une température élevée ou une pression basse tend à diminuer la valeur mesurée. Des variations importantes peuvent être observées dans des cas particuliers, comme lorsque les mesures sont effectuées en altitude ou au fond de mines. Une des grandes limites du tube colorimétrique est sa sensibilité aux interférences positives ou négatives que peuvent engendrer d'autres substances chimiques. Les interférences positives conduisent à une surestimation de la substance à mesurer ou à un faux positif, celles négatives à une sous-estimation ou à un faux négatif. Dans certains cas, il peut y avoir apparition d'une couleur différente de la couleur normale. Les documents fournis par les fabricants indiquent les interférences possibles pour chaque type de tube. Les pompes utilisées doivent être correctement étalonnées et il

faut vérifier qu'il n'y a pas de fuites au niveau des raccords. Les tubes doivent être stockés dans les conditions prévues par le fabricant et être utilisés avant la date limite indiquée.

Les tubes pour les mesures à court terme peuvent être utilisés pour détecter ou évaluer sommairement la concentration d'une substance dans des atmosphères de travail. Ce type de mesure est très localisé aussi bien dans le temps que dans l'espace, si bien que pour avoir une idée réelle de la situation, il serait nécessaire de multiplier les mesures. Ces tubes servent également à détecter des fuites au niveau de canalisations ou d'appareils.

Les tubes pour les mesures de longues durées peuvent être utilisés pour évaluer la concentration moyenne d'un polluant dans une atmosphère ou pour évaluer des expositions individuelles. L'air est alors prélevé près des voies respiratoires de

■ Les pompes de prélèvement

De tels appareils doivent posséder un certain nombre de caractéristiques : un faible poids et un faible encombrement afin de gêner le moins possible l'opérateur ; une autonomie suffisante pour permettre de prélever, au moins pendant la durée d'un poste de travail, un débit de passage de l'air ajustable et aussi constant que possible, quelle que soit la perte de charge créée par le tube ; une bonne résistance aux chocs (voir photo ci-dessous).

Une pompe de prélèvement individuel se présente sous la forme d'un boîtier rigide muni d'un système de fixation pour le maintenir en place sur une ceinture. Elle contient un certain nombre d'éléments :

- la pompe proprement dite, permettant d'aspirer un débit d'air à travers la tête de prélèvement avec un débit de quelques centaines de millilitres (pompe à faible débit) à plusieurs litres à la minute (pompe à fort débit) sous une perte de charge pouvant dépasser 5 kPa,
- un moteur électrique d'entraînement de la pompe,
- une batterie d'accumulateur,
- un dispositif d'amortissement des pulsations créées par la pompe,
- un dispositif de réglage du débit,
- un organe de compensation des variations de débit qui pourraient résulter à la fois de la décharge de la batterie et d'une perte de charge croissante,
- des accessoires de contrôle du fonctionnement de l'appareil (débitmètre, chronomètre, compteur volumétrique, témoin lumineux ou sonore de charge des batteries, indicateur de manque de débit...).

Les pompes de prélèvement nécessitent des contrôles périodiques et un entretien rigoureux. Leur bon fonctionnement conditionne la précision des évaluations d'exposition qui sont réalisées.



l'opérateur, la pompe étant fixée à sa ceinture. La précision sera, en général, moins bonne qu'avec les tubes ou les badges de prélèvement et il sera nécessaire d'utiliser un tube par polluant. Les résultats seront en revanche immédiatement disponibles.

Le principal avantage des tubes colorimétriques est d'être capable de donner une indication directe pour un grand nombre de substances. Leur principal défaut est d'être sensible à différents paramètres et, en particulier, à des gaz interférents. Ainsi, en présence de mélanges complexes ou de composants chimiques proches, les tubes colorimétriques atteignent leur limite d'utilisation.

3.2 Les badges colorimétriques et tubes à diffusion

Les badges colorimétriques, comme les tubes, utilisent le changement de couleur d'un réactif pour mettre en évidence un polluant. Le réactif est ici déposé à la surface d'un support ou imprègne un papier. Dans certain cas, il peut également être contenu dans un tube en verre, on parle alors de tube à diffusion. Ces badges et tubes ne nécessitent pas l'utilisation de pompe, le contact entre le polluant et le réactif se faisant par diffusion. Ils donnent directement une valeur de « dose » exprimée en ppm x heure. La concentration moyenne en polluant enregistrée par le badge peut être évaluée en divisant cette dose par le temps d'exposition. Certains badges indiquent simplement le dépassement d'une certaine dose.

Les badges colorimétriques sont sensibles à différents paramètres comme la température, la pression, l'humidité, et la présence d'autres gaz. La température et la pression agissent en particulier sur la vitesse de diffusion du polluant. Le fabricant indique les substances pour lesquelles il existe des interférences et la plage de fonctionnement en température et en humidité. La durée de vie en stockage de ces produits est limitée (parfois seulement 1 mois) et certains peuvent nécessiter une conservation au réfrigérateur. Il n'existe aujourd'hui pas ou peu d'études publiées sur la

fiabilité et la précision que l'on peut attendre des badges colorimétriques.

Ces badges sont destinés à la surveillance individuelle de l'exposition du salarié qui dispose ainsi, en temps réel, d'une information sur la présence d'un gaz toxique et d'une évaluation de la dose à laquelle il a été exposé. Ces systèmes peuvent être une alternative aux détecteurs électroniques portables de gaz, c'est-à-dire que leur utilisation doit se limiter à des zones non couvertes par des systèmes de détection fixes, pour des interventions ponctuelles ou en complément d'autres systèmes de détection. Ces badges peuvent également être utilisés pour certaines substances organiques pour lesquelles il n'existe pas aujourd'hui de détecteur simple. Actuellement, une quarantaine de substances sont détectables à l'aide de badges colorimétriques.

Le principal avantage des tubes et badges colorimétriques est d'être capable de donner une indication directe à un coût raisonnable et pour des substances pour lesquelles il n'existe pas forcément de détecteur électronique. Leur principal point faible est d'être sensible à différents paramètres et, en particulier, à des gaz interférents. Ainsi, en présence de mélanges complexes ou de composants chimiques proches, ces dispositifs atteignent leur limite d'utilisation.



Bibliographie



Publications de l'INRS

- Liste des VLEP françaises. Outil 65
- Les valeurs limites d'exposition professionnelle. ED 6443
- Détecteurs portables de gaz et de vapeurs. ED 6088
- Détection fixe de gaz et de vapeurs pour l'industrie. ED 6271
- Les détecteurs portables à photo-ionisation pour la sécurité et l'hygiène des lieux de travail. ED 6053
- Évaluation des performances du badge GABIE® dans des atmosphères industrielles. Études de cas. ND 2141
- Exposition professionnelle aux solvants. Comparaison des badges GABIE® et 3M®. ND 2134

Toutes les publications de l'INRS sont téléchargeables sur www.inrs.fr

Pour commander les publications de l'INRS au format papier

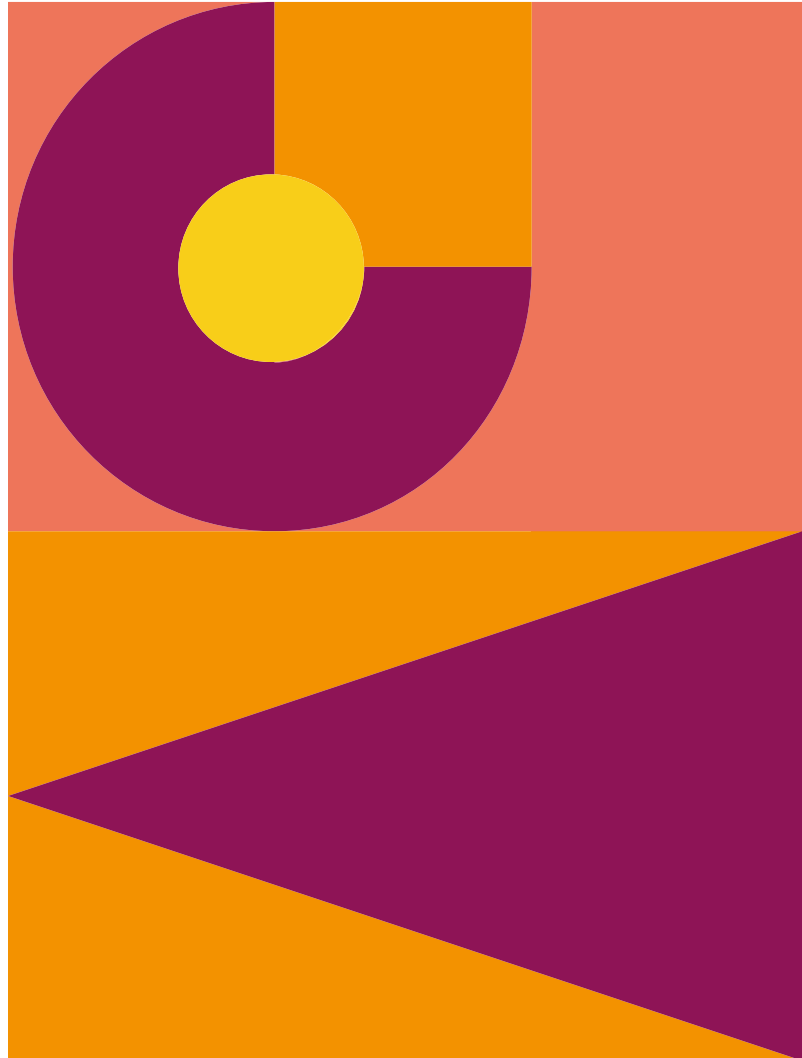
Les entreprises du régime général de la Sécurité sociale peuvent se procurer les publications de l'INRS à titre gratuit auprès des services prévention des Carsat/Cramif/CGSS.

Retrouvez leurs coordonnées sur www.inrs.fr/reseau-am

L'INRS propose un service de commande en ligne pour les publications et affiches, payant au-delà de deux documents par commande.

Les entreprises hors régime général de la Sécurité sociale peuvent acheter directement les publications auprès de l'INRS en s'adressant au service diffusion par mail à service.diffusion@inrs.fr

Les moyens de détection de gaz et de vapeurs de substances chimiques sont une aide précieuse pour les préventeurs, en particulier pour l'évaluation des risques au poste de travail. Les moyens de détection aujourd'hui disponibles sont nombreux et vont des dispositifs très simples, comme les tubes colorimétriques, jusqu'à des appareils complexes et performants, comme les chromatographes portables. L'objectif de ce document est de faire le point sur les moyens de détection les plus couramment utilisés, à savoir les détecteurs de gaz, les tubes et les badges de prélèvement ainsi que les tubes et les badges colorimétriques.



Institut national de recherche et de sécurité
pour la prévention des accidents du travail
et des maladies professionnelles
65, boulevard Richard-Lenoir 75011 Paris
Tél. 01 40 44 30 00 • info@inrs.fr

Édition INRS ED 894

2^e édition | février 2022 | Disponible uniquement en format web | ISBN 978-2-7389-2721-7

L'INRS est financé par la Sécurité sociale
Assurance maladie - Risques professionnels