

# Prise en compte des expositions passées, actuelles et futures au risque chimique

## 29<sup>e</sup> congrès de la SHMTAIA\*

Rennes, 15-16 octobre 2015

EN  
RÉSUMÉ

### AUTEURS :

A. Pégourié, I. Crézé, D. Hatté, C. Le Goff, E. Guevel, L. Géraut, G. Anoma

Praticiens du Service de santé des armées

Ce 29<sup>e</sup> congrès de la Société d'hygiène et de médecine du travail dans les armées et industries d'armement (SHMTAIA) a permis d'évoquer des cas cliniques de brûlures, d'affections respiratoires. Ont aussi été abordés les aspects de gestion des situations de crise, de mise en place de procédures de traçabilité et de prévention des expositions, notamment lors de la grossesse ou vis-à-vis des armes chimiques.

### MOTS CLÉS

Risque chimique / crise sanitaire / traçabilité / grossesse / amiante / asthme / affection respiratoire / irritation / femme enceinte / fibre d'amiante

\* SHMTAIA : Société d'hygiène et de médecine du travail dans les armées et industries d'armement

### BRÛLURES CUTANÉES CHIMIQUES EN MILIEU DE TRAVAIL

*C. Géraut, membre titulaire de l'Académie nationale de médecine*

Les brûlures chimiques sont fréquentes, constituant 5 % des brûlures observées dans les centres de traitement des brûlés. Il s'agit par définition d'une nécrose dermo-épidermique provoquée par un produit chimique en contact avec la peau. Cette nécrose peut être diffuse sur l'ensemble du revêtement cutané ou bien localisée. Ces lésions surviennent majoritairement dans le cadre de l'activité professionnelle.

La Société française d'études et de traitement des brûlés (SFETB) a décrit en 2006 trois degrés de brûlures selon la profondeur des lésions ([tableau I, page suivante](#)), toujours d'actualité. Il existe des formes érythémateuses, régulièrement confondues avec une dermatite de contact d'irritation, des formes bulleuses, des formes nécrotiques plus ou moins étendues

et parfois des formes compliquées avec des troubles de la cicatrisation ou des effets systémiques, dont certains exemples sont répertoriés dans le [tableau II](#).

Les principaux agents chimiques responsables des brûlures sont répertoriés dans le [tableau III](#). À noter que certains gaz de combat, notamment les vésicants (ypérite, léwisite, oxime de phosgène...), peuvent également être responsables de brûlures chimiques.

Outre les mesures de protection organisationnelle et collective, la prévention repose fréquemment sur le port d'équipements de protection individuelle (EPI) qui doivent être adaptés à la nuisance chimique en question et à la morphologie de l'agent.

La prise en charge des atteintes provoquées par ces substances se fait le plus souvent au titre d'un accident du travail. En cas d'apparition à bas bruit, il est possible de recourir aux tableaux des maladies professionnelles du régime général de la Sécurité sociale n° 8 (« Affections causées

**Prise en compte des expositions passées, actuelles et futures au risque chimique.** 29<sup>e</sup> congrès de la SHMTAIA

↓ **Tableau I**

➤ **CLASSIFICATION DE LA PROFONDEUR DES BRÛLURES D'APRÈS LES RECOMMANDATIONS DE LA SOCIÉTÉ FRANÇAISE D'ÉTUDE ET DE TRAITEMENT DES BRÛLURES (SFETB).**

Degré	Description des lésions
1°	Atteinte superficielle épidermique avec érythème simple
2°	2° superficiel : phlyctènes douloureuses (atteinte de la membrane basale et du derme papillaire)
	2° profond : phlyctènes à fond rouge brun (destruction de l'épiderme et de la membrane basale, atteinte du derme réticulaire)
3°	Atteinte profonde du derme et parfois de l'hypoderme avec nécrose visible cliniquement

par les ciments (alumino-silicates de calcium) », n° 12 (« Affections professionnelles provoquées par les hydrocarbures aliphatiques halogénés », n° 32 (« Affections professionnelles provoquées par le fluor, l'acide fluorhydrique et ses sels minéraux ») ou n° 84 (« Affections engendrées par les solvants organiques liquides à usage professionnel »).

↓ **Tableau II**

➤ **EXEMPLES D'EFFETS SYSTÉMIQUES ASSOCIÉS À DES BRÛLURES PAR DES AGENTS CHIMIQUES.**

Substance chimique	Effet systémique
Acide chromique	Néphropathies
HDDA (hexanediol diacrylate), isothiazolinones, dichlorométhane	Paresthésies
Diméthylformamide	Effets neurologiques
Acide fluorhydrique*	Hépatopathie, nécrose osseuse, hypocalcémie systémique importante avec retentissement cardiaque

\* Dans ce cas, après le lavage à l'eau, il est nécessaire d'appliquer localement un pansement occlusif avec du carbonate de calcium et d'assurer la surveillance en milieu hospitalier de la calcémie.

**GESTION DU RISQUE CHIMIQUE PROFESSIONNEL PENDANT LA GROSSESSE**

*R. Garnier, Centre antipoison, Paris*

L'évaluation et la gestion des risques associés à l'exposition professionnelle à des agents chimiques pendant la grossesse sont considérées comme des exercices difficiles par de nombreux médecins du travail. Afin de faciliter la prise de décision par ces derniers, une démarche s'appuyant sur l'utilisation d'outils réglementaires et documentaires, ainsi que sur le réseau d'expertise est proposée.

↓ **Tableau III**

➤ **PRINCIPALES FAMILLES CHIMIQUES À L'ORIGINE DES CAS DE BRÛLURES.**

Famille chimique	Mécanisme ou contexte	Substances fréquemment rencontrées
Acides	Déshydratation, coagulation des protéines limitée en profondeur : nécrose de coagulation	Acide chlorhydrique, acide sulfurique, acide nitrique, eau régale (HCl+HNO <sub>3</sub> ), acide fluorhydrique, acide phosphorique, acide chromique. Ces substances peuvent entrer dans la composition de produits de nettoyage, d'entretien des surfaces (produits de débouchage des sanitaires), ou encore de stérilisation. Elles peuvent aussi être utilisées dans les laboratoires de chimie d'analyse, d'enseignement, l'industrie chimique ou encore le chromage électrolytique (responsable des typiques « pigeonneaux »).
Alcalins	Hydrolyse des protéines, saponification des lipides : nécrose de liquéfaction	Ammoniaque, soude, potasse, chaux (hydroxyde de calcium, dans les ciments), amines aliphatiques (durcisseurs de résines). À noter que les ciments sont d'autant plus dangereux qu'ils sont à prise rapide.
Oxydants	Dénaturation des protéines	Oxyde d'éthylène, H <sub>2</sub> O <sub>2</sub> , peroxydes, sulfites, vitamine K <sub>3</sub> , ammoniums quaternaires, phénols, aldéhydes concentrés.
Solvants caustiques	En cas de contact abondant et prolongé	Dichlorométhane, trichloro-1-1-éthane, diméthylformamide, pyridine, tétrahydrofurane, méthylpyrrolidone, acétone.

Le premier élément de cette démarche est l'utilisation de l'étiquetage réglementaire. En effet, réglementairement, l'exposition des femmes enceintes à des substances classées dans les catégories 1A et 1B (selon la classification CLP) des agents toxiques pour la reproduction (ou à des mélanges en contenant au moins 0,3 %) est interdite. En revanche, l'exposition aux substances de catégorie 2 (selon la classification CLP), ou à celles dont les effets sur le développement ne sont pas évalués par les experts de l'Union européenne, n'est pas réglementée. Dans ce cas de figure, le médecin du travail dispose de plusieurs possibilités. Tout d'abord, il peut s'appuyer sur les recommandations de bonne pratique élaborées par la Société française de médecine du travail (SFMT). Concernant l'exposition des femmes enceintes à des agents potentiellement toxiques pour le développement, ces recommandations datent de 2004. Elles proposent d'utiliser la valeur toxicologique de référence (VTR) d'une substance donnée comme valeur limite d'exposition professionnelle (VLEP), lorsque cette VTR a été calculée en prenant en compte les effets sur le développement. À défaut, la SFMT recommande de ne pas exposer les femmes enceintes à des seuils de concentration supérieurs à 10 % de la VLEP ou de la valeur limite biologique (VLB), lorsque ces valeurs de référence existent. Si les outils précédents ne permettent pas au médecin du travail de prendre une décision, il peut recourir à l'utilisation de bases de données spécialisées, comme la base « DEMETER », produite par l'Institut national de recherche et de sécurité (INRS). Cette base de données propose l'accès à des fiches élaborées par substance, qui fournissent des informations,

notamment sur les effets sur le développement, des substances concernées. La base de données DEMETER est accessible gratuitement sur internet. Elle permet la réalisation de recherches par nom de substance ou par numéro CAS. Enfin, si l'ensemble de ces sources documentaires n'apportent pas l'aide escomptée, il est possible de solliciter l'aide de réseaux d'experts ou de centres spécialisés tels que l'INRS, les Centres antipoison (CAP), les Centres de référence sur les agents tératogènes (CRAT) ou encore les Consultations de pathologies professionnelles et de l'environnement (CPPE). L'efficacité de ce dispositif réglementaire, documentaire et d'expertise est illustrée par des situations pratiques.

■ La première situation est celle d'une laborantine travaillant dans un laboratoire de contrôle de qualité d'un producteur d'objets en caoutchouc. Elle est exposée au diméthylformamide qu'elle manipule avec des gants et sous hotte. Elle en utilise quotidiennement 50 à 150 ml. Une première question possible serait de savoir si cette laborantine peut continuer à être exposée au diméthylformamide compte tenu de sa grossesse. En pratique, l'étiquetage de cette substance montre qu'elle est classée toxique pour la reproduction de catégorie 1B (CLP), en raison d'effet sur le développement, ce qui interdit l'exposition de la laborantine à cette substance durant sa grossesse. La seconde question consisterait à savoir s'il serait envisageable pour elle de rester travailler dans le laboratoire sans manipuler directement de diméthylformamide. En pratique, un maintien dans le laboratoire est possible, à condition de mettre en place une surveillance par biométrie, en utilisant le seuil des 10 % de la VLB

comme limite maximale d'exposition, conformément aux recommandations de la SFMT. En effet, dans la mesure où cette substance est peu volatile, la principale voie d'exposition accidentelle est la voie cutanée. La VLB sera donc privilégiée par rapport à la VLEP pour évaluer le niveau d'exposition potentiel, car cette dernière ne prend en compte que l'exposition par voie respiratoire.

■ La seconde situation d'illustration est celle d'une thanatopraticienne enceinte qui manipule des produits contenant du formaldéhyde (concentrations de 20 à 30 %). Elle utilise des EPI lors de ses manipulations (gants et masque à cartouches). Se pose la question de son aptitude à l'exposition au formaldéhyde dans ce contexte. Au niveau réglementaire, cette substance ne bénéficie d'aucune classification en termes d'effets sur le développement. Certaines données de la littérature scientifique mentionnent la possibilité d'effets cancérogènes et génotoxiques. La consultation de la base de données DEMETER, quant à elle, confirme l'existence d'études sur les effets embryotoxiques, fœtotoxiques, tératogènes et sur le développement post-natal du formaldéhyde. En revanche, aucune de ces études ne montrent de preuve d'effets. Par ailleurs, la base DEMETER précise que cette substance est très peu absorbée du fait de sa réactivité, avec des effets observés principalement locaux. En conséquence, aucune mesure de précaution spécifique à l'état de grossesse n'est à prendre avec ce produit.

Pour conclure, en utilisant les données fournies par l'étiquetage, les recommandations de la SFMT et la base de données DEMETER, la grande majorité des problématiques posées chez la femme enceinte exposée à des substances

## Prise en compte des expositions passées, actuelles et futures au risque chimique. 29<sup>e</sup> congrès de la SHMTAIA

ayant des effets potentiels ou avérés sur le développement peut être résolue. Lorsque ces outils de base ne suffisent pas, le recours à d'autres sources d'informations et/ou à un avis d'expert reste possible. Par ailleurs, il est indispensable d'informer la femme en âge de procréer sur les effets sur le développement fœtal des agents chimiques auxquels elle est exposée et sur l'importance de signaler précocement toute grossesse au médecin du travail. Les données relatives aux grossesses doivent être enregistrées dans le dossier médical de santé au travail. Les anomalies de grossesse ou du développement fœtal dont le médecin du travail a connaissance doivent être signalées à un organisme chargé de la toxicovigilance. Enfin, le médecin du travail peut proposer des recommandations en termes d'évaluation des risques à l'employeur afin de mettre en place des mesures adaptées en cas de grossesse.

### EXPOSITION AUX FIBRES D'AMIANTE LORS DE L'ENTRETIEN DE DALLES DE SOL EN VINYLE-AMIANTE

*L. Martinon, Laboratoire d'étude des particules inhalées (LEPI), Paris*  
Plus d'un bâtiment sur deux construits avant 1997, date d'interdiction de l'utilisation d'amiante en France, est susceptible de contenir de l'amiante. En effet, ses propriétés d'isolation thermique, phonique, électrique, de résistance mécanique et chimique, ou encore son imputrescibilité, ont fait de ce matériau un élément incontournable de l'environnement urbain. Le schéma réglementaire de prévention vis-à-vis de l'amiante repose sur les Codes de la santé publique et du travail, dans leurs

réductions respectives de 2011 et 2012. Ce cadre réglementaire distingue deux grands domaines d'activité : les travaux de désamiantage et d'encapsulage (Code du travail, sous-section 3) et les interventions sur matériaux amiantés (Code du travail, sous-section 4). Afin de faciliter le repérage et la gestion du risque, le Code de la santé publique a défini trois listes de matériaux, dont les propriétés sont similaires au regard de la libération des fibres d'amiante dans l'air. Ainsi, les matériaux pouvant libérer des fibres d'amiante du seul fait de leur vieillissement sont regroupés dans la liste « A », qui concerne les flocages, calorifugeages et faux-plafonds. Les matériaux susceptibles de libérer des fibres d'amiante lorsqu'ils sont sollicités figurent quant à eux dans les listes « B » et « C ». La liste B regroupe les autres matériaux de l'intérieur des bâtiments, tandis que la liste C est relative aux matériaux à repérer avant la démolition des bâtiments. Parmi les matériaux de la liste B, figurent les dalles de sol en vinyle-amiante, qui sont très répandues, notamment dans les écoles, les hôpitaux, les bureaux, les logements... Elles se présentent sous la forme de dalles de 30 cm sur 30 cm, de couleurs variées imitant un aspect marbré. Elles contiennent uniquement de l'amiante chrysotile (absence d'amphiboles), composée de fibres courtes ( $L < 5 \mu\text{m}$ ) mais pouvant également contenir des fibres longues ( $L > 5 \mu\text{m}$ ), qui seules sont prises en compte par la réglementation. La colle mise en œuvre est parfois également amiantée (chrysotile).

Le laboratoire d'étude des particules inhalées (LEPI) a réalisé une étude, en 2011, visant à mesurer l'émission de fibres d'amiante longues, mais également des fibres courtes, lors d'opérations d'entretien de dalles vinyle-amiante,

dans des zones où elles étaient en bon état et dans d'autres où elles étaient dégradées. L'entretien de ces sols était réalisé par décapage à l'humide (agent mouillant ou décapant chimique) et par lustrage avec des monobrosses. L'étude a été réalisée sur deux sites : un collège et un hôpital (deux services de maternité). Elle a consisté en la réalisation de prélèvements atmosphériques environnementaux (sur 24 heures), avant, pendant et après les opérations d'entretien, associés à des prélèvements individuels (sur une heure) pendant les opérations d'entretien et durant les opérations de vidange des eaux d'aspiration. L'analyse a été réalisée par microscopie électronique à transmission analytique (META). La stratégie d'échantillonnage se conformait à la norme XP X43-269 et l'identification à la norme XP 43-050.

Au niveau du collège, les prélèvements n'ont pas mis en évidence de pollution atmosphérique.

Au niveau de l'hôpital, des niveaux d'empoussièrement supérieurs à la VLEP (fixée à 10 fibres par litre depuis le 1<sup>er</sup> juillet 2015) ont été observés pour les fibres longues. Ces résultats concernaient des mesures individuelles effectuées lors des opérations de lustrage et de décapage sur des dalles dégradées. Par ailleurs, certaines mesures individuelles, bien qu'inférieures à la VLEP, étaient supérieures au seuil de 5 fibres par litre, qui constitue le seuil environnemental défini par le Code de la santé publique. Ces dernières mesures avaient été réalisées lors d'opérations d'entretien sur des dalles dégradées mais aussi sur des dalles en bon état. Concernant les fibres courtes, les mesures individuelles réalisées lors des opérations de lustrage, de décapage et de vidange ont révélé des niveaux d'empoussièrement à des

concentrations très supérieures à la VLEP définie pour les fibres longues : de plusieurs centaines à plus de mille fibres par litre. Par ailleurs, des amas de fibres courtes, potentiellement inhalables et dont la longueur cumulée pouvait être supérieure à 5 µm ont également été observés (la norme NF X 43-050 imposant de les compter comme un élément unique).

En conclusion, un risque d'exposition professionnelle à l'amiante a été identifié à l'hôpital à l'issue de cette étude. Il reste difficile d'établir un lien entre ce risque et l'état de dégradation des dalles. Les résultats concernant les fibres réglementaires place l'empoussièrement au niveau 1 défini par le Code du travail (concentrations de moins de 100 fibres par litre), pour les opérations de décapage humide et de lustrage. Le décapage sec, en principe proscrit de la pratique, n'a pas été analysé ; son étude nécessiterait le confinement de la zone pour éviter la dispersion. Les résultats observés interrogent également sur le risque lié aux fibres courtes, en concentrations parfois très importantes et pour lesquelles il n'existe pas de cadre réglementaire.

Enfin, aux vues de ces résultats, la question de l'intégration de ce type d'activité dans la sous-section 4 du Code du travail, qui implique l'information, la formation et l'adaptation des moyens de protection des travailleurs qui le réalise, paraît légitime.

## ASTHME PROFESSIONNEL CHEZ UN CITERNISTE : RÔLE DES ISOTHIAZOLINONES

*E. Guevel, Centre de médecine de prévention des armées, Toulon*

Un patient de 49 ans, sans aucun antécédent allergique, se présente en consultation spontanée chez

son médecin de prévention avec une multitude de symptômes : céphalées, sensations ébrieuses, troubles respiratoires dominés par une toux sèche, selles diarrhéiques. Ces symptômes sont présents depuis 1 an et rythmés par l'activité professionnelle avec une amélioration le week-end et une disparition lors des congés. Ce patient exerce le métier de chauffeur de camion-citerne depuis 7 années. Il était auparavant conducteur d'engins blindés dans l'armée de terre pendant 20 ans.

Plusieurs pistes diagnostiques sont évoquées devant ce tableau :

- une atteinte psychosomatique compte tenu d'un conflit avec son employeur et de son souhait de quitter l'établissement ;
- un syndrome d'intolérance aux odeurs chimiques ;
- un syndrome psycho-organique aux solvants, du fait de l'exposition quotidienne aux carburants ;
- un asthme, bien qu'il n'ait aucun antécédent.

Il est décidé de soumettre à ce patient deux questionnaires : le *QEESI*, pour l'évaluation des expositions et de la sensibilité aux nuisances environnementales et l'*EUROQUEST*, pour mesurer la fréquence des symptômes toxiques auto-déclarés. Parallèlement, une courbe débit-volume est réalisée.

Le questionnaire *QEESI* recherche un syndrome de sensibilité chimique multiple. Il met en évidence la multiplicité des symptômes décrits par le patient, une intolérance marquée pour la peinture, les produits de nettoyage, les parfums et une intolérance peu élevée pour le carburant lorsqu'il fait le plein de son véhicule. Le score final plaide en faveur d'une probabilité élevée d'un syndrome d'intolérance aux produits chimiques.

Le questionnaire *EUROQUEST* retrouve les symptômes suivants :

céphalées, troubles digestifs, dyspnée et troubles du sommeil. Il est intéressant pour suivre l'évolution. La courbe débit-volume est effondrée avec un volume expiratoire maximum seconde (VEMS) à 54 % des moyennes et un débit expiratoire maximal (DEM) 25/75 à 38 %. Elle se normalise après inhalation de deux bouffées de salbutamol.

L'interrogatoire professionnel apprend qu'il effectue le chargement et le déchargement de son camion-citerne, au niveau du dôme, et qu'il contrôle le niveau de remplissage de la citerne régulièrement. Il est exposé aux vapeurs d'essence, de gasoil et de kérosène. Dans la littérature, il n'est pas retrouvé de lien entre asthme et exposition aux carburants. L'examen des fiches de données de sécurité des produits présents au poste de travail montre la présence de vapeurs d'un agent biocide, le Kathon CG, employé comme conservateur du gasoil de navigation des bâtiments de la Marine nationale.

Le lien entre cet asthme et le travail s'est fait devant la rythmicité professionnelle et le fait que le Kathon CG soit le seul produit sensibilisant retrouvé dans l'étude du poste. Il n'y a pas eu réalisation de test de provocation bronchique spécifique en milieu hospitalier, du fait de sa complexité de mise en œuvre. Les symptômes se sont améliorés après avoir quitté le poste et le reclassement comme conducteur de véhicules légers (ne comportant plus d'expositions à ces vapeurs de carburants). Cet asthme a été reconnu au titre du tableau n° 66, après passage par le comité régional de reconnaissance des maladies professionnelles, car les thiazolinones ne figurent pas dans la liste limitative des travaux exposant. Son asthme s'est aujourd'hui normalisé sous traitement. Il conserve une intolérance



## Prise en compte des expositions passées, actuelles et futures au risque chimique. 29<sup>e</sup> congrès de la SHMTAIA

aux fortes odeurs des produits ménagers ou des parfums. Il a refait des crises d'asthme au contact de produits d'entretien contenant du Kathon CG (Carolin®, Sanytol®...).

Le Kathon CG est un mélange de deux thiazolinones, la chlorométhylisothiazolinone (75 %) et la méthylisothiazolinone (25 %). Il est irritant à 0,3 % et très irritant à 0,6 %, mais non irritant en dessous de 0,06 %. Il est également sensibilisant et figure dans la batterie standard européenne à une concentration de 0,01 % pour la réalisation des tests épicutanés. Les isothiazolinones sont des agents biocides agissant par dénatura-tion des protéines. Ils ont un large spectre d'action en étant actifs sur des moisissures, levures, algues, bactéries Gram + et Gram -. Ces molécules sont peu coûteuses à fabriquer.

L'emploi de ce produit peut concer-ner plusieurs métiers dont :

- le personnel de l'alimentation : savons, détergents, désinfectants ;
- les menuisiers : peintures et vernis pour bois ;
- les métiers du BTP : peintures à l'eau, laques, colles et adhésifs... ;
- la métallurgie et la mécanique : savons d'atelier, huiles de coupe, liquides de refroidissement, lubri-fiants, kérosène ;
- le personnel de nettoyage : dé-tergents, eau pour fer à repasser ;
- les photographes : produits de développement ;
- le personnel de santé : savons, désinfectants.

La population générale est éga-lement très concernée par sa présence dans les cosmétiques (shampoings, lotions et gels pour cheveux, crèmes et écrans solaires, lingettes nettoyantes pour bébé...) et les produits à usage domestique (détergents ménagers, adoucis-sants). La réglementation en 2015 interdit l'usage du Kathon CG dans les produits cosmétiques non rin-

cés et l'étiquetage doit faire figurer sa présence.

Plusieurs autres thiazolinones existent, dont les plus connues sont :

- méthylisothiazolone (MIT, MI) ;
- chlorométhylisothiazolinone (CMIT, CMI, MCI) ;
- benzisothiazolinone (BIT) ;
- octylisothiazolinone (OIT, OI) ;
- dichloro-octylisothiazolinone (DCOIT, DCOI).

Le butylbenzisothiazolinone (BBIT) est beaucoup moins utilisé.

Peu de cas d'asthme lié aux isothia-zolinones en milieu professionnel sont décrits alors que la littérature abonde de description de derma-tites allergiques. Un ouvrier de 39 ans, dans une usine de traite-ment de l'eau, a développé, 15 mois après son embauche, une hyper-réactivité bronchique malgré le port d'un masque à cartouche fil-trante. Le test de provocation au Kathon était positif. Un opérateur de 53 ans, dans une usine de fabri-cation d'isothiazolinones, a déve-loppé un asthme 5 mois après son embauche. Des cas d'asthme ont également été décrits après expo-sition à des travaux de peinture où le mélange CMIT/MIT avait été re-trouvé dans le prélèvement atmos-phérique.

En conclusion, les isothiazolinones sont pourvoyeuses de nombreux cas de dermatites allergiques. En revanche, des situations d'asthme professionnel en lien avec l'expo-sition à ces substances demeurent plus rarement décrites.

### RÔLE DU MÉDECIN DU TRAVAIL DANS UNE CRISE SANITAIRE

#### A. Descatha, Unité de santé profes-sionnelle, Garches

Une crise peut être définie comme un changement d'état brutal. C'est un événement rare et imprévu, même si la crise n'est pas toujours

imprévisible. Elle est cependant toujours destructurante, c'est-à-dire que tous les éléments ayant pu être mis en place de manière habituelle ne fonctionneront pas, tout du moins dans les premiers moments après la survenue de la crise. La catastrophe d'AZF illustre bien cette notion, avec une cellule de crise qui a duré 1 mois.

Le rôle du médecin du travail a longtemps été considéré comme accessoire dans ces situations de crise. Cependant, l'expérience d'AZF a permis de mettre en avant sa position et son rôle multiple, que ce soit dans la communication, l'évaluation du risque ou le lien avec les secours extérieurs, dans le monde de l'entreprise comme dans le contexte militaire. Le rôle du mé-decin du travail est donc multiple. Il va varier en fonction du moment où l'on se situe par rapport à la crise : pendant, après, mais surtout avant la survenue de la crise.

Pour illustrer ce rôle durant la crise, l'exemple de la survenue d'un acci-dent dans le dépôt de munition d'une unité militaire est proposé. Ainsi, pendant la crise, le médecin aura trois grands rôles à assurer : les secours d'urgence, la prépara-tion et l'organisation des secours en amont et le rôle d'expert. En termes de secours d'urgence, le rôle du médecin ne sera pas tant dans les soins d'urgences, qui seront pro-digués par les secours extérieurs, mais plutôt dans la dimension de triage et de gestion des impliqués. Le médecin aura également un rôle organisationnel : repérer les risques *a priori*, les identifier et les localiser, anticiper les besoins ma-tériels et humains. Il pourra aussi guider les secours extérieurs (pom-piers, gendarmes, police...) et faire le lien entre les intervenants, qui ne se connaissent peut-être pas, pour faciliter leur intervention. Le médecin aura également un rôle d'expert, contribuant à préciser la

nature des dangers et à mieux cerner les risques associés au cours de la crise. Il pourra donner son avis d'expert en cas de constitution de cellule de crise et, une fois de plus, faciliter la communication entre les divers intervenants.

Après la crise, le médecin du travail aura un rôle essentiellement de suivi de la population exposée, mais également des impliqués et personnes contact, puis un rôle de communication sur le retour d'expérience. Par exemple, lors de la récente crise sanitaire à virus Ebola en Afrique de l'Ouest, les médecins du travail surveillant des travailleurs expatriés ou susceptibles de se rendre en zone épidémique ont été tout de suite impliqués dans la gestion de crise en rapport avec cette épidémie. Ils ont notamment été sollicités pour donner leur avis sur les risques de contagion de ces travailleurs, soulignant l'importance de leur rôle lors de cette crise. Ces médecins ont notamment dû définir des stratégies de suivi médical (clinique, biologique...) des travailleurs impliqués. Ils ont également eu à gérer la crise psychologique, liée à la fois au risque de contagion des impliqués en zone épidémique et à l'appréhension de leurs employeurs de les voir revenir dans leurs entreprises. Ces dernières, en lien avec le médecin du travail, ont ainsi dû développer de nouvelles stratégies et de nouvelles procédures.

Enfin, « l'avant crise » est naturellement le moment où le rôle du médecin du travail prend toute son ampleur. Il a à participer aux actions de prévention primaire, à travers l'identification des risques, la formation et l'entraînement aux situations accidentelles, mais aussi la révision et l'amélioration des procédures existantes. L'ensemble de ces actions favorise l'intégration de l'équipe médicale dans l'entreprise et permet de faciliter les inter-

ventions en aval. En effet, même si les situations de crises demeurent heureusement rares, en l'absence d'entraînement régulier, tout ce qui a pu être élaboré en amont, mais qui n'a jamais été éprouvé, ne fonctionnera pas. Il faut donc s'astreindre à se former à l'inattendu et à s'exercer au sein de l'équipe médicale. Sans organiser des exercices de trop grande ampleur qui seront lourds et difficiles à mettre en œuvre, il faut, tout en élaborant des scénarios de crise raisonnables, s'entraîner régulièrement pour tester et améliorer les protocoles et procédures d'urgences.

Une formation spécifiquement destinée aux médecins du travail sur les urgences en milieu de travail est proposée par la faculté de Versailles Saint-Quentin-en-Yvelines. Elle vise à former les médecins à ces situations d'urgences, en leur donnant les outils pour apprendre à gérer une situation de crise et pouvoir reproduire et appliquer cette dynamique de formation au sein de leur entreprise ou de leur service médical.

En conclusion, l'anticipation, la préparation et la résolution d'une crise sont des domaines dans lesquels le médecin du travail doit pouvoir apporter sa compétence et son expertise au service de l'entreprise, y compris en contexte militaire.

## TRAÇABILITÉ DES EXPOSITIONS EN SITUATION CRITIQUE

*J.U. Mullot, Laboratoire d'analyse, de surveillance et d'expertise de la Marine, Toulon*

Alors que la description de l'exposome, concept qui englobe la totalité des expositions et des facteurs environnementaux que subit un organisme humain dès sa conception, est en passe de devenir une réalité,

l'actualité en hygiène industrielle démontre que des expositions potentiellement importantes en termes de quantité mais également d'effets sanitaires restent non ou peu documentées : les expositions en situation critique ou accidentelles. Le cas le plus connu du grand public est certainement celui des primo-intervenants, survivants des attentats du *World Trade Center* le 11 septembre 2001, dont les maladies professionnelles commencent à être reconnues mais sans la certitude scientifique sur la nature ni la quantité des polluants les ayant entraînées.

Cette question se pose tout particulièrement dans le service de santé des armées puisqu'il soutient les primo-intervenants (gendarmes, pompiers, marins pompiers, militaires de la sécurité civile, impliqués...). Dans ce contexte, la non documentation des expositions génère des inquiétudes, limite le retour d'expérience et ouvre la voie à un contentieux complexe. Cette documentation est donc tout à fait nécessaire en situation accidentelle. Elle est aujourd'hui le prolongement de la traçabilité des expositions en situations habituelles de travail et serait considérée comme un manquement en son absence. Cependant, cette traçabilité n'est pas simple et n'est réalisée que partiellement en raison de trois grands freins : le manque de temps en situation d'urgence, le manque de moyens de mise en œuvre (qui ne sont pas toujours connus) et la problématique de l'interprétation des résultats.

■ Le premier frein est donc le temps. De par sa nature même de situation accidentelle, placée dans l'urgence, l'évaluation des expositions ne semble pas avoir sa place. Or, si une situation est accidentelle, elle n'est pas obligatoirement imprévisible. Le mot d'ordre est donc l'anticipation. Ainsi l'identi-

## Prise en compte des expositions passées, actuelles et futures au risque chimique. 29<sup>e</sup> congrès de la SHMTAIA

fication à froid des dangers auxquels peuvent être exposés les travailleurs en situation de crise est une étape indispensable. Au moment d'une crise, elle permettra d'agir plus rapidement et avec plus d'efficacité. Par exemple, le laboratoire d'analyse, de surveillance et d'expertise de la Marine (LASEM) a une action de conseil auprès du Préfet maritime pour les actions en mer. Dans ce cadre, 7 scénarios d'exposition de militaires en situation dégradée ont été élaborés avec l'aide des élèves de l'École des Hautes Études en santé publique de Rennes (EHESP). Ils ont permis d'identifier 5 familles de polluants à mesurer en situation de crise qui couvrent le spectre des produits chimiques auxquels les militaires se trouveraient potentiellement exposés (hydrocarbures aromatiques polycycliques [HAP], aldéhydes, composés organiques volatiles [COV], suffocants/asphyxiants et autres).

■ Le deuxième frein : les moyens. Il s'agit de connaître et de choisir les bons moyens pour réaliser la métrologie en situation de crise. Celle-ci doit être anticipée et le choix se fait en amont. Les appareils à lecture directe ne sont pas optimums dans ces situations. Le choix doit se porter plutôt sur la réalisation d'échantillonnages avec une collecte large et une analyse dans un second temps. Cette méthode passive est peu coûteuse, polyvalente et facile à transporter. Le matériel doit être robuste, simple d'utilisation et éprouvé (ex : un matériel destiné à embarquer en milieu marin doit résister aux embruns salés). Les échantillonneurs seront donc le matériel de premier choix pour une intervention d'urgence. Le mode opérationnel doit également être validé avant la survenue de la crise. Ici, le pré-positionnement du matériel auprès des équipes de primo

intervenant paraît plus réalisable que le déplacement des laboratoires de prélèvement sur appel. Tous ces outils sont d'actualité et se développent. Ainsi, la mesure des COV, la dosimétrie opérationnelle du risque radiologique sur porte-conteneurs, le dosage de métaux et d'HAP par des capteurs de poussières, sont autant d'outils qui pourraient servir en situation d'intervention. Si la métrologie n'a pu être réalisée au moment de la situation critique, deux possibilités demeurent : la biométrie d'urgence et la modélisation. La biométrie d'urgence sera réalisée à partir de l'identification des dangers *a priori*, dans une fenêtre de temps variable selon les molécules, mais qui peut s'étendre sur quelques semaines. La modélisation peut aussi être utile, pas uniquement *a posteriori*, mais aussi avant ou pendant l'intervention. Elle est surtout utilisée dans les accidents radiologiques et nucléaires.

■ Le troisième frein est l'interprétation des résultats. S'il n'existe pas de référentiel pour toutes les situations accidentelles, on peut s'appuyer sur des valeurs de référence élaborées au niveau national ou international, pour le grand public ou les travailleurs en situation habituelle. Pour les résultats de métrologie d'ambiance, les valeurs toxiques de référence (VTR), élaborées par l'Agence nationale de sécurité sanitaire de l'alimentation, de l'environnement et du travail (ANSES), peuvent être utilisées comme références. L'interprétation des résultats peut aussi être réalisée par comparaison aux valeurs limites d'exposition professionnelle (VLEP), et en particulier aux valeurs limites à court terme (VLCT) qui visent à protéger les travailleurs des effets néfastes immédiats. Les VLEP françaises, quand elles existent, sont fixées

par la réglementation (Code du travail). L'Agence de protection de l'environnement des États-Unis (US EPA) a également développé des niveaux de référence, appelés *Acute exposure guideline level* (AEGl), auxquels il est possible de se référer en l'absence de VLEP ou de VTR. Pour les résultats de biométrie, les valeurs biologiques en population professionnellement exposée, définies par substance et disponibles sur la base de données BIOTOX de l'INRS ([www.inrs.fr/biotox](http://www.inrs.fr/biotox)), peuvent être utilisées ; elles sont un des outils pour l'interprétation des résultats pour des expositions professionnelles. En population générale, on peut citer les valeurs extraites de la NHANES (*National Health and Nutrition Examination Survey*) des États-Unis. Une base de données française est également en cours d'élaboration ; elle s'appuie sur les résultats de l'enquête ESTEBAN de l'Institut de veille sanitaire (InVS), qui est une étude de santé sur l'environnement, la biosurveillance, l'activité physique et la nutrition. En l'absence totale de valeurs guides biologiques, il est possible d'utiliser des modèles pharmacobiologique-pharmacocinétiques (PBPK), modèles toxicocinétiques à bases physiologiques. Ces outils sont amenés à se développer et à se perfectionner. Ainsi, l'Institut de recherche biomédicale des armées (IRBA) travaille actuellement sur de nouveaux outils, tels que des capteurs de température à intégrer directement aux tenues des pompiers. On peut également citer le projet « AIRBEAM » qui permettrait un recueil d'information plus précise sur la qualité de l'air aux États-Unis, grâce à l'équipement du grand public en capteurs de poussières.

En conclusion, les mesures des expositions ne doivent pas s'arrêter



aux portes des situations accidentelles. Moyennant une phase d'anticipation, les moyens matériels et humains peuvent exister. Enfin, il serait intéressant de les mutualiser et de les structurer comme c'est déjà le cas pour d'autres expositions spécifiques des militaires, telles que les expositions de type NRBC (Nucléaires, radiologiques, biologiques, chimiques) ou le contexte des opérations extérieures, qui ont déjà fait leurs preuves.

## LE RADS (REACTIVE AIRWAYS DYSFUNCTION SYNDROME) OU SYNDROME D'IRRITATION DES BRONCHES

*J.D. Dewitte, Service de santé au travail et de maladies liées à l'environnement, Brest*

Décrit pour la première fois en 1985 par Brooks comme une pathologie à part entière, le syndrome de Brooks, syndrome de dysfonctionnement des voies aériennes, « *Reactive airways dysfunction syndrome* » (RADS) ou encore syndrome d'irritation des bronches, a récemment fait l'actualité. La question du risque pour les primo-arrivants par rapport à l'exposition aux fumées et fibres aéronautiques s'est en effet posée dans les suites de deux crashes aériens, celui d'un F-16 de la base d'Albacete le 26 janvier 2015, puis celui du vol 9525 dans les Alpes du Sud françaises le 24 mars 2015.

Si la publication princeps de Brooks s'appuyait plutôt sur des observations en milieu domestique ou professionnel, ce syndrome est effectivement plus souvent décrit après une catastrophe. Historiquement, il est observé lors de la Première guerre mondiale chez les survivants d'expositions aux bombes chimiques. Il est également

décrit en décembre 1984, lors de la catastrophe de Bhopal, en Inde, suite à une exposition massive de la population à du méthyle isocyanate. Plus récemment, l'attaque du *World Trade Center* en 2001 aurait entraîné de nombreux RADS chez les sauveteurs, diagnostic actuellement remis en question du fait de la prédominance de poussières dans l'atmosphère.

En France, l'asthme aggravé par le travail n'est pas considéré comme un asthme professionnel (AP). On décrit ainsi deux grands types d'AP : ceux dits immunologiques (avec période de latence), survenant en présence de macromolécules (comme l'asthme à la farine) et ceux non immunologiques (sans période de latence), induits par les irritants et survenant après des expositions répétées ou alors uniques (RADS).

Le diagnostic du RADS est le plus souvent rétrospectif. Il repose sur sept critères : une absence d'antécédent pulmonaire, un début de symptômes survenant après une exposition unique ou après un accident, une exposition à un polluant chimique à haute concentration (gaz, fumées ou vapeurs de nature irritante), un début de symptôme sans période de latence (dans les 24 heures après exposition) et durant au moins trois mois, une symptomatologie évocatrice d'asthme (toux et dyspnée sibilante en premier plan), des épreuves fonctionnelles respiratoires (EFR) pouvant montrer un syndrome obstructif et/ou une hyperréactivité bronchique non spécifique (HRBNS) avec test à la méthacholine positif, le tout après élimination d'autres potentielles maladies pulmonaires.

Des critères mineurs sont venus enrichir cette définition : absence d'atopie, d'éosinophilie périphérique ou pulmonaire et d'intoxication tabagique supérieure à 10 ans, hyperréactivité bronchique

non spécifique de degré modéré à sévère, inflammation lymphocytaire minime (anatomopathologique ou au lavage bronchoalvéolaire). Cependant, certains de ces critères complémentaires ont été remis en cause par la suite. C'est le cas de l'atopie et de l'intoxication tabagique supérieure à 10 ans, dont les présences ne sont pas incompatibles avec la survenue d'un RADS.

L'évolution clinique ne montre pas d'amélioration systématique à distance du travail. On décrit une aggravation en présence d'agents irritants, même à faible concentration. La pathologie peut disparaître en quelques semaines ou mois ou encore s'autonomiser pour devenir un asthme à part entière. Enfin, elle peut s'associer à un syndrome d'irritation aiguë des voies aériennes supérieures ou RUDS (*Reactive upper airways dysfunction syndrome*). Pour le moment, il n'existe aucun facteur prédictif établi, même si on suspecte l'intensité d'exposition de jouer un rôle. L'obstruction bronchique mise en évidence par les EFR persiste chez 60 % des patients, 18 à 24 mois après l'accident. En cas d'exposition intense, une restriction peut également être observée (par augmentation du volume résiduel). L'HRBNS observée peut se normaliser à distance ; elle persiste dans 57 % des cas après 18 à 24 mois. Sur le plan anatomopathologique, la description initiale est une desquamation de l'épithélium bronchique, une hyperplasie des glandes à mucus accompagnée d'un infiltrat lymphocytaire. Elle s'est enrichie des notions de métaplasie épidermoïde, de fibrose réticulo-collagénique avec épaissement de la membrane basale. Par ailleurs, les mécanismes immuno-allergiques observés dans les asthmes induits par les irritants sont moins importants que dans

## Prise en compte des expositions passées, actuelles et futures au risque chimique. 29<sup>e</sup> congrès de la SHMTAIA

les asthmes liés aux macromolécules (augmentation moindre des lymphocytes T et des éosinophiles). Les principales hypothèses physiopathologiques sont en faveur d'une lésion initiale de l'épithélium bronchique entraînant une réaction inflammatoire avec perte de l'activité ciliaire et activation du système non adrénérgique non cholinérgique. Plus récemment, on a décrit des altérations des canaux ioniques cellulaires avec, au final, un relargage important de neuropeptides aboutissant à l'inflammation neurogénique.

Le nombre d'agents potentiellement responsables de RADS ne cesse de s'agrandir, mais on peut globalement retenir que tout agent pouvant pénétrer profondément dans l'arbre respiratoire et entraîner une altération de l'épithélium bronchique par son action irritante peut être la cause d'un syndrome de Brooks (gaz ou vapeurs organiques, inorganiques [chlore notamment], mélanges mal définis...).

Enfin, en France, cette pathologie peut faire l'objet d'une prise en charge en tant qu'accident du travail mais n'est pas prise en compte au titre des maladies professionnelles.

### **SURVEILLANCE MÉDICALE DES PERSONNELS POTENTIELLEMENT EXPOSÉS AUX TOXIQUES DE GUERRE**

*A.M. Jalady, Centre médical des armées de Montlhéry*

Les toxiques chimiques de guerre sont des armes qui utilisent délibérément les propriétés toxiques de substances chimiques pour tuer ou pour blesser. Utilisées à de nombreuses reprises lors des Première et Seconde guerres mondiales, les

armes chimiques ont été interdites en 1993 par le droit international, à travers la Convention d'interdiction des armes chimiques (CIAC), sauf pour les « fins non interdites » (recherche et développement des mesures de protection, recherche médicale). En France, il existe des personnels potentiellement exposés au sein des forces armées, notamment lors des entraînements avec des toxiques de guerre réels, des interventions avec suspicion d'utilisation d'armes chimiques, de la conception des équipements de protection individuelle (EPI), de détection ou encore l'analyse de colis suspect. Il apparaît donc important pour le médecin de prévention de pouvoir leur proposer une surveillance médicale adéquate.

Les armes chimiques peuvent être séparées en deux grandes catégories du fait de leurs propriétés physiopathologiques : les toxiques incapacitants et les toxiques létaux. Ces derniers, objet de cette intervention, comprennent en particulier les neurotoxiques organophosphorés (NOP) tels que les gaz tabun, sarin, soman ou VX, et les vésicants, dont les plus emblématiques par leur probabilité d'emploi sont l'ypérite et la lewisite. Les voies de pénétration des armes chimiques sont les voies respiratoire, muqueuse, digestive et percutanée.

En termes de moyens de protection, différents EPI sont utilisés au sein des armées françaises. Au niveau respiratoire, muqueux et digestif, la protection peut être assurée par le port de masques filtrants (type ANP-VP ou « EPHSE ») ou isolants. Des tenues de protection cutanée de type combinaison imperméable ou perméable à l'air (filtrante avec charbon actif), ainsi que des gants et bottes en butyle, peuvent compléter le port des précédents EPI.

En termes de surveillance médicale, les personnels militaires ex-

posés et suivis bénéficient d'une surveillance médicale annuelle qui s'appuie sur l'utilisation d'un questionnaire et sur un examen clinique standard (interrogatoire et examen physique complet). Les symptômes d'intoxication aux neurotoxiques organophosphorés peuvent s'exprimer par une triade plus ou moins complète, associant myosis, rhinorrhée et dyspnée. Selon l'intensité de l'intoxication, d'autres symptômes peuvent être retrouvés : troubles digestifs, fasciculations, hypersudations, céphalées, vertiges, convulsions, état de mal incoercible, apnées pouvant évoluer jusqu'à la mort. Une intoxication aux agents vésicants, tels que l'ypérite, se traduit par des symptômes variés dépendant de l'intensité de l'intoxication et apparaissant souvent avec un temps de latence (plusieurs heures). L'atteinte oculaire peut aller de la simple conjonctivite aux ulcérations cornéennes, jusqu'à la cécité définitive. Au niveau respiratoire, le tableau pourra varier d'une simple irritation des voies aériennes supérieures à une insuffisance respiratoire aiguë par œdème pulmonaire, pouvant conduire au décès. De même, les lésions cutanées vont de l'érythème prurigineux aux vésicules, pouvant laisser la place à des lésions surinfectées et nécrotiques. Enfin, il existe également des effets systémiques possibles superposables aux effets d'une irradiation : augmentation initiale des globules blancs puis chute au 2<sup>e</sup>-3<sup>e</sup> jour, diminution des globules rouges et plaquettes. À long terme, l'ypérite est cancérigène, mutagène et tératogène. Au niveau paraclinique, un électrocardiogramme est réalisé à l'embauche, tous les quatre ans avant 40 ans, puis tous les deux ans. Sont également prescrits à l'embauche une radiographie de thorax et une épreuve fonction-

nelle respiratoire, puis à nouveau à partir de 40 ans chez les fumeurs ou si des symptômes surviennent. Sur le plan biologique, le travailleur est surveillé par un bilan biologique de référence puis systématique : type NFS-plaquettes, bilan hépatique et rénal.

Pour tous les personnels susceptibles d'être exposés aux NOP, est également réalisé un dosage de l'activité des cholinestérases dans le sang, puisque les NOP inhibent l'action de ces dernières. Si l'essentiel des symptômes est lié à l'inhibition de l'acétyl-cholinestérase (AChE) au niveau de la synapse, le dosage de l'activité de la butyryl-cholinestérase (BuChE) peut aussi être réalisé, voire être préféré car il est plus facile (conservation jusqu'à 7 jours à 4 °C) et plus sensible que celui de l'activité des AChE. Ce dernier, plus spécifique que le dosage de l'activité des BuChE, nécessite cependant une analyse sans délai de transport, avec une phase pré-analytique plus compliquée à mettre en œuvre. À ce jour, dans les armées françaises, les recommandations reposent donc sur le dosage de l'activité des BuChE, à l'embauche, avant toute exposition, pour obtenir un taux de référence. Un nouveau dosage est réalisé en visite périodique en cas de pathologie notable et après toute exposition accidentelle rapportée. Le taux de référence est obtenu en faisant la moyenne de deux dosages recueillis à plusieurs jours d'intervalle (3 à 14 jours après le premier), du fait des variabilités intra et interindividuelle de la BuChE. Une intoxication sera considérée comme très probable en cas de chute de plus de 50 % de l'activité BuChE par rapport au taux de référence et/ou d'apparition de symptômes. Dès lors, l'éviction temporaire du risque est préconisée ; le personnel ne

pourra reprendre ses tâches que si l'activité BuChE dépasse 80 % du taux de référence. Une diminution inférieure à 30 % sera considérée comme non significative, tandis qu'entre 30 et 50 %, une surveillance rapprochée sera mise en place. En cas de non-connaissance du taux de référence du sujet, un protocole associant des dosages de l'activité des BuChE et AChE peut être utilisé. Depuis 2014, les équipes médicales de décontamination des armées françaises sont équipées d'un petit photomètre, le « ChE Check mobile », permettant l'analyse rapide sur sang total de l'activité des BuChE et AChE. Les résultats sont obtenus en 4 minutes.

D'autres biomarqueurs permettent de tracer l'exposition aux NOP, à la lewisite et à l'ypérite. Ce sont des métabolites dosables dans les urines (métabolites à courte durée de vie) ou le sang (métabolite à longue durée de vie). Ils peuvent également être recherchés dans la salive, le liquide de phlyctène, les cheveux ou encore sur biopsie tissulaire. Ces analyses ne sont cependant pratiquées que par très peu de laboratoires en France.

En cas d'exposition accidentelle à des toxiques chimiques de guerre, la conduite à tenir reste en tout premier lieu la décontamination de la victime, qui repose sur le retrait des vêtements souillés, le lavage de la peau à l'eau tiède et au savon, ou avec du sérum physiologique pour les yeux et les muqueuses. Ces moyens classiques peuvent ne pas suffire et nécessiter l'utilisation de moyens plus spécifiques, tels que les gants poudreux (permettant la fixation des contaminants) ou les éponges type RSDL® (contenant une solution d'inactivation des toxiques), utilisés dans les armées françaises. Par ailleurs, il existe également des antidotes spéci-

fiques (dont certains ne sont fabriqués que par le service de santé des armées) aux intoxications par les NOP et par la lewisite. En revanche, il n'existe aucun antidote spécifique à l'ypérite.

Pour conclure, la surveillance médicale des personnels potentiellement exposés aux toxiques chimiques de guerre doit comprendre, en plus de la surveillance médicale habituelle, un dosage de référence des cholinestérases. Ce dosage permet par la suite de confirmer le diagnostic d'intoxication aux NOP et de tracer l'exposition en vue d'une réparation.