

RISQUE CHIMIQUE INDUSTRIEL EN OPÉRATIONS EXTÉRIEURES

H. DELACOUR, A. SERVONNET, E. VITTORI, L. SIMON, O. AUPEE, J.-M. RAMIREZ, P. BURNAT

RÉSUMÉ

Événement accidentel se produisant sur un site industriel, le risque chimique industriel entraîne des conséquences immédiates et graves pour les hommes, les biens ou l'environnement et il est majoré en opérations extérieures. Une liste de 21 *Toxic Industrial Chemical Hazards* a été élaborée par l'OTAN et retenue par la France du fait de la dangerosité de ces produits pour les hommes en cas d'intoxication. Les moyens de protection à mettre en œuvre en cas d'événement sont fonction des missions confiées à leurs utilisateurs (fuite ou intervention en zone contaminée) et la détection des toxiques chimiques passe par l'utilisation de tubes Dräger. Des équipes spécialisées, dénommées ERE, sont responsables de la gestion de ce risque et de la mise en place de mesures préventives. En cas d'accident, la prise en charge médicale, précédée d'une décontamination en cas de besoin, a pour principal objectif de lutter contre l'hypoxie. Dans certains cas, l'utilisation d'antidotes permet d'enrayer efficacement la pathologie toxique. La complexité est liée à la présence conjointe de victimes intoxiquées, blessées, brûlées et blastées dont la prise en charge psychologique est nécessaire.

Mots-clés : Industrie chimique. Opérations extérieures. Prévention. Risque.

ABSTRACT

INDUSTRIAL AND CHEMICAL RISK DURING MILITARY MISSIONS.

The chemical industrial risk, defined as an accidental event occurring outside an industrial zone, is susceptible to engender immediate and serious consequences for humans, goods and environment. Throughout military missions, this risk is highly increased so that NATO named it *Toxic Industrial Chemical Hazards*. France selected 21 industrial chemicals considered extremely hazardous for humans. Protection means are chosen regarding to the nature of the missions: evacuation or intervention in an immediate hazard zone. The Dräger detector system is used for detection of a large number of hazardous chemicals. Specialised squads, named ERE in french army, have been created in order to manage the chemical risk and to apply preventive measures. In case of chemical exposure, decontamination should be undertaken if necessary while main part of the therapy is focused of the treatment of hypoxia. Antidotes can be successfully used against chemicals in some cases. Whatever the nature of their injuries (poisoning, burning, blasting), all victims should have early psychological follow-up by specialists post-aggression stress.

Key words: Chemical industry. Hazard. OPEX. Prevention.

(Médecine et armées, 2004, 32, 2, 134-142)

I. INTRODUCTION.

Le xx^e siècle a été marqué par le développement de l'industrie chimique et pétrolière dans toutes les régions du globe. Cet essor sans précédent a été accompagné d'accidents chimiques collectifs plus ou moins connus et médiatisés. Différents exemples peuvent être cités : le dégagement d'un nuage de dioxine à Seveso (Italie) en

1976 ayant contaminé 1 800 hectares, la rupture d'une soupape de sécurité à l'usine Union Carbide à Bhopal (Inde) en 1984 à l'origine d'une fuite d'isocyanate de méthyle (3 000 morts et 50 000 personnes impliquées) (fig. 1), l'explosion dans un centre de stockage de gaz de pétrole liquéfié à Mexico en 1984 (500 morts, 700 blessés, 200 000 évacuations), l'explosion de l'usine AZF à Toulouse en septembre 2001 (13 morts) entraînant l'émission de vapeurs nitreuses et d'ammoniac. En opérations extérieures, le risque chimique industriel représente un risque nouveau pour les militaires. L'OTAN parle de *Toxic Industrial Chemical (TIC) Hazards* dont le principal danger est dénommé NBC ROTA (*Release Other Than Attacks* ou rejet hors attaque de substances NBC) (1). Sa prise en

H. DELACOUR, pharmacien chimiste. A. SERVONNET, pharmacien chimiste. E. VITTORI, pharmacien chimiste, assistant des HA. L. SIMON, pharmacien chimiste. O. AUPEE, pharmacien chimiste. J.-M. RAMIREZ, pharmacien chimiste en chef, spécialiste des HA. P. BURNAT, pharmacien chimiste en chef, professeur agrégé du Val-de-Grâce.

Tirés-à-part : H. DELACOUR, Laboratoire de biochimie, toxicologie et pharmacologie cliniques, 74 Boulevard Port Royal, HIA du Val-de-Grâce, 75005 Paris.



Figure 1. Dans la nuit du 2 au 3 décembre 1984, des défaillances techniques en chaîne ont entraîné le dégagement de 40 tonnes d'isocyanate de méthyle, de cyanure hydrogéné et d'autres gaz mortels de l'usine de pesticides Union Carbide à Bhopal (Inde). 3 000 personnes décédèrent d'un œdème aigu du poumon et plus de 500 000 furent intoxiquées. Chez les survivants, des séquelles respiratoires, oculaires (brûlures cornéennes) ou neurologiques sont observées (19).

compte a entraîné le développement du concept « Hygiène et sécurité en OPEX » (HSO), qui s'applique tant à l'environnement qu'aux combattants. Son objectif est de limiter les risques d'expositions à des composés toxiques hors temps de guerre. Pour mener à bien cette politique, des postes dans les États-majors ont été créés et confiés à des officiers. La gestion des rejets de plomb dans l'atmosphère de Mitrovica illustre l'application de ce concept. L'analyse du risque, l'évaluation de son intensité et la détermination de son acceptabilité ont abouti à une action permettant une diminution sensible de celui-ci (2).

Le risque chimique industriel étant parfois peu connu, il nous est apparu intéressant de décrire les principales modalités de sa prise en charge en opérations extérieures. Le risque chimique lié à une pollution environnementale ne sera pas détaillé.

II. RISQUE CHIMIQUE INDUSTRIEL.

A) DÉFINITION DU RISQUE CHIMIQUE INDUSTRIEL.

Le risque chimique industriel est défini comme un événement accidentel ou terroriste se produisant sur un site industriel et entraînant des conséquences immédiates graves pour le personnel, les populations avoisinantes, les biens ou l'environnement. Il peut se développer dans différents types d'établissements (industrie chimique de synthèse, de retraitement de produits industriels,

raffineries, dépôts d'hydrocarbures...) ou lors de transfert de matières dangereuses (3).

B) SCÉNARIOS DU RISQUE CHIMIQUE INDUSTRIEL.

Sept scénarios de risque chimique industriel, tenant compte de la nature des produits chimiques stockés et de l'infrastructure impliquée, ont été recensés (4).

Deux concernent les installations de gaz combustible liquéfié :

- le « *Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion* » (« BLEVE ») : rupture d'un réservoir de gaz combustibles liquéfiés (GCL), avec vaporisation instantanée du contenu et boule de feu ;

- l'« *Unconfined Vapor Cloud Explosion* » (« UVCE ») : explosion d'un nuage de gaz combustible consécutive à une fuite sur un réservoir ou sur une canalisation.

Deux autres sont liés aux réservoirs de gaz toxique liquéfié ou non :

- éclatement avec perte totale et instantanée de confinement (cas de l'usine Union Carbide à Bhopal) ;

- rupture instantanée de la plus grosse canalisation en phase liquide.

Le 5^e scénario concerne les dépôts de grande capacité de liquide inflammable (dépôts pétroliers) avec incendie de bacs de stockage ou des cuvettes de rétention. Il constitue le cas le plus fréquent. Les deux derniers scénarios concernent les installations de stockage d'explosifs ou de produits explosifs et les installations de stockage de produits phytosanitaires (herbicides, pesticides...).

C) CONSÉQUENCES DES ACCIDENTS INDUSTRIELS MAJEURS.

Les principales conséquences des accidents industriels majeurs sont :

- l'incendie par l'inflammation d'un produit au contact d'un autre, d'une flamme ou d'un point chaud, entraînant un risque de brûlures ;

- l'explosion par mélange entre certains produits, ou libération brutale de gaz, entraînant un risque de traumatismes directs par l'onde de choc (effets de blast), ou indirects par la projection d'éclats et de débris mais aussi de brûlures ;

- la dispersion dans l'air, l'eau ou le sol de produits dangereux toxiques par inhalation, ingestion ou contact (3).

Ces manifestations peuvent se cumuler entraînant la présence de victimes intoxiquées mais aussi blessées, brûlées, blastées.

III. RISQUE MAJORÉ EN OPÉRATIONS EXTÉRIEURES.

L'émotion suscitée par la catastrophe de Seveso a incité les états européens à se doter d'une politique commune

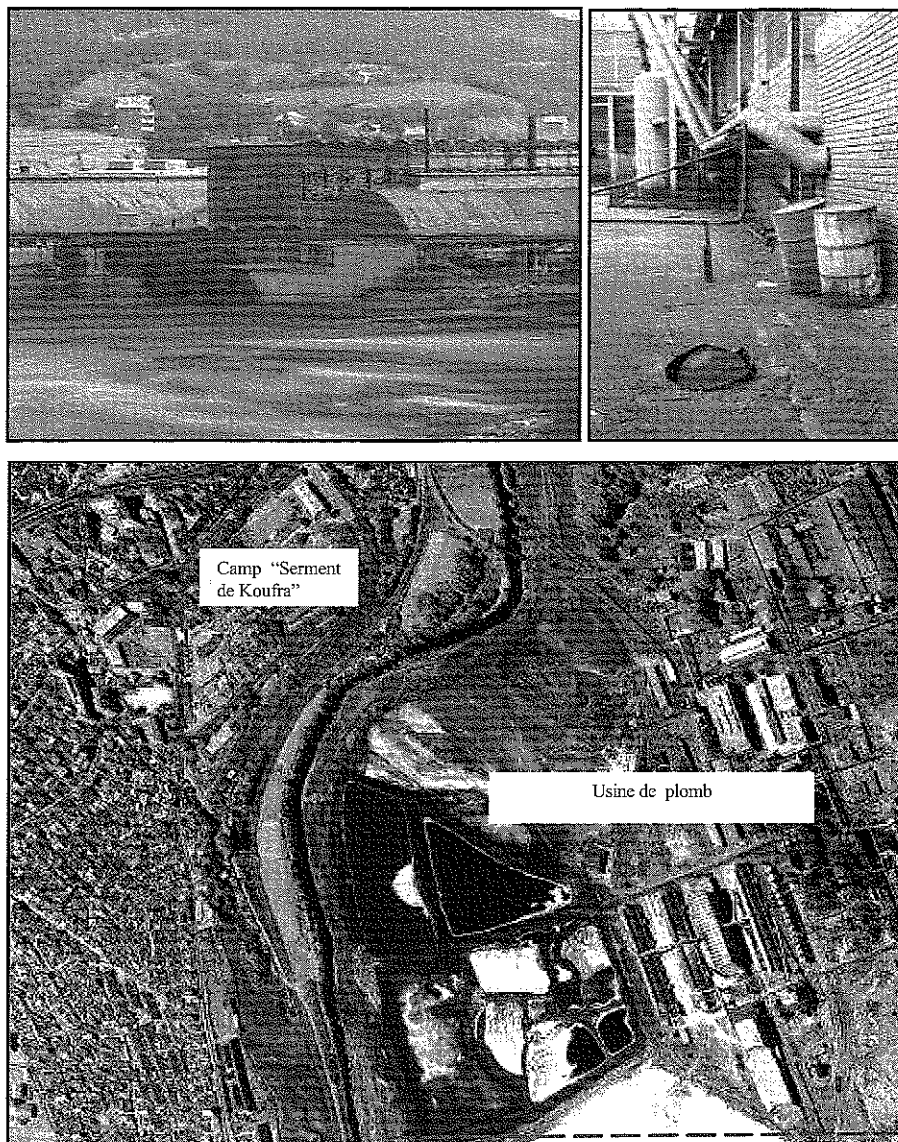


Figure 2. Située en bordure du camp français « Serment de Koufra », l'usine de batteries à Mitrovica représente l'archétype du risque chimique industriel en opérations extérieures : une usine plus ou moins détruite avec des fûts non identifiés laissés à l'abandon.

en matière de prévention des risques industriels majeurs. Cette démarche a abouti à la rédaction de la directive 82/501/CEE dite Directive SEVESO (5) puis 96/82/CEE dite SEVESO II (6). Malheureusement cette prise de conscience n'a été retrouvée que dans les pays occidentaux. Ainsi, les normes de sécurité de construction, les standards de maintenance des usines ou les règles de transports des produits toxiques sont beaucoup moins contraignants dans les pays de l'ex bloc communiste et dans les états émergents.

En opérations, les troupes, de par leurs nouvelles missions, évoluent de plus en plus souvent dans un environnement sururbain et industriel. Les forces sont amenées à évoluer à proximité d'installations ne présentant pas de garanties de sécurité convenables (usines abandonnées ou détruites) (fig. 2). Parallèlement,

les installations chimiques peuvent être les cibles délibérées d'actes de guerre ou de terroristes. Enfin, lors des interventions humanitaires après les catastrophes naturelles, les sites industriels peuvent également être endommagés (7).

Ainsi, les troupes françaises ont été confrontées au risque chimique industriel à plusieurs reprises dans le cadre des mandats des Nations unies en Ex-Yougoslavie. À Tuzla, le bataillon français se situait à proximité d'un site industriel manipulant en grande quantité divers produits chimiques, dont du chlore liquéfié (12 cylindres de 25 tonnes), de l'oxyde d'éthylène, du propylène et du phosgène. L'explosion d'une citerne aurait entraîné la formation d'un nuage mortel d'un kilomètre de rayon englobant les troupes françaises (4).

Si les événements NBC d'origine industrielle peuvent survenir dans le cadre des six scénarios du Livre blanc de la Défense, ils sont plus particulièrement redoutés lors des conflits régionaux mettant ou non en cause les intérêts vitaux de la Nation (S1 et S2), lors de la mise en œuvre des accords de défense bilatéraux (S4) et lors des opérations en faveur de la paix et du droit international (S5) (4).

IV. PRODUITS CHIMIQUES RETENUS.

Pour représenter un danger, une substance chimique d'origine industrielle doit répondre à différents critères :

- être présente en grande quantité au niveau du théâtre d'opérations ;

- posséder un degré de volatilité élevé et donc représenter un danger vapeur ;

- présenter un degré de toxicité et/ou d'inflammabilité et/ou de corrosivité suffisant et donc une valeur *Immediately Dangerous to Life and Health* (ou IDLH) basse. L'IDLH correspond à la concentration atmosphérique d'une substance entraînant la mort ou des effets immédiats et irréversibles (1).

Vingt et un produits chimiques industriels ont été retenus par la France suite aux travaux de l'*International Task Force* et ont été incorporés dans l'Amed P6[©] Volume III (Tableau I). Certains sont également considérés comme des agressifs chimiques de guerre : chlore, arsine, phosgène, acide cyanhydrique. Ces deux derniers sont inscrits au tableau II de la Convention d'interdiction des armes chimiques de Paris de janvier 1993 (8).

Le tableau I regroupe les 21 produits retenus en indiquant pour chacun les principaux symptômes engendrés en cas d'accidents chimiques les mettant en jeu.

V. MOYENS DE PROTECTION VIS-À-VIS DES TOXIQUES CHIMIQUES INDUSTRIELS.

Les moyens de protection à mettre en œuvre face aux agents chimiques industriels doivent être choisis en fonction des missions confiées à leurs utilisateurs : fuite en situation d'urgence d'une zone à risque ou intervention en zone contaminée.

A) PROTECTION DU SYSTÈME RESPIRATOIRE ET DE LA FACE.

Employées avec l'appareil normal de protection à vision panoramique (ANP-VP), les cartouches filtrantes standards (classe A₂B₂P₃) en dotation dans les armées ne sont efficaces que vis à vis des toxiques de guerre et pour des concentrations susceptibles d'être rencontrées en cas d'emploi de l'arme chimique. Des cartouches « spectres larges » (classe A₂B₂E₂K₂P₃) ont été spécialement conçues pour être utilisées en opérations

extérieures en cas de risque technologique. Elles apportent une protection supplémentaire vis-à-vis de l'anhydride sulfureux et de l'acide chlorhydrique (indice E) et de l'ammoniac (indice K). Ce supplément de protection se fait au détriment d'une augmentation de l'effort respiratoire, la cartouche « spectre large » étant plus épaisse (9).

Cependant, certains toxiques chimiques industriels ainsi que le monoxyde de carbone ne sont pas retenus par ces cartouches (Tableau I). En outre, ces dernières ne doivent être utilisées que si la teneur en oxygène de l'air ambiant contaminé est supérieur à 17 % en volume et en présence d'une concentration acceptable de toxique. Elles ne peuvent être utilisées que lors des évacuations d'urgence d'une zone se situant en proximité immédiate du danger et en aucun cas lors de l'intervention sur le site de l'accident. Dans ce cas, seul un appareil respiratoire isolant (ARI) permet d'assurer une protection optimale des voies respiratoires et de la face. Deux types d'ARI sont rencontrés : les ARI à circuit ouvert (possédant une autonomie d'une heure) et à circuit fermé (possédant une autonomie de quatre heures). Ces dispositifs sont destinés uniquement à des personnels formés par la sécurité civile et sont utilisés par les Équipes de reconnaissance de d'évaluation (ERE) (fig. 3) (9).

B) TENUES DE PROTECTION.

La tenue légère de décontamination Modèle 93 (TLD Mdle 93) assure une protection pendant 24 heures vis-à-vis des toxiques (jusqu'à 100 mg/m³), des acides et

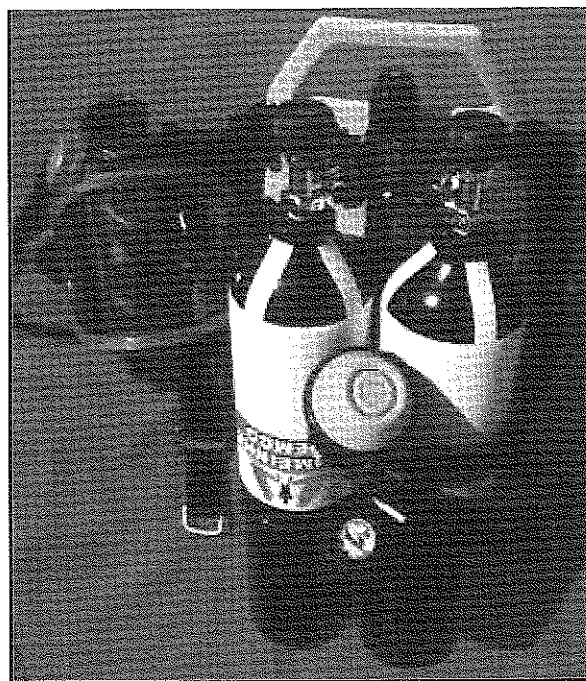


Figure 3. Appareil respiratoire isolant à deux bouteilles d'air comprimé C 900 de Commeinhes Remco (20).

TABEAU I. Liste de 21 produits chimiques retenus dans le cadre du risque chimique industriel. Pour chaque produit sont mentionnés la formule chimique, le numéro d'identification CAS, les principales utilisations industrielles, les propriétés physiques et la symptomatologie associée à une intoxication aiguë. (*) : agents retenus par la cartouche de filtration en dotation dans les armées. () : agent retenu comme agressif chimique de guerre (17-18).**

Principales utilisations industrielles	Propriétés physiques	Symptomatologie associée à une intoxication aiguë
Acide chlorhydrique (HCl) [7647-01-0] Fabrication d'engrais, Industrie métallurgique, pharmaceutique ...	Gaz à saveur acide ou solutions aqueuses. Produit ininflammable et inexplorable.	Irritation intense des muqueuses respiratoires et oculaires. Lésions caustiques en cas de projections cutanées ou oculaires.
Acide cyanhydrique (HCN) [74-90-8] (*) (**) Production d'insecticides, d'acrylonitrile.	Liquide ou gaz incolore (plus léger que l'air) à odeur d'amande amère. Extrêmement inflammable et explosible.	Poison cellulaire (bloque la chaîne respiratoire mitochondriale) : perte de connaissance, coma profond, troubles hémodynamiques, acidose métabolique de type lactique.
Acide fluorhydrique (HF) [7664-39-3] Industrie minérale, métallurgique et chimique	Liquide volatil, d'odeur très irritante fumant à l'air. Produit ininflammable et inexplorable.	Irritation intense des muqueuses respiratoires et oculaires. Lésions caustiques en cas de projections cutanées ou oculaires.
Acide nitrique (HNO ₃) [7697-39-3] Fabrication d'engrais, d'explosifs	Liquide incolore d'odeur suffocante caractéristique. Produit ininflammable et inexplorable.	Irritation intense des muqueuses respiratoires et oculaires. Lésions caustiques en cas de projections cutanées ou oculaires.
Acide sulfurique (H ₂ SO ₄) [7664-93-9] (*) Fabrication d'engrais, de textiles	Liquide incolore, inodore à consistance sirupeuse émettant des vapeurs à partir de 30°C. Produit ininflammable et inexplorable.	Irritation intense des muqueuses respiratoires et oculaires. Lésions caustiques en cas de projections cutanées ou oculaires.
Ammoniac (NH ₃) [7664-41-7] Fabrication d'engrais, de carburants	Gaz incolore, plus léger que l'air à odeur piquante. Relativement peu inflammable.	Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires avec brûlures cutanées au niveau des parties découvertes. Séquelles respiratoires et oculaires.
Arsine (AsH ₃) [7784-42-1] (*) (**) Industrie électronique et synthèse organique	Gaz incolore d'odeur alliacée plus lourd que l'air. Extrêmement inflammable et explosible.	Toxique cellulaire : hémolyse intravasculaire massive
Bromure d'hydrogène (HBr) [10035-10-6] Industrie chimique	Gaz incolore plus lourd que l'air dégageant des fumées blanches dans l'air humide. Produit ininflammable.	Irritation intense des muqueuses respiratoires et oculaires, provoque de graves brûlures (yeux, voies respiratoires et peau).
Chlore (Cl ₂) [7782-50-5] (*) (**) Industrie chimique, papeterie	Gaz verdâtre, plus lourd que l'air à odeur suffocante. Produit ininflammable.	Irritation des muqueuses respiratoires et oculaires avec risque d'œdème aigu du poumon et brûlures de la peau et de la cornée.
Diborane (B ₂ H ₆) [19287-45-7] (*) Production de carburants	Gaz incolore, plus léger que l'air à odeur nauséabonde. Extrêmement inflammable et explosible.	Irritant des muqueuses oculaires et respiratoires. Syndrome évoquant la « fièvre des fondeurs » (toux, douleur thoracique, dyspnée).
Dioxyde de soufre (SO ₂) [7446-09-5] Production d'acide sulfurique, blanchiment du papier, du sucre ...	Gaz incolore, plus lourd que l'air d'odeur piquante. Produit ininflammable et inexplorable.	Irritant des muqueuses oculaires et respiratoires (asthmatiques plus sensibles).
Disulfure de carbone (CS ₂) [75-15-0] (*) Accélérateur de vulcanisation, solvant ...	Liquide très volatil, incolore à odeur faiblement étherée. Très inflammable et explosible.	Atteinte du SNC (coma convulsif, paralysie des muscles respiratoires) en cas d'inhalation. Irritant cutané et oculaire en cas de projection.
Fluor (F ₂) [7782-41-4] (*) Industrie nucléaire, industrie chimique (synthèses organiques)	Gaz de couleur jaunâtre, plus lourd que l'air à odeur repoussante. Inflammable et explosible.	Irritant et vésicant avec risque d'œdème aigu du poumon d'installation retardée.
Formaldéhyde (CHOH) [50-00-00] (*) Production de matières plastiques, d'engrais, agent désinfectant	Gaz incolore à odeur piquante et suffocante. Extrêmement inflammable et explosible.	Irritation des muqueuses oculaires et respiratoires. Lésions caustiques en cas de projections cutanées.
Hexafluorure de tungstène (WF ₆) [7783-82-6] Industrie chimique	Gaz incolore plus lourd que l'air dégageant des fumées blanches dans l'air humide. Produit ininflammable.	Irritation intense des muqueuses respiratoires et oculaires, provoque de graves brûlures (yeux, voies respiratoires et peau).
Oxyde d'éthylène (C ₂ H ₄ O) [75-21-8] Intermédiaire de synthèses chimiques, insecticides, agent de désinfection.	Gaz incolore plus lourd que l'air. Extrêmement inflammable et explosible.	Irritant de l'appareil respiratoire : risque d'œdème aigu du poumon. Lésions cutanéo-muqueuses en cas de projections.
Phosgène (COCl ₂) [75-44-5] (*) (**) Fabrication d'isocyanates, de polycarbonates	Gaz incolore ou jaunâtre à odeur de foin fraîchement coupé, plus lourd que l'air. Produit ininflammable et inexplorable.	Irritation des muqueuses respiratoires et oculaires avec risque d'œdème aigu du poumon.
Sulfure d'hydrogène (H ₂ S) [7783-06-4] (*) Production d'acide sulfurique, production d'eau lourde.	Gaz incolore, plus lourd que l'air, à odeur d'œuf pourri (non décelée en cas de dégagement massif). Extrêmement inflammable et explosible.	Poison cellulaire (bloque la cytochrome oxydase mitochondriale) : perte de connaissance, coma convulsif, troubles respiratoires, acidose métabolique.
Trichlorure de phosphore (PCl ₃) [7719-12-2] Industrie chimique	Liquide incolore ou jaune fumant, d'odeur acre et émettant des vapeurs plus lourdes que l'air au dessus de 20°C.	Irritation intense des muqueuses respiratoires et oculaires, provoque de graves brûlures (yeux, voies respiratoires et peau).
Trichlorure de bore (BCl ₃) [10294-34-5] (*) Industrie chimique	Gaz incolore plus lourd que l'air dégageant des fumées blanches dans l'air humide. Produit ininflammable.	Irritation intense des muqueuses respiratoires et oculaires, provoque de graves brûlures (yeux, voies respiratoires et peau).
Trifluorure de bore (BF ₃) [7637-07-2] (*) Industrie chimique	Gaz incolore plus lourd que l'air dégageant des fumées blanches dans l'air humide. Produit ininflammable.	Irritation intense des muqueuses respiratoires et oculaires, provoque de graves brûlures (yeux, voies respiratoires et peau).

TABLEAU II. Distances de sécurité à observer en cas d'événement NBC ROTA mettant en jeu du chlore ou de l'ammoniac selon le logiciel CANUTEC. Les gabarits A et B sont ceux présentés dans la figure 5.

Nom de la substance	Petit déversement (moins de 200 L)			Grand déversement (plus de 200 L)		
	Isoler d'abord dans toutes les directions (mètres) Gabarit A	Protéger ensuite les personnes en aval du vent pendant		Isoler d'abord dans toutes les directions (mètres) Gabarit A	Protéger ensuite les personnes en aval du vent pendant	
		Jour (km) Gabarit B	Nuit (km) Gabarit B		Jour (km) Gabarit B	Nuit (km) Gabarit B
Chlore	30	0,3	1,1	275	2,7	6,8
Ammoniac	30	0,2	0,2	60	0,5	1,1

des bases pendant 2 h 30 et des solvants pendant 15 minutes. Elle pourra être utilisée lors de l'évacuation d'une zone contaminée. De même, la Tenue de Combat NBC apporte une protection pour le combattant en cas d'évacuation d'une zone de danger. En cas d'intervention sur le site de l'accident, un équipement spécialisé doit être utilisé : la tenue lourde type MATISEC. Il s'agit d'un scaphandre étanche aux liquides et aux gaz maintenu en surpression à l'aide d'un flux d'air à gros débit. Tout comme les ARI, ce matériel est destiné à des personnels formés par la sécurité civile (9).

VI. MOYENS DE DÉTECTION DES TOXIQUES CHIMIQUES INDUSTRIELS.

Jusqu'à présent, le matériel militaire standard de détection des agents chimiques (AP₂C, VAB RECO NBC) n'était pas adapté à la détection des toxiques industriels. Depuis 2003, les ERE sont dotées de matériels spécifiques de détection et d'identification. Elles disposent pour la détection d'alerte de spectromètre à mobilité ionique (IMS) permettant la recherche des 21 TIC et des toxiques de guerre en phase vapeur. Cette détection d'alerte des gaz est confirmée par un système utilisant :

- soit les tubes Dräger™. Chaque tube est constitué d'une zone réactive spécifique d'un gaz ou d'un groupe de gaz. Une pompe calibrée manuelle (pompe accuro) ou électrique (Quantimeter™) permet le passage d'un volume déterminé d'air ambiant à travers le tube. La présence d'un composé chimique donné produit une réaction spécifique et une modification de la couleur de la plage réactive. Ces tubes permettent l'obtention d'une information qualitative et/ou semi-quantitative de la composition de l'air ambiant (fig. 4) ;

- soit des plaquettes CMS Dräger™ dont le principe est sensiblement le même que précédemment. Ce sont des plaquettes spécifiques constituées de dix tubes capillaires dans lesquels la réaction se produit. Le prélèvement et la lecture des résultats se font par l'intermédiaire d'un boîtier. La mesure de la cinétique de la réaction chimique dans le capillaire permet de déterminer la concentration du toxique dans l'air.

Cependant plus de 150 types de tubes existent ce qui implique de connaître la nature du toxique recherché afin de choisir le(s) tube(s) ou la plaquette permettant sa détection.

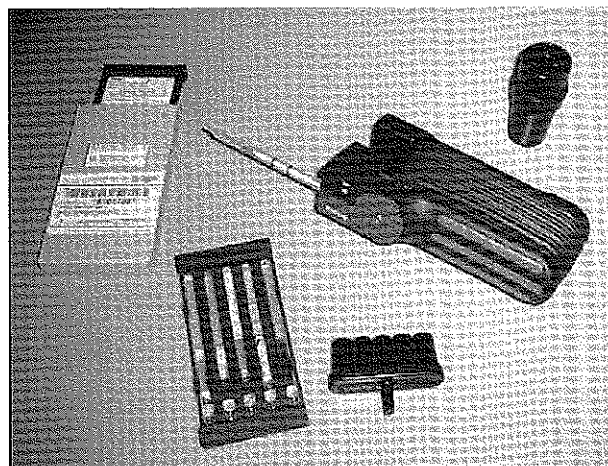


Figure 4. Trousse Dräger : système de pompage et tube pour analyse de l'atmosphère (20).

Dans un avenir proche, l'implantation dans le VAB-RECO NBC (véhicule de reconnaissance NBC) d'un four chromatographique couplé au spectromètre de masse MM1 et d'une banque de données élargie aux toxiques industriels complètera ces dotations.

La prévention des intervenants est assurée par un système MINIWARM™ de Dräger™ qui associe un explosimètre, un oxygénomètre et deux toximètres grâce à des cellules interchangeables.

L'envoi d'échantillon gazeux (recueilli dans des conditions très rigoureuses pour que les résultats gardent tout leur intérêt) aux laboratoires de l'infrastructure (LASEM à Toulon, IMASSA à Brétigny) est également envisageable et permet d'étudier une gamme plus large de toxiques. Dans ce cas, les prélèvements d'atmosphère se font sur des filtres à charbon comme le tube Tenax®.

VII. PRISE EN COMPTE DU RISQUE CHIMIQUE INDUSTRIEL EN OPÉRATIONS EXTÉRIEURES.

En cas de risque chimique industriel en opérations extérieures, les missions générales à accomplir se déclinent selon le triptyque traditionnel de la défense NBC : prévenir, gérer, restaurer (10).

A) MESURES PRÉVENTIVES.

L'appréciation du risque par le commandement passe par le recensement des sites industriels présents sur le théâtre afin d'évaluer les dangers qu'ils représentent en fonction de leur vocation (produits synthétisés ou stockés) et de leur état d'entretien. Cette mission, confiée aux spécialistes de la défense NBC, commence avant même le déploiement des troupes sur le territoire. Une fois le déploiement effectué, le recueil d'informations au niveau de la population locale, des instances et organisations internationales mais également la réalisation de patrouilles militaires permettent d'affiner la connaissance du risque. Les marquages des réservoirs de stockage dans les usines (comme le numéro CAS ou *Chemical abstract service*), s'ils sont présents, fournissent des informations très précieuses.

Autour des installations considérées dangereuses, des zones d'exclusion de sécurité sont mises en place avec interdiction de pénétrer dans un rayon de 1 km sauf contraintes opérationnelles. Des distances de 5 km (pour les unités mobiles) voire 10 km (pour les camps permanents et semi-permanents) devront être également respectées pour le stationnement des unités (1). Du fait des caractéristiques physiques présentées par les toxiques, les positions de choix pour stationner les forces statiques dans une zone où il existe une menace industrielle sont donc des positions élevées et au vent ou à distance des sources.

Des opérations de confinement, de reconditionnement voire de regroupement peuvent également être menées. Ainsi, en août 2002, l'opération « *vieilles dentelles* » a permis le reconditionnement d'une tonne de trioxyde d'arsenic dans des fûts étanches et marqués dans l'usine de Zvecan au Kosovo (11).

Enfin, dans tous les cas, la rédaction de fiches réflexes doit être entreprise afin de définir précisément les actions à mener, les personnels impliqués et les chaînes à activer en cas d'événement NBC ROTA. Elles s'inspirent des dispositions décrites dans les fiches toxicologiques de l'INRS qui sont regroupées sur un CD-ROM.

Des équipes spécialisées de défense NBC ont été spécialement formées au Centre de formation de la Défense NBC de Draguignan pour mener à bien les missions énumérées. Présentant toutes les caractéristiques des équipes de reconnaissance et d'évaluation des cellules mobiles d'identification chimique et/ou radiologique de la Sécurité Civile, elles sont désignées sous l'acronyme ERE (7).

Les réseaux de surveillance épidémiologique (type NATO EPI) permettent également de notifier toute augmentation de pathologies ou de symptômes (comme un accroissement des pathologies respiratoires) pouvant accompagner le risque chimique.

Cette période de prévention revêt une importance toute particulière car elle conditionne les actions à mener

pendant et après l'événement. Elle doit également permettre de prendre les mesures nécessaires de façon à respecter les normes d'exposition du temps de paix données par le ministère des Affaires Sociales, du Travail et de la Solidarité.

B) GESTION D'UN ÉVÉNEMENT NBC ROTA.

Les événements NBC ROTA font l'objet d'alertes et de compte rendus suivant les instructions contenues dans l'ATP 45 B (*Allied Tactical Publications*) (Tableau III) (12). Cette messagerie va permettre l'application des mesures de sauvegardes (protections individuelles et collectives) et la prévision des zones de danger.

Ces dernières sont des zones prévisionnelles situées sous le vent de la zone d'attaque dans lesquelles les personnels non protégés risquent d'être contaminés. Elles sont déterminées à l'aide de gabarits standardisés en fonction des conditions météorologiques et des risques d'explosion (fig. 5).

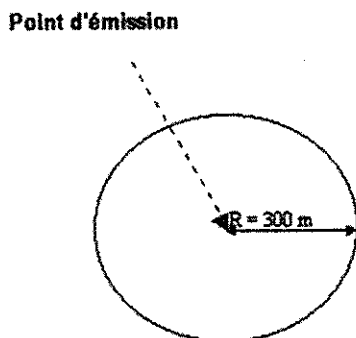
Des outils informatiques sont également à la disposition des équipes spécialisées afin de déterminer rapidement les dangers engendrés par l'événement et de protéger efficacement les intervenants et le public. Peuvent être cités les logiciels CANUTEC (version électronique du Guide des mesures d'urgences disponible sur Internet à l'adresse www.tc.gc.ca/canutec), *Computer Aided Management of Emergency Operationnest* (CAMEO), développé par le ministère de l'environnement américain ou *Areal Locations Of Hazardous Atmosphere* (ALOHA), permettant l'estimation des concentrations des matières toxiques en fonction du vent. Les distances de sécurité mentionnées sont fonction de la quantité de produit en jeu et sont majorées la nuit (augmentation de la stabilité du nuage toxique) (Tableau II).

Les personnels présents doivent évacuer la zone de danger le plus rapidement possible en se protégeant à l'aide des moyens précédemment cités (ANP-VP avec cartouche filtrante, Tenue de combat NBC, TLD Mde 93). La meilleure solution pour quitter la zone reste

TABLEAU III. Messagerie associée à un événement NBC ROTA : contenu de chaque message et utilisation des informations transmises (12).

Type de message	Informations transmises	Exploitation des informations
NBC 1 ROTA	Confirmation de l'événement NBC-ROTA	Paramètres de l'attaque
NBC 2 ROTA	Confirmation de l'événement NBC-ROTA (compilation de NBC 1 ROTA)	
NBC 3 ROTA	Diffusion des zones prévisibles de danger et de contamination	Prévisions des zones de danger
NBC 4 ROTA	Compte rendus des détections de contrôle des unités	Gestion du danger
NBC 5 ROTA	Diffusion du suivi des zones contaminées	
NBC 6 ROTA	Compte rendu des grandes unités destinées aux autorités	

Zonage dans le cas d'un vent nul [Gabarit A]



Zonage dans le cas d'un vent supérieur à 10 km/heure [Gabarit B]

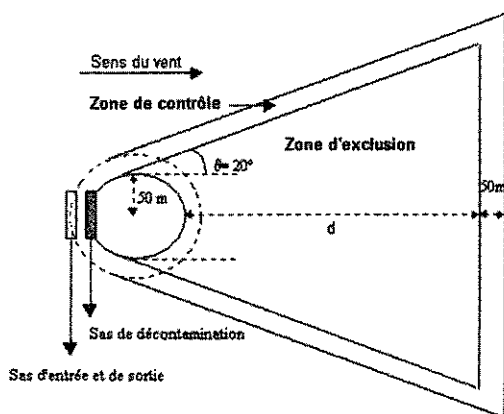


Figure 5. Gabarits de protection standards à suivre en cas d'événements NBC ROTA. Les distances « d » à suivre sont celles mentionnées dans les logiciels spécialisés tel que CAMEO.

l'utilisation de véhicules en surpression (type VAB). Pour les personnels ne pouvant abandonner la zone de danger, une position d'attente doit être prise et consiste en un stationnement dans des locaux ou véhicules étanches aux toxiques (13).

VIII. ASPECTS MÉDICAUX.

Effectuée dans la zone contaminée par des personnels protégés par un équipement adapté (ARI avec une tenue MATISEC), la relève des blessés sera le plus souvent réalisée sans médicalisation du fait de la difficulté de travail engendrée par le port de la tenue de protection et notamment des gants. Cependant, une mise en condition sommaire des victimes sera menée : protection respiratoire et cutanée après décontamination sommaire et immobilisation en cas de besoin. L'objectif est de soustraire le plus rapidement possible le plus grand nombre de victimes à l'ambiance délétère. Une décontamination doit être effectuée en cas d'intoxication par un produit caustique (acides par exemple) ou

par un toxique général à pénétration cutanée et/ou d'action rémanente. Elle a pour objectifs l'élimination des toxiques présents sur la peau et les vêtements des victimes et de protéger les sauveteurs. Les procédures rencontrées en cas d'attaque chimique pourront être appliquées : déplacement du toxique par adsorption à l'aide d'un gant poudreur ou déplacement par lavage à l'eau. Une décontamination oculaire peut également être menée en cas de besoin par lavage abondant à l'eau ou au sérum physiologique. Le poste de décontamination doit être implanté sur la limite entre la zone d'exclusion et la zone contrôlée.

La prise en charge thérapeutique a pour objectif principal la lutte contre l'hypoxie, car presque tous les toxiques chimiques agissant par inhalation la provoquent. L'hypoxie relève de plusieurs mécanismes parfois associés :

- baisse de la pression partielle en oxygène dans l'air inspiré en cas de gaz anoxiant ;
- effet caustique sur les voies respiratoires ;
- action sur le système nerveux central et parasympathique ;
- effet sur le transport sanguin de l'oxygène et son utilisation cellulaire (13).

L'approvisionnement en oxygène et en matériel d'oxygénothérapie est une préoccupation majeure, les dotations réglementaires allouées à chaque niveau de formation pouvant se révéler trop faibles vis à vis des besoins estimés. À titre d'exemple, la prise en charge de 100 victimes ventilées nécessitera pour une opération de deux heures, 120 000 litres d'oxygène soit 200 bouteilles portables de 3,5 litres chargées à 200 bars et équipées de manodétendeurs (13). Dès lors, les différentes sources d'oxygène (bouteilles remplies d'oxygène d'origine extractive, cartouches génératrices au chlorate de sodium et extracteurs d'oxygène) devront être mise à profit (14). Dans quelques cas, un traitement antidotique peut être entrepris. Par exemple, l'intoxication aux dérivés cyanés (acide cyanhydrique ou chlorure de cyanogène) est traitée à l'aide d'hydroxycobalamine (Cyanokit® ou Kelocyanor®). Ces produits sont prépositionnés au niveau des théâtres d'opérations au sein des lots complémentaires chimiques. Cependant, leur prix élevé limite le nombre disponible. En cas d'intoxication *per os*, une administration de charbon activé (Carbomix®) est réalisée.

La prise en charge ultérieure des blessés ne peut se faire qu'au niveau d'un élément médical de niveau III (Groupe Médico-Chirurgical, Hôpital Militaire de Campagne ...) à la suite d'une évacuation sanitaire. La complexité de la tâche médicale est liée à la présence conjointe de victimes intoxiquées mais aussi blessées, brûlées, blastées par une explosion ou un incendie précédant ou suivant l'intoxication.

Les accidents chimiques provoquent volontiers par leurs effets spectaculaires (fumées, nuages, odeurs agressives) des réactions de paniques collectives. Une prise en

charge la plus précoce possible des troubles psychologiques qui se manifestent à cette occasion est donc hautement souhaitable (13-16).

IX. CONCLUSION.

Objet d'une surveillance et d'une réglementation stricte en France et dans les pays développés sans pour autant éliminer tous les risques, les industries chimiques représentent un risque multiple en opérations extérieures. En cas d'accident, des intoxications sévères (liées à la dispersion dans l'atmosphère de substances toxiques)

peuvent être rencontrées seules ou combinées à des brûlures ou à des blastes. Dans tous les cas, une concentration atmosphérique très élevée peut être observée à proximité du point d'émission. La prise en compte de cette notion par les unités d'intervention est indispensable, le choix des tenues de protection en découlant. La mise en œuvre des mesures préventives (avec notamment la rédaction de fiches réflexes) revêt un caractère primordial. Les conséquences médicales et médico-légales d'un accident chimique sur du personnel non préparé seraient telles qu'il est impossible de négliger ce risque.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

1. Organisation du Traité de l'Atlantique Nord. STANAG 2909 NBC. Manuel des procédures à suivre en présence de substances chimiques toxiques d'origine industrielle.
2. Brunot J, Couzineau B, Boulais C, Sarthou-Moutengou M, Delolme H. Maîtrise de l'environnement biologique et technologique. Hygiène et sécurité des militaires en opérations. Médecine et Armées 2001 ; 29 (6) : 535-7.
3. Ministère de l'Ecologie et du Développement Durable. Site internet www.environnement.gouv.fr consulté le 4 août 2003.
4. Vittori E. Le risque chimique industriel majeur : prise en compte par la sécurité civile et extension à une armée en opération. Lyon : Université Claude Bernard Lyon I ; 1998 : 253.
5. Directive 82/501/CEE du Conseil du 24 juin 1982 concernant les risques d'accidents majeurs de certaines activités industrielles JOCE L 2230 du 05.08.1982 1-18.
6. Directive 96/82/CEE du Conseil du 9 décembre 1996 concernant la maîtrise des dangers liés aux accidents majeurs impliquant des substances dangereuses. JOCE L 010 du 14.1.1997 : 13-33.
7. Kovalevsky. Les risques industriels en OPEX : un impératif de gestion. L'armement 2002 ; 78 : 153.
8. Renaudeau C. Les toxiques chimiques industriels. Cours EASSA. 2002-2003.
9. Blanchet JM, Noto R, Pailler FM, Renaudeau C, Ricordel I. Les agressions chimiques. Paris : France Éditions 1997 ; 268.
10. DNBC 100. Concept d'emploi de la défense NBC en opérations n°084/DEF/EMAT/BCSF/AET/CD 2000 déclassifié.
11. Gascon G. Les « scorpions » en défense. Terre information magazine 2003 ; 141 : 26-7.
12. Organisation du Traité de l'Atlantique Nord STANAG 2103. Comptes rendus d'explosion nucléaires et d'attaques biologiques et chimiques, prévisions des dangers et des zones dangereuses qui y sont associées et diffusion de l'alerte. Allied Tactical Publication 45 (B).
13. Barriot P. Intoxication collective par gaz : une guerre devenue civile. JEUR 1989 ; 2 : 259-61.
14. Le Marec C, Puidupin M, Saissy JM. Alimentation en oxygène en situation de guerre. In : JM Saissy. Urgences et réanimation en milieu militaire. Reuil Malmaison : Arnette Groupe Liaisons SA ; 2000 : 649-60.
15. Nemitz B, Ammirati C, Jouchoux Y. Stratégie générale face à une intoxication chimique collective. Méd. Catastrophe Urgences Collectives 2000 ; 3 : 5-12.
16. Anonyme. Toxic Industrial Chemicals. J. R. Army Med Corps 2002 ; 148 : 371-86.
17. Bismuth C. Toxicologie clinique 5^e Édition. Paris : Médecine - Sciences Flammarion ; 2000 : 1092.
18. Fiches toxicologies de l'INRS. Site internet www.inrs.fr consulté le 7 août 2003.
19. Dhara VR, Dhara R. The Union Carbide disaster in Bhopal: a review of health effects. Arch Environ Health 2002 ; 57 (5) : 391-404.
20. TTA 601 Bis 1999. Les matériels et équipements de défense NBC n° 6639/EDNBC/COMCOL.