

## NOTE TECHNIQUE 9.30/03

Version 3.0

---

---

# Guide sur les systèmes alimentés au propergol liquide

---

---



## Avertissement

Le présent document est distribué pour être utilisé, relu et commenté par la communauté de l'action contre les mines. Bien que le format soit similaire à celui des NILAM, il n'en fait pas partie. Des changements peuvent intervenir sans préavis. Il ne faut en aucun cas faire référence à ce document comme à une NILAM.

Les destinataires de ce document sont invités à soumettre, accompagné des commentaires opportuns, toute notification de droits d'auteur dont ils ont connaissance, et à fournir les documents en attestant. Les commentaires devraient être envoyés à [mineaction@un.org](mailto:mineaction@un.org) ainsi qu'une copie à [imas@gichd.org](mailto:imas@gichd.org)

Les informations contenues dans ce document proviennent d'un grand éventail de sources ouvertes et ont été, autant que possible, validées d'un point de vue technique. Les utilisateurs devraient avoir conscience des limites des informations contenues dans ce document. **Ils devraient aussi avoir conscience que ce document est uniquement consultatif : il ne s'agit pas de directives faisant autorité.**

Photographie (couverture) : © Jane's Explosive Ordnance Disposal 2001. SA-2 'guideline' SAM russe, avec la partie arrière du missile et le lanceur manquant. Notez le réservoir de carburant sur le chariot. (Colin King)

## Table des matières

Table des matières .....	iii
Avant-propos .....	iv
Introduction .....	v
Guide sur les systèmes alimentés au propergol liquide .....	1
1. Domaine d'application .....	1
2. Références.....	1
3. Termes et définitions .....	1
4. Contexte.....	1
5. Raisons pour dépolluer les dangers liés aux systèmes au propergol liquide.....	2
6. Propergols liquide .....	2
6.1 Biergols liquides.....	2
6.1.1 Carburants .....	2
6.1.2 Comburants .....	3
7. Risques.....	3
8. Méthodologie de dépollution.....	3
9. Equipement.....	4
9.1 Equipement individuel de protection (EIP) .....	4
9.2 Appareil respiratoire.....	4
10. Instructions en matière de sécurité.....	5
11. Recommandations .....	5
11.1 Autorité nationale de l'action contre les mines .....	5
11.2 Organisations de déminage/dépollution .....	5
11.3 Personnel de déminage/dépollution .....	6
Annexe A .....	7
Annexe B .....	8
Annexe C .....	9
Annexe D .....	13

## Avant-propos

Les pratiques de gestion et les procédures opérationnelles dans l'action humanitaire contre les mines évoluent constamment. Des améliorations sont faites et des changements sont nécessaires, de manière à augmenter la sécurité et la productivité. Les changements peuvent provenir de l'introduction de nouvelles technologies, en réponse à l'apparition d'une mine nouvelle ou de MNE, ainsi que de l'expérience de terrain et des leçons apprises dans d'autres projets ou programmes d'action contre les mines. Cette expérience et les leçons apprises devraient être partagées sans délai.

Les Notes Techniques fournissent un forum de partage de l'expérience et des leçons apprises en rassemblant, collationnant et publiant les informations techniques sur des thèmes importants et spécifiques, en particulier ceux liés à la sécurité et à la productivité. Les Notes Techniques sont des compléments aux questions plus larges et aux principes plus généraux énoncés dans les NILAM.

Les Notes Techniques ne sont pas rédigées formellement avant leur publication. Elles sont le résultat d'expériences pratiques et d'informations d'origine publique. Au bout d'un certain temps, des Notes Techniques peuvent être « promues » pour devenir des NILAM à part entière, tandis que d'autres peuvent être retirées si elles ne sont plus adéquates ou si elles sont supplantées par des informations plus récentes.

Les Notes Techniques ne sont ni des documents légaux, ni des NILAM. Il n'y a aucune obligation légale à suivre les conseils fournis dans une Note Technique. Celles-ci sont purement consultatives et ont pour but de compléter les connaissances techniques ou de fournir de nouvelles lignes directrices pour l'application des NILAM.

Les Notes Techniques sont compilées par le Centre International de Déminage Humanitaire de Genève (CIDH-G) à la demande du Service de l'Action contre les mines des Nations Unies (UNMAS) au profit de la Communauté Internationale de l'Action contre les mines. Elles sont disponibles sur le site Web de l'UNMAS à l'adresse <http://www.mineaction.org>

## Introduction

Il y a eu récemment plusieurs occasions, en Bosnie-Herzégovine<sup>1</sup> et en Somalie<sup>2</sup>, de mettre en sécurité ou de certifier comme propres à être déplacés, des systèmes de missiles utilisant un carburant liquide. De plus, un troisième programme<sup>3</sup> est en cours, sous les auspices du programme de partenariat pour la paix (PPP) de l'OTAN, pour la destruction sûre de stocks de biergol liquide.

Cette note technique a été rédigée comme un document consultatif pour rappeler, ou informer les responsables de l'action contre les mines et le personnel de terrain sur les principaux dangers des systèmes utilisant un carburant liquide. Cette note technique fournit aussi des lignes directrices pour l'établissement de procédures et d'environnements opérationnels sûrs. **Elle ne fournit pas toutes les informations nécessaires à la formulation d'une procédure de mise en sécurité ; les conseils techniques appropriés devraient toujours être recherchés.**

La dépollution des systèmes utilisant un carburant liquide ne devraient être entreprise que par du personnel NEDEX ou tout autre personnel qualifié ; cette tâche ne doit pas être effectuée par de simples démineurs ou par du personnel de terrain.

---

<sup>1</sup> Dépollution de biergol liquide stocké dans une zone de stockage d'explosif en République Serbe de Bosnie (force de stabilisation de l'OTAN en Bosnie-Herzégovine).

<sup>2</sup> Mise hors service et destruction physique de missiles SA-2 'Guideline' alimentés en carburant et de leurs composants en Somalie. (Pour plus d'informations : <http://www.danishdemininggroup.dk>)

<sup>3</sup> Dépollution de locaux stockant du biergol liquide dans une zone de stockage d'explosif en Moldavie. (Agence OTAN d'entretien et d'approvisionnement (NAMSA)).

# Guide sur les systèmes alimentés au propergol liquide

## 1. Domaine d'application

Cette note technique fournit des lignes directrices pour l'identification des dangers inhérents, et pour l'établissement de procédures et d'environnements opérationnels sûrs, pour les systèmes alimentés au propergol liquide qui pourraient être rencontrés au cours d'opérations de déminage/dépollution dans un environnement post-conflit permissif. L'identification de tels systèmes très tôt au cours du programme est essentielle pour assurer un environnement sûr.

## 2. Références

Une liste des références normatives est donnée en annexe A. Les références normatives sont des documents importants auxquels la présente note technique renvoie ; elles font partie intégrante des dispositions de cette note technique.

## 3. Termes et définitions

Une liste des termes et définitions utilisés dans la présente note technique figure en annexe B. Dans la série des Notes Techniques, les termes « devrait » et « peut » sont utilisés pour exprimer le niveau requis d'obligation. Cette utilisation est cohérente avec le langage utilisé dans les normes internationales de l'action contre les mines (NILAM) et dans les guides.

- a) **devrait** (should) est utilisé pour indiquer les exigences, procédés ou spécifications préférables ;
- b) **peut** (may) est utilisé pour indiquer un procédé, ou un mode opératoire, possible.

## 4. Contexte

Les conflits récents ont vu le déploiement significatif, voire l'utilisation, de systèmes fonctionnant au propergol liquide. Les conséquences de l'utilisation de telles munitions demeurent et elles pourraient à l'avenir devenir une tâche de dépollution ou d'élimination pour les organisations de déminage/dépollution. Elles représentent potentiellement un danger significatif pour les populations locales ; leur dépollution et leur élimination réalisées de manière sûre est une tâche technique particulièrement complexe. Néanmoins, des procédures simples peuvent significativement réduire le risque pour les populations locales pendant que la méthodologie de dépollution et d'élimination est élaborée.

Un des systèmes au propergol liquide typiquement rencontré lors des programmes de dépollution est le moteur des missiles russes SA-2 'Guideline'. (Le système mère est présenté en photographie sur la couverture). D'autres systèmes récemment rencontrés dans des situations post-conflit sont les SS1-SCUD et leurs variantes, les HY-2 SILKWORM, les STYX et les AS-9 KYLE.

Les organisations de déminage/dépollution peuvent rencontrer des émanations, des vapeurs ou des résidus dangereux provenant de systèmes au propergol liquide en :

- a) étant sous le vent des restes d'une attaque contre des cibles au cours de laquelle des carburants et des produits chimiques ont été relâchés, et continuent à être lentement relâchés, dans l'atmosphère ;
- b) participant à des mouvements d'hélicoptères sur, à proximité ou au dessus des objets dangereux ;

- c) ayant un contact physique au cours d'activités de reconnaissance ou de dépollution d'engins explosifs.

## 5. Raisons pour dépolluer les systèmes au propergol liquide

Il existe de nombreuses raisons pour lesquelles la dépollution de systèmes au propergol liquide peut être souhaitable dans une situation post-conflit. Celles-ci incluent de :

- a) réduire les risques pour la santé des êtres humains ;
- b) permettre l'élimination de munitions inutilisables ou instables ;
- c) sauvegarder l'environnement ;
- d) permettre la dépollution environnementale de la zone.

## 6. Propergols liquide

Les propergols liquides sont encore utilisés dans certains moteurs de fusée, et se divisent en deux catégories : les monergols et les biergols. Les monergols consistent en un composé unique, même si certains nécessitent l'ajout d'un catalyseur. Ils possèdent une faible impulsion spécifique<sup>4</sup> et tendent à être utilisés essentiellement dans les moteurs des petites fusées, tels que les propulseurs d'appoint ou dans les générateurs à gaz. Ils ne sont pas adaptés pour être une source de propulsion principale pour une munition et ne seront donc plus étudiés ici.

Les biergols contiennent un carburant et un comburant séparés.

Les munitions de l'OTAN contenant des propergols liquides portent souvent l'inscription **LPA** (Liquid Propellant Activated : activé par propergol liquide).

### 6.1 Biergols liquides

Les biergols utilisent une combinaison d'un **carburant** et d'un **comburant** liquides. Ils sont contenus dans des réservoirs séparés à l'intérieur de la munition et sont injectés dans une chambre à combustion où ils entrent en contact et réagissent violemment, produisant du gaz chaud utilisé pour la propulsion.

La plupart des biergols militaires s'enflamment spontanément une fois mélangés ; on les nomme « hypergoliques ». Ceux qui nécessitent un système de mise à feu séparé sont appelés « non-hypergoliques ».

Les biergols peuvent être subdivisés en '**stockables**', dont les composants sont liquides en conditions ambiantes et en '**cryogéniques**' dont les composants doivent être refroidis vers une basse température puis mis sous pression pour les forcer à passer à l'état liquide. Ces derniers ne sont pas utilisés par les systèmes militaires car ils ne peuvent être maintenus dans un état de fonctionnement immédiat.

#### 6.1.1 Carburants

Les combustibles les plus susceptibles d'être rencontrés dans les MNE ou les stockages sont :

- a) Le kérosène ;
- b) Le Diméthylhydrazine asymétrique (UDMH)  $((\text{CH}_3)_2\text{N-NH}_2)$  ;

<sup>4</sup> Cela peut se définir comme le taux de poussée par unité de masse de propergol brûlé. Idéalement ce taux devrait rester constant pour un propergol donné. Il s'agit d'un paramètre de performance important.

- c) Le monométhylhydrazine (MMH)<sup>5</sup> ((CH<sub>3</sub>)NH-NH<sub>2</sub>) ;
- d) le triéthylamine/xylidine<sup>6</sup>.

Les hydrazines sont des liquides huileux incolores dégageant une odeur d'ammoniaque ou de poisson.

### 6.1.2 Comburants

Les comburants les plus susceptibles d'être rencontrés dans les MNE ou les stockages sont :

- a) l'acide nitrique rouge fumant (RFNA) ;
- b) l'acide nitrique rouge fumant inhibé (IRFNA)<sup>7</sup> ;
- c) le tetroxyde de dinitrogène.

**AVERTISSEMENT 1** : l'inhibiteur dans l'IRFNA est l'acide hydrofluorique, qui a pour but de protéger le contenant contre la corrosion causée par l'acide nitrique rouge fumant (RFNA). Dans certains systèmes, cet inhibiteur n'est pas présent ; ces systèmes deviennent alors encore plus dangereux en cas de stockage sur une longue période s'ils sont remplis.

## 7. Risques

Les risques posés par les systèmes au biergol liquide sont très variés et complexes. Pour mémoire, ils sont résumés en annexe C. Le missile lui-même posera aussi des risques explosifs majeurs si l'ogive est toujours intacte.

## 8. Méthodologie de dépollution

Les questions plus techniques concernant la méthodologie de dépollution sont abordées en annexe D.

Les mesures minimales qu'un responsable de programme d'action contre les mines devrait prendre pour protéger ses agents et la communauté des effets potentiels, quand un missile rempli de propergol liquide a été identifié, sont les suivantes :

- a) rapporter l'information au responsable de programme, qui informera le personnel de manière appropriée ;
- b) avertir son propre personnel, le personnel de sensibilisation au risque des mines (ERM) et l'autorité nationale de l'action contre les mines de la présence de ce type de danger ;
- c) faire signaler, clôturer et marquer la zone sur un rayon de 100m autour du missile par du personnel portant des ensembles de protection décrits dans le paragraphe 9 ci-dessous ;
- d) évaluer, en se plaçant dans le pire des cas, la zone potentielle de danger sous le vent (un logiciel capable de déterminer une telle zone peut être obtenu auprès d'entreprises telles que Bruhn Newtech (<http://www.bruhn-newtech.com/>)) ;
- e) ne pas toucher le système tant que le programme n'a pas déployé de personnel correctement qualifié<sup>8</sup> et avertir tout le personnel du fait que les capteurs dans le nez ou

<sup>5</sup> Utilisé avec du tetroxyde de dinitrogène

<sup>6</sup> Communément appelé TONKA.

<sup>7</sup> Dans certaines occasions, il est possible qu'il soit fait référence à un dérivé du IRFNA, connu sous le nom de 'mélange'.

dans les flancs de l'ogive peuvent toujours réagir à un signal radar ou infrarouge tel que celui émis par un petit véhicule ;

- f) si du personnel qualifié n'est pas immédiatement disponible, essayer de déterminer où il est possible d'en trouver et solliciter son aide par l'intermédiaire de l'UNMAS ; et
- g) une fois que le personnel correctement qualifié est disponible, développer une méthodologie de dépollution et d'élimination appropriée en étroite coopération avec ce personnel.

## 9. Equipement

### 9.1 Equipement individuel de protection (EIP)<sup>9</sup>

L'EIP suivant devrait être considéré comme le minimum pour équiper le personnel marquant le missile, et pour le technicien NEDEX ou le personnel qualifié durant la phase de reconnaissance approfondie, jusqu'à ce que la présence de biergol liquide puisse être définitivement écartée :

- a) des gants intérieurs en coton ;
- b) des gants extérieurs épais en PVC de qualité industrielle ;
- c) un masque respiratoire ;
- d) une sur-combinaison et des sur-bottes de protection résistant aux gaz et aux liquides.

**AVERTISSEMENT 2 : Ce niveau de protection n'est valable que pour une inspection visuelle. Il ne fournira pas une protection complète contre tout contact avec le biergol liquide.**

Le but de cet EIP devrait être de fournir une protection complète contre les inhalations de vapeur ou leur contact avec la peau. Les responsables qui ne seraient pas en mesure d'obtenir un équipement militaire devraient avoir recours aux meilleurs matériaux possibles et faire appel à leur ingéniosité pour satisfaire ces exigences.

Si la présence de biergol liquide était confirmée dès le début, ou si des opérations physiques sur la munition ou sur le réservoir de stockage étaient prévues, un appareil respiratoire isolant en circuit fermé et des combinaisons étanches au gaz devraient être portés.

### 9.2 Appareil respiratoire

Les yeux sont particulièrement sensibles aux agressions chimiques et la présence de toute vapeur toxique ou irritante, d'émanation ou de brume impliquera qu'une protection oculaire adéquate soit disponible. Il existe de nombreux appareils respiratoires individuels dans le commerce, qui fournissent une protection adéquate contre une contamination par les particules, MAIS qui peuvent très bien ne pas être adaptés pour protéger des vapeurs, émanations et brumes.

Certains appareils respiratoires équipés de filtre à charbon actif peuvent aussi fournir une protection contre les vapeurs toxiques. Toutefois, dans le cas des biergols liquides, il est fortement recommandé d'utiliser des appareils respiratoires isolants en circuit fermé pour TOUT travail dans une zone contaminée par du biergol liquide. De tels systèmes devraient être d'un type approuvé par une organisation nationale de santé et de sécurité.

<sup>8</sup> Des conseils peuvent être obtenus auprès du service de l'action antimine des nations unies (UNMAS) ou auprès du CIDH-G sur les qualifications formelles ou l'expérience qui pourraient être souhaitables dans de tels cas.

<sup>9</sup> Cet EIP s'ajoute aux exigences en matière d'EIP présentées dans la NILAM 10.30.

## 10. Instructions en matière de sécurité

Les organisations de déminage/dépollution devraient s'assurer que tous leurs responsables, leur personnel administratif, leur personnel de déminage/dépollution et de soutien ont reçu des instructions quant aux dangers des systèmes à carburant liquide s'ils doivent se déplacer dans un environnement potentiellement dangereux. (Leur personnel NEDEX ou leur personnel spécifiquement qualifié devraient déjà avoir été formés aux risques des carburants liquides).

Les instructions de sécurité suivantes devraient être mises à disposition de ce personnel :

*Vous devez avoir conscience qu'il ne sera pas possible, sans instrument spécifique, de détecter s'il y a une fuite dans un système à carburant liquide endommagé. Les précautions suivantes devraient être respectées :*

- a) *ne pas entrer dans, ni grimper sur, un système à carburant liquide endommagé, ni s'attarder dans un rayon de 100m à moins que vous ne travailliez en coopération avec un technicien NEDEX ;*
- b) *si votre tâche exige que vous travailliez à moins de 100m, portez un masque facial, des gants et rabattez vos manches. Recouvrez toute coupure ou écorchure d'un pansement imperméable. Consacrez aussi peu de temps que possible à la tâche. Ne pas pénétrer la zone dangereuse sous le vent, et ne vous approchez pas à moins de 50m du système suspect ;*
- c) *ne mangez pas, ne buvez pas, ne fumez pas près d'un système à carburant liquide endommagé. Une fois votre tâche effectuée, lavez-vous et douchez-vous aussitôt que possible. Retirez vos vêtements extérieurs et si possible, remplacez-les. A défaut, envoyez-les à la blanchisserie. Ne mangez pas, ne buvez pas, ne fumez pas avant de l'avoir fait.*
- d) *si vous pensez avoir été exposé à des propergols liquides, informez votre équipe d'assistance médicale.*

## 11. Recommandations

### 11.1 Autorité nationale de l'action contre les mines

L'autorité nationale d'action contre les mines est responsable de l'identification et de la communication au profit de toutes les agences d'action contre les mines s'agissant de tout historique d'utilisation de systèmes à carburant liquide ; elle devrait être consciente des dangers que représentent de tels systèmes. L'autorité devrait chercher à obtenir autant d'informations que possible de la part des factions précédemment en guerre. L'autorité devrait avoir connaissance des présentes notes, et en mettre des exemplaires à disposition, grâce au centre national d'action contre les mines, au bénéfice de toutes les agences d'action contre les mines, y compris celles impliquées dans l'éducation aux risques des mines.

### 11.2 Organisations de déminage/dépollution

Le responsable de toute équipe d'action contre les mines devrait également avoir connaissance des présentes notes, et si l'utilisation de systèmes à carburant liquide est suspectée ou prouvée, il devrait inclure ces recommandations dans les POP. Le responsable doit aussi assurer la présence d'un personnel qualifié NEDEX, ou envoyer un membre du personnel suivre une formation spécifique sur les risques liés aux systèmes à carburant liquide. Si une autorité nationale d'action contre les mines ou un centre d'action contre les mines n'ont pas été établis, les responsables doivent établir entre eux un code de bonnes pratiques afin d'assurer la sécurité du personnel d'action contre les mines et des populations locales.

### **11.3 Personnel de déminage/dépollution**

Tout membre du personnel d'action contre les mines travaillant dans une zone potentiellement contaminée par du propergol liquide devrait faire tous les efforts possibles pour se maintenir hors de danger par l'utilisation consciencieuse d'équipement de protection, l'observation stricte des POP, et en faisant appel à son bon sens.

## **Annexe A** **(normative)** **Références**

Les documents ci-dessous, lorsqu'il y est fait référence dans le texte de cette note technique, doivent être considérés comme parties intégrantes du présent guide.

a) NILAM 04.10 Glossaire des termes et abréviations concernant l'action contre les mines.

Il est recommandé d'utiliser la version/édition la plus récente de ces références. Le service de l'action antimine des Nations Unies (UNMAS) conserve une copie de toutes les références utilisées dans cette note technique. Un registre des dernières versions/éditions des normes et références NILAM est archivé au service de l'action antimine des Nations Unies et peut être consulté sur le site web E-MINE du service de l'action antimine des Nations Unies web (<http://www.mineaction.org/>). Il est conseillé aux autorités nationales d'action contre les mines, aux employeurs et autres instances et organisations concernées de se procurer copie de ces textes avant de mettre en place un programme d'action contre les mines.

La dernière version des notes techniques peut aussi être consultée sur le site web E-MINE du service de l'action antimine des Nations Unies web (<http://www.mineaction.org/>).

## **Annexe B** (informative) **Termes, définitions et abréviations**

Pour un glossaire complet de tous les termes et définitions en usage dans les NILAM, voir la NILAM 04.10.

### **B.3**

#### **Carcinogène**

Une substance cancérigène (ou cancérologène)

### **B.4**

#### **Cateryols**

Moneryols qui se décomposent en présence d'un catalyseur.

### **B.7**

#### **Agents hémolytiques**

Agents qui peuvent attaquer, et contribuer à la destruction, des globules rouges.

### **B.8**

#### **Hypergoliques**

Biergols qui s'enflamment spontanément une fois mélangés.

### **B.9**

#### **CL50**

La concentration d'une substance qui, dans des conditions définies, est létale pour 50% de ceux qui y sont exposés. (CL : concentration létale)

### **B.10**

#### **Moneryols**

Proeryols qui se décomposent lorsqu'ils sont enflammés.

### **B.12**

#### **Percutané**

Pénétration de substances à travers la peau.

### **B.14**

#### **Œdème pulmonaire**

Accumulation d'une grande quantité de liquide dans les poumons.

### **B.16**

#### **Valeur Limite Seuil**

Niveau maximum de concentration d'une substance toxique dans l'air qui, sous certaines conditions, est considérée comme acceptable pour l'exposition de travailleurs industriels.

### **B.17**

#### **Toxicité**

La capacité d'une substance à occasionner des dommages sur un organisme cible.

## **Annexe C** **(informative)** **Risques**

### **C.1 Généralités sur les risques liés aux NEDEX**

- a) les propergols liquides sont particulièrement dangereux dans les munitions non explosées, dont l'état de dégradation ou le mauvais entretien peuvent entraîner des fuites. Ceci peut également entraîner un risque de vapeurs emportées par le vent ;
- b) le point d'ébullition de l'UDMH (diméthyle hydrazine asymétrique) n'est que de 63°C. Ce facteur peut devenir significatif dans des climats très chauds ;
- c) afin d'éviter d'être détecté par leurs capteurs et fusées de proximité, les missiles non explosés ne devraient pas être approchés par l'avant. De la même façon, les capteurs de proximité latéraux devraient être identifiés et évités ;
- d) les fusées d'impact peuvent être situées à l'extérieur, par exemple sur le bord d'attaque des ailerons ;
- e) porter attention à la présence d'ogives à effet HEAT (High Explosive Anti Tank : antichar hautement explosif) et aux systèmes à fragmentation directionnelle ;
- f) le venturi du moteur-fusée devrait être une préoccupation majeure durant la destruction par explosion. A moins que lui aussi ne soit détruit, il y a un risque de début de propulsion du missile, bien que de façon balistiquement instable ; et/ou
- g) les assemblages de batteries thermiques peuvent contenir du gaz sous forte pression ou du propergol.

### **C.2 Toxicité<sup>10</sup>**

#### **C.2.1 Généralités**

En plus de leur risque significatif de combustion ou d'explosion spontanée, beaucoup de propergols liquides sont hautement toxiques ou corrosifs. Des vêtements de protection et des appareils de respiration sont exigés lorsqu'on travaille à proximité d'hydrazine, d'UDMH, d'IRFNA (acide nitrique rouge fumant inhibé) ou de peroxyde d'hydrogène dès une concentration de 5 parties par millions (ppm).

Pour n'importe quelle substance, le risque toxique dépend de :

- a) la toxicité de la substance ;
- b) la durée de l'exposition ;
- c) l'intensité de l'exposition.

Les principales manières dont les substances toxiques peuvent pénétrer dans le corps sont :

- a) par ingestion<sup>11</sup> ;

<sup>10</sup> La toxicité peut être définie comme la **capacité d'une substance à occasionner des dommages sur un organisme cible.**

- b) par voie percutanée<sup>12</sup> ;
- c) par l'œil ; et/ou
- d) par inhalation.

### C.2.2 Toxicité et niveau de risque

La seule toxicité d'un composé n'est pas nécessairement un bon indice du niveau de risque qu'il peut impliquer au cours des opérations NEDEX. Dans le cas des vapeurs contaminantes, la volatilité du composé d'origine doit être prise en compte.

En pratique, un composé plus volatile peut poser un risque plus grand qu'un composé plus toxique mais moins volatile ; ceci parce qu'il y aura davantage du composé à plus grande volatilité présent dans l'atmosphère locale à une température ambiante donnée.

Il n'existe pas de méthode universellement reconnue pour quantifier le risque sur la base à la fois de la volatilité et de la toxicité, mais une méthode simple utilise l'indice de risque (IR) :

$$\text{Indice de risque (IR)} = \text{Volatilité} / \text{dose toxique}$$

Pour illustrer le rapport entre toxicité, volatilité et risque, une comparaison a été faite entre l'UDMH et le MMH :

Composé	Pression de la vapeur à 25°C (mm Hg)(volatilité)	Indice de toxicité <sup>13</sup>	Indice de risque
Monométhylhydrazine (MMH)	49.6	74	0.67
Diméthylhydrazine asymétrique (UDMH)	156.8	252	0.62

L'UDMH a un indice de toxicité presque quatre fois inférieur (voir note 10 ci-dessus) que le MMH mais, du fait de sa plus grande volatilité (causé par une pression de vapeur beaucoup plus grande) l'indice de risque est presque le même.

**AVERTISSEMENT 3 : nous insistons sur le fait que l'indice de risque n'est pas un concept universellement reconnu, mais il présente un moyen sommaire utilisable de manière opérationnelle pour évaluer le risque relatif posé par différentes substances chimiques.**

### C.3 Hydrazines

Les dérivés d'hydrazine (MMH et UDMH) tendent à être des irritants locaux, des convulsivants et des agents hémolytiques<sup>14</sup> qui sont absorbés par le corps par toutes les voies d'absorption possibles. Ils sont presque tous suspectés de causer le cancer chez l'être humain.

L'hydrazine elle-même est un violent irritant de la peau et des muqueuses et un agent hémolytique modéré. Elle peut être absorbée par une peau **intacte**. Une exposition à sa vapeur occasionne :

- a) une irritation des yeux ;
- b) une congestion des poumons ;

<sup>11</sup> mangé ou avalé.

<sup>12</sup> Pénétration d'une substance par la peau.

<sup>13</sup> La CL50 est « la concentration d'une substance qui, dans des conditions définies, est létale pour 50% de ceux qui y sont exposés ». Dans le cas présent, la CL50 vaut pour une période 4h.

<sup>14</sup> Agents qui peuvent attaquer, et contribuer à la destruction, des globules rouges.

- c) des convulsions du système nerveux.

Des effets similaires sont observés lors d'une contamination à l'UDMH, mais le composé est moins irritant pour la peau, avec une toxicité percutanée réduite. Sa toxicité orale est moindre que celle de l'hydrazine mais la toxicité aiguë de sa vapeur est plus grande. **Le risque est donc plus grand en cas de contamination atmosphérique localisée.**

La conférence gouvernementale américaine des hygiénistes du travail (ACGIH) est un organe consultatif qui établit des normes pour les valeurs limites seuils (VLS)<sup>15</sup>. Ces normes sont similaires aux limites d'exposition professionnelle (OEL) définies par les services de santé et de sécurité du Royaume-Uni (SSSRU), qui bien qu'elles soient préférées sur le plan international, ne publient pas de limite pour l'UDMH ou le MMH. Ainsi les valeurs limites seuils doivent être utilisées :

COMPOSE	VLS		REMARQUES
	ppm	mg.m <sup>-3</sup>	
Hydrazine	0.1	0.10	OEL (SSSRU) = 0.10 mg.m <sup>-3</sup> . Identique à la VLS.
MMH	0.2	0.35	
UDMH	0.5	1.00	

## C.4 Réduction des risques

La réduction des risques dans le cas d'un travail dans un environnement contaminé par des biergols liquides ne consiste pas uniquement à adopter les procédures opérationnelles appropriées et les équipements de protection individuels adaptés. Les mesures suivantes sont également essentielles :

- a) éducation des employés ;
- b) contrôle régulier de l'environnement de travail ;
- c) mise en place d'un plan d'urgence ;
- d) gestion des emplois du temps pour réduire l'exposition ;
- e) contrôle médical fréquent de la santé du travailleur.

## C.5 Conseils et responsabilités internationales

Des conseils sur la sécurité et l'élimination des déchets chimiques peuvent être obtenus auprès de :

Programme des Nations-Unies pour l'Environnement (UNEP)  
Unité de réponse d'urgence  
Avenue des Nations-Unies, Gigiri  
PO Box 30552,  
Nairobi  
Kenya

Tel: (254-2) 621234

Fax: (254-2) 624489/90

Email: UNEP Webmaster

[http://www.unep.org/PolicyDivision/emergency\\_response.html](http://www.unep.org/PolicyDivision/emergency_response.html)

<sup>15</sup> La valeur limite seuil est le « niveau maximum de concentration d'une substance toxique dans l'air qui, sous certaines conditions, est considérée comme acceptable pour l'exposition de travailleurs industriels ».

Organisation Mondiale de la Santé (OMS)  
Avenue Appia 20  
1211 Genève 27  
Suisse

Tel: (+41) (22) 791 2599

Fax: (+41) (22) 791 3111

E-Mail: [inf@who.int](mailto:inf@who.int)

<http://www.who.int/m/healthtopics-a-z/en/index.html>

## Annexe D (informative) Méthodologie de dépollution

### D.1 Détection d'une contamination au biergol liquide

Les systèmes de pompage<sup>16</sup> et d'échantillonnage commerciaux, les moniteurs et les détecteurs ont la capacité d'indiquer la présence de fumées ou de vapeurs de biergol.

Pour les carburants, les entreprises<sup>17</sup> suivantes peuvent fournir des systèmes adaptés :

- a) Casella limited (<http://casella.co.uk/>) (avec des tubes Tenax<sup>18</sup>)
- b) Dräger<sup>19</sup>

Pour les comburants, les systèmes Dräger sont également très adaptés.

### D.2 Protection personnelle

#### D.2.1 Equipe médicale

Une équipe médicale correctement équipée et qualifiée doit être présente durant les opérations dans toutes les zones suspectées d'être contaminées par des biergols liquides.

#### D.2.2 Victimes

Les autorités médicales appropriées doivent être averties de toute victime déplorée dans une zone contaminée par des biergols liquides.

#### D.2.3 Périodes sûres de travail

Le personnel portant des combinaisons étanches au gaz et un appareil respiratoire isolant ne devrait pas travailler plus de 30 minutes d'affilée, afin d'être protégé des coups de chaleur.

### D.3 Détection, échantillonnage et élimination

**AVERTISSEMENT 4 : la méthodologie pour opérer dans de tels environnements dangereux dépendra de la formation des équipes et des responsables. Voici une proposition de méthodologie basée sur des opérations passées. Toute opération planifiée dans un tel environnement devrait être répétée concrètement avant de lancer l'opération en condition réelle. Cette méthodologie ne contredit pas le besoin de développer et d'appliquer des POP détaillées.**

<sup>16</sup> Des systèmes militaires, tels que le contrôleur d'agents chimiques utilisé par certains pays membres de l'OTAN, détectent l'IRFNA et donnent des lectures très précises. Malheureusement, l'IRFNA est censé endommager les composants internes sensibles de ces appareils s'il se trouve pendant plus de quelques secondes à proximité du système. C'est pourquoi ce dernier est inadapté, sauf en cas de véritable urgence.

<sup>17</sup> Ces entreprises sont mentionnées à titre illustratif seulement. L'ONU ou le CIDHG ne recommandent ni ne plébiscitent leurs produits en les mentionnant dans cette note technique. L'autorité nationale d'action contre les mines devrait acheter de tels systèmes conformément à ses propres lignes directrices nationales.

<sup>18</sup> <http://www.skinc.com/tubes/tenax.html>

<sup>19</sup> Une recherche internet indiquera de nombreux fournisseurs du matériel Dräger.

### D.3.1 Détection

Un point de contrôle de l'incident (PCI) devrait être établi dans une zone située dans la direction opposée au vent par rapport à l'emplacement suspect. Dès l'arrivée, un échantillon d'air devrait être prélevé en utilisant l'équipement de test approprié.

Si le résultat est clair, une prévision des risques encourus sous le vent devrait être faite en utilisant la méthodologie appropriée (un logiciel capable d'une telle prédiction peut être obtenu auprès d'entreprises telles que Bruhn Newtech (<http://www.bruhn-newtech.com/>)).

Si les conditions sont favorables, les opérations peuvent commencer, mais tous les moyens disponibles doivent toujours rester dans la direction opposée à celle du vent par rapport à l'emplacement suspect, et la zone de danger prévue sous le vent doit être évacuée.

Une « ligne de sécurité » doit être établie au PCI et clairement marquée. Aucun membre du personnel ne doit franchir la « ligne de sécurité » sauf s'il est complètement équipé d'une combinaison étanche au gaz et d'un appareil respiratoire isolant.

Un poste de décontamination doit être établi du côté sûr de la « ligne de sécurité ». En plus de l'équipe de décontamination, on doit y trouver deux personnes, disposant d'une combinaison étanche au gaz et d'un appareil respiratoire isolant, afin d'assister les équipes de travail durant une évaluation d'urgence.

L'équipe de travail devrait être constituée au minimum de trois personnes en permanence. L'opérateur chargé de la détection ou de l'échantillonnage devrait à tout moment être supervisé par un autre membre de l'équipe. Le troisième membre devrait agir en tant que superviseur de la sécurité, à une distance sûre de la zone de travail.

Le superviseur de sécurité devrait être en position de surveiller tous les autres membres de l'équipe et être en communication permanente avec le PCI. Si la communication venait à être perdue, tous les membres de l'équipe devraient retourner au PCI.

Toute personne retournant au PCI doit passer par un bain de pieds et être décontaminée au poste de décontamination avant de retraverser la « ligne de sécurité » pour rejoindre le côté sûr du PCI.

**AVERTISSEMENT 5 :** Aucun équipement ou vêtement utilisé dans la détection ou l'échantillonnage du carburant ne doit être utilisé dans les opérations de détection ou d'échantillonnage du comburant, et vice versa. Le contact entre les deux équipements devrait être évité en raison du risque de réaction hypergolique.

### D.3.2 Echantillonnage de l'air

La méthodologie appropriée pour l'équipement devrait être mise en place.

### D.3.3 Echantillonnage des liquides

Il s'agit d'une tâche très complexe qui ne devrait être entreprise que par du personnel spécialement formé. Il est hautement recommandé de la sous-traiter auprès d'une entreprise ayant une expérience dans la gestion des déchets dangereux et toxiques.

### D.3.4 Elimination

Il s'agit d'une tâche très complexe qui ne devrait être entreprise que par du personnel spécialement formé. Il est hautement recommandé de la sous-traiter auprès d'une entreprise ayant une expérience dans la gestion des déchets dangereux et toxiques.

Durant la dépollution de zone au Koweït en 1991-1992, certaines organisations éliminèrent des biergols liquides par déflagration ou détonation. Ceci devrait être considéré uniquement comme une mesure d'urgence à n'utiliser qu'en dernier recours. Les facteurs suivants devraient être pris en considération :

- a) suffisamment d'explosif ou de carburant devrait être utilisé pour garantir que les conditions de « sur-destruction massive » sont réunies ;
- b) un risque de contamination par la vapeur de la zone sous le vent reste probable, c'est pourquoi des prévisions devraient être faites et des précautions devraient être prises ;
- c) une fois toutes les explosions et tous les brûlages terminés, le site pourrait toujours être toxique. Ainsi, les exigences en matière de port de combinaisons étanches au gaz et d'appareils respiratoires isolants s'appliquent toujours pour la dépollution finale.