

## NOTE TECHNIQUE 9.30/04

Version 1.0

---

# Systemes d'explosif par aerosol (FAE)

---



## 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) : © USA BLU-72/B, Koweït, © P Blagden 1991.

## Table des matières

Table des matières .....	iii
Avant-propos.....	iv
Introduction .....	v
Systèmes d'explosif par aérosol (FAE).....	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 FAE.....	2
6. Systèmes actuels.....	2
6.1 Développement.....	2
6.2 Munitions à effet de souffle amélioré et munitions thermobariques.....	2
6.3 Armement.....	2
6.4 Systèmes FAE.....	3
7. Explosifs par aérosol (FAE).....	5
7.1 Introduction.....	5
7.2 Performance des systèmes FAE.....	5
7.3 Equivalence avec le TNT.....	6
7.4 Effets de souffle.....	6
7.5 Limites inférieures et supérieures d'explosivité (LIE et LSE).....	7
7.6 Mise à feu par explosif.....	7
7.7 Mise à feu par moyen chimique.....	7
7.8 Formation et dispersion du nuage.....	8
8. Risques.....	8
8.1 Risques liés aux NEDEX.....	8
8.2 Conseils et responsabilités internationales.....	9
9. Lignes directrices sur les procédures de mise en sécurité.....	9
9.1 Attaque à l'aide d'une charge creuse.....	9
9.2 Attaque à l'aide d'un disque balistique.....	10
9.3 Destruction par détonation.....	10
9.4 Autres options.....	10
10. Equipement.....	10
10.1 Equipement individuel de protection (EIP).....	10
10.2 Appareil respiratoire.....	11
11. Instructions en matière de sécurité.....	11
12. Recommandations.....	11
12.1 Autorité nationale de l'action contre les mines.....	11
12.2 Organisations de déminage/dépollution.....	12
12.3 Personnel de déminage/dépollution.....	12
Annexe A.....	13
Annexe B.....	14
Annexe C.....	15
C.1 Armes à effet de souffle amélioré (AESA).....	15
C.2 Munitions thermobariques.....	15
Annexe D.....	16

## Avant-propos

Les pratiques de gestion et les procédures opérationnelles de l'action contre les mines sont en constante évolution. Des améliorations sont faites et des changements sont nécessaires de manière à augmenter la sécurité et la productivité. Les changements peuvent venir de l'introduction de nouvelles technologies, en réponse à un nouveau type de menace par mine ou MNE (Munition Non Explosée), ainsi que de l'expérience acquise sur le terrain et des leçons apprises dans d'autres projets et 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 l'information technique sur des thèmes spécifiques importants, particulièrement ceux en lien avec la sécurité et la productivité. Les Notes Techniques complètent les questions et principes plus larges abordés dans les Normes Internationales de L'Action contre les Mines (NILAM).

Les Notes Techniques ne sont pas rédigées formellement avant leur publication. Elles reposent sur l'expérience pratique et l'information ouverte. Au fil du temps, certaines Notes Techniques peuvent être « promues » au rang de NILAM à part entière, alors que d'autres peuvent être retirées si elles ne sont plus pertinentes ou si elles sont remplacées par des informations plus récentes.

Les Notes Techniques ne sont ni des documents légaux, ni des NILAM. Il n'y a aucune exigence légale d'accepter les conseils fournis par une note technique. Elles sont purement consultatives et ont uniquement pour but de compléter les connaissances techniques ou de fournir des directives complémentaires sur la mise en œuvre des NILAM.

Les Notes Techniques sont compilées par le Centre International de Déminage Humanitaire de Genève (CIDH-G) sur demande du Service de lutte antimine des Nations Unies (UNMAS) en soutien de la communauté internationale de l'action contre les mines. Elles sont publiées sur le site internet de la James Madison University (<http://www.hdic.jmu.edu/>) et sur le site du CIDH-G (<http://www.cichd.org/>).

## Introduction

Il y a eu plusieurs occasions au Koweït impliquant la nécessité de mettre des systèmes FAE en sécurité ou de certifier qu'ils pouvaient être déplacés en sûreté. De plus, il existe des preuves qui suggèrent que de tels systèmes ont été plus récemment déployés et utilisés en Tchétchénie.

Cette note technique a été rédigée comme un document consultatif pour rappeler, ou présenter aux responsables de l'action contre les mines et au personnel de terrain les principaux dangers des systèmes FAE. Cette note technique fournit des lignes directrices pour l'établissement de procédures et d'environnements opérationnels sûrs. Elle fournit aussi des lignes directrices (inspirées de principes de base) pour la formulation d'une procédure de mise en sécurité ; toutefois, les conseils techniques appropriés devraient également être recherchés systématiquement.

La dépollution des systèmes FAE ne devrait 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.

# Systèmes d'explosif par aérosol (FAE<sup>1</sup>)

## 1. Domaine d'application

Cette note technique fournit des lignes directrices pour l'identification des risques et pour l'établissement de procédures et d'environnements opérationnels sûrs concernant les systèmes FAE qui pourraient être trouvés au cours d'opération de déminage/dépollution dans un environnement post-conflit permissif.

## 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 alors partie intégrante des dispositions de celle-ci.

## 3. Termes et définitions

Une liste des termes et définitions utilisés dans la présente norme 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) ainsi que 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

Des conflits récents ont connu l'utilisation de systèmes FAE par des forces armées pour la destruction de concentrations de forces terrestres. Les conséquences de l'utilisation de telles munitions demeurent et pourraient représenter une tâche de dépollution pour les organisations de déminage/dépollution au Koweït et au Vietnam<sup>2</sup> (il est confirmé que de telles armes n'ont pas été utilisées en Afghanistan en 2001). Néanmoins, de tels systèmes ont fort probablement été déployés dans bien d'autres régions opérationnelles.

---

<sup>1</sup> Parfois aussi dénommés FAX

<sup>2</sup> Elles pourraient aussi avoir été utilisées au Laos.



Figure 1 : distributeur SUU-19/B du CBU-72B américain  
(avec l'aimable autorisation de « <http://fas.org/man/dod-101/sys/dumb/cbu-72.htm> »)

## 5. Raisons pour dépolluer les dangers liés aux systèmes FAE

Il existe de nombreuses raisons pour lesquelles la dépollution des dangers liés aux systèmes FAE peut être souhaitable dans une situation post-conflit. Celles-ci comprennent :

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

## 6. Systèmes actuels

### 6.1 Développement

Les armes FAE représentent un développement relativement récent dans le domaine de l'armement. La technologie des armes FAE fut d'abord développée par le centre des armements navals des Etats-Unis à China Lake en Californie, et ce travail a débouché sur la normalisation de la première vraie arme FAE opérationnelle, la bombe à sous-munition (Cluster Bomb Unit : CBU) 55/B, dont il fut fait un usage extensif au Vietnam. Ce programme fut inspiré par le premier emploi opérationnel des FAE au Vietnam, qui consistait en l'utilisation de boîtiers d'oxyde d'éthylène pour la dépollution de champs de mines par le corps des Marines américain en 1967. (Pour un court exemple filmé de l'efficacité des munitions à FAE, consulter <http://nawcwpns.navy.mil/cimf/faeseg.htm>!).

### 6.2 Munitions à effet de souffle amélioré et munitions thermobariques

La confusion est parfois faite entre les systèmes FAE et d'autres systèmes ayant des effets similaires. Les différences sont expliquées en annexe C.

### 6.3 Armement

La conception et la fabrication des armes FAE sont axées sur le défi de réaliser le bon mélange carburant/air et de l'amorcer ensuite au bon moment. Une munition FAE typique pourrait être un cylindre à base circulaire, dont la longueur ferait 2 à 3 fois le diamètre, rempli de carburant et conçu pour exploser à une hauteur optimale au dessus du sol. Une charge explosive de 1 à 2% du poids du carburant est située dans un tube le long de l'axe central de la bombe. Le ratio entre la masse de la charge de dispersion et celle du carburant a peu d'effet sur les dimensions du nuage résultant dès lors

que ce ratio dépasse 1:40. Le but de cette charge est d'ouvrir le réservoir et de distribuer le carburant en un nuage d'un volume suffisant pour qu'il contienne assez d'oxygène pour garantir une mise à feu complète. Ce volume est déterminé par la quantité de carburant utilisé et par la façon dont il réagit chimiquement.

Si la munition FAE contient un carburant liquide, la charge dispersera aussi le liquide sous forme d'aérosol afin qu'il puisse être détonné. Il s'agit d'une fonction cruciale, car la taille des particules et leur distribution influence la détonabilité du carburant.

Idéalement, le carburant est détonné lorsque le nuage atteint le diamètre exact pour le ratio stœchiométrique optimal. Ensuite, un deuxième détonateur, préalablement projeté dans le nuage, initie l'explosion. Cette explosion n'est pas initiée par le fonctionnement du premier détonateur, car le carburant n'est pas sous la forme d'un aérosol qu'on puisse faire exploser quand il est dans le corps de l'arme ; ce qui présente des avantages pour les procédures NEDEX de mise en sécurité. Le délai entre la dispersion et la mise à feu étant de l'ordre de 150 ms (0,15 s), les conditions météorologiques locales ont peu d'influence sur la formation du nuage.

L'expansion du nuage après mise à feu est affectée par les forces aérodynamiques agissant sur les gouttelettes qui sont progressivement fragmentées jusqu'à ce que l'expansion du nuage cesse et qu'un nuage en forme de « crêpe » se soit distinctement formé. La vaporisation de ces gouttelettes intervient surtout quand elles ont été chauffées par l'arrivée de l'onde de choc ou de la première flamme suivant la mise à feu.

La sécurité est une question importante dans l'armement d'un FAE. Des facteurs tels que la toxicité, la corrosivité, la stabilité, l'inflammabilité, l'explosibilité du carburant doivent tous être pris en compte. La sélection du carburant représente inévitablement un compromis entre les différents facteurs, et le tableau suivant illustre quelques unes des questions de sécurité à considérer pour les carburants des FAE :

SER	CARBURANT	CORROSIF	INFLAMMABLE	EXPLOSIF	TOXIQUE
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)	(f)
1	Poudre d'aluminium	Non	Non	Non	Non
2	Décane	Non	Oui	Non	Non
3	Oxyde d'éthylène	Non	Oui	Non (liquide)	Oui
4	Kérosène	Non	Oui	Non	Non
5	Oxyde de propylène	Non	Oui	Non	Non

Tableau 1 : Considérations en matière de sécurité pour les carburants des FAE.

## 6.4 Systèmes FAE

Des exemples de systèmes à FAE, accompagnés de leur statut opérationnel actuel, sont présentés ci-dessous<sup>3</sup> :

SER	SYSTEME	PAYS	MOYEN DE LIVRAISON	REMARQUES
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
1	CBU-55/B	USA	Largué par voie aérienne	Opérationnel Contient 3 BLU-55/B ?
2	CBU-72	USA	Largué par voie aérienne	Opérationnel Contient 3 BLU-73/B Rempli d'oxyde d'éthylène
3	BLU-64/B	USA	Largué par voie aérienne	Carburant : hydrocarbure

<sup>3</sup> Les sources utilisées sont :

- 1) Jane's Defense ;
- 2) <http://www.hrw.org/press/2000/02/chech0215b.htm>;
- 3) <http://www.fas.org/man/dod-101/sys/dumb/fae.htm>

4	BLU-72/B	USA	Largué par voie aérienne	Pave pat : rempli de propane Pave pat II : rempli d'oxyde d'éthylène
5	BLU-73/B	USA	Bombelette	Rempli d'oxyde d'éthylène
6	BLU-95/B	USA	Largué par voie aérienne	500 Lb Rempli d'oxyde de propylène
7	BLU-96/B	USA	Largué par voie aérienne	2000 Lb Rempli d'oxyde de propylène
8	FAACB (Fuel/air aero cargo bomb)	CHINE	Largué par voie aérienne	Opérationnel Conception similaire à la série 1
10	KAB-500KrOD	RUSSIE	Largué par voie aérienne	guidé par TV
11	ODAB-500PM	RUSSIE	Largué par voie aérienne	
12	ODS-OD BLU Dispenser	RUSSIE	Largué par voie aérienne	Contient 8 CBU
13	Roquette de 80mm S-8D (S-8DM)	RUSSIE	Livré par voie aérienne	
14	Roquette de 122mm S-13D	RUSSIE	Livré par voie aérienne	
15	Roquette AS-11	RUSSIE	Livré par voie aérienne	Non confirmé
16	Roquette AS-12	RUSSIE	Livré par voie aérienne	Non confirmé
17	SPLAV 220mm BM 9P 140 Uragan MLRS	RUSSIE	Système de lancement de roquettes multiples	Peut-être aussi connu sous le nom de TOS-1 220mm MLRS ?
18	NORINCO 305mm FAE Minesweeping MLRS	CHINE	Système de lancement de roquettes multiples	Opérationnelle
19	SLUFAE surface launched unit FAE	USA	Système de lancement de roquettes multiples	À l'essai uniquement Désormais abandonné
20	SHTURM ATGM	RUSSIE	Lancé par hélicoptère	ATGM
21	KORNET-E LRATGM	RUSSIE	Lancé depuis le sol	
22	CATFAE Catapult launched FAE	USA	Catapulté	Essais et développement Statut opérationnel non défini

Tableau 2 : Présentation et statut opérationnel des armes FAE

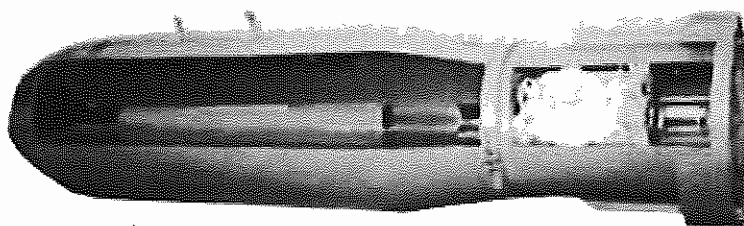


Figure 2 : Bombe russe ODAB-500PM FAE  
(© Jane's EOD, 2001)

## 7. Explosifs par aérosol (FAE<sup>4</sup>)

### 7.1 Introduction

Les FAE se distinguent des autres explosifs concentrés conventionnels parce qu'ils ne contiennent que du carburant et n'embarquent pas leur propre oxygène. Pour initier l'explosion, le carburant est mélangé à l'air atmosphérique ambiant, en utilisant souvent un dispositif de dispersion à explosif concentré, et quand le mélange est achevé, la mise à feu est obtenue grâce à un allumage ou une explosion retardé.

Il existe de nombreux carburants utilisables pour les FAE, mais des considérations pratiques telles que la sécurité réduisent rapidement la liste des options. La liste non classée des carburants pour FAE n'est pas longue, et les hydrocarbures sont les plus nombreux. Le tableau suivant présente la liste de quelques carburants possibles, qui ont démontré expérimentalement leur efficacité, et compare leur production d'énergie avec celle du TNT<sup>5</sup> :

SER	CARBURANT	ENERGIE/UNITE DE MASSE (kcal/g)	ENERGIE/UNITE DE VOLUME (kcal/cm <sup>3</sup> )	REMARQUES
(a)	(b)	(c)	(d)	(e)
1	Décane	11.3	8.5	
2	Kérosène	10.2	8.2	
3	Oxyde de propylène	7.9	6.6	USAGE CONFIRME
4	Aluminium	7.4	11.0	Poudre d'aluminium
5	Oxyde d'éthylène	6.9	6.0	USAGE CONFIRME
6	TNT	1.1	1.6	

Tableau 3 : Comparaison énergie/unité de masse des FAE par rapport au TNT

A la lecture du tableau 3, il apparaît que les FAE, tels que ceux utilisant de l'oxyde de propylène ou d'éthylène, peuvent relâcher plus de quatre fois l'énergie produite par le TNT, bien que le temps de libération de cette énergie soit beaucoup plus court dans le cas du TNT.

### 7.2 Performance des systèmes FAE

L'absence de comburant implique qu'une plus grande part de la charge utile de l'arme peut être allouée au carburant. Ainsi une plus grande quantité d'énergie peut théoriquement être délivrée sur la cible pour une munition d'une charge utile donnée.

Compte tenu de la chaleur très élevée produite par l'explosion des carburants potentiels, ce gain d'énergie peut être jusqu'à 10 fois supérieur au TNT dans des conditions idéales. Toutefois, le fait que l'air ne contienne que 21% d'oxygène signifie que l'efficacité explosive des FAE est inférieure à 40%. Le nitrogène dans l'air dilue le dispositif et absorbe la chaleur, et une concentration constante de carburant dans l'atmosphère est difficile à obtenir dans les conditions opérationnelles. Ceci peut s'illustrer en comparant la chaleur produite par l'explosion des carburants potentiels à celle du TNT<sup>6</sup> :

SER	CARBURANT	CHALEUR produite par l'EXPLOSION (MJ/kg)	FACILITE DE MISE A FEU
(a)	(b)	(c)	(d)
1	Propane	38.0	80 Modérée
2	Ethylène (acétylène <sup>3</sup> )	5.0	13 Facile
3	Oxirane	21.0	2 Facile
4	Essence (en aérosol)	37.0	30 Modérée
5	Aluminium (poussière)	16.0	2000 Difficile
6	TNT	4.2	

Tableau 4 : Comparaison de la chaleur produite par l'explosion des FAE par rapport au TNT

<sup>4</sup> Cette section a été rédigée grâce aux notes des cours du département des systèmes explosifs et des munitions du Royaume-Uni, Cranfield RMCS.

<sup>5</sup> Source : Fuel Air Explosives, Weapons and Effects, *L Lavoie*, Military Technology, septembre 1989.

<sup>6</sup> Source : JSP 333, Services Textbooks and Explosives, chapitre 11, *UK MOD*, octobre 1990 (Amendement 6)

### 7.3 Equivalence avec le TNT

Le potentiel explosif d'un système FAE peut être exprimé en termes d'équivalent-poids en TNT ( $W_{TNT}$ ) :

$$W_{TNT} = (K \times W_F \times \Delta H_F) / \Delta H_{TNT}$$

où

K = efficacité de l'explosion  
 $W_F$  = poids du carburant  
 $\Delta H_F$  = chaleur produite par l'explosion du carburant  
 $\Delta H_{TNT}$  = chaleur produite par l'explosion du TNT

### 7.4 Effets de souffle

Les pressions et vitesses de détonation initiale des FAE sont bien moindres que celles d'un explosif conventionnel de même poids :

SER	TYPE	PRESSION DE LA DETONATION (bar)	VITESSE DE LA DETONATION (m.s <sup>-1</sup> )
(a)	(b)	(c)	(d)
1	TNT	190 000	6950
2	FAE	19	1800

Tableau 5 : TNT vs FAE, pression et vitesse de la détonation

C'est pourquoi les FAE ont un faible effet brisant ou cassant. Ils ont néanmoins d'autres avantages en matière de propagation du souffle. Les explosifs concentrés explosent à partir d'un point source, et la surpression chute rapidement au fur et à mesure qu'on s'éloigne de la charge. Au contraire, la source d'explosion des FAE est un large nuage (qui, pour une charge de 33kg, peut atteindre 30m de diamètre). Cela ne peut pas être considéré comme un point source et c'est pourquoi la surpression maximale diminue beaucoup plus lentement quand on s'éloigne du bord du nuage que dans le cas des explosifs concentrés :

SER	ETHYLENE (1 TONNE) / EXPLOSION DANS L'AIR	
	DISTANCE DU BORD DU NUAGE (m)	SURPRESSION (% DE L'EQUIVALENCE EN TNT)
(a)	(b)	(c)
1	10	50
2	20	139
3	50	374

Tableau 6 : surpression par rapport à la distance du bord du nuage de FAE

De plus, la durée de l'onde de choc est plus grande dans le cas des FAE que pour les explosifs concentrés, donc l'impulsion totale due aux FAE s'en trouve encore plus grande. Cela leur donne le potentiel de modifier davantage l'environnement.

Bien qu'à première vue la surpression plus faible obtenue des FAE que du TNT puisse apparaître comme un désavantage, des tests et l'utilisation opérationnelle ont prouvé leur efficacité contre le personnel<sup>7</sup>, contre des véhicules non blindés, des avions stationnés, et des déploiements d'antennes.

<sup>7</sup> Le seuil limite pour la rupture du tympan est approximativement de 2 bars ; les FAE produisent une pression lors de la détonation environ 10 fois supérieure !

## 7.5 Limites inférieures et supérieures d'explosivité (LIE et LSE)

Les explosions par aérosols ne peuvent se produire que si la concentration de carburant dans l'atmosphère se situe entre certaines valeurs. Dans le cas des explosions par déflagration, ces valeurs sont appelées limites inférieures et supérieures d'explosivité (LIE et LSE) ; dans cet intervalle, on trouve des limites plus étroites de détonabilité inférieures et supérieures (LID et LSD). Ceci présente des avantages pour les procédures de mise en sécurité, ce sur quoi nous reviendrons plus tard.

La plupart des carburants FAE sont dispersés par un dispositif explosif central, qui produit un nuage de gouttelettes et de vapeur qui se mélange à l'air ambiant. Le nuage subit alors une détonation, entre 0,1 et 5 secondes plus tard selon les systèmes. Durant cette période, il y a une certaine évaporation des gouttelettes et le mélange s'amplifie quand le nuage s'étend. Ceci amène d'importantes variations dans la concentration au sein du nuage, réduisant ainsi un peu plus l'efficacité. C'est pourquoi seuls les carburants ayant un grand écart entre LIE et LSE sont utilisés :

SER	CARBURANT	LIMITES D'EXPLOSIVITE (% volume dans l'air)	
		LIE	LSE
(a)	(b)	(c)	(d)
1	Ethyne	2	100
2	Oxirane	3	80
3	Ethylène	3	34
4	Méthane	5	14
5	Propane	2	10
6	Essence	2	8

Tableau 7 : Limites d'explosivité pour les carburants potentiels des FAE (énergie de mise à feu = 10J en conditions standards)

Si la concentration du carburant reste entre les limites de détonabilité, la transition de déflagration vers détonation peut se produire si le nuage de FAE est assez grand. Toutefois, la plupart des systèmes reposent sur un puissant booster explosif pour provoquer la détonation.

## 7.6 Mise à feu par explosif

Les systèmes FAE actuels sont équipés d'une amorce à deux étages. Le premier pour allumer le dispositif de dispersion, le deuxième pour mettre à feu le nuage air-carburant résultant par un effet d'onde de choc.

## 7.7 Mise à feu par moyen chimique

L'avantage de la mise à feu chimique est qu'un seul événement peut être utilisé pour disperser et mettre feu au carburant. Dans ce cas, les produits chimiques qui réagissent entre eux ou avec le carburant sont dispersés en même temps que le carburant. La chaleur dégagée par la réaction est alors suffisante pour mettre feu au nuage.

- a) L'approche **hypergolique** utilise du trifluorure de brome ou de choline qui sont capables de réagir avec le carburant. La perfluorohydrazine<sup>8</sup> est l'initiateur pour les deux composants.
- b) la mise à feu **pyrophorique** a été testée en utilisant du bore et des alkyles d'aluminium, mais il n'est pas confirmé qu'elle soit utilisée dans un système opérationnel.

<sup>8</sup> Un dérivé de la classe des hydrazines (voir la note technique 9.20 pour plus de détails sur les risques liés aux hydrazines). Le niveau d'EIP recommandé par la note technique 9.20 n'est pas nécessaire si une procédure de mise en sécurité par détonation a détruit intégralement la munition.

## 7.8 Formation et dispersion du nuage

Le délai entre la formation du nuage et sa mise à feu est tellement court (150ms pour les CBU-55B) que les conditions météorologiques locales n'ont pas d'incidence sur l'utilisation opérationnelle de l'arme.

**AVERTISSEMENT 1 :** les conditions météorologiques devraient être prises en considération durant les procédures de mise en sécurité pour le cas où elles ne seraient pas conformes aux prévisions. Toute formation de nuage entraîne rapidement un risque de vapeur de carburant sous le vent. Bien que le carburant soit alors en dessous de la limite inférieure d'explosivité, il présente toujours un risque toxique potentiel.

## 8 Risques

### 8.1 Risques liés aux NEDEX

Une munition FAE non explosée présente tout ou partie des risques suivants :

- a) la présence des dispositifs de dispersion et d'amplification de l'amorce implique que toute attaque explosive contre la seule amorce peut tout à fait actionner la munition elle-même. Bien que la formation du nuage ne soit alors pas complète à cause du contact avec le sol, la dispersion peut être suffisante pour entraîner une mauvaise surprise !

**AVERTISSEMENT 2 :** NE PAS attaquer l'amorce à l'explosif dès la première étape de la mise en sécurité.

- b) les munitions FAE ont une fine enveloppe et sont donc promptes à la rupture. Bien qu'aucune fuite provenant d'une MNE endommagée ne soit susceptible d'atteindre la limite inférieure d'explosivité, il existe un risque toxique potentiel ;
- c) les conditions météorologiques peuvent entraîner un autre risque. Le point d'ébullition de l'oxirane est de 13,5°C, alors que celui du méthylloxirane est de 34°C. Ceci signifie que le contenu liquide pourrait bouillir, conduisant à une hausse graduelle de la pression. Bien qu'il soit peu probable que cela rompe une enveloppe non endommagée, les techniciens NEDEX devrait avoir conscience du risque ;
- d) certaines munitions FAE nécessitent l'expulsion d'une sonde hélicoïdale hors de la munition. La sonde est équipée d'un élément piézoélectrique pour déclencher le booster quand elle entre en contact avec le sol. Ceci assure la mise à feu à la hauteur optimale. Si la sonde ne s'est pas déployée, le technicien NEDEX devrait avoir conscience qu'elle peut se déployer avec violence !.

**AVERTISSEMENT 3 :** NE PAS approcher la munition selon son axe longitudinal ; toujours l'approcher par le côté.

**AVERTISSEMENT 4 :** utiliser une zone de danger de 800m<sup>9</sup> le long de l'axe longitudinal de l'arme. La zone de danger restante devrait être calculée conformément aux lignes directrices fournies dans la note technique 10.20/01 « estimation des zones dangereuses pour les explosions ».

<sup>9</sup> Cette distance est basée sur le fait qu'une charge profilée peut couvrir une distance d'environ 1800m en air libre. Il n'y a AUCUNE preuve scientifique connue pour démontrer cette distance, et le technicien NEDEX l'adopte à ses propres risques.

## 8.2 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)

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>

## 9 Lignes directrices sur les procédures de mise en sécurité

**AVERTISSEMENT 5 : il n'existe pas de procédure de mise en sécurité disponible publiquement pour les munitions FAE. Les lignes directrices suivantes ont été développées à partir de principes de base et d'une connaissance limitée de la conception possible de la munition. Ces procédures ne devraient être mises en œuvre que par des techniciens NEDEX qualifiés.**

**AVERTISSEMENT 6 : toujours prendre en compte la possibilité d'une fuite de carburant toxique n'ayant pas réagi et appliquer une zone de danger appropriée sous le vent.**

### 9.1 Attaque à l'aide d'une charge creuse

La munition peut être attaquée en utilisant une charge creuse le long de son axe longitudinal<sup>10</sup>. De grandes précautions doivent être prises afin de s'assurer que la charge creuse ne déclenche pas le booster, le dispositif de dispersion, ou l'amorce. Le but est de provoquer la déflagration du carburant de la munition sans mettre à feu l'explosif brisant.

Il faut ensuite envisager une seconde approche manuelle pour détruire le contenu en explosif brisant par détonation. (Se souvenir qu'il y aura contamination liquide car il est peu probable que 100% du carburant aura brûlé).

Risques de cette méthode de destruction :

- a) la charge creuse ne parvient pas à mettre le feu au carburant. La munition fuit désormais légèrement et, à ce stade, la destruction par explosif brisant reste la seule option ;
- b) la détonation complète.

<sup>10</sup> Voir l'avertissement 3. Approcher la munition par le côté et minimiser l'exposition corporelle vers l'arrière de la munition lors du placement de la charge.

## 9.2 Attaque à l'aide d'un disque balistique

Envisager d'attaquer la munition en utilisant deux disques balistiques diamétralement opposés. Le but est d'appliquer une force cisailante sur l'enveloppe de la munition, l'ouvrant ainsi en deux, tandis que l'énergie calorifique résiduelle devrait enflammer le carburant. Une grande attention devrait être portée à ce que les disques balistiques n'activent pas l'explosif brisant de la munition.

Il faut ensuite envisager une seconde approche manuelle pour détruire le contenu en explosif brisant par détonation. (Se souvenir qu'il y aura contamination liquide car il est peu probable que 100% du carburant aura brûlé).

Risques de cette méthode de destruction :

- a) il est possible que les disques balistiques ne parviennent pas à enflammer le carburant. Il faut alors ouvrir la munition et à ce stade elle pourrait être abandonnée jusqu'à ce que tout le carburant se soit évaporé. Toutefois, il serait possible de mener une approche manuelle sous le vent, en portant l'EIP approprié, afin de disposer une munition incendiaire pour mettre feu au carburant ;
- b) la détonation complète.

## 9.3 Destruction par détonation

Attaquer la munition en utilisant des charges d'explosif brisant contre l'amorce et contre le corps principal de la munition.

**AVERTISSEMENT 7 : s'assurer que les charges sont : 1) soit reliées par un fil à double-détonation ; 2) soit mises à feu en série. Il est fort peu souhaitable que la charge qui attaque l'amorce soit mise à feu à un moment différent de la charge sur le corps principal. Une action sur la seule amorce pourrait avoir pour conséquence la mise à feu normale de la munition.**

## 9.4 Autres options

Une option consiste en une approche manuelle pour tenter de dévisser le bouchon de remplissage. Cela ne devrait être mis en oeuvre que s'il ne reste aucune autre option puisqu'à l'évidence implique une approche manuelle. Compte tenu du manque d'information sur la conception de la munition, cette approche ne devrait être tentée qu'après une analyse aux rayons-X.

Une autre possibilité est l'utilisation d'un système de découpage à l'eau abrasive pour retirer l'amorce et ensuite accéder au corps. Le contenu peut alors être détruit par un produit incendiaire. C'est peut être l'option la plus sûre mais elle nécessite le déploiement d'un équipement de découpage à l'eau abrasive dans les programmes d'action contre les mines ; jusqu'ici<sup>11</sup>, seul l'UXO Laos a accès immédiat à ce type d'équipement.

# 10 Equipement

## 10.1 Equipement individuel de protection (EIP<sup>12</sup>)

L'EIP suivant devrait idéalement être porté par le technicien NEDEX ou le membre qualifié du personnel jusqu'à ce qu'une quelconque fuite de la munition puisse être définitivement écartée :

- a) des gants intérieurs en coton ;

<sup>11</sup> 16 novembre 2001.

<sup>12</sup> Cet EIP s'ajoute aux exigences en la matière de la NILAM 10.30.

- b) des gants extérieurs épais en PVC de qualité industrielle ;
- c) un appareil respiratoire.

Le but de l'EIP devrait être de fournir un ensemble de protection complet contre les inhalations et le contact percutané avec la vapeur, et contre les coupures dues aux fragments aiguisés. Les responsables qui ne seraient pas en mesure d'obtenir un équipement militaire devraient utiliser les meilleurs matériaux, et faire appel à leur ingéniosité, afin d'atteindre ces exigences.

## 10.2 Appareil respiratoire

Les yeux sont particulièrement sensibles aux attaques chimiques et la présence de toute vapeur, émanation, ou brume toxique ou irritante nécessite la mise à disposition d'une protection oculaire appropriée. Il existe de nombreux appareils respiratoires individuels dans le commerce, qui fournissent une protection adéquate contre la contamination par les particules, MAIS ceux-ci pourraient ne pas être adaptés pour protéger contre les vapeurs, les émanations et les brumes.

## 11 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 support ont reçu des instructions quant au danger des systèmes FAE 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 d'un tel personnel :

*Vous devez avoir conscience qu'il ne sera pas possible, sans instrument spécifique, de détecter une fuite dans un système FAE endommagé. Les précautions suivantes devraient être prises :*

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

## 12. Recommandations

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

L'autorité nationale de l'action contre les mines est responsable de l'identification et de la communication auprès de toutes les agences d'action contre les mines de tout historique concernant l'utilisation de systèmes FAE. L'autorité devrait avoir connaissance des présentes notes, et en mettre des exemplaires à disposition, grâce au centre national d'action contre les mines, de toutes les agences d'action contre les mines, y compris celles impliquées dans l'éducation aux risques des mines.

## **12.2 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 FAE 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 FAE. 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 mettre en place entre eux un code de bonnes pratiques afin d'assurer la sécurité du personnel d'action contre les mines et des populations locales.

## **12.3 Personnel de déminage/dépollution**

Tout membre du personnel d'action contre les mines travaillant dans une zone potentiellement contaminée par du carburant devrait faire tous les efforts possibles pour se maintenir hors de danger par l'utilisation consciencieuse d'un équipement de protection, l'observation stricte des POP, et l'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, constituent partie intégrante 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 NILAM et références est archivé au service de l'action antimine des Nations Unies et peut être consultée sur le site web E-MINE de l'UNMAS (<http://www.mineaction.org/>). Il est conseillé aux autorités nationales de l'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 être consultée sur le site web du Centre International de Déminage Humanitaire de Genève (CIDHG ; <http://www.cichd.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.5**

##### **Hypergoliques**

Biergols qui s'enflamment spontanément lorsqu'ils sont mélangés.

#### **B.9**

##### **Toxicité**

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

## **Annexe C** (informative)

### **Armes à effet de souffle amélioré (AESA) et munitions thermobariques**

#### **C.1 Armes à effet de souffle amélioré (AESA)**

Parallèlement au développement des FAE, ont été développées les armes à effet de souffle amélioré (AESA). Une AESA n'est guère autre chose qu'un explosif brisant dont on a augmenté l'efficacité par l'addition de poudres métalliques qui dégagent de l'énergie quand elles s'oxydent aux températures élevées de l'explosion. Le résultat de ces améliorations peut être significatif en termes d'énergie dégagée, mais la difficulté de les déployer de manière sûre dans des systèmes d'armes limite considérablement leur utilisation. Un exemple connu de service opérationnel est l'arme américaine Bomb Live Unit (BLU) 82 « Daisy Cutter » (littéralement « faucheuse de marguerites ») qui consiste en une bombe de 7,5 tonnes remplie d'un mélange aqueux de nitrate d'ammonium, de poudre d'aluminium et de polystyrène. Il convient également de noter que les FAE commencent à être regroupées avec les AESA par certaines sources. Les AESA ne sont pas étudiées dans cette note technique, mais sont connues pour leur utilisation opérationnelle en Afghanistan, au Koweït/Irak et au Vietnam.

#### **C.2 Munitions thermobariques**

L'arme thermobarique fonctionne en propulsant une ogive qui disperse un explosif en aérosol au moment de l'impact avec la cible, ou peu avant, et l'enflamme immédiatement pour créer une onde de choc de haute pression. Cela a pour effet de créer un souffle qui se propage beaucoup plus rapidement qu'avec une arme conventionnelle.

Comparé aux FAE, l'arme thermobarique possède un effet de commotion qui s'étend beaucoup plus rapidement sans provoquer de vide d'implosion comme pour les FAE. Cela est dû essentiellement au fait que les FAE ont besoin de temps pour diffuser largement l'explosif en aérosol avant la mise à feu.

La Russie est actuellement le leader mondial en matière d'armes thermobariques, et les a déjà utilisées, par exemple contre les moudjahidines dans les grottes en Afghanistan ou plus récemment lors des guérillas tchéchènes, contre des bâtiments à Grozny. La munition thermobarique russe RPG-7, utilisée à partir d'un lance-roquette portable, est supposée produire un effet comparable à celui de 2 Kg de TNT, alors qu'on rapporte que les effets du projectile incendiaire/à effet de souffle russe, propulsé par roquette RPO-A Shmel, sont similaires à ceux produits par le projectile d'un obusier de 122mm. Les variantes russes de cette arme en comprennent une qui associe une munition thermobarique avec une petite charge creuse conçue pour pénétrer les structures avant la détonation de l'ogive principale, augmentant ainsi considérablement ses effets.

## **Annexe D** (informative)

### **Fiches de données sur les risques – carburants communs**

#### **D.1 Oxyde d'éthylène**

[http://www.osha-clc.gov/OshStd data/1910 1047 APP A.html](http://www.osha-clc.gov/OshStd%20data/1910%201047%20APP%20A.html)

<http://hazmat.dot.gov/erg2000/q119.pdf>

#### **D.2 Oxyde de propylène**

[http://www.osha-clc.gov/dts/chemicalsampling/data/CH 265000.html](http://www.osha-clc.gov/dts/chemicalsampling/data/CH_265000.html)

<http://hazmat.dot.gov/erg2000/q127.pdf>

#### **D.3 Nitrate d'isopropyle**

<http://www.cdc.gov/NIOSH/idlh/627134.html>

<http://hazmat.dot.gov/erg2000/q130.pdf>