

# MUNITIONS NON-EXPLOSEES (MNE) POLLUTION PYROTECHNIQUE

Guide pour les opérations de travaux publics, études préalables et travaux de dépollution de sols



#### **Préface**

L'héritage de trois guerres sur le territoire français (1870, 1914-1918, 1939-1945) et l'exploitation de champs de tir ou de destruction de munitions depuis la fin de la seconde guerre mondiale font de la France l'un des pays les plus contaminé par les Munitions Non-Explosées (MNE) au monde :

## Entre 400 et 600 tonnes de munitions sont encore extraites chaque année du sous-sol Français.

L'un des impondérables liés aux travaux publics ou toutes activités intrusives d'études préalables ou de dépollution de sols est que des munitions non-explosées (MNE/UXO) ou restes explosifs de guerre (REG) peuvent être rencontrés.

Quand c'est le cas, cela peut être à l'origine d'accidents, d'incidents, d'arrêts de chantier et provoquer des perturbations majeures pour les entrepreneurs et le public. Heureusement, l'expérience montre que la probabilité d'exposition à ce type d'accident et donc l'impact sur les ouvriers et les populations reste faible. Cependant, comme il s'agit d'un événement à conséquences potentiellement élevées, il convient de le prendre en compte au stade de la conception pour évaluer le risque de rencontrer des munitions non-explosées sur le site et maitriser ce risque.

Les munitions non-explosées résultent principalement de combats liés aux deux guerres mondiales mais aussi de la guerre franco-prussienne de 1870 et aux différentes activités de production de munitions, de tests de ces dernières ou encore d'entrainement des forces armées sur le territoire français à travers les années. De nombreuses régions du pays, tant urbaines que rurales, sont affectées.

Il existe depuis longtemps une incertitude quant à l'opportunité pour les maitres d'ouvrage et les entreprises de travaux publics d'entreprendre des études et travaux de recherche pour déterminer si un site de développement potentiel est exempt de munitions non-explosées et comment maitriser au mieux ce risque.

Ce guide vise à répondre à cette incertitude.

### Sommaire

1.		MUN	IITIONS NON-EXPLOSÉES (MNE) ET TRAVAUX PUBLICS OU INTRUSIFS	9
	1.1.		RMINOLOGIE	
	1.2.		DNTEXTE	
	1.3.		DURQUOI ÊTRE CONCERNÉ PAR LES MNE ?	
	1.4.		ESPONSABILITÉS DES EMPLOYEURS EN VERTU DE LA LÉGISLATION S	
	SAN		LA SÉCURITÉ	
	1.5.		IPLICATIONS FINANCIÈRES ET CALENDAIRES	
	1.6.		JTS ET OBJECTIFS DE CE GUIDE	
	1.7.	-	JELS SONT LES ACTEURS CONCERNÉS ?	
2.			ODUCTION AUX MNE	
	2.1.		DURCES DE MNE POTENTIELLES	
		1.1.		_
		1.2.		
		1.3.	,	
			tion	
		1.4.	MNE résultant de faits de guerre	
	2.2.		ÉTHODES D'INITIATION	
	2.3.		FETS DE LA DÉTONATION	
	2.4.	RE	ÉSUMÉ	20
3.			GATIONS ET RESPONSABILITÉS	
	3.1.		ORMES MNE	
	3.2.		ADRE RÉGLEMENTAIRE	
		2.1.	Code de l'environnement	
		2.2.	Code de la sécurité intérieure	
		2.3.	Code du travail : Obligation de sécurité (Articles L4121-1 à 3)	
		2.4.	Code du travail : Responsabilités	
		2.5.	Gestion et prévention de la santé et de la sécurité au travail	
		2.6.	Résumé des responsabilités des professionnels de la construction	
			ERÔLE DES ENTREPRISES SPECIALISÉES EN POLLUTION PYROTECHNIQU	
		3.1.	Entreprises d'assistance à maitrise d'ouvrage pyrotechnique - cha	_
			pyrotechnique	
	_	3.2.	Entreprises de diagnostic et dépollution pyrotechnique	
4.			ROCESSUS DE GESTION DES RISQUES	
	4.1.		NÉCESSITÉ D'UNE APPROCHE COHÉRENTE	
			ADRE DE GESTION DES RISQUES PYROTECHNIQUES	
		2.1.	0 17 1	
			Évaluation détaillée des risques	
		2.3.	Plan de gestion des risques pyrotechniques	
_		2.4.	Mise en œuvre	
5.			AGE PYROTECHNIQUE D'UN SITE	
	5.1.		BJECTIFS	
	5.2.		ROPABABILITE DE DECOUVERTE DE MNE	
		2.1.	Sites avec historique d'utilisation antérieure par le ministère des a	
			sais, entrainement, production ou destruction	
		2.2.	Sites de la guerre Franco-Prussienne	
		2.3.	Sites de la première guerre mondiale	
		2.4.	Sites de la seconde guerre mondiale	
		2.5.	Découvertes fortuites	
	_	2.6. Dá	Synthèse du zonage du risque pyrotechnique	
_	5.3.		ÉSULTATS DU ZONAGE DES RISQUES PYROTECHNIQUES	
6.			N DE GESTION DES RISQUES PYROTECHNIQUES - ETUDE HISTORIQUES	
16	C 1		DE LA POLLUTION PYROTECHNIQUE - ASSISTANCE AU MAITRE D'OUVRAG	åE.44

6.1.1.	Données spécifiques au site	45
6.1.2.	Données techniques	46
6.2. BON	MBES D'AVIATION NON-EXPLOSEES DE LA SECONDE GUERRE MO	NDIALE46
6.2.1.	Données spécifiques au site	46
6.2.2.	Données techniques	
6.3. FAC	TEURS D'ATTÉNUATION À CONSIDÉRER	50
6.3.1.	Évaluation des risques	51
6.4. RÉS	SULTATS DE L'ÉVALUATION DES MNE PRESENTES SUR LE SITE	52
7. PLAN I	D'ACTIONS RELATIF AUX RISQUES PYROTECHNIQUES	54
7.1. OBJ	ECTIFS	54
7.2. PRC	OCESSUS D'ATTÉNUATION DES RISQUES	56
7.3. ASS	SISTANCE À MAITRISE D'OUVRAGE	56
7.3.1.	Examiner et adapter les plans	56
7.3.2.	Communiquer sur les risques encourus	
7.4. ETU	DES ET TRAVAUX PRÉLIMINAIRES	57
7.4.1.	Travaux préparatoires	57
7.4.2.	Diagnostic pyrotechnique	58
7.4.3.	Attestation de non-pollution pyrotechnique	59
7.5. INTI	EGRITE / ASSURANCE QUALITÉ / CONTRÔLE QUALITÉ DES OPÉF	RATIONS DE
DEPOLLUTION	ON PYROTECHNIQUE	59
7.6. DEF	POLLUTION PYROTECHNIQUE	60
7.7. ATT	ESTATION ET RAPPORT DE DÉPOLLUTION PYROTECHNIQUE	61
7.7.1.	Rapport de dépollution pyrotechnique	61
7.7.2.	Attestation de dépollution pyrotechnique	62
7.7.3.	Suivi de l'atténuation post-dépollution	
<ol><li>CONTE</li></ol>	RACTER AVEC UNE ENTREPRISE SPECIALISÉE EN	<b>POLLUTION</b>
	PUE / MNE	
8.1. LES	ENTREPRISES SPECIALISEES EN POLLUTION PYROTECHNIQUE	64
8.1.1.	Services de conseil MNE	
8.1.2.	Services d'études liées aux MNE	
8.1.3.	Services de travaux liés aux MNE	
8.2. SÉL	ECTION DES ORGANISATIONS APPROPRIÉES	65
8.2.1.	Capacité technique	
8.2.2.	Qualifications et expérience	
8.2.3.	Assurance	
8.3. CAH	HER DES CHARGES À PRODUIRE	67
D. CONCI	USION	68

### Liste des figures

Figure 1 : Différentes tailles de bombes alliées pour le chargement	17
Figure 2 : Cadre de gestion du risque pyrotechnique	35
Figure 3 : Processus de zonage d'un site vis-à-vis du risque pyrotechnique	39
Figure 4 : 2 typologies de munitions exsudant ou avec développement de picrates	44
Figure 5 : État des terres suite à la première guerre mondiale	46
Figure 6 : Processus d'évaluation détaillée des risques pyrotechniques	48
Figure 7 : Comparaison de photographies aériennes (de nos jours à gauche et en 1949	) à
droite). Parfois les cratères sont encore visibles suivant la pousse des cultures	49
Figure 8 : Présentation des possibles situations de découverte des MNE	51
Figure 9 : Mise en œuvre du processus d'atténuation des risques pyrotechniques Figure 10 : Bombe Allemande de 250Kg découverte sur un chantier de travaux dans le Loii	
(Longueur d'environ 1,5m)	
Figure 11 : Différentes tailles d'obus d'artillerie extraits au préalable d'un chantier	
terrassement dans les hauts de France	75
Figure 12 : Obus de mortier de 60mm à gauche et mortier de tranché 58T à droite (16k	
Figure 13 : Plusieurs roquettes Panzerfaüste découvertes sur un chantier de constructi	or
Figure 14 : Grenades F1 découvertes lors de travaux de de passage de câbles	
Figure 15 : Mine lourde d'infanterie sur un ancien site de destruction de MNE	
Figure 16 : Cartoucherie sur un chantier de dépollution pyrotechnique	
Liste des tableaux	
Tableau 1 : Synthèse des probabilités de découverte de MNE par période	42
Tableau 2 : Rubriques suggérées pour le rapport de zonage du risque pyrotechnique Tableau 3 : Format d'évaluation des MNE présentes sur un site	

#### Liste des annexes

Annexe 1 : Zonage Première Guerre Mondiale

Annexe 2 :Typologies de munitions susceptibles d'être retrouvées

Annexe 3 : Diagnostic pyrotechnique : moyens et limites

Annexe 4 : Glossaire Annexe 5 : Abréviations

## 1. MUNITIONS NON-EXPLOSÉES (MNE) ET TRAVAUX PUBLICS OU INTRUSIFS

#### 1.1. TERMINOLOGIE

Les réglementations actuelles évoquent différents termes pour désigner les munitions nonexplosées, restes explosifs de guerre ou encore objets pyrotechniques intègres ou non. Pour la suite du document, le SMDPyro choisi d'utiliser le sigle MNE pour désigner toutes formes de munitions susceptibles d'être rencontrées dans le cadre de travaux d'infrastructure ou de terrassement objet de ce guide.

#### 1.2. CONTEXTE

La prévention est un sujet au centre de tous les travaux. Cependant, le risque pyrotechnique est encore parfois peu connu et donc peu intégré par les maîtres d'ouvrage. La réglementation concernant la pollution pyrotechnique est également sujette à questionnement.

Le SMDPyro a donc souhaité travailler de façon collaborative afin de proposer un outil de lecture et de compréhension des problématiques liées au risque pyrotechnique. En effet, les interrogations auxquelles sont confrontées les entreprises des métiers de la dépollution pyrotechnique, des maîtres d'ouvrage, des aménageurs, des maîtres d'œuvre... sont souvent similaires, sans pour autant qu'il n'existe de référentiel commun de réflexion.

Lorsqu'il est pris en compte, l'une des principales craintes du secteur des travaux publics est un surdimensionnement du risque pyrotechnique et une appréciation difficilement audible des conseils relatifs aux risques liés aux MNE qui pourrait varier considérablement suivant le conseiller ou les enjeux. Les entreprises de travaux publics souhaitent généralement une plus grande transparence dans la préparation des évaluations des risques liés aux MNE et une approche plus cohérente entre les spécialistes MNE.

La présente publication cherche à clarifier les processus et procédures utilisés pour les évaluations MNE dès la phase de conception et à fournir aux maitres d'ouvrage, aux maitres d'œuvre et aux entreprises, les outils pour les aider à évaluer l'aptitude d'une entreprise spécialisée en MNE à entreprendre les études et travaux.

#### 1.3. POURQUOI ÊTRE CONCERNÉ PAR LES MNE?

Au cours des dernières décennies, plusieurs incidents et accidents graves se sont produits en Europe et en France dont les causes principales étaient les munitions non-explosées.

Au moins trois d'entre eux ont été mortels.

Il n'existe pas de bases de données centralisées et référencées disponibles concernant le nombre d'incidents liés aux MNE sur les chantiers de construction/terrassements en France, ce risque étant devenu malheureusement banal pour les entreprises travaillant dans le Nord et l'Est de la France et les incidents, explosions dans les godets et intoxications ne sont pas ou peu remontés aux organismes de préventions.

Là où le maitre d'ouvrage prend toutes les précautions pour prévenir l'exposition des entreprises et des salariés devant différents risques notables pour la santé et la sécurité des personnes et des biens, la manipulation en masse de munitions munies de leurs dispositifs d'amorçage, contenant des charges explosives considérables ou encore des toxiques de guerre n'est encore que très rarement envisagée ou mal appréhendée.



Pour replacer le risque potentiel posé par les MNE pour l'ensemble des entreprises intervenants sur le sous-sol dans le contexte d'autres risques plus couramment considérés, des estimations ont été obtenues auprès de spécialistes des MNE et en s'appuyant sur les textes réglementaires déjà définis (Décret 2005-1325 modifié et arrêtés subséquents). Ces estimations sont basées, en ce qui concerne l'occurrence des dangers liés aux MNE, sur les décomptes réalisés chaque année par le service de déminage ainsi que sur les différents chantiers de construction français pour la période 2003 à 2020.

Au cours de cette période, chaque année, entre 400 et 600 tonnes de munitions actives pour plusieurs centaines de milliers de MNE allant de la bombe d'aviation de plus d'une tonne à des objets plus petits tels que des obus de mortier et des grenades, sont retirés des sous-sols français dont la majeure partie sur des chantiers de travaux publics ou de terrassement.

Contrairement aux idées reçues, les munitions ne sont pas moins dangereuses avec le temps, bien au contraire, les explosifs et toxiques de guerre se dégradant et nous commençons à observer des détonations spontanées comme en décembre 2015 à Sailly-en-Ostrevent (62) ou encore en juin 2019 près de Limbourg en Allemagne.

## 1.4. RESPONSABILITÉS DES EMPLOYEURS EN VERTU DE LA LÉGISLATION SUR LA SANTÉ ET LA SÉCURITÉ

Tous les employeurs ont la responsabilité, en vertu du code du travail, d'assurer la santé et la sécurité de leurs employés et celles des autres personnes concernées par leur activité professionnelle. À ce titre, le maitre d'ouvrage assume la responsabilité légale de la manière dont un projet est géré et exécuté et il est responsable de la santé et de la sécurité de ceux qui travaillent ou sont affectés par le projet (voir § 3.2.3).

Au cours des dernières années, les entreprises, et dans certains cas la population, ont été confrontées à plusieurs incidents et accidents graves. Bien que n'ayant eu qu'un faible écho médiatique, ces incidents ou accidents sont pour certains d'entre eux collationnés et publiés dans la base de données ARIA, dans les publications de l'IPE ou dans la presse :

## N° 38922 - 07/09/2010 - FRANCE - 02 - AIZY-JOUY

Lors de travaux d'enfouissement d'une ligne électrique, une trancheuse provoque l'explosion partielle d'un obus allemand de 77 mm de la Première Guerre Mondiale. Un ouvrier situé à quelques mètres de la tranchée est gravement blessé au mollet, au tibia et au péroné par un éclat. Des démineurs, les services de la voirie et la gendarmerie se rendent sur place et un périmètre de sécurité est établi. Le blessé est pris en charge par les pompiers et héliporté par le SAMU à l'hôpital de Laon. Des mesures excluent tout risque chimique et aucune autre munition n'est retrouvée sur le site. La circulation sur la RD 16 est coupée toute la journée.

## N° 36821 - 24/04/1992 - FRANCE - 18 - BOURGES

Une détonation se produit lors du déchargement de la benne d'un camion contenant des déchets en provenance du désobusage d'un champ de tir. Un opérateur manipule sans précaution particulière les

projectiles réputés inertes en les jetant sur un tas de déchets. Deux autres opérateurs se trouvent entre le camion et la décharge. Un projectile comportant une chaine pyrotechnique active détone, provoquant des projections d'éclats. Un des opérateurs est grièvement atteint de plusieurs éclats.

## N° 19133 - 29/12/1998 - FRANCE - 62 - VIMY

Dans un dépôt de munitions des 2 guerres mondiales, deux démineurs déchargent des munitions d'un camion lorsqu'une explosion se produit, tuant sur le coup l'un des démineurs. Dans l'explosion, une munition chimique stockée à proximité est percée et blesse grièvement le second démineur. Ce dernier décèdera plus tard de ses blessures.

## N° 37512 - 22/11/2009 - FRANCE - 80 - MORISEL

Lors du déchargement de leur poids-lourd, 2 conducteurs de betteraviers d'une sucrerie ressentent des difficultés à respirer après contact avec un produit volatile. Ils sont pris en charge par les secours et évacués sur un centre hospitalier. Le produit en cause provient d'un obus allemand de 77 mm datant de la 1ère guerre mondiale situé sur le bas coté de la D84, à proximité d'un silo. Le vent étant favorable à la dissipation des gaz dans l'air, un périmètre de sécurité est mis en place malgré l'absence de toute habitation à proximité.

### N° 16368 - 15/09/1999 - FRANCE - 68 - NC

Une équipe de déminage intervient après l'explosion accidentelle de munitions à la suite sans doute d'un feu de broussailles. La zone concernée est inhabitée, aucune victime n'est à déplorer.

### N° 16516 - 15/09/1999 - FRANCE - 67 - NC

Une équipe de déminage intervient après l'explosion accidentelle de munitions dans un centre d'enfouissement d'ordures ménagères. La zone concernée étant inhabitée, aucune victime n'est à déplorer.

## N° 25667 - 01/10/2003 - FRANCE - 59 - NC

Sur un chantier, des ouvriers découvrent 2 obus de 150 mm dont l'un, ouvert par la grue du chantier, dégage de la mousse noire. Devant les risques d'explosion et la suspicion de présence de produits chimiques, le chantier et les habitations les plus proches sont évacuées (50 personnes). La circulation routière est également interrompue sur une bretelle d'autoroute, ainsi que sur une route départementale. Des démineurs évacuent les munitions après les avoir identifiées comme explosives mais ne présentant aucun risque chimique.

### 12/09/2020 - Cerfontaine: explosion d'un obus, un blessé grave héliporté à Lille

Cet après-midi, une explosion s'est produite au 233, de la rue de Quiévelon. Il s'agit d'un obus qui a grièvement blessé un homme. Deux maisons ont été évacuées, le temps pour les secours spécialisés d'écarter tout danger.

## 07/09/2014 - Feu de camp mortel sur l'île après une explosion

Un feu de camp a explosé dans la nuit de samedi à dimanche, sur une plage de Groix. Le drame a fait un mort et plusieurs blessés, dont un grave.

## 11/06/2018 - Un blessé après l'explosion d'un obus à Saint-Laurent-Blangy

Les secours sont déployés sur la zone Actiparc, à Saint-Laurent-Blangy près d'Arras. Un obus a explosé sur un chantier. Une personne est blessée.

## 06/11/2019 - Un homme blessé par l'explosion d'un obus dans une cave

Un homme de 59 ans a été blessé aux jambes et aux pieds par l'explosion d'un obus, mercredi 6 novembre à Méren (Nord). L'engin serait accidentellement tombé au sol alors que la victime faisait du rangement dans la cave d'une maison.

## 12/02/2016 - Un quinquagénaire tué par l'explosion d'un obus près de Soissons

Un homme a perdu la vie, ce vendredi matin, à Fontenoy près de Soissons. Un obus a explosé dans son jardin.

## 03/01/2014 - Allemagne : un mort après l'explosion d'une bombe de la Seconde Guerre mondiale

Une bombe de la seconde guerre mondiale a explosé dans l'ouest de l'Allemagne, provoquant la mort d'une personne. Le sol allemand est truffé de ces vieux engins explosifs.

#### 24/06/2019 - Allemagne: une bombe datant de la seconde guerre mondiale explose dans un champ

#### 24/10/2006 - Explosion sur l'autoroute

Une charge explosive a détoné sur l'autoroute près d'Aschaffenburg lors de travaux de construction. Il s'agit probablement d'une bombe oubliée de la 2e guerre mondiale, rapporte la Sueddeutsche Zeitung. Un ouvrier a trouvé la mort et plusieurs personnes sont blessées. Durant le week-end passé, une autre bombe avait déjà été localisée sur une autre autoroute.

## 19/12/2015 - Sailly-en-Ostrevent : du matériel de la Première guerre mondiale explose dans un champ

Une explosion s'est produite ce samedi matin dans l'Arrageois, en plein champ, entre Saillyen-Ostrevent et Tortequesne. Du matériel Plusieurs munitions de la Première guerre mondiale.



## 26/06/2020 – Blairville: Un ouvrier agricole heurte une grenade au phosphore, un gros dispositif de secours déployé

Un engin de guerre a été découvert ce vendredi matin vers 9 heures par un ouvrier agricole qui travaillait dans un champ de Blairville, au sud d'Arras. Un gros dispositif de secours a été déployé.

## 24/11/2020 – Sailly-Sailisel: Une grenade au phosphore de 14-18 explose sur un chantier

Grosse frayeur pour les ouvriers. Les ouvriers du chantier de la nouvelle déchetterie, rue du Château à Sailly-Saillisel (Somme) ont eu une grosse frayeur lorsqu'une grenade au phosphore a explosé.

## 15/12/2020 – Norfolk – Une munition endommage gravement un bateau de pêche

Le Galwad-Y-Mor a été soulevé de la surface de la mer, puis a atterri lourdement; toute la propulsion et l'énergie électrique ont été immédiatement perdues. Le patron était blessé et étourdi, mais conscient, et a vu que la timonerie avait été complètement détruite. Comme il s'est rendu compte que d'autres membres d'équipage avaient été grièvement blessés et que la salle des machines était inondée, le patron a ordonné à l'équipage d'abandonner le navire. Il a également sonné l'alarme en envoyant un texto au capitaine d'un navire jumeau et en activant la radiobalise de positionnement électronique indiquant la position.

## 01/03/2021 - Marne : cinq ouvriers légèrement blessés, après la découverte de munitions au phosphore, datant de la Grande Guerre

Sur un chantier de raccordement au gaz, ce matin, à Puisieulx, dans la Marne, plusieurs ouvriers ont été légèrement blessés, par du phosphore qui s'était dégagé de munitions datant de la première guerre mondiale. Cinq maisons proches ont également été évacuées.

#### 11/04/2021 – Langemark - Une paysanne de Langemark-Poelkapelle blessée au visage après l'explosion d'un obus de la Première Guerre mondiale sur le terrain

À Langemark-Poelkapelle, une femme a été blessée dans l'explosion d'un obus de la Première Guerre mondiale. La fermière de 60 ans plantait des pommes de terre dans un champ avec ses fils. Ils marchaient derrière la machine, qui plantait les pommes de terre dans le sol. Cette machine a apparemment heurté un obus, qui a explosé immédiatement.

#### 1.5. IMPLICATIONS FINANCIÈRES ET CALENDAIRES

Bien que la probabilité d'une détonation accidentelle de MNE soit faible, la présence de ce type d'objets contenant de l'explosif ou des toxiques de guerre peut avoir des implications sérieuses. Si les sites présentant des risques potentiels liés aux MNE ne sont pas gérés efficacement, il convient de mesurer l'impact, au-delà du risque d'accident corporel, des retards dans les programmes de travaux et l'augmentation significative des coûts induits.

Les friches industrielles et le foncier d'une manière générale au centre ou aux abords immédiats des pôles urbains font l'objet de développement importants ces cinquante dernières années. Un nombre non-négligeable de ces zones a été fortement ciblé durant la Seconde Guerre mondiale mais aussi pendant la guerre de tranchées de 1914-1918 et sont restées en grande partie intactes depuis ou remis en culture dans l'urgence d'après-guerre. Ainsi, la probabilité de rencontrer des MNE pendant les phases de sondages, de traitement de la pollution industrielle ou de tous terrassements préalables aux travaux de construction sur ces sites est incontestable, il reste maintenant à l'évaluer avec efficience.

#### 1.6. BUTS ET OBJECTIFS DE CE GUIDE

A l'instar des britanniques qui proposent déjà des guides de cette nature, le SMDPyro souhaite par ce guide que les maitres d'ouvrages et/ou entreprises intervenants sur le sous-sol puissent trouver des réponses à leurs questions concernant à la fois leurs obligations mais également les mesures et moyens de prévention à mettre en œuvre.

#### Ce guide propose donc:

- Une référence synthétique concernant le zonage du risque pyrotechnique ;
- Une approche d'évaluation et de gestion du risque pyrotechnique ;
- Des clés de lecture afin de mieux appréhender le risque pyrotechnique et les relations contractuelles avec les différents intervenants de ce métier ;

Les méthodes et modes opératoires étant en perpétuelle évolution, ce guide présente les éléments à la date de sa rédaction.

Ce guide apporte des éléments de lecture et de compréhension du risque pyrotechnique mais ne se substitue en aucun cas aux conseils de professionnels spécialisés. Ce guide présente le risque pyrotechnique lié à des pollutions historiques : guerre Franco-Prussienne, première et seconde guerre mondiale ; mais également liées à l'utilisation des champs de tirs ou zones d'essais par le ministère des Armées ainsi que les usines de production d'armements.

Les objectifs du guide sont d'expliquer :

- Les méthodologies et bonnes pratiques actuelles pour effectuer une évaluation des risques à plusieurs niveaux en vue d'éviter le fonctionnement accidentel de munitions non-explosées à la fois dans les phases d'investigation du site que de terrassement (chapitres 4 à 5)
- Comment préparer une évaluation des risques robuste permettant d'aboutir à un plan de gestion des risques pyrotechniques d'aide à la décision quant à l'éventuel besoin et à la mise en œuvre de mesures d'atténuation adaptées (chapitres 6 à 7)
- Comment sélectionner des entreprises spécialisées pour préparer les évaluations des risques pyrotechniques pour les sites concernés par la problématique de pollution pyrotechnique (y compris les questions relatives à la préparation des cahiers des charges pour les entreprises spécialisées) (chapitre 8)
- Comment encourager l'indépendance des conseils et des travaux réalisés par les évaluateurs des risques pyrotechniques, les professionnels du diagnostic pyrotechnique et ceux de la dépollution pyrotechnique (chapitre 8).

#### 1.7. QUELS SONT LES ACTEURS CONCERNÉS?

Le guide s'adresse aux maitres d'ouvrages, maitres d'œuvres, promoteurs, concepteurs, consultants et entrepreneurs s'occupant de travaux de construction, de déconstruction et de terrassement, de dépollution des sols, de génie civil, d'investigation géotechnique et d'assainissement associés à un projet de construction, d'aménagement ou de réhabilitation d'un site vierge ou d'une friche industrielle ainsi que d'archéologues, de géologues, de bureaux d'études en sécurité et maîtrises des risques, de bureaux d'études environnementales (liste non-exhaustive) et d'une manière générale de toute entreprise intervenant sur le sous-sol.

Il peut également se révéler utile aux responsables de la santé et de la sécurité, à l'agence de l'environnement, aux autorités locales et autres régulateurs, aux assureurs, aux investisseurs, aux propriétaires fonciers et aux autres professionnels impliqués dans des projets de développement sur les chantiers de travaux publics et génie civil.

#### 2. INTRODUCTION AUX MNE

Les munitions non-explosées (MNE) sont définies par les Nations Unies comme :

« Des munitions explosives qui ont été amorcées, munies d'un détonateur, armées ou préparées de quelque autre manière pour être employées dans un conflit armé, et qui ont été employées dans un conflit armé ; elles ont pu être tirées, larguées, lancées ou projetées et aurait dû exploser mais ne l'ont pas fait. »

Toutefois, aux fins de ce guide, la définition est élargie pour inclure les munitions nonexplosées qui peuvent avoir été immergées, enterrées ou encore jetées. Ceci est défini par les Nations Unies comme :

« Des munitions explosives qui n'ont pas été employées dans un conflit armé, qui ont été laissées ou mise en décharge par une partie à un conflit armé et qui ne se trouvent plus sous le contrôle de la partie qui les a laissées ou mises en décharge. Une munition explosive abandonnée a pu être amorcée, munie d'un détonateur, armée ou préparée de quelque autre manière pour être employée. »

Les MNE s'entendent des munitions pour armes légères aux bombes non explosées de grandes capacités (plusieurs tonnes) et ont le potentiel de causer des dommages importants sur les personnes et les biens sur des distances allant de quelques dizaines de mètres à plusieurs kilomètres. Elles peuvent être trouvées directement en surface mais sont plus généralement enfouies sous terre sans marqueurs de surface pour indiquer leur présence.

#### 2.1. SOURCES DE MNE POTENTIELLES

Les MNE trouvées sur les chantiers en France proviennent de quatre sources principales :

- 1. Exercices d'entraînement des forces armées.
- 2. Activités de production et fabrication de munitions avant, pendant ou après les différents conflits armés.
- Immersions, enfouissements ou destructions en masse dans le cadre d'un acte délibéré, d'une élimination accidentelle ou éliminées de manière inefficace en raison de mauvaises pratiques de travail pendant le stockage, la fabrication ou la destruction de munitions.
- 4. Faits de guerre dus aux différents combats terrestres, maritimes et bombardements aériens.

#### 2.1.1. MNE LIÉES AUX EXERCICES D'ENTRAINEMENT DES FORCES ARMÉES

Toujours d'actualité, le ministère des Armées et ses prédécesseurs possédaient ou occupaient de vastes zones et utilisaient une proportion importante de terres pour le stockage, la formation, la production, le développement et les essais d'armes et munitions. Les champs de tir terrestres, maritimes et aériens ont été et continuent d'être utilisés pour l'entraînement à l'aide d'une grande variété de munitions.

La Première Guerre mondiale, en particulier, a vu des zones importantes réquisitionnées et utilisées par les forces françaises en vue de la défense du pays. Des milliers de tonnes de munitions ont été consacrées aux essais de systèmes d'armes et à la formation des militaires. Les types de munitions utilisés étaient variés et comprenaient principalement des projectiles d'artillerie, des obus de mortier et bombes de tranchées, des grenades, des explosifs, des munitions pour armes légères ainsi que quelques bombes d'aviation.



Il est démontré que jusqu'à 20% de ces munitions ne fonctionnaient pas comme prévue et, de ce fait, la possibilité d'une contamination par MNE sur les anciens terrains d'exercice du Ministère des Armées est très probable.

Une réduction drastique du niveau des troupes a eu lieu après la Seconde Guerre mondiale ainsi qu'à la fin des années 1990 et, par conséquent, le nombre de sites utilisés pour la formation et les essais ont fait l'objet d'une large série de rétrocessions. Avant que le terrain ne soit rétrocédé, et suivant les périodes considérées, le Ministère des Armées a effectué des travaux de caractérisation du risque pyrotechnique et, dans certains cas, réalisé des travaux dépollution pyrotechnique selon les pratiques standard de l'époque.

Cependant, les évolutions technologiques et les niveaux de connaissances passés sur les capacités de détection et emploi des appareils géophysiques tendent à mettre en évidence des limites concernant le déminage de certaines de ces emprises au point de remettre en question le degré de dépollution, notamment pour la recherche de MNE de petites tailles ou profondément enfouies. De ce fait, des MNE sur d'anciens sites du Ministère des Armées sont toujours découvertes notamment sur des sites aliénés avant les années 1980.

#### 2.1.2. MNE SUR LES SITES DE FABRICATION ET DE STOCKAGE DE MUNITIONS

Au cours de la Première Guerre mondiale, le gouvernement français a pris le contrôle de la fabrication et de la fourniture de tous les armements. La fabrication d'explosifs et de munitions était entreprise dans des usines nouvelles ou existantes. Bon nombre d'entre elles étaient exploitées par des sociétés privées des industries chimique et mécanique.

Pour des raisons de sécurité, les infrastructures impliquées dans la fabrication ou le chargement d'explosifs étaient situées loin des centres de population de l'époque (ce qui n'est plus le cas aujourd'hui l'urbanisation aidant). Elles avaient également besoin d'un accès à de bonnes liaisons de transport, telles que les chemins de fer, de la disponibilité de travailleurs et d'un approvisionnement suffisant en eau.

Certaines de ces usines ont été désignées comme temporaires et n'ont été utilisées que pendant la Première Guerre mondiale. D'autres ont été conçues pour être permanentes. Les sites temporaires comprenaient l'utilisation d'usines privées qui étaient déjà utilisées pour la fabrication d'articles non-militaires. Celles-ci ont été converties en installations de production militaire en temps de guerre, mais sont ensuite retournées à des utilisations privées et non-militaires après la fin de la guerre.

Souvent, ces établissements incorporaient un champ de tir d'essai pour entreprendre des tirs d'assurance et de contrôle qualité (AQCQ). Jusqu'au milieu du 20e siècle, une partie de la fabrication et du stockage était éliminé directement sur le site (munitions périmées). Par ailleurs, les mauvaises pratiques d'antan ont conduit à l'enfouissement de nombreuses munitions ou autres produits sur ces établissements (lié à des défauts de production ou du surplus principalement).

#### 2.1.3. MNE RÉSULTANT DES ACTIVITÉS D'IMMERSION, D'ENFOUISSEMENT OU DE DESTRUCTION

Comme mentionné précédemment, de nombreux sites de production ont fait l'objet d'activités d'immersions, d'enfouissements volontaires ou de destructions de munitions et explosifs.

Hormis ces sites de production, de nombreuses opérations de destruction « en masse » ont été réalisées directement à la suite des deux guerres mondiales. Ces opérations étaient réalisées pour gérer rapidement de grande quantité de MNE abandonnées, récupérées ou extraites par les agriculteurs, les services de déminage ou tout autre organisme souhaitant récupérer les terrains contaminés ou les utiliser à des fins de destruction de MNE.

De nombreux sites ont été utilisés à ces fins sans que ceux-ci ne soient forcément bien référencés et documentés.

Les conditions de mise en œuvre, les techniques utilisées ainsi que la qualité des explosifs constituent autant de problématiques qui font que certains de ces sites font aujourd'hui l'objet de découvertes d'un nombre important de MNE fortement dégradées dans des zones n'ayant, à priori, pas fait l'objet de combats. Ce point est d'ailleurs primordial dans l'étude historique et technique de la pollution pyrotechnique d'une zone qui ne doit en aucun cas être limitée à l'étude des seules périodes de conflits.

#### 2.1.4. MNE RÉSULTANT DE FAITS DE GUERRE

Pendant la première et la seconde Guerre mondiale mais aussi durant la guerre francoprussienne, de nombreux ouvrages défensifs, villes et villages ont été soumis à de vastes campagnes de bombardement et/ou de combats au sol de longues durées. Ces combats ont causé des dommages importants sur de très larges zones de cultures des départements du Nord et de l'Est de la France, sur un grand nombre de villes françaises, d'infrastructures ferroviaires, portuaires, aéroportuaires, de zones industrielles associées et de nombreuses installations militaires.

Concernant la première guerre mondiale, le conflit a laissé un grand nombre de zones (villes, villages, champs) totalement dévastées. Bien que les renseignements soient anciens, les structures de tranchées et le principe même de la guerre de position nous permettent d'obtenir une cartographie relativement précise des zones ayant été totalement dévastées, des zones ayant pu subir des bombardements et des zones n'en ayant pas subit lors de la première guerre mondiale.

Concernant la seconde guerre mondiale, la faible précision des techniques de ciblage a fait que les zones autour d'une cible ponctuelle ont été soumises à de nombreux bombardements. Ceci est particulièrement pertinent pour les zones plus éloignées entourant les installations militaires ou les zones liées aux bombardements massifs en appui du débarquement et de la libération qui, à priori, peuvent ne pas sembler présenter un risque pyrotechnique notable.

Il appert qu'environ 20% des munitions de la première guerre mondiale ne fonctionnaient pas. De même, il est acté qu'environ 10%¹ des munitions larguées lors de la seconde guerre mondiale n'ont pas fonctionné comme prévu.



Figure 1 : Différentes tailles de bombes alliées pour le chargement

\_

<sup>1 10%</sup> représente le pourcentage de raté pour les bombes de 100lb et plus de la seconde guerre mondiale communément reconnu par la profession et décrit dans plusieurs documents d'époque comme :

<sup>-</sup> HO196/18 Review of bomb census data for the 457 days of October 1941 to December 1942, donne un pourcentage de rate de 9.8%

<sup>-</sup> HO198/244 Nationwide analysis of bombing donne un pourcentage de raté de 11.3%, basé sur une base de données plus importante.

Bien que de vastes opérations de déminage aient été entreprises à la suite de la seconde guerre mondiale, la problématique de la première guerre mondiale reste entière tant la tâche était colossale et l'urgence de remise en culture des terres était pressente. Dès la fin de la seconde guerre mondiale, de larges opérations de déminage (retrait des champs de mines sur le territoire français) ont été entreprises de manière à rendre les terres, les villes et les industries à la population. Certaines opérations de recherche de bombes ont aussi été entreprises mais devant l'ampleur de la tâche, elles se sont réduites à ce qui était faisable à l'époque avec les moyens tant technologiques qu'humains à disposition.

Cela se traduit encore aujourd'hui par la mise au jour d'environ 500 tonnes de munitions chaque année sur le territoire Français.

Les munitions utilisées lors de ces différents conflits sont aujourd'hui toujours susceptibles de présenter une menace pour la sécurité des personnes et de biens. Elles se divisent en huit catégories :

- 1. Bombes d'aviation.
- 2. Obus d'artillerie.
- 3. Obus de mortiers et projectiles de tranchées.
- 4. Roquettes.
- 5. Grenades.
- 6. Mines.
- 7. Munitions pour armes légères.

En raison de la vaste gamme et de la complexité de ces munitions, l'identification de base peut être difficile pour ceux qui ne les connaissent pas.

Les principaux dangers associés aux munitions sont classiquement :

- des effets thermiques (brûlures, dégagement de chaleur intense),
- des effets de surpression (augmentation très rapide de la pression autour de l'explosion avec onde de choc et projections secondaires)
- des effets de projections (éclats primaires liés à la fragmentation de l'enveloppe de la munition projetés à plusieurs milliers de m/s). Les éclats créés peuvent être mortels jusqu'à plusieurs centaines voire milliers de mètres.

Certaines de ces munitions peuvent également contenir des produits chimiques dangereux (par exemple du phosphore ou du gaz toxique).

#### Note importante 1

Les combats de la guerre Franco-Prussienne mais surtout de la première et de la seconde guerre mondiale sont les évènements ayant générés le plus de MNE susceptibles d'être rencontrées lors de travaux intrusifs et sont l'objectif principal de ce guide.

Pour mémoire, plus d'1 million d'obus ont été tirés en 1870, près de 1 milliard lors de la première guerre et près de 600 000 tonnes de bombes lors de la seconde guerre mondiale. 20% des munitions n'auraient pas fonctionnées lors de la première guerre et environ 10% lors de la seconde guerre

#### 2.2. MÉTHODES D'INITIATION

Les MNE n'explosent généralement pas spontanément. Toutes ces munitions nécessitent un événement externe pour créer les conditions nécessaires à la détonation. Dans le cas des MNE qui pourraient être découvertes sur les chantiers de travaux publics ou de réhabilitation et suivant les types d'activités ayant à être réalisées, il existe plusieurs mécanismes potentiels de déclenchement de la détonation :

- Par impact direct sur le corps de la MNE: Pour que cela déclenche la détonation totale, il doit y avoir un impact significatif, par exemple comme cela pourrait se produire à partir d'un forage, d'un battage de pieu ou d'une excavation mécanique importante et violente. Un choc beaucoup moins violent serait nécessaire pour percer les corps d'obus ou de bombes d'aviation contenant des produits toxiques ou incendiaires. Le percement de ces enveloppes est susceptible de provoquer de graves lésions aux personnels situés aux proches ainsi que ceux respirant ces composés chimiques. Un événement de ce type s'est d'ailleurs produit en octobre 2006 sur l'autoroute A3 en Allemagne. Un opérateur a été tué et sept autres ont été grièvement blessés lorsqu'une bombe de la Seconde Guerre mondiale a détonnée après avoir été heurtée par une trancheuse.
- Par redémarrage du retard de déclenchement dans la fusée: Une petite proportion des bombes allemandes et alliées de la Seconde Guerre mondiale utilisait des fusées à mouvements d'horlogerie, c'est-à-dire une bombe à retardement. Bien qu'il soit probable qu'une corrosion importante se soit produite au cours des 60 dernières années en raison de la pénétration d'eau, etc. et que la plupart des mécanismes à retard dans ces MNE ne pourraient plus fonctionner, il reste une probabilité non-nulle qu'une fusée de ce type puisse être redémarrée, si elle est perturbée par contact direct ou une vibration.
- Par déclenchement de la fusée (mécanisme d'initiation de la MNE): Les effets combinés des changements saisonniers de température et de la dégradation générale au fil du temps peuvent provoquer la cristallisation et l'exsudat de composés explosifs du corps principal de la MNE, un processus appelé exsudation (voir Glossaire). Il peut ne nécessiter qu'une action mécanique limitée pour déclencher l'explosif exsudé, ce qui pourrait déclencher la charge explosive principale. De même, certaines munitions de la première guerre mondiale comportent des fusées munies de dispositifs de sécurité par grains de poudres empêchant le percuteur de rencontrer le détonateur. Compte tenu de la dégradation probable de ces sécurités, le simple mouvement de la munition est susceptible de la déclencher. Ce sont les causes les plus probables de détonation et d'accident sur un chantier.

#### 2.3. EFFETS DE LA DÉTONATION

Lorsqu'une munition explose dans le sol, les gaz en expansion réagissant contre la terre environnante produisent une cavité presque sphérique dans le sol. Ceci contraste avec le cratère souvent observé avec des explosions qui ont lieu à la surface ou sub-surface (premiers mètres).

Bien qu'elle puisse ne pas forcément être perceptible en surface, l'onde de choc créée par une détonation souterraine peut endommager les fondations des bâtiments et les canalisations ou réseaux enfouis à une certaine distance de l'explosion. Les tranchées, les tunnels et les souterrains, qui sont plus sujets aux effets telluriques, peuvent s'effondrer. Les canalisations et tuyaux, en particulier les matériaux à faible résistance à la traction tels que la fonte et la céramique à titre d'exemple peuvent se fissurer et se fendre. Le niveau et l'étendue des dommages dépendront entre autres de la masse d'explosifs brisants, de la

nature géologique du sol et de la distance entre les bâtiments ou canalisations par rapport au centre de l'explosion.

Lors de l'examen des conséquences potentielles d'une explosion, il est nécessaire d'identifier les installations sensibles qui peuvent être affectées. Les installations sensibles susceptibles d'être menacées par l'explosion d'une MNE sur un chantier varieront en fonction des conditions spécifiques du site, mais peuvent être résumées comme suit :

- les personnes : cela inclut les travailleurs du chantier et/ou du site accueillant les travaux, les résidents à proximité immédiate et dans une certaine considération le grand public;
- les installations sensibles et équipements : cela peut concerner les équipements de services publics tels que les conduites de gaz et d'eau ainsi que les installations sensibles comme les ICPE, les écoles, les hôpitaux, etc. ;
- les structures : non seulement les dommages aux structures hors sol, mais aussi les dommages potentiels aux fondations ainsi que l'affaiblissement des structures de génie civil telles que les ponts ou tunnels à proximité;
- l'environnement : bien qu'elles ne soient pas traitées directement dans ce guide, il convient de prendre en compte les installations secondaires qui peuvent ne pas être affectées directement par l'explosion mais peuvent souffrir d'effets secondaires tels que l'introduction dans l'environnement de matériaux potentiellement contaminants.

Un tel événement accidentel peut être dévastateur sur tout projet de construction et une attention particulière doit y être accordée. Celle-ci inclura la gestion des effets directs ou indirects sur les salariés et les populations environnantes, les retards dans le programme général des travaux, les coûts de reconstruction et de réparation (y compris les structures et infrastructures des tiers) et la publicité négative associée.

#### 2.4. RÉSUMÉ

Les sections précédentes donnent un aperçu général des sources potentielles et des types de MNE qui peuvent être découvertes pendant les travaux de construction ou de réhabilitation d'un site. Notez que les types de munitions présentés ne sont pas exhaustifs et qu'il est possible que d'autres typologies de munitions soient découvertes. De plus, l'apparence réelle des MNE découvertes aujourd'hui variera considérablement, en fonction des conditions dans lesquelles elles se trouvent depuis leur mise en place.

#### OBLIGATIONS ET RESPONSABILITÉS

Ce chapitre met en évidence les obligations et les responsabilités des parties concernées en vertu de la législation actuelle en ce qui concerne la gestion des risques potentiels liés aux MNE pour la santé et la sécurité lors de travaux publics ou assimilables.

#### Note importante 2

Le risque MNE est un **risque majeur** et à ce titre doit être identifié et étudié lors de la conception d'un projet intrusif et plus généralement de tous projets de travaux.

#### 3.1. NORMES MNE

Lors de l'élaboration de ce guide, les auteurs ont examiné plusieurs documents législatifs et d'orientations techniques couvrant les travaux de déminage et/ou de dépollution pyrotechnique, notamment les normes internationales de l'action contre les mines (IMAS) et les législations européennes.

IMAS est la norme des Nations Unies utilisée pour toutes les opérations de lutte antimines des Nations Unies, initialement approuvée par le Groupe de coordination inter-institutions des Nations Unies sur l'action contre les mines le 26 septembre 2001. Bien que, comme son titre l'indique, l'IMAS se concentre sur l'action contre les mines et l'action humanitaire internationale, il contient des normes qui traitent de la neutralisation des munitions explosives (dans un contexte de déminage humanitaire).

La législation française en termes de MNE est principalement définie dans le code de la sécurité intérieure (articles R.733-1 à 13), le Code du travail (Articles R.4121-1 à 3), le Code de l'environnement (L.556-2) et le Décret 2005-1325 modifié par le Décret 2010-1260 accompagné de ses arrêtés subséquents.

La législation allemande est décrite à travers les lois sur les substances explosives (SprenG) imposant la certification des personnes et entreprises travaillant dans la dépollution pyrotechnique ainsi que sur la mise en œuvre des mesures de sécurité au travail (ArbSchG) en application de la législation européenne sur la santé et sécurité au travail et le règlement sur la prévention des accidents (DGUV).

La législation hollandaise est définie en application de la Régulation des conditions de travail issue de la législation européenne sur la santé et la sécurité au travail et plus particulièrement par les processus de certifications WSCS-OCE des personnels et des entreprises réalisant ces travaux par TÜV.

La législation italienne est quant à elle décrite sous la responsabilité du Ministère de la Défense à travers deux législations spécifiques définissant les obligations d'études du risque pyrotechnique et de recourt à des entreprises spécialisées et certifiées à travers la directive technique de dépollution pyrotechnique terrestre et subaquatique (Direttive tecniche di bonifica bellica sistematica subacquea e terrestre)

La législation anglaise se base elle aussi sur la législation européenne sur la santé et la sécurité au travail à travers le Code du travail et de la santé (Management of Health & safety at work Act regulations 1974&1999) ainsi que le Règlement de la construction de 2007 (CDM2007) et différents guides pour le monde la construction.



#### 3.2. CADRE RÉGLEMENTAIRE

Des directives sont régulièrement publiées par les services de déminage de la sécurité civile concernant les mesures à prendre dans le cadre de la découverte de munitions non-explosées ou restes explosifs de guerre.

Cependant il n'existe actuellement aucune disposition réglementaire spécifique qui, en complément du Code de la Sécurité Intérieure (articles R.733-1 à 13) et du Décret 2005-1325 modifié encadrant les activités des entreprises spécialisées en MNE, viendrait aider et orienter les entreprises et maitres d'ouvrages mentionnés au §1.7dans l'évaluation des risques associés à la rencontre d'une MNE dès la phase de conception et de réalisation d'un projet.

Les maitres d'ouvrages et professionnels des travaux (§1.7) dépendent souvent uniquement des conseils d'un spécialiste ou de leurs propres appréciations du danger pour faire face au risque potentiel lié aux MNE dû à :

- · Des conseils limités.
- L'absence de législation directe destinée aux maitres d'ouvrage concernant les MNE.
- Une connaissance souvent parcellaire du sujet.

Dans de nombreuses situations, par crainte de coûts et délais démesurés ou par simple méconnaissance, le risque potentiel MNE n'est même pas évoqué et, par voie de conséquence, n'est pas ou mal pris en compte.

Ces limitations ou cette absence de prise en compte entraînent en cas d'incidents des retards dans les projets, qui obligent souvent les maitres d'ouvrages à prendre dans l'urgence des mesures d'atténuation souvent inadaptées, parfois coûteuses.

La santé et la sécurité au travail sont un enjeu européen. La Directive-cadre 89/391 du 12 juin 1989 relative à l'amélioration de la sécurité et de la santé des travailleurs a rassemblé les principes généraux dans le domaine de la santé et de la sécurité au travail. Elle est en application, en France, depuis 1993 et prévoit notamment que l'employeur doit prendre toutes les mesures pratiques nécessaires pour assurer la sécurité des travailleurs et protéger leur santé.

Le Livre ler de la Quatrième partie du Code du Travail intitulée « Santé et Sécurité au Travail », principale source de législation en la matière, présente les principes généraux en matière de prévention, qui découlent directement de cette directive cadre.

La gestion et le contrôle des risques liés aux MNE dans les travaux publics ou assimilés ne sont pas couverts par une législation spécifique, mais les questions de santé et de sécurité sont pleinement traitées dans la législation existante.

En complément, l'une des principales problématiques pour le maitre d'ouvrage est de recevoir l'information sur l'état de la pollution de son terrain car la seule recherche des pollutions spécifiées dans le code de l'environnement sur le site ne lui permettra pas d'obtenir l'information. En effet, dans la plupart des cas, le maitre d'ouvrage n'est informé de la pollution pyrotechnique à laquelle il doit faire face qu'une fois qu'il y est confronté. Audelà du risque d'accident corporel et matériel, cette découverte implique de fait des délais et des couts non-prévus en complément de l'immobilisation du chantier et le retard sur la mise en service des installations ou bâtiments projetés.

Ce guide vise à combler ce manque en présentant les zones liées à la pollution pyrotechnique en complément du système d'information des sols (SIS) créé conformément aux critères de l'article R.125-43 du Code de l'Environnement.

#### 3.2.1. CODE DE L'ENVIRONNEMENT

Le Code de l'Environnement prévoit dans son article L.556-2 que tous « les projets de construction ou de lotissement prévus dans un secteur d'information sur les sols tel que

prévu à l'article L.125-6 font l'objet d'une étude des sols afin d'établir les mesures de gestion de la pollution à mettre en œuvre pour assurer la compatibilité entre l'usage futur et l'état des sols ».

L'article R.125-43 du Code de l'Environnement exclu deux pollutions :

- La pollution « nucléaire » pour les installations en exploitation car déjà traitée par une autre législation ;
- La pollution pyrotechnique en faisant référence au troisième chapitre du troisième titre du septième livre du Code de la Sécurité Intérieur.

Or ce dernier ne traite à aucun moment de l'information du maitre d'ouvrage prenant possession d'un terrain sur l'état de pollution pyrotechnique de ce site.

Ce guide vient combler ce vide, sans remettre en cause les dispositions du code de la sécurité intérieure, afin de présenter au maitre d'ouvrage les secteurs et/ou installations susceptibles d'être impactés par la pollution pyrotechnique et ainsi se conformer aux règles définis dans l'article L556-2 du Code de l'environnement.

#### 3.2.2. CODE DE LA SÉCURITÉ INTÉRIEURE

S'agissant des activités de déminage, le Code de la Sécurité Intérieure dispose que les travaux de détection, d'enlèvement, de neutralisation, de stockage et de destruction des explosifs et pièges de guerre ont le caractère de travaux publics (article L. 733-1 du Code).

La Partie Règlementaire du Code de la Sécurité Intérieure (Chapitre III du Titre III du Livre VII) définie quant à elle les compétences respectives des deux services étatiques compétents en la matière et placés sous l'autorité du Ministre chargé de la sécurité civile et du Ministre des Armées.

La Section 2 du Chapitre III du Titre III du Livre VII présente les dispositions retenues en matière de modalités de traitement de la pollution pyrotechnique des biens immobiliers de l'État dont le ministère des Armées est l'utilisateur (Articles R733-3 à R733-13) en détaillant particulièrement l'étude historique et technique permettant d'étudier la position d'un site donné vis-à-vis du risque pyrotechnique.

Or, le Chapitre III ne traite à aucun moment des dispositions retenues en dehors des biens du Ministère des Armées quant à l'information du Maitre d'ouvrage sur la position d'un site vis-à-vis du risque pyrotechnique.

Ce guide vient compléter ces éléments en s'appuyant sur le corpus règlementaire défini dans la Section 2 du Chapitre III et en le complétant notamment par l'accompagnement du Maitre d'Ouvrage, souvent non-compétent, en la matière ainsi que par l'établissement d'un principe de plan de gestion de la pollution conformément au Code de l'Environnement.

#### 3.2.3. CODE DU TRAVAIL: OBLIGATION DE SÉCURITÉ (ARTICLES L..4121-1 à 3)

L'obligation de sécurité s'entend comme une obligation pour l'employeur de garantir la sécurité physique et mentale de l'ensemble de ses salariés ainsi que de tous les risques auxquels un collaborateur pourrait être exposé du fait de ses missions.

Et si le Code du Travail impose à l'employeur de prendre toutes les mesures nécessaires afin d'assurer la sécurité et protéger la santé physique et mentale de ses collaborateurs, la jurisprudence va plus loin en imposant une véritable obligation de résultat, c'est-à-dire en étendant à tous les aspects permettant d'assurer la bonne santé physique et mentale des salariés, les obligations de mises en place à l'origine dans le cadre de l'exposition aux risques et maladies professionnelles.

Ainsi, l'employeur étant tenu d'atteindre un résultat, en cas de mise en danger du salarié ou de défaut de sécurité, l'employeur sera présumé de plein droit responsable. Il ne pourra



s'exonérer de sa responsabilité qu'en démontrant un cas de force majeure ou, à défaut, le fait que le collaborateur ait lui-même concouru à la production de son dommage.

L'employeur qui manque à son obligation de sécurité engage sa responsabilité civile et pénale en cas d'accident du travail d'un ou plusieurs salariés. S'il est déclaré coupable et qu'une faute inexcusable est retenue contre lui (par exemple en cas d'absence de prise en compte d'un risque notable), l'employeur pourra être condamné aux dépends.

Tous les employeurs dont les salariés travaillent sur un site où il peut y avoir un risque lié aux munitions non-explosées ont l'obligation légale de garantir un système de travail sûr pour leur personnel et, le cas échéant pour les autres, qui traite de manière adéquate le risque pyrotechnique.

#### 3.2.4. CODE DU TRAVAIL : RESPONSABILITÉS

Conformément au code du travail, toutes les parties impliquées dans toutes formes de travaux ont une responsabilité concernant la gestion de la santé et de la sécurité de leurs salariés. Les sections suivantes détaillent certains d'entre eux et les placent dans le contexte de la gestion des risques potentiels liés aux MNE.

#### Ces devoirs concernent:

- l'assurance que le client ou maitre d'ouvrage est conscient de ses responsabilités
- la compétence des bureaux d'études (y compris des assistants à maitre d'ouvrage) et des entrepreneurs
- la coordination des programmes de travail pour minimiser les risques pour la santé et la sécurité
- la fourniture d'informations sur les dangers et les risques résiduels à d'autres parties
- la fourniture de conseils pertinents à inclure dans les informations préalables aux travaux intrusifs
- la fourniture d'informations pertinentes à inclure dans le dossier de santé et sécurité.

C'est l'efficacité avec laquelle le maitre d'ouvrage, le coordinateur SPS et les bureaux d'études s'acquittent des tâches spécifiques qui leurs incombent en vertu de ces réglementations qui détermine le niveau de risque pour les personnes présentes sur le site et à proximité.

Cela s'applique depuis les phases de conception à la phase de réalisation.

#### Le Maitre d'Ouvrage (MOA)

C'est au MOA, commanditaire de l'opération, qu'appartient l'obligation du dispositif visant à prévoir en phase conception<sup>2</sup> l'étude des risques encourus en vue de mettre en œuvre les principes généraux de prévention de sa responsabilité<sup>3</sup> pour garantir que les différents travaux successifs ou simultanés sur le chantier. Présent d'un bout à l'autre du projet, la réglementation fait peser sur lui des obligations et responsabilités étendues dès le stade d'élaboration du projet ainsi que durant sa réalisation.

Les textes lui imposent de mettre en œuvre les principes généraux de prévention et de s'assurer notamment des bonnes conditions de travail des intervenants sur le chantier. En d'autres termes, le maître d'ouvrage doit examiner la situation du site vis-à-vis du risque MNE dès la phase conception, afin de mettre en place par la suite une politique de gestion du risque pyrotechnique adaptée.

<sup>&</sup>lt;sup>2</sup> Art. L.4531-1 du Code du Travail

<sup>&</sup>lt;sup>3</sup> Art. L.4121-2 §1 à 3 et §5 à 8 du Code du Travail

En cas d'accident du travail sur un chantier, le MOA peut être poursuivi sur le fondement du Code pénal pour homicide ou blessures involontaires, s'il s'avère qu'il a commis une faute ayant été à l'origine de l'accident et notamment l'omission d'un risque aisément identifiable.

Le MOA a la plus grande influence sur la manière dont un projet est géré et exécuté. Dans le cadre des responsabilités mentionnées précédemment, ce dernier est responsable de l'impact de l'approche sur la santé et la sécurité de ceux qui travaillent ou participent au projet. Les devoirs et responsabilités du MOA ne peuvent pas être transférés.

Le MOA doit s'assurer, que toutes les parties prenantes des travaux ont pris les dispositions adéquates concernant la santé et la sécurité des personnes travaillant sur le projet. Il a une obligation spécifique avant le début des travaux de fournir à toutes les parties des informations pertinentes concernant les risques présentés par le projet. Il est donc indispensable et obligatoire qu'il fournisse une évaluation appropriée des risques potentiels incluant les MNE sur le site ou s'assure que cela est fait par d'autres dès le début du processus de conception. Pour être plus efficaces, les risques potentiels liés aux MNE doivent être évalués et, si nécessaire, atténués bien avant le début de toutes phases intrusives dans le sous-sol (sondages, terrassements, etc.).

Bien qu'il lui appartienne de mettre en œuvre toutes les dispositions relatives à la santé et à la sécurité au travail pour tous les risques identifiés, le MOA ne saurait être omniscient. Il lui appartient donc de s'attacher les services d'un "sachant", plus particulièrement dans le domaine de la pollution pyrotechnique.

#### Le maitre d'œuvre (MOE)

Tel que pour des opérations de génie civil, en l'absence de compétence interne en matière de conduite d'opération, qui, le cas échéant sera assister d'un AMOA spécialisé en gestion des risques pyrotechnique, le maître d'ouvrage, gagnera à se faire accompagner par un maître d'œuvre au sens, ou tout du moins du type, de la loi Mop.

Dans ces conditions, le maître d'ouvrage contractera un marché de maîtrise d'œuvre couvrant, en fonction de l'avancement du programme et des études, les missions suivantes :

- Étude de diagnostic (DIAG) diagnostic de l'existant ;
- Avant-Projet Sommaire et Définitif (APS et APD) ;
- Études de Projet (PRO) : conception et définition des travaux de dépollution ;
- La rédaction du dossier de consultation des entreprises (DCE ; CCTP et bordereaux de prix associés) ;
- Assistance à la passation des marchés de travaux (ACT) :
- Le suivi des études d'exécution (VISA) Direction de l'exécution du ou des contrats de travaux (DET).
- Ainsi que l'assistance lors des opérations de réception (AOR)

#### Assistant maitre d'ouvrage (AMOA) / chargé de sécurité pyrotechnique (CSP)

Dès la phase conception, il est vivement conseiller de confondre la mission d'assistance à maitre d'ouvrage et celle de chargé de sécurité pyrotechnique. En effet, la gestion des risques pyrotechnique gagne à être appréciée au plus tôt du programme, tant sur le plan technique et calendaire que naturellement sécuritaire.

Dans les premières phases du programme, l'assistant à maitre d'ouvrage, en sa qualité de chargé de sécurité pyrotechnique confirmera la faisabilité du projet en mettant notamment en évidence les contraintes associées.

L'assistant à maîtrise d'ouvrage, sera à même de conduire et de définir un plan de gestion des risques pyrotechniques adapté au projet en fonction de l'usage futur des emprises en vue de garantir la sécurité et la santé des travailleurs et des tiers.



La définition du plan de gestion des risques pyrotechnique sera élaboré en prenant en compte divers paramètres :

- Étude historique et technique de pollution pyrotechnique;
- Évaluation des risques pyrotechniques ;
- Analyse du programme des travaux ; de la typologie des fondations envisagées, du projet d'aménagement, etc.

Ainsi, il procèdera à l'analyse de la pollution pyrotechnique résiduelle, et à l'analyse de risque permettant ainsi de définir les besoins en matière de diagnostic et de dépollution pyrotechnique en vue de rendre le risque d'exposition acceptable.

Il étudiera les impacts sécuritaires, y compris vis-à-vis des installations limitrophes extérieures au chantier, les éventuelles conséquences financières et calendaires du risque pyrotechnique identifiées au préalable sur la faisabilité du projet.

Durant la phase conception, il proposera la conduite de réunion d'informations avec l'ensemble des autorités concernées par le projet (notamment préfecture, commune, services de déminage), de manière à cadrer aux mieux avec les éventuels besoins ou enjeux locaux.

En phase DCE, il prendra soin de faire intégrer les prescriptions techniques et réglementaires liées à la gestion du risque pyrotechnique soit au travers de marché distincts couvrant les opérations de dépollution pyrotechniques, soit directement au sein des marchés de travaux dès lors que les contraintes techniques ne permettent pas de conduire au préalable l'ensemble des opérations de dépollution pyrotechnique estimées nécessaires au projet. Durant cette phase, il rédigera tout ou partie des pièces constitutives du DCE du projet de marché et notamment CCTP, BPU et DQE.

Il assistera le maître d'ouvrage pour l'analyse technique et financière des offres afin que celle-ci soit réalisée de façon objective et impartiale selon les critères qu'il aura préalablement aidé à définir au règlement de consultation.

En phase préparation, il réalisera une analyse critique et la formulation d'avis motivés à l'évaluation des risques formant l'étude de sécurité pyrotechnique élaborée par le titulaire du marché de dépollution. Il veillera à coordonner de manière préventive les contraintes liées à la sécurité des travailleurs, mais aussi des tiers ;

En phase travaux, la réalisation de visite et la participation aux réunions de chantier lui permette de contrôler le respect des prescriptions techniques et sécuritaires.

En fonction des besoins définis par le maître d'ouvrage, il assure la vérification et le suivi de l'avancement des opérations, les vérifications de tout document émis par le titulaire du marché de dépollution pyrotechnique, il est force de proposition en matière de communication.

À la réception des travaux, il assiste naturellement à la vérification du dossier des ouvrages exécutés, une attention particulière est portée aux attestations de dépollution pyrotechnique.

De par ses fonctions, et conformément au Décret 2005-1325 modifié, il ne peut avoir de lien de subordination avec toutes autres entreprises intervenant sur le site dans le cadre des études ou travaux ayant à être réalisés.

#### Le coordinateur SPS

Le CSPS est lui aussi un pivot essentiel dans la mise en œuvre des mesures de prévention et de protection des travailleurs évoluant sur le chantier. Aux termes de l'article L. 4532-2 du Code du travail, il est désigné pour tout chantier de bâtiment où sont appelés à intervenir plusieurs travailleurs indépendants ou entreprises afin de prévenir les risques résultant de

leurs interventions simultanées ou successives et de prévoir l'utilisation des moyens communs.

Les missions du CSPS sont multiples et couvrent aussi bien la phase de conception du projet que celle de réalisation de celui-ci. Il est notamment chargé, sous la responsabilité du MOA, de veiller à la mise en œuvre des principes généraux de prévention. Le CSPS doit être compétent pour identifier, évaluer et gérer tous les risques associés au projet, y compris ceux induits par la présence potentielle de MNE. Si ce dernier ne possède pas lui-même l'expertise pertinente, il doit alors prendre conseil auprès d'une personne ou entreprise compétente.

Le CSPS est lié au MOA par un contrat qui définit précisément le contenu de sa mission, l'autorité et les moyens qui lui sont confiés par rapport aux autres intervenants dans l'opération. Par conséquent, le CSPS engage sa responsabilité civile contractuelle vis-à-vis du MOA s'il n'exécute pas les missions qui lui incombent.

Il est essentiel que la nomination du CSPS soit faite avant le début du processus de gestion des risques MNE. En évaluant les risques pyrotechniques pendant la phase de conception initiale, des informations appropriées concernant le risque potentiel lié aux MNE seront disponibles pour être prises en compte tout au long du processus de conception et de réalisation.

#### **Entrepreneurs**

De son côté, l'entrepreneur participant à l'opération doit prendre toutes les mesures nécessaires pour assurer la sécurité et la santé de ses salariés sur le chantier, après avoir évalué les risques. Il applique également les principes généraux de prévention et met en œuvre les prescriptions techniques de sécurité prévues par le Code du travail pour l'exécution de travaux. Des sanctions pénales sont prévues en cas de non-respect de ces dispositions.

L'entreprise intervenant sur un chantier soumis à coordination est également tenue à une série d'obligations particulières. Il établit notamment un Plan particulier de sécurité et de protection de la santé (PPSPS), qui prend en compte les mesures définies dans le PGC, définit les risques qu'engendre son intervention envers les autres intervenants sur le chantier et formule les mesures spécifiques de sécurité qui s'imposent.

Enfin, dans tous les cas, il convient de rappeler que l'engagement de la responsabilité d'un intervenant sur un chantier (MOA, CSPS ou entreprise) sur le fondement du Code pénal n'est pas exclusive de toute responsabilité pénale des autres participants ayant concouru à l'accident du travail. La règle veut, en effet, que tous les intervenants au chantier qui ont commis une faute personnelle peuvent être poursuivis et condamnés en même temps.

De fait, le MOA et l'entrepreneur doivent s'assurer que les risques potentiels liés à la rencontre de MNE sur le site ont été convenablement identifiés et traités, y compris les risques potentiels pour les installations hors site, par exemple les personnes vivant à proximité du site.

#### 3.2.5. GESTION ET PRÉVENTION DE LA SANTÉ ET DE LA SÉCURITÉ AU TRAVAIL

Les règles de gestion et de prévention de la santé et de la sécurité au travail exigent que les employeurs entreprennent une évaluation appropriée et suffisante des risques pour la santé et la sécurité auxquels leurs employés sont exposés au travail.

Chaque entrepreneur est responsable de la mise en place des mesures d'atténuation des risques et notamment des risques pyrotechniques. Ils doivent s'assurer que leurs employés sont informés du risque lié aux MNE, informés des procédures de travail appropriées pour



atténuer ces risques et également des procédures à suivre en cas de découverte d'une MNE.

#### 3.2.6. RÉSUMÉ DES RESPONSABILITÉS DES PROFESSIONNELS DE LA CONSTRUCTION

En termes pratiques, le risque lié aux MNE est à considérer pour tous travaux intrusifs sur le site d'un futur projet de réhabilitation, de construction ou de terrassement.

Ainsi, lorsqu'en application du Code de l'environnement et du Code du travail, une évaluation des risques pyrotechniques a identifié la possibilité de présence de MNE, les entreprises qui interviennent dans le cadre de travaux sur le site doivent avoir reçu des informations suffisantes concernant ces risques potentiels et doivent être en mesure de mettre en évidence tous problèmes qui surviendraient en raison des travaux qu'ils entreprennent.

Cependant, toutes les parties impliquées dans la conception, la gestion et la planification d'un projet de ce type ont des obligations pour aider à réduire ce risque en s'acquittant, en temps opportun, de leurs responsabilités en vertu du code du travail et du code de l'environnement avant toute opération intrusive telles que des forages, des sondages, la réalisation de parois moulées, le battage de pieux ou de palplanches, de tous travaux de terrassement et d'excavation et d'une manière générale, tous travaux intervenant sur le sous-sol.

#### Note importante 3

Le maitre d'ouvrage conserve la responsabilité suivant le Code du travail de s'assurer que tous les acteurs reçoivent le niveau d'information nécessaire à l'accomplissement de leurs taches en toute sécurité. Pour gérer les risques potentiels liés aux MNE, il est plus facile d'y parvenir en nommant des conseillers compétents et en appliquant des procédures de gestion appropriées pour s'assurer que toutes les personnes impliquées dans un projet sont tenues informées et qu'elles prennent les mesures idoines en réponse aux informations recues.

Notez que les MNE ne représentent qu'un des nombreux risques auxquels est confrontée l'industrie des travaux publics d'aujourd'hui et que la gestion de ces risques n'est qu'une partie d'un processus global de gestion efficace de la santé et de la sécurité.

#### 3.3. LE RÔLE DES ENTREPRISES SPECIALISÉES EN POLLUTION PYROTECHNIQUE

Un exercice de consultation a été entrepris par le SMDPyro dans le cadre de la préparation de ce guide pour évaluer les réflexions et les expériences de l'industrie des travaux publics en ce qui concerne la gestion des risques potentiels posés par les MNE. Parmi les réponses reçues, les thèmes les plus récurrents étaient un manque de cohérence et de transparence dans le travail entrepris par les spécialistes MNE, la réalisation de travaux souvent longs et couteux avec peu ou pas de découvertes de MNE et la nécessité de fournir un cadre formel pour évaluer les compétences et les risques.

Le rôle des entreprises spécialisées en pollution pyrotechnique doit être de fournir des connaissances spécialisées et des conseils avisés au client sur l'approche la plus appropriée et la plus viable économiquement de gestion des risques pyrotechniques sur un site. Cela doit inclure l'assurance d'un avis impartial sur les mesures d'atténuation des risques requises et donc la séparation des rôles.

Il convient aussi de préciser, que les entreprises notamment de diagnostic pyrotechnique ne font que mesurer les anomalies présentes dans le sous-sol. Elles ne sont pas responsables de ce qui est présent et si un grand nombre d'anomalie est relevé, c'est qu'il n'est aujourd'hui techniquement pas possible de réaliser une discrimination entre une MNE et un autre objet ferromagnétique de taille sensiblement identique.

La structure législative s'appliquant aujourd'hui à toute entreprise spécialisée en pollution pyrotechnique est présentée dans le Décret 2005-1325 modifié par le Décret 2010-1260 et ses deux arrêtés subséquents :

- Arrêté du 23 janvier 2006 fixant le niveau des connaissances requises et les aptitudes médicales pour les personnes exerçant les fonctions de chargé de sécurité pyrotechnique, de responsable du chantier pyrotechnique et pour les personnes appelées à exécuter les opérations de dépollution pyrotechnique
- Arrêté du 12 septembre 2011 fixant les règles de détermination des distances d'isolement relatives aux chantiers de dépollution pyrotechnique

Les sections suivantes visent à clarifier les rôles des spécialistes MNE agissant dans des activités définies. D'une manière plus pragmatique, ces rôles se rapportent aux services fournis plutôt qu'à une désignation spécifique de capacité commerciale.

#### En d'autres termes :

- les services de conseil comprenant des éléments consultatifs et de conseils aux maitres d'ouvrages tels que l'étude historique de la pollution pyrotechnique, l'évaluation des dangers et des risques liés aux MNE ainsi que les mesures adaptatives à prendre pour réduire et ou supprimer le risque en phase de conception.
- les services d'études et de sécurisation des activités intervenants sur le sous-sol qui font référence aux travaux de diagnostic et/ou de sécurisation pyrotechnique de travaux intrusifs par des entreprises spécialisées.
- les services de travaux de réduction ou de suppression du risque par mise au jour et identification des objets potentiellement assimilables à des MNE en relation directe avec les services d'études précédemment nommés.

Afin de garantir un niveau de compétence approprié et une assurance de conseils impartiaux dans les différentes phases du projet, il est nécessaire que chacun de ces services soit confié à des entreprises différentes sans liens de subordinations disposant des compétences, savoir-faire et retours d'expériences suffisants pour la réalisation de ce type de prestations. Il sera particulièrement recherché la présentation de certifications ou diplômes en matière de d'identification et de maitrise des risques liés aux MNE. Les questions directement liées à la sélection des spécialistes MNE et à l'évaluation des compétences sont traitées au chapitre 9.

## 3.3.1. Entreprises d'assistance à maitrise d'ouvrage pyrotechnique – chargé de sécurité pyrotechnique

Le rôle principal de ces entreprises spécialisées est de fournir au client une évaluation appropriée du risque posé par les MNE pour un projet spécifique et d'identifier une méthodologie appropriée pour l'atténuation des risques à un niveau acceptable.

Si l'évaluation de la zone objet des travaux vis-à-vis du risque pyrotechnique sur la base des éléments fournis dans le présent guide au paragraphe 5, permet d'identifier que le site se situe dans une zone susceptible de contenir des MNE suivant les principes définis au sein de l'article L.556-2 du Code de l'environnement et du Code du travail, le maitre d'ouvrage s'adjoint les services d'une entreprise spécialisée. Une analyse détaillée du risque pyrotechnique sera alors réalisée afin de conduire l'évaluation et la gestion des risques pyrotechniques sur le site.

L'entreprise spécialisée désignée doit prendre en charge tous les aspects de l'identification des dangers et de l'évaluation des risques liés aux MNE. Elle doit, pour ce faire, accéder à



des sources d'informations pertinentes pour évaluer le risque spécifique lié aux MNE, les analyser et les synthétiser afin de procéder à la présentation de mesures conservatoires d'atténuation ou de suppression du risque. Le consultant doit détenir les connaissances et l'expertise suffisante pour entreprendre une recherche de données pertinentes pour le projet spécifié (voir également le chapitre 8).

Le besoin d'une entreprise spécialisée doit être identifié dès la conception, dans les étapes initiales de la planification du projet. Cela permettra au client de prévoir les délais et de budgétiser les dépenses qui peuvent être nécessaires pour faire face aux risques liés aux MNE et peut permettre à l'équipe projet d'identifier des techniques appropriées pour éliminer ou réduire les risques potentiels grâce à une conception réfléchie, en réduisant les besoins concernant les méthodes d'atténuation spécifiques aux MNE.

#### Note importante 4

Dans le passé, la qualité des résultats des évaluations des risques liés aux MNE a considérablement varié, se limitant la plupart du temps à une simple analyse historique, mais ce guide vise à résoudre ce problème en normalisant les régimes d'évaluation et de notification. Cependant, l'assistant pyrotechnique sera le principal responsable du niveau de réponse présenté. S'il identifie une exigence qui diffère des directives générales fournies dans cette publication, il devra alors détailler et justifier la réponse qu'il juge appropriée.

L'assistance à maitrise d'ouvrage pyrotechnique peut être requise par le client pour aider à l'identification et à l'acquisition de services appropriés auprès des entrepreneurs de détection et de dépollution pyrotechnique. Cela peut inclure l'assistance estimée nécessaire aux phases AVP, PRO, DCE voir ACT. Dans certains cas, le client peut également souhaiter nommer ce même consultant pour examiner et surveiller de manière indépendante le travail des entreprises de détection et de dépollution pyrotechnique en phase EXE conformément aux missions de chargé de sécurité pyrotechnique telles que définies à l'article 13 du Décret 2005-1325 modifié.

#### 3.3.2. Entreprises de diagnostic et dépollution pyrotechnique

Les entreprises de diagnostic et de dépollution pyrotechnique sont désignées par le client pour entreprendre les travaux appropriés qui permettront de certifier une zone comme ayant bénéficiée d'une réduction du risque ou exemption de risques pyrotechniques potentiels (à un niveau de certitude pré-identifié) avant le début des travaux sur site (y compris les sondages préalables). Cela comprendra la prestation de diagnostic pyrotechnique et, le cas échéant, de dépollution pyrotechnique / déminage.

Afin de garantir l'impartialité des données présentées au maitre d'ouvrage, et en fonction des risques projets, il est nécessaire que les travaux de diagnostic et de dépollution pyrotechnique soient confiés à des entreprises différentes.

#### Entreprises de diagnostic pyrotechnique

Le choix des méthodes géophysiques pour la détection des MNE potentielles sera influencé par les typologies de MNE susceptibles d'être retrouvées sur le site, les profondeurs probables d'enfouissement ainsi que par la composition spécifique du sous-sol de chaque site.

Sur la plupart des sites, en particulier les friches industrielles, il est fort probable qu'une quantité importante d'entre eux puissent contenir un nombre plus ou moins important d'obstructions souterraines telles que des fondations, des tuyaux, etc. ou des matériaux tels que des remblais quelconques ou du mâchefer qui relèvent grandement le bruit de fond magnétique du sol voir sature totalement les données acquises. La présence de ces matériaux aura toujours un effet néfaste sur les limites théoriques de détection des MNE. L'entreprise de diagnostic pyrotechnique doit entreprendre une évaluation des limites spécifiques au site, des limites des méthodes de recherche géophysique proposées et doit fournir au client un ensemble défini de paramètres basés sur ces données, y compris les

limites de détection attendues et les niveaux de confiance associés. En cas de doute sur l'efficacité d'une méthode proposée, l'entreprise doit entreprendre des essais sur le terrain en question afin d'adapter ses paramètres et sa réponse. Les données obtenues à partir des essais sur le terrain doivent être utilisées pour valider la méthodologie avant le début du diagnostic sur l'ensemble de la superficie.

Il est important de savoir que quelle que soit la technique utilisée, toute méthode géophysique a des limites. Les détecteurs de munitions n'existent pas, les outils employés pour la recherche de MNE sont des outils géophysiques dont l'étude des données relevées et le retour sur expérience permettent l'identification plus ou moins précise d'anomalies présentes dans le sous-sol et susceptibles de s'apparenter à différentes catégories de munitions. Dans le même esprit, chaque appareil dispose de ces limites propres (définition plus ou moins précises des tailles, poids, profondeurs, etc.), néanmoins, et ce pour l'intégralité des outils employés, plus l'objet recherché est petit, moins il est identifiable en profondeur.

Les méthodes d'acquisition géophysique utilisées pour la détection des MNE doivent permettre l'enregistrement de données numériques géoréférencées en temps réelles afin de constituer une source de données fiable et vérifiable. Ces données géophysiques nécessiteront un traitement spécifique basé sur le savoir-faire et le retour d'expérience des entreprises réalisant ces études pour interpréter la présence ou l'absence de MNE potentielles.

En général, après la collecte, l'interprétation des données permet une analyse et une modélisation des données plus sophistiquées que celles qui sont normalement menées en temps réel sur le terrain. L'évaluation des données sur le terrain en temps réel est une méthode acceptable, mais peut signifier que davantage de cibles soient identifiées comme MNE potentielles. De même, des variations de mesures subtiles qui peuvent représenter des cibles plus profondes peuvent ne pas être identifiables sans une collecte de données numériques et peuvent donc être manquées sur le terrain.

Enfin, et même sur un site ne présentant aucune contrainte, il ne sera pas possible de détecter toutes typologies de MNE à toutes profondeurs. D'une manière générale, il n'est pas pensable de pouvoir détecter une MNE de grande taille (bombe de 250kg) à plus de 3m de profondeur depuis la surface. Au-delà, il sera indispensable d'utiliser des moyens intrusifs ou des travaux de terrassements préalables.

Les entreprises de diagnostic pyrotechnique doivent être en mesure d'offrir un service d'interprétation et d'évaluation de la qualité des données. Pour que cela soit pleinement efficace, elles doivent également avoir accès à des programmes de modélisation et à un moyen de déterminer le rapport signal/bruit pour les données collectées dans une zone d'étude. Celles-ci permettent l'évaluation de l'ensemble des données à la fin de l'acquisition sur le terrain et un moyen d'évaluer l'efficacité de l'enquête pour atteindre les objectifs énoncés.

À l'issue ou en parallèle des travaux de dépollution pyrotechnique, il est très fortement recommandé au MOA de faire réaliser la vérification des travaux entrepris par l'intermédiaire d'un diagnostic de contrôle. Dans cette situation, l'entreprise de diagnostic de la pollution pyrotechnique sera responsable de l'interprétation de toutes les données générées et fournira des garanties basées sur son interprétation. Cela fournit au client le niveau d'assurance et de contrôle de la qualité (AQCQ) des opérations d'atténuation des risques le plus robuste.

L'entreprise de diagnostic de la pollution pyrotechnique, sur la base des éléments et limites présentées ci-dessus sera en mesure d'attester de l'absence de pollution pyrotechnique en dehors des cibles et zones ayant été identifiées dans son rapport de diagnostic comme susceptibles de présenter un risque pyrotechnique. Cette attestation prendra la forme d'un certificat qui sera complété par l'entreprise de dépollution pyrotechnique lors de l'opération de mise au jour et identification des anomalies détectées.



#### Entreprises de dépollution pyrotechnique

Les entreprises de dépollution pyrotechniques seront en charge de l'ultime mesure de réduction ou de suppression du risque lié aux MNE si les mesures présentées précédemment n'ont pu suffire à garantir un niveau de sécurité suffisant vis-à-vis du risque pyrotechnique identifié sur le site.

L'entreprise réalisant ces travaux doit être choisie suivant son expérience, ses savoir-faire, ses processus de sécurité et de qualité ainsi que de la qualification de ses personnels et de son encadrement.

La plus grande attention doit être portée sur ce dernier point afin de garantir au maitre d'ouvrage la qualité et la sécurité des opérations ayant à être réalisées sur le site. Les entreprises sont tenues de se conformer aux dispositions du Décret 2005-1325 modifié par le Décret 2010-1260 et ses arrêtés subséquents. Elles doivent être en mesure de présenter un niveau de compétence de leurs intervenants conformément à l'arrêté du 23 Janvier 2006 et en relation avec les titres professionnels enregistrés au RNCP (AODP, ODP, RCDP).

Conformément à la note DGT du 02/04/2021, avant toute intervention et quelle que soit la domanialité du terrain, les entreprises de dépollution pyrotechnique doivent réaliser une étude de sécurité pyrotechnique (ESP) dont l'approbation doit être soumise aux services compétents de l'État (DREETS ou CGA) après consultation de l'Inspecteur des Poudres et Explosifs (IPE). Ces derniers disposent d'un délai de trois mois pour émettre un avis.

En parallèle, il convient de saisir l'autorité préfectorale afin que les mesures de mise en conformité des installations extérieures au chantier fassent l'objet d'une concertation étroite avec les services préfectoraux compétents qui pourront se rapprocher en tant que de besoin des services de la sécurité civile relevant du Ministère de l'Intérieur notamment par la signature d'une convention avec la maitrise d'ouvrage.

La mission de dépollution pyrotechnique consiste à réimplanter et mettre au jour les différentes anomalies relevées lors de l'opération de diagnostic de la pollution pyrotechnique. Suivant leurs profondeurs, ces opérations sont menées directement à la main mais plus généralement à l'aide d'une pelle hydraulique qui réalise l'avant trou afin de permettre à l'opérateur en dépollution pyrotechnique (démineur) de réaliser la mise au jour finale ainsi que l'identification de l'objet.

Préalablement à toutes opérations sur le terrain, l'entreprise de dépollution pyrotechnique doit réaliser une étude de sécurité pyrotechnique afin d'identifier les risques encourus par ses salariés et présenter l'impact des travaux de dépollution pyrotechnique en cas d'accident sur le chantier et l'environnement du site. Cette étude de sécurité sera présentée au chargé de sécurité pyrotechnique pour avis, au maître d'ouvrage et au CSPS (s'il est nommé), avant envoi aux services compétents de l'État pour instruction.

Compte tenu du Code de la sécurité intérieure et notamment des articles R.733-1 à 16, la mission confiée à l'entreprise de dépollution pyrotechnique sera limitée à la délégation qui aura été formulée par les services étatiques en phase de consultation ou d'étude.

À l'issue des travaux de dépollution pyrotechnique et dans la mesure où le MOA ne souhaite pas réaliser de vérification des opérations de dépollution pyrotechnique par diagnostic de contrôle, l'entreprise de dépollution pyrotechnique fournira un certificat de dépollution pyrotechnique en complément du diagnostic précédemment réalisé.

#### 4. LE PROCESSUS DE GESTION DES RISQUES

Le risque est une manière de définir, pour un danger particulier, le potentiel effet négatif sur un récepteur. Il s'agit d'une estimation combinée de la probabilité d'exposition à un danger et de la gravité des conséquences. Il peut être définie au sens large du terme comme suit :

Risque = probabilité qu'un événement se produise x conséquence si cet événement se produit

Dans le cas des MNE, cela peut être résumé comme la multiplication de la probabilité :

- 1. De rencontre avec une MNE.
- 2. De faire exploser une MNE.
- 3. Des conséquences qui peuvent résulter de cette détonation en termes de dommages sur la santé humaine et de dommages collatéraux plus larges.

L'objectif du processus de gestion des risques est d'éliminer ou de réduire un risque identifié à un niveau acceptable par un processus d'évaluation et d'atténuation des risques.

#### 4.1. LA NÉCESSITÉ D'UNE APPROCHE COHÉRENTE

Cette publication a été produite en partie pour fournir aux entreprises du secteur des travaux publics un processus de gestion des risques associés aux MNE susceptibles d'être découvertes sur le territoire français.

Les principes sous-jacents de la recherche de MNE doivent être cohérents quel que soit le spécialiste MNE qu'un client peut choisir de nommer. Le principal résultat requis d'une étude sur les MNE est une évaluation de l'ampleur du risque potentiel posé sur ce site, l'évaluation des risques pyrotechniques en d'autres termes. C'est dans la production de cet élément livrable essentiel qu'il existe des variations considérables parmi les spécialistes.

Les principaux problèmes causés par une mauvaise approche du processus d'évaluation des risques sont :

- l'absence de sources d'informations cohérentes : sans références communes à partir desquelles obtenir des données de base relatives à la présence et la répartition des MNE sur un site, différentes sources peuvent être référencées par différents spécialistes, de sorte que les informations apportées aux évaluations des dangers et des risques varieront;
- un manque de répétabilité : il est possible que les conclusions sur la mesure du risque lié aux MNE diffèrent suivant les spécialistes utilisant les mêmes informations ;
- pas de procédures d'assurance et de contrôle qualité standardisées: sans méthode d'approche standardisée, la qualité du résultat de chaque évaluation doit être évaluée individuellement. Sans expertise, le client commandant une étude des risques pyrotechnique accepte souvent les résultats sans bénéficier d'une procédure AQCQ robuste;
- interprétation des évaluations: sans méthode standardisée d'analyse et de prise en compte du risque lié aux MNE, il existe une variation considérable dans l'interprétation des résultats et des recommandations ultérieures pour les travaux d'atténuation des risques.



#### 4.2. CADRE DE GESTION DES RISQUES PYROTECHNIQUES

La section suivante décrit le cadre de gestion des risques posés par les MNE. Le cadre du processus de gestion des risques est divisé en quatre étapes distinctes :

- 1. Zonage pyrotechnique.
- 2. Évaluation détaillée des risques (yc étude historique pyrotechnique).
- 3. Plan de gestion des risques pyrotechniques (adaptation du risque au projet).
- 4. Mise en œuvre (diagnostic et dépollution pyrotechnique).

Le processus adopte une approche à plusieurs niveaux qui permet à l'utilisateur final de quitter le processus de gestion des risques une fois qu'un niveau de risque acceptable a été atteint. Cela tend à faire apparaître que le risque potentiel lié aux MNE est traité de manière efficace et viable économiquement. Le processus adopté est basé sur un examen des pratiques actuelles. Le processus de gestion des risques est présenté sous forme d'organigramme à la Figure 2 et résumé dans les sections suivantes.

#### Note importante 5

Une remarque récurrente des maitres d'ouvrages est pourquoi et quand faire appel à une entreprise spécialisée en gestion du risque pyrotechnique. Ce cadre de gestion des risques aidera ces derniers à répondre à ce questionnement.

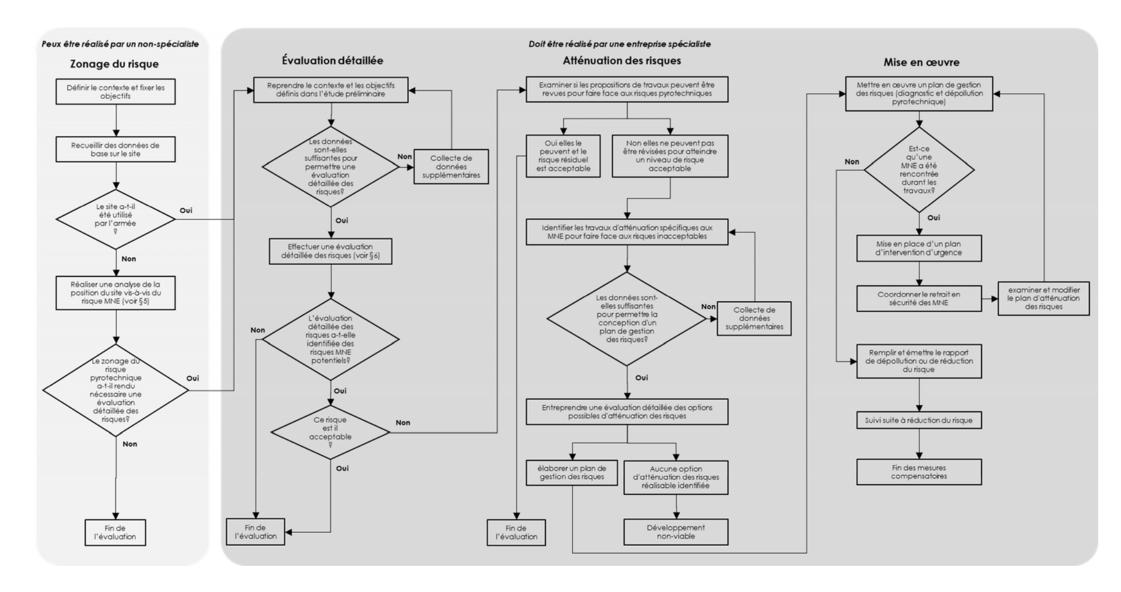


Figure 2 : Cadre de gestion du risque pyrotechnique



#### 4.2.1. ZONAGE PYROTECHNIQUE D'UN SITE

L'identification du zonage pyrotechnique d'un site doit être entreprise à un stade précoce de la planification du projet, avant la finalisation de la conception et avant tout travail intrusif sur site, y compris tous les travaux de recherche de pollution des sols ou de géotechnie. Le but du zonage pyrotechnique est d'évaluer si le site objet des travaux se situe dans une zone de danger potentielle liée aux MNE (cf. §5).

Pour les sites identifiés en zone à risque pyrotechnique, le processus de gestion du risque pyrotechnique sera poursuivi à travers l'évaluation détaillée des risques qui sera confiée à une entreprise spécialisée (assistant pyrotechnique à maitrise d'ouvrage – CSP).

#### Note importante 6

Il est prévisible qu'une part importante des sites (hors Normandie, Hauts de France, Ile de France, Grand Est ainsi que les grandes agglomérations et objectifs militaires<sup>4</sup>) soit identifiée dans une zone à faible probabilité de rencontre de MNE et soit exclue de la poursuite de l'examen du site vis-àvis du risque pyrotechnique. Cependant, il s'agit d'une étape initiale importante pour les professionnels des travaux publics afin d'identifier de manière reproductible les sites présentant un risque pyrotechnique potentiel sur la base de cartes et données synthétiques.

Le chapitre 5 examine plus en détail le processus d'évaluation préliminaire des risques.

#### 4.2.2. ÉVALUATION DÉTAILLÉE DES RISQUES

L'évaluation détaillée des risques spécifiques au site doit pouvoir fournir un mécanisme impartial, défendable, reproductible et défini pour évaluer le risque potentiel posé par les MNE.

L'évaluation permet d'estimer la probabilité qu'un accident pyrotechnique se produise sur un site particulier, en tenant dûment compte du type et des méthodes de travaux à mettre en œuvre. Ceci est ensuite combiné avec les données obtenues lors de l'évaluation préliminaire des risques pour fournir une mesure semi-quantitative du risque et identifier une ligne de conduite appropriée en ce qui concerne l'atténuation de ces derniers.

L'évaluation détaillée des risques doit être effectuée par une entreprise spécialisée en gestion du risque MNE. Le chapitre 6 examine plus en détail le processus d'évaluation détaillée des risques incluant l'étude historique et technique de pollution pyrotechnique.

#### 4.2.3. PLAN DE GESTION DES RISQUES PYROTECHNIQUES

Le but du plan de gestion des risques pyrotechniques est d'éliminer ou de réduire le risque à un niveau acceptable. Vis-à-vis du risque MNE cela concernera principalement un ou une combinaison des éléments suivants :

- apporter des modifications aux plans de conception pour réduire la probabilité de heurt ou d'excavation d'une MNE. Cela impliquera généralement de modifier la disposition d'un plan de conception pour éviter la construction dans des zones identifiées comme étant potentiellement à risque pyrotechnique;
- modifier les méthodes de construction pour réduire la probabilité d'accident. Cette méthode de gestion des risques est souvent utilisée, mais il faut tenir compte des questions concernant la perception du public quant au risque résiduel après l'achèvement du projet. La modification des méthodes de construction n'est

-

<sup>&</sup>lt;sup>4</sup> Cf. definition §5.2.4

généralement pas considérée comme appropriée pour les sites où il existe un risque avéré de MNE comme la plupart des anciens sites de la première guerre mondiale ;

 la mise en œuvre de procédures supplémentaires spécifiquement destinées à faire face au risque pyrotechnique et impliquant généralement l'intervention d'une entreprise spécialisée en MNE dans le cadre des phases préalables de sondages du terrain et de sécurisation des zones de travaux. La mise en œuvre de procédures et d'opérations spécifiques pour faire face aux risques posés par les MNE sur un site est souvent l'option la plus efficace pour les sites où il existe une présence confirmée ou une forte probabilité de présence de MNE.

Le processus de gestion des risques fournit un cadre qui recense les méthodes d'atténuation appropriées pour les divers scénarios de risque qui peuvent être identifiés par l'évaluation détaillée des risques. Les options identifiées sont ensuite évaluées pour garantir la sélection d'un programme d'atténuation des risques efficace et économiquement maitrisé, en fonction de l'usage futur.

Le plan de gestion des risques n'a pas pour objectif d'éliminer tous les risques, il y aura donc encore un risque potentiel mais limité pour qu'une MNE soit rencontrée au cours des travaux de construction.

Le processus de gestion des risques vise à fournir à l'utilisateur final un plan de gestion des risques justifié et complet qui minimise le risque de mauvaise interprétation des résultats de l'évaluation des risques. Cette gestion des risques doit être réalisée par des entreprises spécialisées en risque MNE.

Le chapitre 7 examine plus en détail le processus de gestion des risques.

#### 4.2.4. MISE EN ŒUVRE

La phase finale du processus de gestion des risques consiste à s'assurer que le plan de gestion des risques pyrotechniques sélectionné est correctement mis en œuvre en phase conception et préalablement aux phases de réalisation. Cette phase devra assurer au maitre d'ouvrage que les travaux de diagnostic et de dépollution sont validés comme étant achevés à un niveau satisfaisant.

Des procédures sont incluses pour documenter le moment où le plan de gestion des risques est élaboré ainsi que tout événement d'intervention d'urgence. Ceci est destiné à fournir à l'utilisateur final du site l'assurance et le contrôle de la qualité des opérations menées pour garantir que toutes les préconisations ont été observées et fournir un enregistrement détaillé du risque résiduel pour les futurs utilisateurs du site.

Le chapitre 7 traite du processus de gestion des risques et de sa mise en œuvre.



#### ZONAGE PYROTECHNIQUE D'UN SITE

Le but du zonage pyrotechnique est d'identifier la position d'un site donné vis-à-vis du risque pyrotechnique par l'intermédiaire de documents et données de synthèses.

#### Note importante 7

Il est crucial que l'identification de la position d'un site par rapport au risque pyrotechnique soit réalisée dans les toutes premières phases de développement du projet. Cela garantira que toute contrainte potentielle induisant une révision des plans de développement, du planning de réalisation ou des méthodes de travail proposées est réduite au minimum de manière à maitriser les risques projets (coûts supplémentaires, délais, etc.) pour le maitre d'ouvrage.

#### 5.1. OBJECTIFS

Le zonage du risque pyrotechnique utilise principalement des cartes de synthèses pour le replacer dans le contexte d'événements qui ont pu conduire à la présence de MNE de manière à identifier les suites à donner.

Ce zonage est la première étape indispensable au processus de gestion des risques pyrotechniques. Il peut être réalisé par toute entreprise ou bureau d'étude en amont de toutes phases intrusives.

Le processus de zonage du risque pyrotechnique est illustré à la Figure 3.

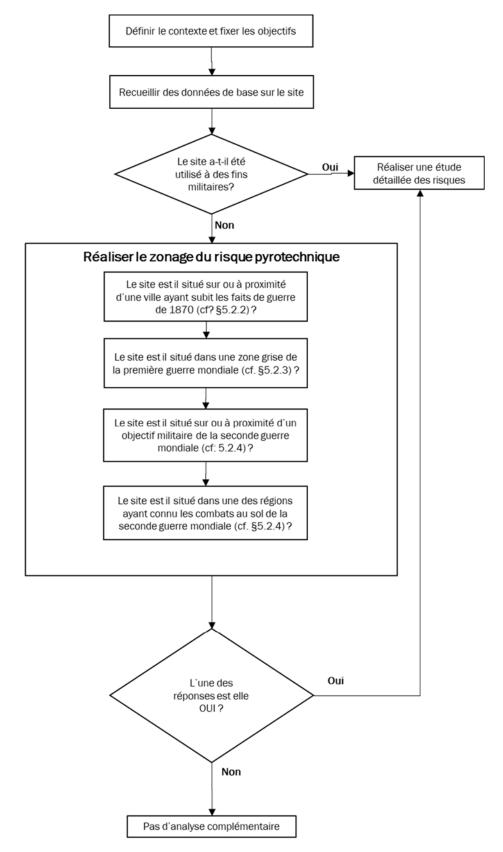


Figure 3 : Processus de zonage d'un site vis-à-vis du risque pyrotechnique



#### 5.2. PROPABABILITE DE DECOUVERTE DE MNE

### 5.2.1. SITES AVEC HISTORIQUE D'UTILISATION ANTÉRIEURE PAR LE MINISTÈRE DES ARMÉES POUR ESSAIS, ENTRAINEMENT, PRODUCTION OU DESTRUCTION

Si le site de développement en question a déjà été utilisé à des fins militaires, ou des fins d'essais, de production ou de zone de destruction de MNE, une évaluation détaillée des risques doit toujours être entreprise (voir le chapitre 6).

Cependant, le maitre d'ouvrage peut souhaiter poursuivre le processus de zonage pyrotechnique et obtenir des informations pertinentes qui seront transmises à l'entreprise spécialisée en MNE qui établira le plan de gestion du risque pyrotechnique du site.

#### 5.2.2. SITES DE LA GUERRE FRANCO-PRUSSIENNE

La guerre franco-prusienne a été relativement rapide devant la succession des défaites françaises.

Bien qu'ayant atteint très rapidement Paris, plusieurs batailles ont émaillé le cours de cette guerre avec les premières utilisations en masse de l'artillerie. Il conviendra de ce fait d'analyser le risque pyrotechnique dans le cadre du plan de gestion du risque pyrotechnique si les travaux de développement se déroulent sur ou à proximité immédiate des communes de Wissembourg (67), de Frœschwiller-Wærth (67), de Forbach-Spicheren (57), de Bitche (57), de Borny-Colombey (57), de Beaumont (51), de Noisseville (57), de Toul (54), de Mars-la-Tour (54), de Saint-Privas / Gravelotte (57), de Bazeilles (08), de Nompatelize (88), de Sedan (08), de Montmédy (55), de Soissons (02), de Bellevue (57), de La Fère (02), de Thionville (57), de Villers-Bretonneux (80), de Beaune-la-Rolande (45), de Champigny (94), de Strasbourg (67), de Châteaudun (28), de Metz (57), de Dijon (21), d'Orléans (45), de Coulmiers (45), d'Amiens (80), de Loigny-la-bataille (28), de Longeau-Percey (52), de l'Hallue / de Pont-Noyelles (80), de Bapaume (62), de Péronne (80), de Villersexel (70), du Mans (72), de Héricourt (70), de Saint-Quentin (02), de Belfort (90), de Buzenval (94) et de Paris (notamment la première ceinture de forts de Paris).

En dehors de ces communes, le risque de découverte de MNE lié à cette période est fortuit.

#### 5.2.3. SITES DE LA PREMIÈRE GUERRE MONDIALE

La première guerre mondiale est caractérisée par une guerre dite de position ou guerre de tranchées. Cette typologie de guerre fait que la zone de front a été établie relativement durablement dès le début de la guerre pour en bouger assez peu tout au long de cette dernière.

Contrairement à la seconde guerre mondiale, la présence de MNE liées aux faits de guerre est relativement bien ciblée. Relativement, car l'étendue de la zone contaminée est considérable. Elle s'étend de la région Lilloise jusqu'à l'Alsace en traversant la Picardie, la Champagne et la Lorraine sur une bande comprise entre quelques kilomètres et près d'une centaine de kilomètre de large.

Dans le cadre du zonage du risque pyrotechnique, il conviendra d'analyser la position du site vis-à-vis de la catégorie de zone dans laquelle elle se situe conformément à la cartographie présentée en Annexe 1.

Cette cartographie a été réalisée par l'État français immédiatement après la fin de la guerre en recensant le niveau de destruction des terrains au plus près des sinistrés par l'intermédiaire de commissions cantonales sous l'autorité de chaque préfet. Ce travail a été impulsé par le Ministère des Régions libérées et repris notamment dans les ouvrages d'agriculture pratique de 1921 (Tomes 35 et 36).

Les zones dévastées<sup>5</sup> sont alors cartographiées et présentées sur 3 planches en identifiant:

- Les zones « grises / c'est à dire impactées par les faits de guerre » : un plan de gestion des risques doit toujours être entrepris (voir le chapitre 6)
- Les autres zones : si le site se situe en dehors des zones grises, le risque peut être jugé comme fortuit vis-à-vis de cette période.

#### 5.2.4. SITES DE LA SECONDE GUERRE MONDIALE

L'emplacement et la description du site sont les informations les plus élémentaires qui peuvent indiquer la possibilité d'un danger lié aux MNE de la seconde guerre mondiale. Ces informations seront facilement identifiables aux étapes initiales de tout projet de développement sans qu'il ne soit nécessaire d'effectuer des recherches importantes.

Cette identification a pour but d'aider le spécialiste non-MNE à localiser rapidement le site pour définir si un risque pyrotechnique est probable. Cette localisation est nécessairement simpliste dans son approche et le résultat doit être considéré avec le cadre géographique général du site.

S'il est identifié que le site pourrait présenter un risque pyrotechnique, il convient alors de prendre en compte d'autres facteurs susceptibles d'affecter le potentiel global de toute MNE existante dans le cadre du plan de gestion du risque pyrotechnique.

#### Bombes d'aviation

En marge des bombardements tactiques difficiles à identifier car généralement ponctuels et sporadiques, les bombardements stratégiques ayant pour cibles des objectifs militaires ou civils à savoir :

- Base aérienne, aéroport ou aérodrome ;
- Gare de triage ou ligne ferroviaire;
- Centrale électrique ou d'alimentation en énergie ;
- Centre de communication :
- Structure portuaire d'importance (grands ports);
- Structures industrielles de production ou de stockage de munitions, explosifs ou de matériels militaires (Renault, Hispano-suiza, Citroën, poudreries d'État, etc.) ou pétro-chimique;
- Ouvrages de génie civil stratégiques ;

sont susceptibles de présenter un risque lié aux MNE sur le site même ou sa périphérie.

Si le site objet du zonage se situe sur ou à proximité d'un de ces objectifs, un plan de gestion des risques pyrotechniques devra être établi (voir le chapitre 6).

Si le site se situe en dehors de ces zones, le risque peut être jugé comme fortuit vis-à-vis de cette période et de cette catégorie de MNE.

#### Munitions tirées au sol

À cette analyse sur les bombes d'aviation qui représentent une part très importante du risque lié aux MNE de la seconde guerre mondiale, il convient de rajouter le risque lié aux combats au sol de la seconde guerre mondiale que ce soit en 1940 lors de la Blitzkrieg ou en 1944 lors du débarquement et de la libération.

De ce fait, si le site objet de travaux est situé :

-

<sup>&</sup>lt;sup>5</sup> Les zones dévastées répertoriées dans ces ouvrages ne prennent pas en compte les régions rattachées d'Alsace et Lorraine qui ont été complétées dans ce document par l'étude du Front et l'identification des grandes batailles d'Alsace Lorraine.



- dans les départements de la Manche (50), du Calvados (14) et de l'Orne (61), ils devront obligatoirement faire l'objet d'un plan de gestion du risque pyrotechnique.
- dans les régions Normandie (autre que les départements mentionnés précédemment), Bretagne, Hauts de France, Grand Est et Sud, compte tenu de l'étendu de ces dernières et de la disparité de la pollution à l'intérieur de celle-ci, il conviendra de se rapprocher d'une entreprise spécialisée en gestion du risque MNE afin de compléter la définition précise du zonage pyrotechnique du site.
- Pour le reste de la France, ce risque sera considéré comme fortuit vis-à-vis de ce risque.

#### 5.2.5. DÉCOUVERTES FORTUITES

En dehors de ces zones, il reste possible de découvrir des munitions non-explosées. Ce risque sera considéré comme fortuit tant qu'aucune MNE n'aura été découverte.

Dès la première découverte d'une MNE, il conviendra alors de faire analyser cette découverte par une entreprise compétente en gestion du risque pyrotechnique afin de définir les circonstances de découvertes et la probabilité résiduelle de risque d'accident pyrotechnique sur le site.

Les éventuelles mesures compensatoires seront alors prises pour encadrer et réduire au besoin ce risque résiduel.

#### 5.2.6. SYNTHÈSE DU ZONAGE DU RISQUE PYROTECHNIQUE

Une fois l'analyse de ces différentes périodes et zonage du risque pyrotechnique réalisée en rapport au site objet de l'étude, le tableau ci-dessous peut-être rempli de manière à orienter la décision du maitre d'ouvrage quant à la gestion des risques liés aux MNE :

Tableau 1 : Synthèse des probabilités de découverte de MNE par période

	Risque fortuit ou négligeable	Plan de gestion des risques à réaliser
Site exploité par les armés ou autres (cf. §5.2.1.)		
Guerre de 1870 (cf. §5.2.2.)		
1ère Guerre mondiale (cf. §5.2.3.)		
2 <sup>nde</sup> Guerre mondiale (cf. §5.2.4 – bombes)		
2 <sup>nde</sup> Guerre mondiale (cf. §5.2.4 – combats au sol)		

L'ensemble des données recueilli sera annexé au rapport de zonage afin de poursuivre l'évaluation des risques et le plan de gestion sur des bases solides et vérifiables.

<u>Nota</u>: Dans la poursuite de l'évaluation du risque pyrotechnique, il conviendra de prendre soin d'étudier tous les risques inhérents aux périodes et typologies de MNE découlant des classements rouge synthétisés dans le Tableau 1.

#### 5.3. RÉSULTATS DU ZONAGE DES RISQUES PYROTECHNIQUES

Dans tous les cas, le processus entrepris doit être documenté et distribué aux parties concernées dans le cadre d'un rapport de zonage. Une liste détaillée des sources d'informations référencées et tous documents pertinents doivent également être inclus avec les informations de base sur le site. Une copie du rapport de zonage doit être incluse dans le dossier du site.

Tableau 2 : Rubriques suggérées pour le rapport de zonage du risque pyrotechnique

Chapitres	Pertinence	Sources d'information
Nom du site,		Propriétaire / Maitre d'ouvrage / Développeur
localisation et limites		Plans du site géoréférencés
géographiques	Définit le contexte du site par rapport aux sources	Données géologiques du site (BRGM, Infoterre, Géorisques)
Description du site	potentielles de MNE et peut	Textes et documents historiques
fournir la base pour identifier d'autres sources		Cartographies de diagnostics pyrotechniques ou autres
Usage historique	potentielles d'informations supplémentaires	Diagnostics environnementaux divers
		Présent guide
Historique du site		Autres documents détenus par le propriétaire actuel (ou les anciens)
Conclusions du zonage et recommandations pour les travaux futurs	Les conclusions du processus de zonage	
Références	Fournit la traçabilité des informations et le niveau de base d'AQCQ. Identifiera les sources pour les phases ultérieures de travaux (si nécessaire).	



# 6. PLAN DE GESTION DES RISQUES PYROTECHNIQUES – ETUDE HISTORIQUE ET TECHNIQUE DE LA POLLUTION PYROTECHNIQUE - ASSISTANCE AU MAITRE D'OUVRAGE

Si le zonage pyrotechnique identifie un risque potentiel non-négligeable lié aux MNE sur un site, une entreprise spécialisée doit être nommée pour entreprendre une évaluation détaillée et un plan de gestion des risques pyrotechnique en utilisant des informations et des données qui ne sont pas facilement accessibles aux non-spécialistes des MNE. Il est indispensable, pour ce faire, de désigner une entreprise ayant les compétences et les qualifications suffisantes pour pouvoir interpréter les données recueillis notamment en termes d'identification et de gestion des effets des MNE.

Ce chapitre est destiné à fournir au maitre d'ouvrage un aperçu du processus détaillé d'évaluation et de gestion des risques pyrotechniques, y compris les informations qui doivent être incluses dans le rapport ainsi que les divers processus d'évaluation impliqués. Le processus d'évaluation est représenté à la Figure 6.

#### 6.1. MUNITIONS LIEES AUX COMBATS ET ACTIVITES TERRESTRES

En complément des bombes d'aviation, l'un des principaux risques lié aux munitions nonexplosées, et le plus fréquemment rencontré sur le territoire français, est sans aucun doute le risque lié à la présence d'obus d'artillerie, de mortiers ou de bombes de tranchées.

Les décennies ont passé, mais ces MNE n'ont rien perdu de leur dangerosité, bien au contraire, plusieurs raisons à cela :

- L'oxydation, qui altère considérablement les composants et augmente la sensibilité des munitions ; mais aussi le manque de sécurité de l'époque.
- L'état de l'art, qui avec l'enlisement dans la guerre de position a nécessité l'invention et la mise au point d'une nouvelle artillerie, dite « de tranchées », capable de tirs courbes pour atteindre les lignes ennemies. Conçues dans l'urgence avec des matériaux de moindres qualités et destinés à être utilisée dans les six mois. C'est dire son état de délabrement un siècle plus tard.



Figure 4 : 2 typologies de munitions exsudant ou avec développement de picrates.

Les faits de guerre et activités qui peuvent induire une présence de munitions nonexplosées de ce type sont :

- les zones de combats,
- les emplacements de défense anti-aérienne,
- les champs d'entraînement et zones de tir militaires,
- les zones de destructions (regroupement et éclatement) ou d'enfouissements volontaires.
- les zones de fabrication et de stockage d'armes.

L'expertise de l'entreprise spécialisée réalisant le plan de gestion des risques pyrotechniques est importante pour évaluer le potentiel d'un danger lié aux MNE sur un site particulier. Lors de la réalisation d'une telle évaluation, l'entreprise spécialisée doit utiliser les connaissances d'experts et entreprendre un examen suffisamment poussé et détaillé de l'historique du site pour déterminer :

- le ou les types probables de munitions stockées et/ou utilisées, notamment leur état probable et leur sensibilité.
- le zonage du risque pyrotechnique sur le site, c'est-à-dire s'il existe des zones à risque plus élevé ou plus faible.

Pour évaluer le risque posé par cette typologie de MNE dans le cadre des travaux projetés, l'entreprise spécialisée devra considérer :

- la profondeur, l'emplacement et l'étendue des travaux intrusifs à réaliser par rapport aux zones potentielles de contamination par MNE
- la probabilité d'initier une MNE avec les méthodes intrusives proposées
- les conséquences de l'initiation de MNE sur le site.

#### 6.1.1. DONNÉES SPÉCIFIQUES AU SITE

Suivant la position et l'utilisation historique des sites étudiés, il peut y avoir différentes informations indiquant que des MNE de ce type puissent être présentes. Ces informations seront disponibles à partir de quatre sources principales :

- 1. Étude des cartes des tranchées allemandes et alliées au cours de la première mondiale ainsi que des zones dévastées relevées à la fin de la guerre.
- 2. Analyse des archives concernant notamment les zones de destruction, de stockage et de fabrication des MNE
- 3. Analyse des combats et mouvements de troupes répertoriés durant les guerres étudiées.
- 4. Analyse des régimes de champs de tir pour les zones d'entrainement.

Si elles sont disponibles, les photographies aériennes des périodes étudiées peuvent également fournir un bon niveau d'information sur l'importance des dommages causés par les combats voire des travaux de réhabilitation menés.

Une fois l'évaluation des données spécifiques au site terminée, un résumé doit être préparé pour présenter les informations obtenues de manière claire et concise tout en indiquant les incohérences et les éventuelles lacunes dans les informations. Un format suggéré pour le résumé des données est présenté dans le Tableau 3.



#### 6.1.2. Données techniques

Les informations spécifiques relevées lors du chapitre précédent peuvent fournir une indication positive de la présence de MNE, mais l'absence de données spécifiques au site ne prouve pas nécessairement l'absence d'un risque lié aux MNE. L'impact des MNE lors de la première guerre mondiale a été considérable et le référencement d'une quelconque munition non-explosée était totalement inenvisageable.

L'ensemble des terrains objets des zones dévastées présenté précédemment a fait l'objet d'un bombardement intense durant plusieurs années. À certains endroits, les sols étaient « brassés » sur 4 à 5 m de profondeur.

Si les données spécifiques au site ne sont pas concluantes, l'entreprise spécialisée chargée de réaliser le plan de gestion du risque pyrotechnique devra alors estimer la probabilité qu'une MNE de ce type soit présente sur le site.



Figure 5 : État des terres suite à la première guerre mondiale.

Le spécialiste s'attachera à mettre en évidence et à prendre en considération au minimum les points suivants :

- Intensité des combats
- Taux de raté
- Probabilité de recensement et d'identification
- Évaluation de la pénétration d'une MNE dans un sol (niveau de brassage des terres, nature géologique, type de pièce d'artillerie, etc.).

### 6.2. BOMBES D'AVIATION NON-EXPLOSEES DE LA SECONDE GUERRE MONDIALE<sup>6</sup>

#### 6.2.1. DONNÉES SPÉCIFIQUES AU SITE

Suivant la position et l'utilisation historique des sites étudiés, il peut y avoir différentes informations (non-exhaustives) indiquant que des bombes d'aviation non-explosées peuvent être présentes. Ces informations seront disponibles à partir de trois sources principales :

<sup>&</sup>lt;sup>6</sup> et dans une moindre mesure de la Première Guerre Mondiale.

- Preuve ou présomption de présence de bombes d'aviation à partir d'informations fournies par des sources locales comme les archives départementales, les archives municipales, les archives nationales (Ministère des Armées, SNCF, etc.), archives internationales (Américaines, Anglaise, Italiennes et Allemandes) ou encore les témoignages locaux.
- 2. L'interprétation des données d'impact des bombes à partir de photographies aériennes ou de cartes d'impact des bombes détenues par les autorités locales.
- 3. Les rapports de chargement et le recensement des missions sur un objectif donné afin d'identifier la quantité et la typologie de bombes larguées sur le site.

Il est indispensable pour l'ensemble de ces données d'étudier les 3 phases de cette guerre :

- Celle de la Blitzkrieg en 1940 qui, bien que rapide, a été accompagnée de nombreux bombardements sur les infrastructures militaires et les ouvrages de génie civil par la Luftwaffe;
- Celle de l'occupation de 1940 à 1944 où les bombardements alliés seront dénombrés et identifiés ;
- Celle du débarquement et de la libération à partir de juin 1944.



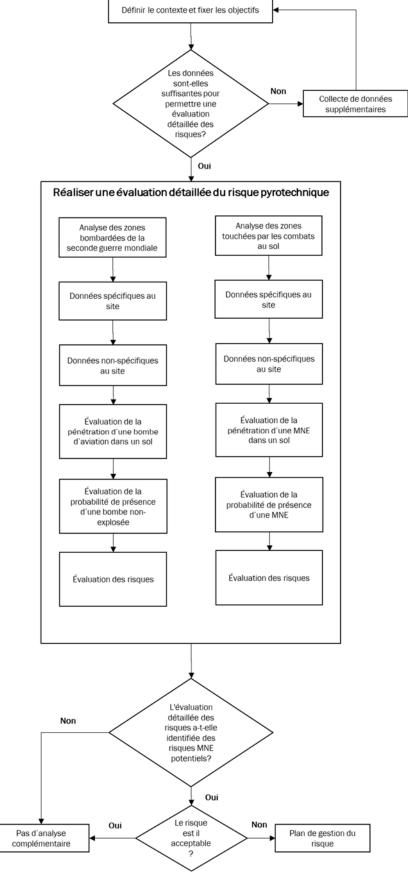


Figure 6 : Processus d'évaluation détaillée des risques pyrotechniques

Si elles sont disponibles, les photographies aériennes de la période de guerre peuvent fournir un niveau d'information satisfaisant concernant notamment les dommages causés par l'impact des bombes. Néanmoins, il convient avant tout de s'assurer du caractère exhaustif des bombardements recensés afin de produire un document de synthèse complet et non partiel ce qui pourrait induire en erreur le maitre d'ouvrage.

Son utilisation efficace nécessite non seulement des compétences en analyse d'image et une connaissance de la façon dont les traces de dommages causés par les bombes peuvent apparaître, mais aussi une compréhension détaillée de la manière dont les bombardements aériens ont été effectués. Il est important que la période d'étude recensée soit la plus complète possible, notamment en obtenant un maximum de données ou photographies des différentes missions comprises entre 1940 et 1945. Si toutes les informations ne sont pas disponibles, l'entreprise spécialisée identifiera les carences et leurs éventuelles conséquences.

Au-delà de 1946, les photographies seront à relativiser en fonction des travaux d'aménagement qui auraient pu avoir eu lieu directement après-guerre et notamment, les actions de comblement des cratères de bombes.

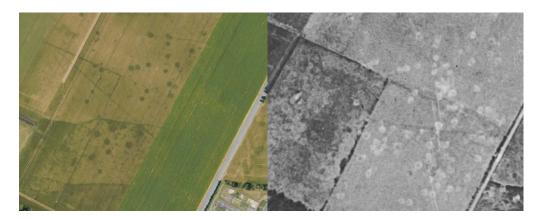


Figure 7 : Comparaison de photographies aériennes (de nos jours à gauche et en 1949 à droite). Parfois les cratères sont encore visibles suivant la pousse des cultures.

Les bombes étant généralement larguées en « chapelets », elles produisent une ligne d'effets caractéristique au niveau du sol. Il est à noter que les cratères indiquent les bombes ayant explosées. L'absence de cratères sur une zone donnée ne signifie pas qu'il n'y a pas de MNE à cet endroit, au contraire, il s'agit souvent des endroits où les bombes n'ont pas explosé.

L'absence de cratère d'impact mais la présence d'un simple trou de petit diamètre lors d'un bombardement peut indiquer qu'une ou des bombes ont été larguées mais qu'elles n'ont pas explosé. Par ailleurs, le trou d'entrée d'une bombe non-explosée peut être masqué par les dommages causés par l'explosion des bombes aux alentours.

Il convient de noter qu'avec toutes les sources d'information énumérées ci-dessus, la qualité et l'exhaustivité des données varieront considérablement d'un site à l'autre. Une fois l'évaluation des données spécifiques au site terminée, un résumé doit être préparé pour présenter les informations obtenues de manière claire et concise tout en indiquant les incohérences et les éventuelles lacunes dans les informations. Un format suggéré pour le résumé des données est présenté dans le Tableau 3.

#### 6.2.2. Données techniques

Les informations spécifiques relevées lors du chapitre précédent peuvent fournir une indication positive de la présence de bombes non-explosées, mais l'absence de données



spécifiques au site ne prouve pas nécessairement l'absence d'un risque lié aux MNE. En raison des difficultés inhérentes à l'identification des dommages causés par des bombes individuelles pendant une situation de guerre, l'absence de recensement régulier des bombes non-explosées, les inexactitudes ou les lacunes dans la compilation des données, des données locales ne concernant pas spécifiquement le site étudié concernant les bombardements aériens doivent également être prises en compte.

Si les données spécifiques au site ne sont pas concluantes, l'entreprise spécialisée chargée de l'évaluation détaillée devra alors estimer la probabilité qu'une MNE de ce type soit présente sur le site.

Le spécialiste s'attachera à mettre en évidence et à prendre en considération au minimum les points suivants :

- Densité de bombardement
- Taux de raté
- Probabilité de recensement et d'identification
- Évaluation de la pénétration d'une bombe d'aviation dans un sol (nature géologique, hauteur et vitesse de largage, cas de tir, etc.).

#### Note importante 8

Un terrain aménagé aujourd'hui peut être profondément différent de celui ayant été bombardé durant la seconde guerre mondiale. Il est donc essentiel de fournir à l'entreprise en charge du plan de gestion des risques pyrotechniques autant d'informations historiques que possible sur les conditions d'urbanisation depuis la fin du conflit.

#### 6.3. FACTEURS D'ATTÉNUATION À CONSIDÉRER

Le contexte et l'environnement du site vis-à-vis du risque de présence de MNE a été établi. Néanmoins, la position temporelle des évènements ayant conduits à cette pollution fait que certaines parties du site ont pu être modifiées et peuvent avoir conduit au retrait de tout ou partie des MNE sur le site. De même, la nature des travaux de développement projetés sur le site pourrait présenter ou non un risque pyrotechnique suivant la typologie de MNE susceptible d'être présente.

Pour qu'une MNE présente un risque, il convient d'étudier comment cette dernière pourrait être rencontrée et initiée. Cela variera considérablement selon le type de MNE, l'étendue et les typologies de travaux à réaliser. En général, plus l'étendue et la profondeur des travaux à entreprendre sur un site sont grandes, plus il est probable qu'une MNE soit rencontrée.

Le spécialiste s'attachera à étudier et à prendre en compte au minimum les points suivants :

- Zonage (étude de la planimétrie et des strates impactées)
- Travaux projetés (typologie de travaux, modes opératoires, positions, etc.)
- Probabilités (probabilité pour les travaux de rencontrer une MNE et probabilité de la faire exploser)

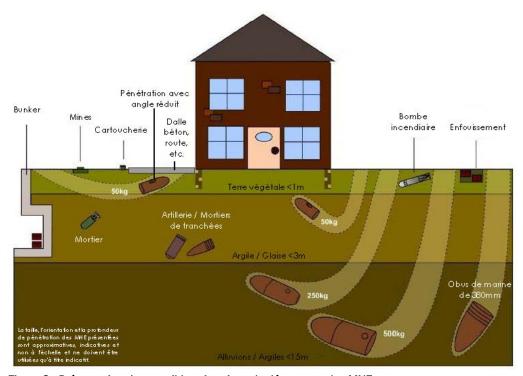


Figure 8 : Présentation des possibles situations de découverte des MNE

#### 6.3.1. ÉVALUATION DES RISQUES

#### Note importante 9

La manière dont la probabilité de présence d'une munition nonexplosée est évaluée variera d'un spécialiste à l'autre. Quelle que soit la méthode adoptée, elle doit être décrite en détail dans le plan de gestion des risques pyrotechniques en précisant les informations utilisées, les hypothèses formulées et la justification de ces hypothèses.

Le processus décrit jusqu'ici a tenu compte de la probabilité de rencontrer une MNE et de la probabilité de générer un accident dans le cadre de travaux intrusifs sur un site donné. Ces deux éléments combinés permettront d'estimer la probabilité d'exposition à un risque.

La deuxième partie de l'estimation du niveau de risque consiste à évaluer les conséquences d'une exposition à un danger. Lorsqu'on considère le risque lié aux MNE, le résultat d'une explosion dépendra fortement de la typologie de MNE et sa capacité.

Le résultat d'une détonation est dans tous les cas significatif et susceptible d'entraîner des blessures graves et/ou irréversibles, potentiellement des décès ainsi que des dommages importants à l'environnement, aux structures et aux infrastructures environnantes.

Concernant plus spécifiquement les MNE tirées au sol, le risque est sans aucun doute caractérisé par leurs compositions. En effet, durant la première guerre mondiale notamment, de nombreuses typologies de munitions ont été testées dont certaines présentaient des capacités balistiques et de sécurités discutables. De plus, un nombre important de ces munitions étaient chargées en toxique de guerre (ypérite, phosgène, chlore, etc.) ou divers produits incendiaires, fumigènes et lacrymogènes (phosphore, bromacétone, etc.). Ces derniers représentent aujourd'hui la majorité des accidents liés aux MNE par intoxications ou brûlures graves.

La probabilité de rencontrer une MNE lors de travaux sur les sites de la première guerre mondiale est relativement importante. Il n'est pas rare que des terres contenant des MNE soient manipulées par des engins de terrassements employant des godets de grandes



tailles et chargées puis transportées sans que ces MNE ne soient détectées. Cela peut avoir pour conséquence le transport de terres polluées par des MNE sur des routes, à proximité de lieux sensibles et leur réemploi sur des zones qui ne sont pas nécessairement concernées par l'historique militaro-industriel du site d'emploi. Cela rappelle l'importance de l'évaluation primaire, préalable à toute intervention intrusive, dès l'avant-projet sommaire.

Bien heureusement, les accidents corporels sont encore relativement rares et la probabilité de faire exploser une MNE est inférieure à celle d'en rencontrer une.

Pour autant, ceux survenus sur les chantiers ces dernières années montrent l'importance de ce type de prévention sans quoi, même dans le cadre d'une explosion ne faisant pas de dégâts majeurs, le chantier se retrouve stoppé et il devient nécessaire d'intervenir en urgence pour remédier à la problématique liée aux MNE avant reprise des travaux.

Le problème devient finalement financier car résultant d'un retard indéterminé du projet, et de l'immobilisation de moyens humains et matériels, etc. Ainsi, lorsque l'on considère le niveau de risque posé par les MNE, il est habituel de se baser sur la probabilité d'exposition sans entreprendre une évaluation plus approfondie des conséquences potentielles d'un événement de détonation.

L'entreprise spécialisée réalisant le plan de gestion des risques pyrotechniques liés aux MNE identifiera le niveau de risque (sécuritaire, projet, calendaire et financier) à partir des résultats de l'évaluation et fournira des recommandations pour la mise en œuvre de travaux supplémentaires adaptés.

Il appartient à l'entreprise spécialisée d'étudier et de présenter ses conclusions sur les différents éléments suivants vis-à-vis du risque pyrotechnique lié aux MNE :

- L'ampleur du développement d'après-guerre
- La nature des travaux intrusifs envisagés
- L'étendue des travaux intrusifs envisagés

#### Note importante 10

À toutes les étapes du processus de gestion des risques pyrotechniques, l'évaluation doit être pertinente par rapport aux objectifs généraux en ce qui concerne les conditions spécifiques du site et les éléments de travail considérés.

Chaque évaluation est spécifique au site et aux éléments de travail considérés. Si les conditions spécifiques du site ou les travaux proposés changent, l'évaluation doit être réexaminée.

#### 6.4. RÉSULTATS DE L'ÉVALUATION DES MNE PRESENTES SUR LE SITE

Les chapitres devant être renseignés pour la notification d'une évaluation des MNE présentes sur un site et un résumé des informations qu'ils doivent contenir sont présentés dans le Tableau 3.

Tableau 3 : Format d'évaluation des MNE présentes sur un site

Chapitres	Pertinence	Sources d'informations potentielles
Emplacement du site, description, utilisation historique et développement	Analyse le site par rapport aux sources potentielles de MNE vis-à-vis des éléments exposés au présent guide.	Zonage du risque pyrotechnique Propriétaire foncier / promoteur Présent guide Données du projet
Données spécifiques du site lié aux MNE	Fournit les outils pour identifier les sources d'information. L'historique du développement du site doit identifier les effets significatifs qui peuvent avoir conduit à l'élimination précédente de MNE.	En complément de ci-dessus :         Internet         recherches dans les bases de données environnementales         registres d'autorité locales         connaissances / histoires locales



	Fournira une confirmation de la présence et des types probables de MNE. Fournira des résumés détaillés des sources d'informations individuelles et événements pris en compte dans le cadre du processus d'évaluation.	<ul> <li>cartographies des tranchées.</li> <li>journaux (locaux)</li> <li>registres des autorités locales</li> <li>bibliothèques et archives locales, municipales, départementales, associatives.</li> <li>archives départementales, nationales et internationales</li> <li>textes historiques</li> <li>tout enregistrement des services de déminage étatiques (MinInt / MinArm)</li> <li>Registres et cartes spécifiques</li> <li>Cartes / registres des bombes des autorités locales</li> <li>Archives nationales (MinArm, SNCF, etc.) et internationales (USAF, RAF, Luftwaffe)</li> <li>les enregistrements d'aéronefs écrasés.</li> <li>Relevé des missions et composition des chargements</li> <li>Toutes sources jugées pertinentes.</li> </ul>
Données non spécifiques au site sur les MNE à proximité	Fournit des informations détaillées sur les événements non spécifiques au site et les incidents qui peuvent avoir conduit à la présence de MNE sur le site.  Présentera les sources d'informations individuelles et les événements pris en compte dans le cadre du processus d'évaluation.	Identique à ci-dessus.
Évaluation de la présence de MNE	Fournit une estimation du nombre de MNE tirées sur le site et susceptibles d'être toujours présentes.	Synthèse des données spécifiques et non-spécifiques au site.
Géologie spécifique du site	Définira les paramètres à utiliser pour l'évaluation de la pénétration.	Registres du BRGM (relevé des forages, cartes géologiques, publications). Recherches géologiques antérieures.
Évaluation de la pénétration des MNE	Basé sur le type de MNE supposé présent et les conditions géologiques connues.	Expertise et analyse de l'entreprise réalisant le plan de gestion du risque pyrotechnique.
Zonage du risque de présence de MNE	Fournit une estimation des zones du site où une MNE peut être présente.	Historique du site. Évaluation de la pénétration des MNE.
Travaux intrusif envisagés	Fournit une estimation de l'étendue des travaux intrusifs envisagés dans la zone potentiellement impactée par les MNE.	Plans de conception préliminaires Plans d'investigation préliminaires
Estimation de la densité de MNE susceptibles d'être rencontrées	Fournit une estimation de la densité de MNE qui peuvent être rencontrées.	Évalué en utilisant : - Zonage du risque - Travaux intrusifs envisagés - Évaluation de la présence de MNE
Évaluation des risques liés aux MNE	Résume les résultats du processus ci- dessus en attribuant au site un niveau de risque lié aux MNE, généralement comme négligeable, faible, modéré, élevé ou très élevé et identifie le cas échéant les travaux supplémentaires à réaliser.	Résumé des informations ci-dessus.
Références	Fournit la traçabilité des informations utilisées dans le cadre de l'évaluation des pièces étudiées et du niveau de base d'AQ/CQ. Identifiera la teneur des travaux complémentaires à mettre en œuvre pour les phases ultérieures de travaux (si nécessaire).	

## 7. PLAN D'ACTIONS RELATIF AUX RISQUES PYROTECHNIQUES

Si le plan de gestion des risques pyrotechniques a identifié que le degré de risque pyrotechnique sur un site n'est pas acceptable (voir le chapitre 6), des mesures d'atténuation des risques liés aux MNE doivent être prises (Figure 9). Celles-ci doivent être effectuées par des entreprises spécialisées maitrisant la gestion des MNE en toute sécurité.

#### 7.1. OBJECTIFS

Comme indiqué précédemment, le risque est une estimation combinée de la probabilité et de la gravité d'un danger défini. Pour qu'une MNE présente un risque, trois composants doivent être présents :

- 1. Source : nature de la (des) MNE présumée(s) présente sur le site.
- 2. Choc ou mouvement conduisant à l'explosion : il doit exister un mécanisme pouvant faire en sorte que la ou les MNE soient heurtées, choquées, agressées ou déplacées provoquant ainsi son fonctionnement accidentel.
- 3. Récepteurs : personnes et/ou installations susceptibles d'être impactées par le fonctionnement accidentel de la MNE.

Le but de l'atténuation des risques est de prendre des mesures pour traiter un ou plusieurs de ces éléments afin de réduire la probabilité qu'un incident se produise ou d'en limiter l'effet s'il se produit. L'objectif est donc d'éliminer le risque ou de le réduire à un niveau acceptable (application des principes généraux de prévention).

Lorsqu'on considère le risque lié aux MNE, l'approche la plus logique consiste à utiliser des mesures pour réduire la probabilité qu'un événement se produise. Ceci est réalisé en s'attaquant soit à la source du risque, soit au processus qui peut conduire à un fonctionnement accidentel.

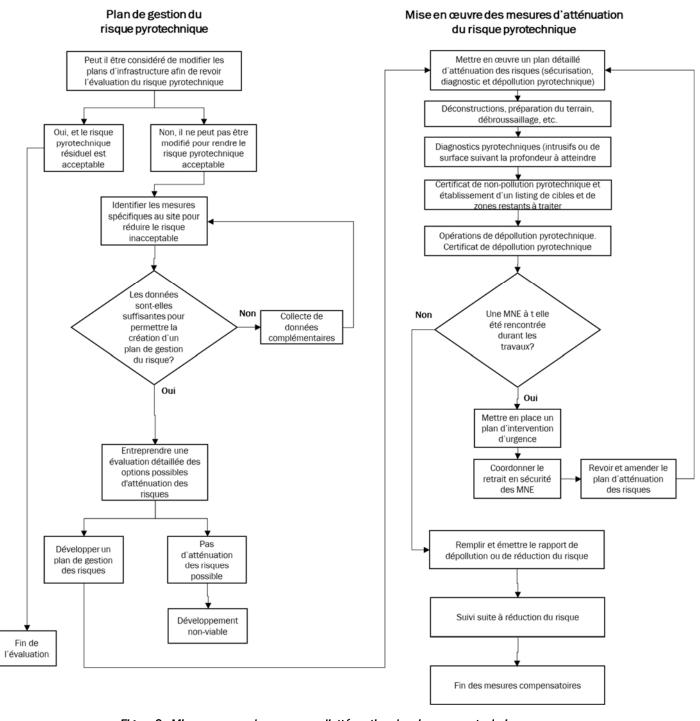


Figure 9 : Mise en œuvre du processus d'atténuation des risques pyrotechniques



#### 7.2. PROCESSUS D'ATTÉNUATION DES RISQUES

Les principales procédures d'atténuation des risques potentiels posés par les MNE dans le cadre de travaux intrusifs sont gérées en 3 étapes principales :

- Assistance à maitrise d'ouvrage :
  - Examiner et adapter les plans de développement / de construction
  - Communiquer / sensibiliser sur les risques encourus
  - Conception de marchés (PRO, DCE, ACT)
- Études et travaux préliminaires :
  - Travaux préparatoires (débroussaillage, déconstructions superstructures, etc.)
  - Diagnostic pyrotechnique; identification de cibles et zones à risques plus attestation de non-pollution pyrotechnique en dehors de ces zones
- Travaux de sécurisation le cas échéant :
  - Étude de sécurité pyrotechnique et documents associés
  - Dépollution pyrotechnique (débroussaillage à risque, sécurisation de la déconstruction des infrastructures, mise au jour et identification des cibles diagnostiquées, stockage dormant, destruction, etc.)
  - Contrôle qualité, rapport et attestation de dépollution pyrotechnique

Les sections suivantes décrivent en détail les bonnes pratiques actuelles pour ces méthodes d'atténuation des risques.

#### 7.3. ASSISTANCE À MAITRISE D'OUVRAGE

#### 7.3.1. EXAMINER ET ADAPTER LES PLANS

La première étape du processus d'atténuation des risques consiste à envisager des changements possibles dans la conception du développement ou les pratiques de travail qui peuvent générées le ou les risques liés aux MNE. Cela doit être entrepris comme une opération conjointe entre les concepteurs du projet et l'entreprise spécialisée qui a établi le plan de gestion du risque pyrotechnique.

Cela peut se traduire de la manière suivante :

- 1. Examiner et, si possible, adapter les techniques de construction. Cette approche peut néanmoins entraîner des contraintes car les sols sur lesquels les installations seront réalisées renfermeront toujours une pollution pyrotechnique.
- 2. Procéder à une formation dédiée au risque pyrotechnique, s'il est limité, et proposer d'éventuelles mesures de protection contre les explosions (protection des engins, limitation du personnel, etc.)<sup>7</sup> dans le cadre de curage de zones saturées uniquement s'il a pu être défini dans le plan de gestion du risque que ces zones ont été apportées postérieurement à la seconde guerre mondiale tout en maitrisant leurs épaisseurs et l'absence de munitions contenant plus de 60gr d'équivalent TNT.

<sup>&</sup>lt;sup>7</sup> La prestation dite d'« assistance à terrassement » ne peut être en aucun cas considérée comme une méthode de sécurisation vis-à-vis du risque pyrotechnique. Au-delà d'exposer l'entreprise de travaux publics à un risque non-maitrisé, l'exposition du démineur à un risque d'explosion liée à une manipulation d'une MNE sans aucune sécurité ne peut être considéré comme une technique d'atténuation du risque.

- 3. Tenir compte de l'état d'évolution de la technique (5 ° Alinea Art. L4121-2 du Code du Travail) (engins téléopérés, etc.).
- 4. Revoir l'implantation du projet (en phase programme). Si seule une partie d'un site a été identifiée comme posant un risque potentiel lié aux MNE, il peut être possible d'apporter des modifications de conception afin que le réaménagement soit entrepris sur une partie propre du site.

Une fois que toutes les possibilités de révision du plan de développement ont été identifiées par le maitre d'ouvrage et ses concepteurs, l'entreprise chargée du plan de gestion des risques pyrotechniques sera à même de réviser l'évaluation des risques, en tenant dûment compte des changements proposés. Si l'évaluation réexaminée détermine que les risques identifiés ont été éliminés ou réduits à un niveau acceptable, alors le maitre d'ouvrage pourra procéder à la finalisation des modifications détaillées de la conception.

Néanmoins, s'il subsiste des risques qui ne peuvent pas être évités en apportant uniquement des modifications aux plans de développement, des mesures d'atténuation supplémentaires seront nécessaires (Cf. §7).

#### 7.3.2. COMMUNIQUER SUR LES RISQUES ENCOURUS

Une communication efficace concernant les risques potentiels est toujours essentielle pour tous les travaux où des MNE ont été identifiées. Dans les cas où le niveau de risque a été évalué comme faible, en complément des mesures correctives envisagées, une communication maitrisée des risques aux personnes impliquées dans le projet est un outil qui participe à la gestion globale du risque pyrotechnique.

Dans tous les cas, la communication doit être envisagée à quatre niveaux :

- 1. Phase conception.
- 2. Phase d'études (préparatoires).
- 3. Phase de travaux.
- 4. Phase d'après les travaux.

Le rythme et la fréquence des communications dépendront de plusieurs facteurs interdépendants tels que l'anticipation d'une découverte de MNE, la nature du risque pyrotechnique qui est posé, les options pour atténuer ce risque, le temps disponible et la localisation du site. Il ne faut pas oublier qu'une communication efficace est nécessaire à tous les niveaux pour se conformer au Code du travail.

#### 7.4. ETUDES ET TRAVAUX PRÉLIMINAIRES

#### 7.4.1. TRAVAUX PRÉPARATOIRES

Avant d'entreprendre un diagnostic pyrotechnique, il doit être démontré dans quelle mesure la probabilité d'accident peut être modifiée et ainsi la rendre acceptable comparée à une probabilité d'accident journalière prise par tout un chacun.

En ce sens, il conviendra de pouvoir répondre aux attendus du Décret 2005-1325 modifié en vérifiant l'absence de risque pyrotechnique de surface. Cette vérification sera particulièrement nécessaire lors des interventions sur des zones objets de combats de la première guerre mondiale n'ayant pas fait l'objet de travaux depuis cette période.

En second lieu, il est important, pour la qualité des opérations ultérieures, de pouvoir bénéficier au maximum d'une préparation du terrain afin de réduire le plus possible le bruit magnétique du terrain et les zones non-investiguées.

Pour ce faire, les terrains devant faire l'objets de sécurisations devront être débroussaillés et déboisés autant que possible afin que l'épaisseur de végétation résiduelle soit inférieure à 20 cm.

De même, il conviendra de prêter la plus grande attention à toutes zones de déchets ainsi qu'au différentes structures, infrastructures et mobiliers urbains présents sur le site.

Plus ces zones seront retirées au préalable, plus les zones non-investiguées seront réduites et la qualité des données augmentée.

Ces différents points sont autant d'éléments préalables à la définition des capacités de détection des appareils dans un milieu donné.

#### 7.4.2. DIAGNOSTIC PYROTECHNIQUE

Le but d'un diagnostic pyrotechnique est d'étudier le sous-sol d'un site pour tenter d'identifier toute anomalie géophysique qui pourrait être due à la présence d'une MNE enterrée. Les mesures peuvent être réalisées par phases, par exemple une phase initiale de sécurisation de sondages pour atténuer les risques avant ou pendant la réalisation d'une enquête géotechnique / géoenvironnementale du sol et une deuxième phase avant la réalisation des terrassements en pleine masse sur le site.

Aucune technologie actuelle de diagnostic de la pollution pyrotechnique ne peut garantir que chaque MNE enfouie a été détectée, localisée et supprimée. Dans tous les cas, il demeurera un certain niveau de risque résiduel.

Bien que les données présentées par les fabricants de détecteurs puissent présenter des capacités de détection pour des bombes d'aviation jusqu'à 6 à 8m, le retour d'expérience démontre que, d'une manière générale, le diagnostic pyrotechnique pour les MNE les plus importantes (bombes d'aviations de 500lb et plus) n'est réalisable depuis la surface que jusqu'à 3 m de profondeur en magnétométrie (bien moindre en électromagnétique) et ce dans des conditions de sol favorables (en dehors des friches industrielles ou zones présentant des contraintes de surfaces ou remblais quelconques). Ce point est corroboré par les règlementations européennes existantes sur le sujet (Pays-Bas, Italie, Allemagne, Grande-Bretagne) lesquelles précise qu'un diagnostic magnétométrique de surface n'est recevable que jusqu'à une profondeur de 3m dans le meilleur des cas. Pour un diagnostic au-delà de cet horizon ou pour des munitions de plus petits calibres, il conviendra de réaliser des mesures intrusives ou des travaux préparatoires.

Dans son rapport de diagnostic pyrotechnique, il est indispensable que l'entreprise spécialisée garantisse la qualité de ses données et notamment la précision du relevé GPS qui doit dans tous les cas être inférieure à 10cm. La composition précise des outils géophysiques utilisés, notamment des gradiomètres (composition, plage de détection, sensibilité et distance entre les capteurs au sein des sondes et entre sondes), doit aussi clairement être spécifiée afin de garantir les capacités de détection des appareils utilisés.

Le rapport de diagnostic pyrotechnique doit fournir à l'issue de l'évaluation et de l'interprétation des données, une liste exhaustive des cibles (anomalies potentiellement assimilables à des MNE) ayant été individualisées et rattachées à une catégorie de MNE susceptible d'être retrouvée sur le site. Elle doit aussi fournir les profondeurs d'enfouissement de ces anomalies. La précision attendue de cette profondeur, compte tenu du retour d'expérience des 20 dernières années, conviendra d'être entendue avec une marge d'erreur de +/- 20%.

En parallèle, l'entreprise devra obligatoirement fournir sur support numérique une couche SIG (fichier .shp) présentant les limites du diagnostic et la position des différentes cibles potentielles avec matricules, catégories et profondeurs approximatives ainsi que l'identification des zones particulières (zones non-investiguées avec justifications, zones saturées, structures linéaires ou enterrées identifiables, etc.). En complément, l'ensemble des données brutes (avant traitement) sera aussi fourni sur support numérique sous un format CSV (X, Y, Valeur du gradient en nT ou de la mesure électromagnétique en mV).

L'entreprise de diagnostic de la pollution pyrotechnique devra être en mesure de s'engager sur ces résultats notamment par la production d'une attestation de non-pollution pyrotechnique (en reprenant les limites techniques définies en amont et acceptées par le

*maitre d'ouvrage*) des zones et superficies exemptes de cibles ou de zones particulières. Cette attestation sera complétée par une attestation de dépollution lors de la phase idoine présentée dans la suite du document.

De plus amples informations concernant les aspects techniques et les équipements mis en œuvre dans le cadre de diagnostics de la pollution pyrotechnique ainsi que les méthodes d'analyses, les résultats attendus et les limites potentielles, sont fournies en ANNEXE 2.

#### 7.4.3. ATTESTATION DE NON-POLLUTION PYROTECHNIQUE

Les entreprises de diagnostic de la pollution pyrotechnique s'engagent sur leurs mesures et l'absence de détection de certaines typologies de munitions à une profondeur donnée (référencées dans leurs propositions commerciales et validées par le Maitre d'Ouvrage).

Elles émettent en fin de chantier une attestation de non-pollution pyrotechnique. Les attestations peuvent varier en termes de conception et de portée. Toutes les entreprises de diagnostic de la pollution pyrotechnique incluront des réserves dans leurs attestations concernant les exclusions, leurs garanties et leurs responsabilités.

Néanmoins, toute attestation de non-pollution pyrotechnique doit présenter à minima les informations suivantes :

- · Identification du client
- · nom et adresse ou position GPS du site
- numéro de référence unique du dossier
- plan de localisation du site comprenant une délimitation claire et géoréférencée tant en altimétrie qu'en planimétrie des limites de la zone diagnostiquée
- les détails de l'entreprise de diagnostic qui a entreprit les travaux
- le numéro d'assurance de responsabilité civile professionnelle de l'entreprise de diagnostic de pollution pyrotechnique
- le niveau d'engagement, les limites et réserves liés aux travaux de diagnostic de pollution pyrotechnique notamment concernant la taille des munitions et les profondeurs associées pour chaque catégorie
- la date d'établissement et la signature d'une personne habilitée à engager la société de diagnostic de la pollution pyrotechnique sur les mesure entreprises.

## 7.5. INTEGRITE / ASSURANCE QUALITÉ / CONTRÔLE QUALITÉ DES OPÉRATIONS DE DEPOLLUTION PYROTECHNIQUE

Les entrepreneurs chargés du diagnostic de la pollution pyrotechnique sont responsables de la certification qu'une zone a été investiguée dans les limites technologiques définies et suivant les limites définies pour chaque site, conformément aux règles de l'art. Afin d'assurer une parfaite intégrité et éviter tous conflits d'intérêts, il est nécessaire que l'entreprise réalisant le diagnostic de la pollution pyrotechnique ne soit pas la même que celle réalisant les travaux de dépollution pyrotechnique.

La capacité de détection d'une MNE par tout outil géophysique est fonction de la taille des MNE recherchées et de la profondeur auxquelles elles se situent dans le sous-sol.

Ces MNE peuvent être détectées avec un degré de confiance variable en fonction :

- du site étudié
- de la composition du sol et de la géologie au sein d'un même site
- des tailles prédéfinies des MNE susceptibles d'être présentes sur le site.

Il est relativement simple pour une entreprise spécialisée en diagnostic de la pollution pyrotechnique de quantifier les niveaux d'assurance de détection spécifiques à chaque site.

La première étape consiste à mesurer le bruit de fond d'un site.

Sans cette mesure, les capacités de détection sur un site pourraient grandement varier. Par exemple, une bombe de 100lb à plus de 2m de profondeur sera aisément détectable depuis la surface dans un champ exempt de toutes infrastructures alors qu'elle ne serait certainement pas détectable sur un site industriel devant être déconstruit où sur une zone remblayée par du mâchefer ou des déchets de construction à 80cm de profondeur.

À cet effet, il est recommandé, qu'en phase d'élaboration du plan de gestion, une mesure du bruit de fond soit réalisée et vienne compléter les éléments objectifs utilisés. Cette mesure du bruit de fond pourra en outre être intégrée par l'entreprise de diagnostic pyrotechnique et lui permettre ainsi de justifier les outils de détection employés et les limites de détection associées aux contraintes techniques du site.

Il est recommandé en complément de procéder à un diagnostic pyrotechnique de contrôle qualité après la réalisation des travaux de dépollution pyrotechnique. Cela implique de procéder à un nouveau diagnostic du site afin de s'assurer qu'il ne reste aucun élément ferreux susceptible de s'apparenter à une MNE oubliée en phase de dépollution pyrotechnique. Cela fournira une garantie que le site a été inspecté et dépollué jusqu'aux limites de détection des équipements utilisés. Le diagnostic de contrôle doit être réalisé autant que possible et plus particulièrement sur les sites présentant une pollution importante.

Les maitres d'ouvrage doivent s'assurer que, dans la mesure du possible, toute méthodologie de diagnostic de la pollution pyrotechnique a été employée afin de répondre aux objectifs de sécurisation du site. S'il est nécessaire de faire appel à une tierce partie indépendante, il conviendra de vérifier que la méthodologie choisie est conforme au plan d'assurance et de contrôle qualité pour vérifier que la procédure est en adéquation avec la problématique du site.

#### 7.6. DEPOLLUTION PYROTECHNIQUE

Les travaux de dépollution pyrotechnique sont la dernière phase permettant de s'assurer qu'une MNE est présente ou non sur le site. La seule façon de garantir qu'une cible est ou non une MNE est de faire un contrôle visuel de celle-ci, ce qui nécessite qu'elle soit mise au jour pour être identifiée. Ce processus est relativement rapide si les objets enfouis sont peu profonds, mais peut être beaucoup plus fastidieux si toutes les cibles sont profondément enfouies. Les MNE profondément enfouies sont techniquement plus difficiles à atteindre en toute sécurité et les méthodologies employées sont chronophages. Plus les données du diagnostic pyrotechnique, la modélisation et l'interprétation sont bonnes, moins il faudra de temps et de ressources pour entreprendre les opérations de dépollution pyrotechnique. Ces opérations sont traditionnellement réalisées par des équipes de dépollution pyrotechnique composées d'un opérateur en dépollution pyrotechnique (démineur) et d'un aide-opérateur en dépollution pyrotechnique (enginiste) pilotant une pelle hydraulique pour les opérations d'approche.

Il est évident que les MNE sont intrinsèquement dangereuses et les personnels qui réalisent les travaux d'approche, de mise au jour et d'identification doivent avoir une formation, une habilitation, des qualifications et une expérience appropriée en matière d'identification et de neutralisation des munitions et explosifs (voir chapitre 8).

Dans certaines situations particulières, les travaux de diagnostic et de dépollution pyrotechnique peuvent être réalisés en temps réel, c'est ce qu'on appelle la technique mag&flag.

Cette technique implique l'excavation et l'investigation de chaque anomalie telle qu'elle est identifiée par l'opérateur. Comme aucune modélisation n'aura été entreprise à ce moment-

là, l'opérateur se fie aux signaux audio et visuels des instruments. Cette méthode peut aboutir à l'excavation de nombreuses cibles supplémentaires ne correspondant pas à des MNE (faux positifs), ce qui peut demander beaucoup plus de temps et de main-d'œuvre. Cette méthode peut fonctionner efficacement si elle est utilisée pour couvrir de petites zones de terrain peu polluées ou difficilement accessibles, mais elle est sujette à l'erreur humaine avec un minimum de données enregistrées disponibles pour vérifier la qualité des données et la couverture de la zone. Certaines cibles plus profondes seront impossibles à diagnostiquer en temps réel si des sources de bruit masquent leur signature. Toute attestation de dépollution dérivée de ce type de dépollution comportera des réserves plus importantes.

Si les travaux de dépollution pyrotechnique sont menés à l'issue d'un diagnostic de la pollution pyrotechnique classique par enregistrement numérique, la quantité de cibles qui nécessitent d'être investiguées pourra être considérablement réduites. L'opérateur en dépollution pyrotechnique procède alors à la relocalisation des cibles identifiées en phase de diagnostic puis à leur mise au jour. Cette méthode est généralement plus efficace pour les sites de plus d'un hectare car les moyens seront rationnalisés et le temps passé sera bien moindre que par la technique mag&flag.

La précision de la modélisation de la masse, du volume et de la profondeur des sphéroïdes prisent en compte pour la classification des cibles potentielles est généralement médiocre et souvent affectée par l'orientation et la forme des objets, de sorte que le processus de modélisation ne doit être considéré que comme un filtre très grossier pour les anomalies détectées.

Suite aux opérations de mise au jour de chacune des cibles prédéfinies, chaque objet sera affecté à l'une des deux catégories génériques définies ci-après :

- Débris matériel qui n'est pas lié aux munitions.
- MNE et REG

#### 7.7. ATTESTATION ET RAPPORT DE DÉPOLLUTION PYROTECHNIQUE

À la fin de toutes ces étapes, l'entreprise spécialisée en MNE doit produire un rapport fournissant des détails sur le travail effectué. Les exigences des rapports pour chaque étape sont données à la section 7.7.1.

À la fin de la dernière étape d'atténuation des risques, l'entreprise de dépollution pyrotechnique doit produire un rapport de dépollution contenant les détails des travaux entrepris avec une référence spécifique aux résultats du diagnostic initial, et éventuellement du diagnostic de contrôle, ainsi que sur la manière dont les mesures identifiées dans le cadre du processus de gestion des risques pyrotechniques ont été mises en œuvre. Ce rapport ne doit pas être confondu avec l'attestation de dépollution pyrotechnique.

#### Note importante 11

Un point important à intégrer par le maitre d'ouvrage est qu'une attestation de diagnostic ou de dépollution pyrotechnique ne constituera jamais une garantie pour le site d'être exempt à 100% de MNE. Il présentera tous les travaux de réduction du risque qui ont été menés dans les limites et conditions définies dans le plan de gestion du risque MNE.

#### 7.7.1. RAPPORT DE DÉPOLLUTION PYROTECHNIQUE

Les informations à inclure dans le rapport de dépollution comprennent :

· Identification du client

- · nom et adresse ou position du site
- numéro de référence unique du dossier
- plan de localisation du site comprenant une délimitation claire et géoréférencée tant en altimétrie qu'en planimétrie des limites de la zone dépolluée
- les détails de l'entreprise de dépollution pyrotechnique qui a entreprit les travaux d'atténuation du risque pyrotechnique, y compris les noms des personnels impliqués et les détails des qualifications de chacun d'entre eux
- résumé des conclusions du plan de gestion des risques pyrotechniques, y compris les coordonnées de l'évaluateur des risques
- description des travaux d'atténuation et de la méthodologie d'atténuation des risques réalisés conformément au plan de gestion des risques (yc les détails de tous les domaines non mis en œuvre ainsi que les raisons)
- évaluation des contraintes spécifiques du site et les limites du plan de gestion des risques adopté, yc les niveaux de confiance attendus (limites de détection pour toutes les méthodes de diagnostic utilisées, etc.)
- journal de chantier présentant les travaux entrepris, y compris les plans du site, les données du diagnostic pyrotechnique, les mises au jour des cibles et les détails des différents objets retrouvés
- présentation des bordereaux et traçabilité jusqu'à l'élimination finale des MNE, REG et des déchets associés, y compris toute certification appropriée si nécessaire
- synthèse des risques pyrotechniques résiduels
- reportage photographique des MNE mises au jour et autres objets notables
- des détails complets sur les techniques et les équipements de topographie et de géophysiques employés en phase de diagnostic et de dépollution doivent être fournis en annexe.

Ce rapport doit être rédigé par l'entreprise spécialisée en dépollution pyrotechnique et doit avoir été soumis à un examen interne de l'équipe projet et à une autorisation avant la remise finale au client. Le rapport de dépollution pyrotechnique doit être inclus dans le dossier des interventions ultérieures sur l'ouvrage (DIUO).

#### 7.7.2. ATTESTATION DE DÉPOLLUTION PYROTECHNIQUE

Les entreprises de dépollution pyrotechnique émettent en fin de chantier une attestation de dépollution pyrotechnique. Les attestations peuvent varier en termes de conception et de portée. Toutes les entreprises de dépollution pyrotechnique incluront des réserves dans leurs attestations concernant les exclusions, les garanties et les responsabilités.

Néanmoins, toute attestation de dépollution pyrotechnique doit présenter à minima les informations suivantes :

- Identification du client
- nom et adresse ou position GPS du site
- numéro de référence unique du dossier
- plan de localisation du site comprenant une délimitation claire et géoréférencée tant en altimétrie qu'en planimétrie des limites de la zone dépolluée
- les détails de l'entreprise de dépollution pyrotechnique qui a entreprit les travaux
- le numéro d'assurance de responsabilité civile professionnelle de l'entreprise de diagnostic ou de dépollution pyrotechnique

- le niveau d'engagement, les limites et réserves liés aux travaux de diagnostic et de dépollution pyrotechnique notamment concernant la taille des munitions et les profondeurs associées pour chaque catégorie
- la date d'établissement et la signature d'une personne habilitée à engager la société de diagnostic ou de dépollution pyrotechnique sur les travaux entrepris

#### 7.7.3. SUIVI DE L'ATTÉNUATION POST-DÉPOLLUTION

En fonction du niveau de risque identifié dans du plan de gestion des risques pyrotechniques et de la réalisation des travaux d'atténuation des risques (dépollution pyrotechnique), une surveillance supplémentaire du site peut être nécessaire après le rendu du rapport de dépollution. Il s'agit généralement d'une exigence pour s'assurer, dans la mesure du possible, que les MNE restantes ne posent aucun risque significatif pour le personnel réalisant les travaux d'infrastructures. Ces risques peuvent être gérés au moyen de systèmes de permis de travail (c'est-à-dire de permis de creuser).

Toute exigence relative aux travaux de surveillance post-dépollution, y compris une spécification détaillée de ce qu'elle implique, doit être clairement identifiée dans le rapport de dépollution.



# 8. CONTRACTER AVEC UNE ENTREPRISE SPECIALISÉE EN POLLUTION PYROTECHNIQUE / MNE

Ce chapitre fournit des conseils pratiques pour aider les maitres d'ouvrages ou leurs représentants à évaluer l'aptitude d'une entreprise spécialisée en pollution pyrotechnique à entreprendre les divers aspects de la gestion des risques MNE.

Il s'attachera à mettre en évidence les bonnes pratiques inhérentes à chaque phase de la gestion de ces risques.

#### 8.1. LES ENTREPRISES SPECIALISEES EN POLLUTION PYROTECHNIQUE

Le rôle des entreprises spécialisées en MNE a été décrit au chapitre 3.3 et peut être divisé en trois éléments distincts, bien qu'il y ait des chevauchements :

- 1. services de conseils MNE (c.-à-d. les entreprises spécialisées dans l'évaluation et la gestion des risques)
- 2. services d'études liées aux MNE (c.-à-d. les entreprises spécialisée dans le diagnostic pyrotechnique)
- 3. services de travaux liés aux MNE (c.-à-d. les entreprises spécialisée dans la dépollution pyrotechnique)

Afin de garantir une parfaite impartialité et prévenir tous conflits d'intérêts, il est nécessaire que ces trois activités restent distinctes et réalisées par des entreprises n'ayant pas de lien de subordination les unes par rapport aux autres.

#### 8.1.1. SERVICES DE CONSEIL MNE

Il est important que les entreprises spécialisées dans l'évaluation et la gestion des risques pyrotechniques aient une expérience appropriée au type de risque à évaluer.

L'entrepreneur doit pouvoir démontrer et présenter au client une liste de références appropriées à la problématique du site et aux effets des munitions (expériences et/ou qualifications en maitrise du risque pyrotechnique).

Ce point essentiel devra être réalisé avant l'attribution du marché. L'entrepreneur pourra présenter toute qualification ou certification concernant les MNE qui seront dans tous les cas établis par un organisme étatique (Ministère de l'Éducation, Ministère des Armées, Ministère de l'Intérieur ou Ministère du Travail).

Le spécialiste nommé par l'entrepreneur sera responsable de l'évaluation du risque et devra signer le document avant envoi au client.

#### 8.1.2. SERVICES D'ÉTUDES LIÉES AUX MNE

Un point essentiel lors de la passation d'un marché avec une entreprise de diagnostic est l'identification des moyens humains et matériels dont elle dispose.

Elle doit pour ce faire présenter de manière exhaustive les moyens matériels qu'elle compte mettre en œuvre et le niveau de qualité associé à la prise de données qu'elle utilisera (types de sondes utilisées, espacement des mesures, précision du géoréférencement), pour atteindre le niveau d'atténuation du risque prédéfini en lien avec les opérations de dépollution pyrotechnique qui seront éventuellement réalisées par la suite.

Elle doit aussi présenter son processus d'assurance et de contrôle qualité de manière à vérifier que les capacités techniques présentées seront atteintes.

Enfin, la présentation des personnes ayant à traiter les données sera réalisée par l'intermédiaire du CV et de l'expérience de la ou des personnes qui seront dédiées au marché. Une présentation de diplômes de spécialité en géophysique et en MNE est

indispensable pour réaliser ce type de prestation. Une attention particulière sera apportée à ce dernier point pour ne pas confondre une entreprise de géophysique classique avec une entreprise de diagnostic de la pollution pyrotechnique.

Le retour d'expérience nécessaire pour garantir un niveau de qualité optimal pourra être présenté par l'intermédiaire de résultats de travaux (rapport de diagnostic / rapport de dépollution).

#### 8.1.3. SERVICES DE TRAVAUX LIÉS AUX MNE

Les entreprises réalisant des travaux de dépollution pyrotechnique devront pouvoir présenter une structure suffisamment robuste pour pouvoir réaliser les dits travaux en toute sécurité et dans les délais impartis par le client. Elles présenteront entre autres une liste des moyens matériels utilisés en détaillant les appareils employés (yc leurs niveaux de précisions) pour les opérations de réimplantation des cibles potentielles (précision des GPS ou tachéomètres) et d'approche des cibles (détecteurs portatifs de même conception que ceux utilisés pour le diagnostic).

Elles présenteront une liste de références appropriées à la problématique du site et la liste de leurs procédures opératoires standards (SOP). Enfin, elles auront l'obligation de présenter les moyens humains qui seront mis en œuvre sur le site en détaillant les qualifications et habilitations des intervenants, notamment les opérateurs et responsables de chantier en dépollution pyrotechnique.

Il sera particulièrement tenu compte de la typologie de chantier à réaliser et notamment des qualifications et procédures particulières liées à la découverte et l'identification de MNE toxiques sur les chantiers de la première guerre mondiale. L'entrepreneur pourra présenter toute qualification ou certification concernant les MNE qui seront dans tous les cas établis par un organisme étatique (Ministère de l'Éducation, Ministère des Armées, Ministère de l'Intérieur ou Ministère du Travail). Il sera prêté une attention particulière sur les titres professionnels des personnels affectés et, ou susceptible d'être affectés aux opérations.

#### 8.2. SÉLECTION DES ORGANISATIONS APPROPRIÉES

Au moment de la rédaction de ce guide, il n'y a qu'un petit nombre d'entreprises spécialisées en pollution pyrotechnique, de sorte que les clients ont souvent des choix limités.

Le processus de sélection d'une entreprise spécialisée en pollution pyrotechnique est sensiblement le même qu'un client utilisera pour recruter toute entreprise. Cependant, il est parfois difficile de comprendre le rôle d'une entreprise spécialisée en pollution pyrotechnique et peu évident d'évaluer la pertinence des qualifications et de l'expérience offertes. Certains des facteurs les plus importants à prendre en compte sont présentés dans les sections suivantes.

#### 8.2.1. CAPACITÉ TECHNIQUE

Il est important que le client puisse évaluer les capacités de l'entreprise spécialisée à entreprendre les tâches qui leur sont demandées. Dans une certaine mesure, cette exigence peut être satisfaite au moyen d'une déclaration de capacité de la société considérée, appuyée par des études de cas et des références pertinentes. La fourniture d'exemples de rapports pour démontrer la qualité de la production de l'entreprise spécialisée peut également être un guide précieux.

#### Procédures opératoires standardisées (SOP)

Les procédures opératoires standardisées définissent comment sont effectuées des opérations données. Toutes les entreprises spécialisées en MNE doivent maintenir des procédures opératoires standardisées pour les diverses opérations de terrain qu'elles effectuent. Celles-ci doivent être disponibles et présenter au client pour inspection et examen sur demande. Il est néanmoins probable que l'ensemble des SOP représentera un document relativement volumineux contenant une quantité importante d'informations



techniques. Ainsi, leur pertinence pour les non-spécialistes peut être limitée en prenant soin de se référer à de précédente étude de sécurité pyrotechnique produite par l'entreprise spécialisée.

#### 8.2.2. QUALIFICATIONS ET EXPÉRIENCE

L'une des questions les plus difficiles pour les clients et leurs assistants sera de savoir comment évaluer la pertinence d'une entreprise spécialisée pour leur projet.

Pour établir qu'une entreprise spécialisée en pollution pyrotechnique est capable d'entreprendre le travail requis d'une manière appropriée, le client doit évaluer ses capacités. Ceci peut être réalisé par trois mécanismes principaux :

- 1. Qualifications.
- 2. Expérience.
- 3. Références et certificats de capacités.

#### Qualifications

- qualifications générales, par exemple qualifications académiques ou universitaires, pour vérifier que les spécialistes en charge des travaux ou études ont les compétences nécessaires pour rechercher, rassembler et fournir un rapport professionnel (c'est-àdire structuré, logique et cohérent)
- les qualifications associées au travaux ou études, par exemple le génie civil, la géophysique, la topographie, la gestion de projet, l'assainissement des terres, et les adhésions professionnelles
- Qualifications spécifiques aux MNE, par exemple les qualifications EOD internationales (EOD1, EOD2, EOD3 ou EOD3+), les qualifications d'intervention sur munitions et explosifs délivrées par le Ministère des Armées (IMS, IME, IMC, IMEC, IMEG), les qualifications délivrées par le Ministère de l'Intérieur (aide-démineur, démineur, chef démineur) ou encore les certifications délivrées par le Ministère du Travail (AODP, ODP, RCDP) au travers des titres professionnels. En plus des qualifications initiales, il devra être présenté les différents recyclages et cycles de formations réguliers poursuivis par chaque intervenant.

#### Expérience

- antécédents dans le domaine étudié avec présentation du retour d'expérience comme indiqué dans les sections précédentes de ce guide, avec des preuves appropriées
- les compétences doivent être divisées en domaines de base et domaines fonctionnels
- les compétences peuvent être collectives (c'est-à-dire en tant qu'entreprise) ou individuelles

#### Témoignage

Cela devrait inclure les éléments suivants :

- · détails des clients et références
- · détails des projets terminés et études de cas
- · certificats de capacités.

#### 8.2.3. ASSURANCE

Il est important de vérifier que le spécialiste dispose d'une assurance de responsabilité civile professionnelle couvrant nommément les travaux liés aux MNE (pollution pyrotechnique). Ceci est particulièrement pertinent pour les structures intégrées des sociétés qui réalisent des études ou travaux non liés aux MNE mais qui réalisent néanmoins des travaux pyrotechniques dans le cadre de leur portefeuille global de services. Leur assurance RC Professionnelle standard peut ne pas couvrir l'évaluation du risque ou les

travaux liés aux MNE (il est entendu que le principal problème est de savoir si les entreprises sont bien assurées pour travailler sciemment dans un environnement avec des MNE).

#### 8.3. CAHIER DES CHARGES À PRODUIRE

Les clients, lorsqu'ils cherchent à s'adjoindre les services d'une entreprise spécialisée en pollution pyrotechnique, doivent être conscients de la difficulté de l'évaluation détaillée des risques (voir les chapitres 6 et 7).

Si des travaux d'atténuation des risques doivent être entrepris, que ce soit à l'appui d'une étude historique et technique de pollution pyrotechnique, d'un plan de gestion des risques pyrotechniques, d'un diagnostic ou d'une dépollution pyrotechnique, un niveau élevé de détail sera nécessaire pour permettre à l'entreprise spécialisée de comprendre les travaux qui seront réaliser, par exemple des plans d'aménagement du site montrant le développement proposé, ou l'emplacement des sondages et des forages dans le cas d'un diagnostic de pollution des sols ou d'un diagnostic géotechnique.

Il est important que le cahier des charges fourni par le client soit spécifique au site, plutôt que générique, et aborde les conditions réelles et la nature des travaux à réaliser. En outre, le maître d'ouvrage veillera à intégrer l'ensemble des contraintes associées, qu'elles soient directes ou indirectes, en vue de réduire les risques de bouleversement économique du marché.

Au minimum, le cahier des charges doit fournir les informations suivantes tout en leur laissant la liberté de spécifier et de justifier les méthodes proposées pour évaluer et/ou atténuer tout risque pyrotechnique :

- Emplacement du site (adresse / position GPS).
- · coordonnées du client
- les utilisations historiques du site mettant en évidence les liens associés aux MNE via le zonage du risque pyrotechnique initial (cf. §5)
- superficie du site et points d'intérêt pertinents, par exemple, structures présentes en surface, végétation présente sur le site, contamination des terres, présence de remblais, identification des réseaux, etc.
- description du projet et des profondeurs à sécuriser
- les détails de tous diagnostics ayant déjà été réalisés sur le site, par exemple les journaux de forage, si disponibles
- détails de l'évaluation préliminaire du risque pyrotechnique entreprise
- contraintes concernant l'accès au site et son environnement, les heures de travail, opérations en site occupé, etc.



#### 9. CONCLUSION

Le risque majeur est la possibilité d'un évènement d'origine naturelle ou anthropique, dont les effets peuvent mettre en jeu un grand nombre de personnes, d'occasionner des dommages importants et dépasser les capacités de réaction de la société.

L'existence d'un risque majeur est liée :

- ▶ d'une part à la présence d'un événement potentiellement dangereux, l'aléa, d'occurrence et d'intensité données, qui est la manifestation d'un phénomène naturel ou anthropique,
- ▶ d'autre part à l'existence d'enjeux, qui représentent l'ensemble des personnes et des biens pouvant être affectés par un phénomène :

Un événement potentiellement dangereux ALÉA n'est un RISQUE MAJEUR que s'il s'applique à une zone où des ENJEUX humains, économiques ou environnementaux sont en présence.

En ce sens, le risque lié aux MNE est un risque majeur et doit être considéré par tout maitre d'ouvrage ou entreprise intervenant sur le sous-sol.

Pour ce faire, et compte tenu des chevauchements de législations concernant les MNE entre le Code de la Sécurité Intérieure, les principes élémentaires du Code du travail, les directives du Décret 2005-1325 modifié et les exclusions du Code de l'Environnement, ce guide vient préciser les démarches que tout maitre d'ouvrage ou entreprise intervenant sur le sous-sol se doit de réaliser préalablement à toute intervention.

En ce sens, le respect des démarches décrites tout au long du présent guide apportera un soutien efficace et reproductible pour la gestion du risque MNE à savoir :

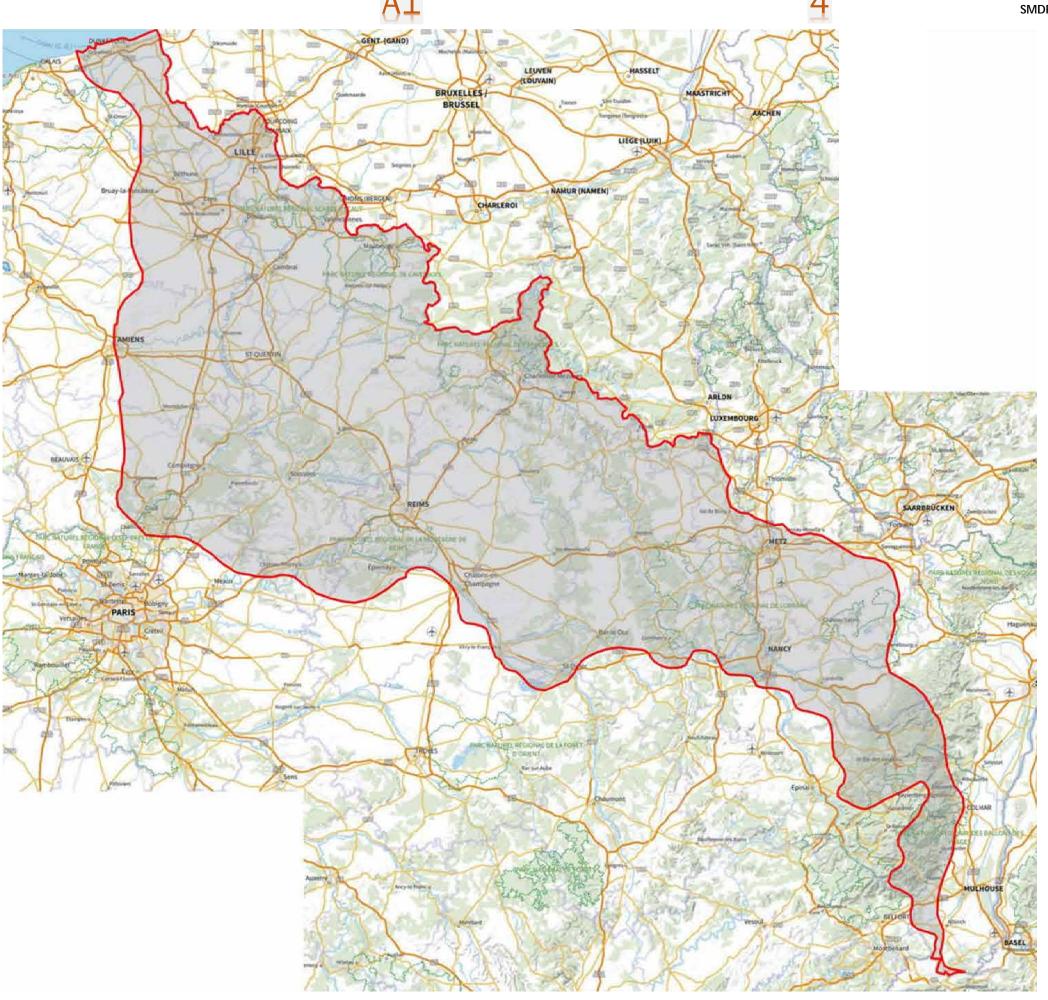
- Zonage initial d'un terrain vis-à-vis du risque pyrotechnique
- Étude détaillée des risques pyrotechniques (étude historique et technique)
- Plan de gestion des risques pyrotechniques et assistance à maitrise d'ouvrage
- Processus d'atténuation des risques pyrotechniques :
  - Modification des plans ou techniques intrusives
  - o Sécurisations pyrotechniques
  - o Diagnostics pyrotechniques et attestations de non-pollution pyrotechnique
  - o Dépollution pyrotechnique et attestation de dépollution pyrotechnique
  - Assurance et contrôle Qualité (AQ/CQ)



# **ANNEXES**



### ANNEXE 1 – ZONAGE DE LA PREMIERE GUERRE MONDIALE





# ANNEXE 2 - TYPOLOGIES DE MUNITIONS SUSCEPTIBLES D'ETRE RETROUVEES

La section suivante fournit un bref résumé des typologies de munitions les plus courantes et susceptibles de présenter un risque pyrotechnique sur les chantiers de travaux publics et examine leurs effets probables en cas de détonation. Il existe deux grandes catégories à considérer :

- 2. Munitions larguées par avion : Il s'agit là essentiellement des bombes d'aviation de la seconde guerre mondiale (et dans une moindre mesure celles de la première guerre).
- 3. Munitions tirées ou utilisées au sol : Ce sont des munitions d'une manière générale de plus petites capacités mais elles peuvent atteindre tout de même plusieurs centaines de kilogrammes. Bien que la découverte de munitions de ce type de la seconde guerre mondiale soit tout à fait possible de même que pour la guerre de 1870, cette typologie de munitions est particulièrement caractérisée par les munitions de la première guerre mondiale.

# Bombes larguées par avion



Figure 10: Bombe Allemande de 250Kg découverte sur un chantier de travaux dans le Loiret (Longueur d'environ 1,5m)

La nature et les caractéristiques des munitions utilisées par la plupart des forces aériennes (comme la Luftwaffe, la Royal Air Force ou l'US Air Force pendant la Seconde Guerre mondiale) permettent une évaluation relativement précise des dangers potentiels posés par tout objet non-explosé existant aujourd'hui.

Il est généralement admis que la masse totale des bombes explosives larguées pendant la Seconde Guerre mondiale est bien plus grande que la masse combinée des autres types de munitions larguées par voie aérienne. Ces munitions avaient généralement une masse, une vitesse suffisante et une forme convenablement profilée qui leurs permettaient de pénétrer facilement dans le sol si elles n'explosaient pas en surface. Une bombe explosive est épaisse, c'est-à-dire qu'elle a un boîtier métallique très solide qui se fragmente à la détonation. Si la bombe ne parvient pas à exploser, cette dernière dispose d'une résistance structurelle suffisante pour pénétrer la terre jusqu'à plusieurs mètres de profondeur.

Bien que tout au long de la Seconde Guerre mondiale, des recherches post-raid aient été menées par les autorités de l'époque pour évaluer les dommages et essayer d'identifier toute munition non-explosée, et compte tenu du nombre considérable de bombes ayant été larguées durant cette guerre, il est acté que nombre d'entre elles n'ont pu être retrouvées et qu'elles se situent toujours dans le sous-sol.

Les typologies de munitions régulièrement retrouvées sur le territoire français sont principalement des bombes de 20lb, 100lb, 250lb, 500lb et 1000lb.

D'autres catégories de bombes ou sous-munitions de poids plus petits ou bien plus gros peuvent aussi être retrouvées mais d'une manière moins fréquente. Il convient de considérer que différentes typologies de bombes sont susceptibles d'être encore retrouvées de nos jours comme des bombes contenant des produits toxiques, des bombes éclairantes, des bombes incendiaires ou encore des bombes dites « mères » contenant des sous-munitions.

#### Munitions tirées ou utilisées au sol

Ces munitions peuvent aussi bien être découvertes sur les zones d'entraînement actuelles ou anciennes du ministère des Armées, sur d'anciens sites de fabrication de munitions mais principalement sur les vastes étendues ayant subits les combats de la première guerre mondiale. Les sept grandes catégories de munitions susceptibles d'être rencontrées sont examinées ci-dessous :

#### Obus d'artillerie



Figure 11 : Différentes tailles d'obus d'artillerie extraits au préalable d'un chantier de terrassement dans les hauts de France

Ce type de projectile est généralement tiré par un canon et il ne transporte aucun propulseur intégral. Ils sont communément appelés obus et sont de différentes tailles, généralement classés par le calibre de l'arme à partir de laquelle ils sont tirés. Ils contiennent souvent des explosifs brisants (mais peuvent contenir d'autres substances, par exemple des composés pyrotechniques qui produisent de la fumée, des produits toxiques ou encore des produits inflammables) et sont déclenchés par des fusées intégrées qui sont déclenchées soit à l'impact, soit à retard ou encore par combinaison de ces mécanismes. Ils peuvent se retrouver sur les zones d'entraînement actuelles ou anciennes du ministère des Armées ou sur des sites historiques (principalement première guerre mondiale), ainsi que sur des sites de stockage et de fabrication de munitions. Bien que des obus de la seconde guerre mondiale et de la guerre de 1870 sont régulièrement retrouvées sur les zones ayant fait l'objet de ces conflits, la probabilité la plus importante d'être confronté à cette typologie de munitions est sur les théâtres des combats de la première guerre mondiale. Ces munitions sont de formes et de structures telles qu'elles peuvent être retrouvées jusqu'à plusieurs mètres de profondeur. De même, les terrains de la première guerre mondiale ayant été totalement dévastés au niveau des zones de tranchées, la géographie actuelle des terrains peut être très différente de celle profondément déformée de la première guerre mondiale. Les obus peuvent de ce fait se retrouver à des profondeurs qui peuvent paraître impossible de la part leurs masses et leurs capacités de perforation dans les sols.

Les munitions de cette catégorie les plus couramment rencontrées sont des obus de 75mm, 90mm, 105mm, 155mm et 210mm.



D'autres catégories d'obus d'artillerie plus petits (comme les 20mm ou 37mm) ou plus gros (comme les obus sur voies ferrées de plus de 500mm) peuvent occasionnellement être retrouvés

# Obus de mortiers et projectiles de tranchées





Figure 12 : Obus de mortier de 60mm à gauche et mortier de tranché 58T à droite (16kg)

Un obus de mortier ou un projectile de tranchées est projeté à partir d'un tube (un mortier) mais ils ne contiennent pas de propulseur intégré. Les obus de mortier où projectiles de tranchées ont des fonctions similaires aux obus d'artillerie et sont généralement classés en fonction du calibre du tube de mortier à partir duquel ils sont lancés. Ils contiennent souvent de l'explosif (mais peuvent aussi contenir des produits toxiques, incendiaires ou autres) et sont déclenchés par une fusée intégrée. Ils sont susceptibles de se trouver sur les zones d'entraînement actuelles ou anciennes du ministère des Armées ou sur des sites historiques (première et seconde guerre mondiale).

Ils peuvent être de différentes formes et tailles. Les obus de mortiers sont pour la plupart de diamètre 50mm, 60mm, 80mm, 105mm et 120mm.

Les projectiles de tranchées sont quant à eux très différents les uns des autres et peuvent avoir des formes très particulières. Ils peuvent être de faibles capacités comme les mortiers de 7,6cm jusqu'aux plus gros comme ceux de 21cm ou les 58T.

## Roquettes



Figure 13 : Plusieurs roquettes Panzerfaüste découvertes sur un chantier de construction

Les roquettes sont des dispositifs contenant souvent une ogive explosive de grande taille qui est accélérée vers leur cible en utilisant des propulseurs internes. Elles sont conçues pour différentes utilisations, mais plus généralement comme des armes antichars. Le propulseur non brûlé et l'ogive explosive présentent les principaux risques pyrotechniques. Elles sont principalement retrouvées sur les lieux de combats de la seconde guerre mondiale en ville ou dans les zones rurales.

#### Grenades



Figure 14 : Grenades F1 découvertes lors de travaux de de passage de câbles

Une grenade peut être lancée à la main ou projetée à partir d'un fusil ou d'un lance-grenades spécialement conçu à cet effet. Elles sont souvent cylindriques ou en forme d'œuf. Elles contiennent généralement des explosifs puissants (mais peuvent contenir des composés pyrotechniques qui produisent de la fumée, des produits toxiques ou des produits incendiaires) et sont de la catégorie des armes antipersonnelles. Elles sont généralement déclenchées par une fusée à retardement. Les grenades sont le plus souvent susceptibles d'être retrouvées sur les zones d'entraînement actuelles ou anciennes du ministère des Armées ou sur les sites historiques (combats de la première et de la seconde guerre mondiale au sol) ainsi que sur les sites de stockage et de fabrication de munitions.

#### Mines<sup>8</sup>



Figure 15 : Mine lourde d'infanterie sur un ancien site de destruction de MNE

Il existe deux types de mines : anti-char et anti-personnel. Les deux types sont conçus pour être enterrés à faible profondeur (jusqu'à 100 mm de profondeur) et pour exploser lorsqu'elles sont actionnées par inadvertance par une cible passant au-dessus ou à proximité. Les mines antipersonnel sont relativement petites (pesant généralement jusqu'à 0,5 kg) par rapport aux mines antichar qui peuvent peser jusqu'à 10 kg. Elles sont le plus souvent posées en groupes défensifs pour former des champs de mines à travers lesquels une force d'attaque devrait traverser.

La découverte de mines que ce soit antichar ou antipersonnel, sont très rares en France. L'essentiel du travail de déminage à l'issue de la seconde guerre mondiale a été de retrouver et déminer ces champs de mines. Bien que non nul, ce risque reste fortuit.

<sup>&</sup>lt;sup>8</sup> Les mines marines de par leur destination d'emploi ne sont pas traitées dans le cadre de ce guide.



# Munition pour armes légères



Figure 16 : Cartoucherie sur un chantier de dépollution pyrotechnique

Les munitions pour armes légères sont conçues pour être tirées avec des fusils, des mitrailleuses et des pistolets. Elles contiennent une petite quantité de propulseur explosif, qui est amorcé par un effet de percussion lors du tir. La quantité de propulseur dépend en partie du calibre de la cartouche qui variera généralement de 5,56 mm à 12,5 mm.

Bien qu'ils soient souvent considérés comme des articles à faible risque par rapport à d'autres types de munitions, ils peuvent être dangereux s'ils sont utilisés ou brûlés.

# ANNEXE 3 - DIGANOSTIC PYROTECHNIQUE: MOYENS ET LIMITES

En premier lieu, il convient de rappeler qu'il n'existe pas de détecteurs de munitions nonexplosées.

La détection des MNE enfouies nécessite la mise en œuvre de méthodes géophysiques qui exploitent les contrastes de susceptibilité magnétique et/ou de conductivité électromagnétique de la munition par rapport au sol environnant.

Les méthodes les plus fréquemment utilisées pour les diagnostics pyrotechniques sont :

- La magnétométrie (plus particulièrement les techniques vectorielles (fluxgate) mais aussi scalaires (résonance protons, pompage optique))
- méthodes électromagnétiques (y compris l'induction électromagnétique dans le domaine fréquentiel (FDEM), l'induction électromagnétique dans le domaine temporel (TDEM), les systèmes TDEM multi-composants)).

Il s'agit là des méthodes de base utilisées sur les différents diagnostics pyrotechniques. En complément et dans des cas très particuliers, d'autres méthodes géophysiques peuvent être employées comme le géoradar (GPR). Ces éléments ne sont pas présentés dans cette publication car peu adaptés à la détection de MNE et dont les retours d'expérience ont montré des limites trop importantes pour leurs utilisations avec un niveau de qualité satisfaisant.

# Enregistrement des données

Acquisition analogique

Historiquement, les diagnostics pyrotechniques étaient réalisés en utilisant une instrumentation analogique sans enregistrement automatisé des résultats. Un diagnostic réalisé de cette manière repose sur la diligence de l'opérateur pour interpréter les tonalités audios ou les déflexions de l'aiguille de l'instrument. En général, aucun enregistrement permanent de la couverture ou de la qualité des données n'est conservé. Cette technique que l'on appelle aussi mag&flag peut être utile dans des situations particulières comme des zones inaccessibles ou de très petites surfaces, mais est généralement considérée comme peu précise pour les marchés de diagnostic pyrotechnique. Elle est donc à employer que dans des cas particuliers de problème d'accessibilité à la zone et si aucuns travaux préparatoires ne peut être entrepris.

# • Acquisition numérique

Les instruments de diagnostics modernes fournissent des données enregistrées numériquement de haute intégrité avec un enregistrement permanent de la couverture des données et une efficacité de recherche quantifiable. Ceci est souhaitable du point de vue du contrôle de la qualité du travail effectué, de la vérification de la couverture du diagnostic ainsi que pour fournir une preuve tangible si un incident lié à la non détection d'une MNE se produisait.

# Fréquence d'échantillonnage

Chaque entreprise doit être en mesure de prouver que la fréquence d'échantillonnage est adaptée en regard du mode traction du dispositif (à pied, par un véhicule, une embarcation, drone ...)

Une fréquence d'échantillonnage inadaptée induit l'absence de données qui peut générer une non détection d'un engin.

L'espacement entre les profils d'acquisition/position des sondages

Le donneur d'ordre s'assurera que la densité des profils prévus permet de couvrir la zone sans risque de non détection d'un engin (par exemple des profils tous les 5 mètres). Ceci

permet d'aller plus vite, et donc de diminuer les coûts mais ne permettra pas de couvrir totalement la zone ce qui n'est pas acceptable vis-à-vis du risque pyrotechnique.

Il en va de même pour les espacements d'un maillage de forage, ceux-ci doivent être adaptés au bruit de fond ambiant et au type de munition recherché. Considérer qu'un forage peut voir sur plus de 2 m de rayon dans un environnement très saturé peut engendrer un risque non négligeable, voire quasi certain de non détection. L'entreprise pourra appuyer sa démonstration sur la base de résultats de zones test ou de retours d'expériences.

#### Géoréférencement

Le positionnement des mesures est généralement réalisé (en planimétrie) à l'aide de systèmes de positionnement global (GPS) ou dans des cas dégradés par des tachéomètres. D'une manière générale, il sera utilisé des GPS différentiels afin de garantir un relevé corrigé dont la position intrinsèque sera inférieure à 10cm.

Ce point est indispensable afin de garantir la qualité des données et surtout l'interprétation de ces dernières par les logiciels. En effet, si les données ne sont pas suffisamment précises en termes de positionnement, les anomies relevées sont « déformées » et interprétées avec une marge d'erreur beaucoup plus importante par les logiciels de traitement.

Dans certains cas la couverture végétale ne permet pas d'effectuer des mesures géoréférencées en temps réel. Dans ce cas, la zone à investiguer sera découpée sous forme de quadrilatères dont seules les extrémités seront levées au tachéomètre ou avec un GPS fonctionnant en mode dégradé. Comme dans tout emploi de tachéomètre une polygonale ainsi que des points de contrôle devront être effectués au préalable du levé topographique.

Cette méthodologie rallonge drastiquement la durée des prises de mesure, et donc des coûts, et induira nécessairement des décalages et des déformations des anomalies mesurées et conduira à fournir des données de qualité moyenne à médiocre (même si effectuées avec le plus grand soin et rigueur). La relocalisation des cibles notamment lors des phases de dépollution sera elle aussi impactée.

#### • Rendu des données

La plupart des instruments de diagnostic fournissent un enregistrement des données lorsqu'ils sont mis en œuvre. Dans le cadre d'un diagnostic de la pollution pyrotechnique, il est indispensable que les données soient recueillies, enregistrées et fournies au maitre d'ouvrage dans un format aisément utilisable (format CSV avec identification de la position en X/Y et de la valeur de la mesure effectuée en nT ou mV).

# Sensibilité de l'équipement

Une gamme de magnétomètres et d'instruments électromagnétiques est disponible sur le marché. Chacun a une sensibilité définie et les fabricants peuvent fournir des plages de détection pour différentes tailles de cibles.

Chaque entreprise de diagnostic pyrotechnique doit être en mesure de fournir les spécifications techniques des capacités de détection présentées par le fabricant (sensibilité, plage d'intensité mesurée, nombre de capteurs, compositions, etc.) afin de s'assurer que l'instrumentation utilisée est adaptée à l'usage.

# Détectabilité

L'utilisation de la géophysique pour localiser des anomalies assimilables à des MNE est similaire à une réception de téléphone portable : si le signal est faible, la connexion sera mauvaise ou complètement perdue. Ainsi, lors de la recherche d'une MNE enterrée si le rapport signal sur bruit est élevé (bonne réception), alors cette dernière peut être trouvée au plus proche des limites théoriques de détection d'un instrument particulier. Mais si le rapport signal sur bruit est faible, comme dans le cas de présence de remblais



ferromagnétiques qui interfèrent avec le signal, il peut alors ne pas être possible d'identifier la même MNE à la même profondeur que précédemment (mauvaise réception).

Un objet ferreux proche de la surface produira une anomalie magnétique relativement élevée et nette mais à mesure que la profondeur d'enfouissement augmente, les amplitudes sont réduites au point que l'anomalie puisse se perdre dans le bruit de fond.

Les entreprises de diagnostic pyrotechnique sont rémunérées pour localiser de la façon la plus exhaustive et précise les masses métalliques les plus susceptibles de correspondre à des MNE et les entreprises de dépollution pyrotechniques sont rémunérées pour certifier qu'une zone diagnostiquée est exempte de MNE avant que les activités intrusives liées aux travaux de construction ou d'aménagement puissent commencer. Il est donc essentiel de quantifier un niveau d'assurance de détection (voir la section 7.7.1), c'est-à-dire que la distance d'un capteur à une MNE d'une certaine taille peut être détectée avec 100% de confiance. Cette mesure variera en fonction de l'équipement utilisé, d'un site à l'autre et à l'intérieur d'un même site en fonction de la composition variable de son environnement (y compris en limites de propriété ou s'il subsiste des structures (en et hors sol)), de la géologie et de la taille spécifique des cibles à détecter et du retour d'expérience de l'entreprise dans le traitement et la discrimination des cibles.

# MÉTHODES DE DIAGNOSTICS DE SURFACE (NON INTRUSIFS)

Les levés non intrusifs sont réalisés depuis la surface sur la superficie devant être analysée et ne nécessitent aucun outil intrusif pour être mis en œuvre. Ce type de levé est le plus utilisé pour détecter les éléments enterrés à faible profondeur (jusqu'à 3,0 m sous la surface du sol). Cependant, dans des cas très particuliers et selon la taille de MNE à identifier (dans le cas de bombes de plus de 1000lb par exemple), la réalisation d'un diagnostic de surface peut suffire. Ce point devra être vérifié et démontré avant d'entreprendre tout diagnostic.

Selon les circonstances, les instruments peuvent être portatifs (seuls ou par paires - investiguant généralement un couloir de 1 m de large) ou montés en série sur une plate-forme tractée ou poussée (la largeur du diagnostic étant limitée par la taille de la plate-forme). Plus la largeur de la plateforme de diagnostic est large et la vitesse de déplacement des instruments sont grandes, plus le coût unitaire potentiel de la collecte de données est faible.

# MÉTHODES DE DIAGNOSTICS INTRUSIFS (À TRAVERS LE SOL)

Les techniques de diagnostic intrusifs sont généralement utilisées pour détecter des bombes d'aviation non-explosées larguées sur un site donné, qui sont généralement enterrées au-delà de la plage de détection des instruments de surface ou qui sont enterrés sous une couche de sol ou de géologie ne permettant pas la détection de surface.

Comme son nom l'indique, avec cette méthode, l'instrument de diagnostic est introduit dans le sol, verticalement. Ce type de levé est utilisé pour diagnostiquer ou sécuriser des colonnes verticales ou des volumes de sol, généralement avant les sondages environnementaux ou géotechniques, les battages de pieux ou de palplanches, les inclusions, les ouvrages de génie civil ou d'autres excavations profondes.

La principale méthode employée pour ce type d'activité est la magnétométrie. Le magnétomètre est généralement introduit dans le sol par l'une des deux méthodes suivantes :

- est descendu dans un forage pré-percé;
- est poussé dans le sol à l'aide d'un outil mécanique (CPT).

Les plages de détection et la détectabilité des cibles sont sensibles au type d'instrument, aux conditions du sol, à la taille et à l'orientation de la cible.

## Implantation du maillage

Lors de l'estimation du maillage (établit en cohérence avec les conclusions de l'évaluation détaillée des risques) il est primordial de communiquer à l'entreprise devant réaliser le diagnostic la nature des ouvrages devant être réalisés à savoir superficie, profondeur, et comment ils vont être mis en place (battage, terrassement ...).

Le maillage ne sera pas le même pour une série de pieux espacés de 5 m que pour la pose d'une paroi moulée.

Dans le premier cas seule la sécurisation du volume autour du futur pieux est nécessaire. Dans le deuxième cas il y a nécessité d'établir un maillage permettant de sécuriser le forage mais aussi de détecter les éventuelles cibles entre les forages. Les données devront être interprétées entre tous les forages (3D). Le meilleur intervalle entre ces profils sera choisi notamment en fonction du type de munition recherchée et du bruit de fond ambiant. Pour cela l'entreprise pourra se justifier avec des retours d'expériences ou des zones tests effectuées préalablement aux mesures.

À noter que dans le premier cas l'éventuelle pollution pyrotechnique entre les pieux est laissée sur place puisque le risque n'a été recherché qu'au-dessus de la position des pieux. La maitrise d'ouvrage devra se poser la question si le bénéfice/risque de l'omission de cette éventuelle pollution peut poser des problèmes pour une utilisation future du site (pose ou fonçage de réseau ...). Il est à noter que plus le milieu est urbanisé plus les opérations de diagnostic et de dépollution sont compliqués et par conséquent ont un impact financier et calendaire conséquent.

# Méthode forée (borehole)

Les techniques borehole nécessitent la réalisation d'un forage dans le sol à l'aide d'un appareil de forage approprié. La méthode peut être utilisée spécifiquement et uniquement pour la détection des MNE ou simultanément avec des travaux de recherche de pollution de sol ou de géotechnique pour fournir une sécurisation de ces travaux.

Au fil de la réalisation des sections de forage (généralement des sections comprises entre 1 m et 2 m), un magnétomètre est descendu manuellement dans le trou de forage. Au fur et à mesure de la descente du magnétomètre à travers l'étendue verticale du trou de forage, la colonne de sol sera investiguée et permettra l'analyse de la section suivante pour le forage en toute sécurité. Ce processus est répété jusqu'à ce que la profondeur de pénétration maximale estimée de la bombe soit atteinte.

Si les parois du trou de forage ne sont pas autoportantes et sujettes à l'effondrement, le trou de forage peut être revêtu en utilisant un tubage qui, nécessairement, sera de faible susceptibilité magnétique (PVC), en particulier sur la section la plus basse dans la plage de détection du magnétomètre.

L'interprétation des données peut être réalisée en temps réel pour les sécurisations ponctuelles ou au bureau pour la sécurisation de volumes de terrain entre les forages.

#### Méthode foncée (CPT)

Les techniques foncées impliquent la mise en place d'un magnétomètre dans la pointe d'un système de test au pénétromètre à cône (CPT). Cette pointe est foncée progressivement à travers le sol en étant poussé depuis la surface à l'aide de vérins hydrauliques montés sur un véhicule ou un engin de chantier (pesant généralement une vingtaine de tonnes. Le sol n'a pas besoin d'être autoportant ou gainé, car la pointe se déplace dans le sol lorsqu'il le



traverse. Une fois que la profondeur requise est obtenue, l'ensemble entier est retiré et le vide résultant peut s'effondrer naturellement ou être rétabli en utilisant des pastilles de bentonite ou tout autre matériau de remplissage approprié. Les lectures des instruments sont généralement transmises en temps réel par un câble qui traverse les tiges du CPT jusqu'à un appareil d'enregistrement à la surface.

Comme il n'est généralement pas nécessaire de pré-percer le sol pour effectuer le levé, les techniques foncées sont plus rapides et dans la plupart des cas moins chères que les techniques de forage. D'autres avantages de la technique foncée sont que les données relevées sont de bien meilleure qualité, ce qui permet une plus grande confiance dans les résultats, une plus grande plage de détection et parce que le système de fonçage affiche une lecture continue du champ magnétique lors de la poussée, il est beaucoup plus sûr que le forage traditionnel.

L'interprétation des données peut être réalisée en temps réel pour les sécurisations ponctuelles ou au bureau pour la sécurisation de volumes de terrain entre les forages.

#### LIMITES DES DIAGNOSTICS

## Généralités

La plage de détection des techniques de diagnostics est définie par plusieurs facteurs limitatifs à savoir :

- type et composition du magnétomètre ou électro-magnétomètre utilisé
- degré de contamination locale par métaux ferreux. Plus la quantité de contamination par les métaux ferreux sur le site est élevée, plus le rapport signal / bruit est faible et plus la capacité de l'instrument à localiser avec précision une cible est réduite. Tous les autres facteurs étant égaux, une MNE qui pourrait être détectée dans un sol relativement propre (avec un degré de confiance très élevé) à 3,0 m, pourrait ne pas être détectée à toutes profondeurs dans un sol plus fortement pollué avec un rapport signal/bruit plus faible (étant donné le même niveau de confiance). L'établissement du niveau de contamination par les métaux ferreux sur le site au départ est essentiel pour sélectionner une méthodologie de diagnostic appropriée (c.-à-d. sélection des instruments et intervalles de détection)
- lithologie des sols environnants. La variation de la géologie naturelle d'un site affecte également le bruit associé à un site (le bruit des instruments est spécifique au site)
- masse de métal ferreux dans toute MNE susceptible d'être détectée. En supposant une distance identique entre l'objet et le détecteur, plus la masse de métal ferreux dans la MNE est élevée, plus elle est facile à détecter.

Aux distances dépassant le rayon ou la profondeur de détection d'un instrument donné, l'amplitude de l'anomalie générée par une MNE est égale ou inférieure à l'amplitude du bruit de fond. Il est nécessaire de souligner que le bruit de fond d'un site peut être affecté par la géologie naturelle comme par tout objet anthropique ou encore enfouissements présents dans ces sols. Si ce fait est ignoré et que le rayon ou la profondeur de détection est surestimé en raison de conditions de site irréalistes, des cibles potentielles pourraient être manquées.

# Diagnostics non-intrusifs

Compte tenu des performances des moyens de détection décrits précédemment il est important pour le donneur d'ordre que son besoin exprimé soit en adéquation avec ces performances décrites. D'une manière générale, il est proscrit de réaliser un diagnostic pyrotechnique au-delà des 3 m de profondeur depuis la surface quelle que soit la méthode géophysique employée, le terrain à étudier ou la typologie de munitions recherchées.

Dans le cas contraire la société de diagnostic pyrotechnique devra être en mesure de justifier ses choix techniques et de démontrer que, dans certains cas spécifiques, la détection plus profonde est possible et exhaustive pour toutes les typologies de MNE suspectées.

#### **Diagnostics intrusifs**

Pour les techniques de forage, l'étendue verticale du levé est définie par la profondeur du trou de forage et, à condition qu'une technique de forage appropriée soit adoptée, elle sera pratiquement illimitée.

Pour les techniques foncées, l'étendue verticale peut être limitée par la présence d'obstructions souterraines tels que de gros pavés, des gravats de démolition, des semelles en béton, etc. ainsi que par la force intrinsèque fournie par la plate-forme CPT. Des changements significatifs de densité entre les couches stratigraphiques peuvent également limiter l'utilisation de techniques foncées. La présence de couches molles recouvrant des couches dures peut provoquer une altération de l'alignement de la sonde et, finalement, la flexion ou la rupture des tiges.

De plus, pour les techniques foncées, comme le magnétomètre est monté sur véhicule, le métal ferreux de ce dernier aveugle l'instrument sur les premières tranches du diagnostic (généralement sur une profondeur d'environ 1 à 2 m en fonction du type d'engin ou de véhicule). Dans de telles circonstances, et pour surmonter cette limitation, le sol peut être détecté depuis la surface afin de garantir la sécurité sur cette première tranche.

La profondeur maximale accessible en utilisant des techniques foncées est limitée à environ 20 m sous le niveau du sol. En outre, même si les techniques foncées peuvent être arrêtées à des profondeurs relativement faibles en raison de la présence d'obstructions subsurface, il faut également tenir compte de la capacité pour une MNE d'avoir pu pénétrer à travers les mêmes obstacles (si présents lors des bombardements).

En règle générale, le rayon horizontal d'investigation d'un diagnostic intrusif (à partir de la ligne médiane du forage) sera d'environ 1,0 à 1,5 m pour une bombe de 100lb de la Seconde Guerre mondiale, augmentant à environ 2,0 m pour une bombe de 500lb.

# **ANNEXE 3 - GLOSSAIRE**

Angle d'impact Angle selon lequel une munition a frappé le sol.

Artillerie Arme de calibre supérieur à 20mm.

Assurance qualité Toutes les activités planifiées et systématiques menées

dans le cadre d'un système qualité, et démontrées si nécessaire, pour donner la confiance adéquate qu'une entité (c'est-à-dire une entité qui peut être décrite et considérée individuellement) satisfera aux exigences de

qualité (définition ISO 8402: 1994).

Atterrissage d'urgence Atterrissage d'urgence forcé d'un avion.

Bombe explosive Munition aérienne larguée par avion contenant des explosifs

brisants ayant généralement une masse, une vitesse et une forme suffisamment profilées pour leur permettre de pénétrer facilement dans le sol s'elles n'explosent pas en

surface.

Bombe incendiaire Munition aérienne (également appelée bombe incendiaire)

contenant initialement de l'huile mais généralement en alliage de magnésium, qui est initié par une petite charge de

thermite.

Bombes larguées Munitions utilisées par les forces aériennes. Peuvent être

Anglaises, Américaines, Françaises, Italiennes ou

Allemandes.

Bromacétone II a été utilisé durant la Première Guerre

mondiale comme gaz de combat alors appelé BA par les Britanniques et B-Stoff (croix blanche) par les Allemands.

Brownfield Par opposition à un site vierge, un « brownfield » est une

friche industrielle. C'est un terme générique désignant un terrain utilisé auparavant à des fins industrielles, résidentielles ou commerciales, pouvant être réaménagé en

vue d'un nouvel usage.

Bruit Fluctuations non désirées, ainsi que des facteurs externes

au signal reçu au niveau d'un détecteur.

Caractérisation du danger (MNE)

Évaluation du potentiel de danger MNE lié à :

• l'explosion d'une munition

sa capacité à causer des dommages.

L'évaluation est basée sur les données obtenues à partir d'un examen documentaire des informations historiques concernant le type de MNE, la géologie, les travaux proposés

et les méthodes de construction.

Certificat de dépollution Un certificat de dépollution est délivré par l'entité

commerciale réalisant les travaux de dépollution pyrotechnique. Le niveau de déminage dépendra de la technologie disponible, des ressources et des pratiques actuelles. L'existence d'un certificat de décharge ne fournit pas une garantie à 100% que des MNE ne seront pas rencontrées plus tard, mais plutôt qu'un personnel formé utilisant la meilleure technologie disponible à un moment donné a été appliqué pour réduire le risque potentiel lié aux

engins résiduels.

Champs de tir Une zone terrestre ou aquatique désignée réservée, gérée

et utilisée pour mener des recherches, développer, tester et évaluer des munitions et explosifs militaires, d'autres munitions ou des systèmes d'armes, ou pour former le personnel militaire à leur utilisation et à leur maniement.

Charge Une quantité d'explosif ensachée, emballée ou enveloppée

sans son propre moyen d'allumage intégré.

Cible Anomalie géophysique susceptible de s'apparenter à une

MNE.

Compétence Capacité démontrée d'un individu à réaliser une prestation

suivant les règles de l'art, c'est-à-dire la possession de connaissances et de compétences appropriées pour permettre à un individu de jouer efficacement un rôle

spécifique.

Cone Penetrating Test

(CPT)

Dispositif par lequel un cône est poussé dans le sol à une vitesse constante et auquel un magnétomètre peut être

attaché pour donner des mesures en continu.

Courbe-J Terme utilisé pour décrire la courbe caractéristique suivie

par une bombe larguée à haute altitude après avoir pénétrée dans le sol. En règle générale, lorsque la bombe est ralentie par son passage à travers les sols sous-jacents, sa trajectoire s'incurve vers la fin puis pointe vers la surface du sol. De nombreuses bombes sont retrouvées avec leur ogive pointant vers le haut vers la surface du sol à la suite

de cet effet.

Couverture Le revêtement, c'est-à-dire la couche supérieure, de la

surface du sol.

Danger Tout ce qui peut avoir des effets nocifs.

Déflection de surface Lorsqu'une bombe larguée à haute altitude dévie contre une

obstruction et ne parvient pas à pénétrer le sol comme

prévu.

Densité de bombardement

Nombre de bombes par hectare

Dépollution Processus de réduction ou d'élimination d'un risque de

contamination inacceptable.

Dépollution

pyrotechnique (MNE)

Travaux d'identification des cibles retenues lors du diagnostic de la pollution pyrotechnique. Généralement réalisés par des équipes de 2 personnes équipées de pelles

hydrauliques

Dépôts naturels superficiels Matériaux naturels déposés au-dessus du substrat rocheux par divers mécanismes naturels (dépôts fluviaux, dépôts

glaciaires, etc.).

Détecteur de métaux Détecteur qui détecte les objets métalliques enfouis (ferreux

ou non-ferreux) en induisant et en mesurant un champ électromagnétique. Ces détecteurs sont généralement assimilés aux « poêles à frire » qui sont généralement

utilisés sur de faibles profondeurs (<1m).

Détection Découverte par tout moyen d'une MNE.

Détection intrusive Diagnostic pyrotechnique se déroulant sous la surface du

sol et nécessitant un équipement pour être enfoncé dans les

sols sous-jacents.

Détonateur Composant explosif qui, lorsqu'il est initié, fait exploser une

charge explosive moins sensible mais plus grande (généralement le booster ou la charge principale), ou lorsqu'il contient sa propre amorce, lance la détonation.

Détonation Violente réaction chimique due à la chaleur et à la pression.

Le résultat de la réaction chimique est l'exercice d'une pression extrêmement élevée sur le milieu environnant, formant une onde de choc se propageant qui est à l'origine de vitesse supersonique. Lorsque le matériau est situé sur ou près de la surface du sol, un cratère caractérise

normalement une détonation.

Destruction La destruction de tout élément de munition par des explosifs

sans déplacer l'objet de l'endroit où il a été trouvé, normalement en plaçant une charge explosive à côté. Aussi

connu sous le nom d'explosion contrôlée.

Diagnostic de surface Diagnostic pyrotechnique effectué à la surface du sol

employant des dispositifs de mesures non-intrusifs.

Diagnostic Mise en œuvre de mesures géophysiques dans le but de pyrotechnique localiser les anomalies pouvant être apparentées à des MNE

sur des zones connues ou suspectées identifiées pendant la phase d'évaluation des risques pyrotechniques.

Dommage collatéral Dommages non intentionnels ou dommages accidentels

affectant les installations, les équipements ou le personnel.

Éclats Fragments de munitions explosives qui peuvent acquérir

des vitesses bien supérieures à celles des balles de fusil et

avoir un impact important.

Entreprise MNE Entreprise spécialisée qui entreprend des travaux

appropriés dans le but de certifier une zone comme exempte de dangers potentiels MNE (à un niveau de certitude préidentifié) avant le début des travaux de construction. Il peut s'agir de travaux de diagnostic de la pollution pyrotechnique

ou de dépollution pyrotechnique / déminage.

Entreprise spécialisée en gestion du risque pyrotechnique (MNE)

Entreprise spécialisée qui fournit au client une évaluation appropriée du risque posé par les MNE pour un projet spécifié et identifie une méthodologie appropriée pour l'atténuation de tout risque identifié à un niveau acceptable.

Évaluation de la menace

Pratique consistant à établir la source potentielle et la nature des MNE sur un site.

Évaluation de la profondeur de pénétration d'une MNE Évaluation de la profondeur maximale probable d'enfouissement des munitions non-explosées

Évaluation du danger (MNE)

L'évaluation est basée sur les données obtenues à partir d'un examen des informations historiques concernant l'emplacement du site, le développement précédent du site, les enregistrements des bombardements et/ou combats en temps de guerre, etc.

Évaluation du risque

Processus d'identification des dangers potentiels et d'estimation des risques de dommages et de pertes menacés par ce danger. L'évaluation des risques comprend également généralement l'évaluation de l'acceptabilité du risque évalué et identifie les mesures de réduction et de contrôle des risques potentiels.

Évaluation préliminaire du risque

Évaluation qui utilise des sources d'information disponibles gratuitement pour placer un site dans le contexte d'événements qui ont pu conduire à la présence d'un danger MNE afin d'identifier une marche à suivre appropriée pour les actions ultérieures.

Évaluation semiquantitative du risque

Un processus d'évaluation du risque qui utilise une combinaison de moyens quantitatifs et qualitatifs.

Évaluation qualitative du risque

Une évaluation des risques liés à l'exactitude des enregistrements et des recherches effectuées.

Évaluation quantitative du risque

Une évaluation du risque lié ou impliquant une comparaison

Explosif

basée sur les qualités.

Explosive Ordnance

Substance ou mélange de substances qui, sous des influences extérieures, est capable de libérer rapidement de l'énergie sous forme de gaz et de chaleur.

disposal (EOD)

La détection, l'identification, l'évaluation, la mise en sécurité, la récupération et l'élimination des MNE.

Exsudation

Processus dans lequel une réaction chimique se produit sur une période de temps dans un composé explosif. Principalement généré par des impuretés organiques fondant et exsudant du corps principal d'une MNE autour de la fusée. Cela peut rendre une MNE extrêmement sensible au mouvement et/ou au frottement. Les principaux signes visuels sont :

- incrustations blanches ou blanchâtres
- substance visqueuse brunâtre
- · liquide jaunâtre
- · cristaux colorés.

Free From Explosive (FFE)

Terme utilisé pour signifier qu'un objet qui peut avoir été associé à des MNE a été évalué par une personne qualifiée en pollution pyrotechnique et identifié comme ne contenant plus de substances explosives.

Fusée

Mécanisme conçu et fabriqué pour activer une munition. Elle peut être électrique, chimique ou mécanique, à l'impact, à retard, anti-dévissage ou une combinaison de ceux-là.

Se compose généralement d'un mécanisme et d'un détonateur.

Géoradar (GPR)

Instrument utilisé dans les diagnostics de surface qui émet des ondes radio ou des ondes de courtes longueurs d'onde (centaine de MHz) dans le sous-sol à partir d'une antenne émettrice. Il produit une représentation visuelle du sous-sol en en coupe profondeur et en 3D. Ne doit être utilisé que dans des conditions très particulières.

Gradiomètre

Instrument composé de 2 magnétomètres qui mesurent les changements dans le champ magnétique de la Terre à une distance connue l'un de l'autre. L'avantage de ce dispositif est de pouvoir obtenir un gradient du champ magnétique tout en s'affranchissant des variations du champ magnétique ambiant (anomalie géologique, orage magnétique ...)

.

Grenade

Petite munition explosive lancée à la main ou projetée par un fusil ou un lance-grenades spécialement conçu à cet effet.

Incendiaire

Composition ou un matériau hautement exothermique principalement utilisé pour déclencher des incendies.



International Mine
Action Standard (IMAS)

Normes en vigueur pour toutes les opérations de déminage des Nations Unies. Elles ont été initialement approuvées par le Groupe de coordination interinstitutions des Nations Unies sur la lutte antimines le 26 Septembre 2001.

Lithologie

Magnétomètre

Les caractéristiques physiques d'un sol ou d'une formation rocheuse.

Tochet

Les magnétomètres sont de deux types :

- les magnétomètres "scalaires" (résonance de protons, pompage optique ...) qui mesurent l'amplitude du vecteur de champ magnétique en exploitant les propriétés nucléaires et atomiques de la matière
- les magnétomètres "vectoriels" (fluxgate, SQUID, magnétomètre à induction magnétique) qui permettent une mesure du champ magnétique suivant une direction physique.

Dans le cadre du diagnostic pyrotechnique les magnétomètres les plus couramment usités sont les fluxgate (à 1 ou 3 composantes) et les magnétomètres à résonance de proton ou à pompage optique.

Les magnétomètres permettent d'identifier des masses métalliques ferreuses.

Ces détecteurs sont dits passifs (aucune émission d'ondes)

Menace

Une source potentielle de danger, dans ce cas les MNE.

Mine

Explosif ou autre matériau, normalement enfermé, conçu pour détruire ou endommager des véhicules, des bateaux ou des aéronefs, ou conçu pour blesser, tuer ou mettre hors de combat des personnes. Il peut être déclenché par l'action de sa cible, le passage du temps ou par des moyens contrôlés.

Mise au jour d'une cible

Travaux d'approche réalisés pour confirmer les résultats d'un diagnostic pyrotechnique.

Mortier

Munition projetée depuis un tube (un mortier). Ne contient pas de propulseur intégral.

Munition

Dispositif chargé d'explosifs ou de produits pyrotechniques divers, de produits toxiques, incendiaires, fumigènes, etc. destiné à être utilisé dans des opérations militaires.

Munition explosive

Toutes les munitions contenant des explosifs, des agents biologiques et chimiques, y compris les bombes, missiles, les munitions d'artillerie, de mortier, de roquette et d'armes légères, toutes les mines, torpilles, etc.

Munition Inerte

Munition qui ne contient aucun composant ou substance explosif, pyrotechnique, lacrymogène (par exemple, gaz lacrymogène) chimique, ou autre.

Munition non-explosée (MNE)

Munitions explosives (ou autres) qui ont été amorcées pour être utilisées dans un conflit armé. Elles peuvent avoir été tirées, larguées, lancées ou projetées et aurait dû exploser mais ne l'ont pas fait.

Aux fins de la présente publication, MNE fait également référence aux munitions explosives qui n'ont pas été utilisées pendant un conflit armé, qui ont été abandonnées ou jetées par une des parties, et qui ne sont plus sous le contrôle de la partie qui les a abandonnées ou jetées.

Non-spécialiste MNE II peut s'agir de clients, d'ingénieurs-conseils, de consultants

en environnement, de bureaux d'études et d'autres professionnels techniques qui connaissent la gestion du risque global associé aux projets de construction ou de travaux mais qui n'ont pas d'expertise en matière

d'évaluation et de gestion des dangers des MNE.

Obus Munitions contenant généralement de l'explosif (mais

peuvent contenir d'autres éléments, par exemple des composés pyrotechniques qui produisent de la fumée) déclenchées par des fusées qui sont généralement déclenchés par un impact, à proximité, avec retard ou une

combinaison.

Petites munitions Projectiles de moins de 20mm de diamètre. Elles sont tirées

à partir de différentes tailles d'armes telles que des pistolets, des carabines, des fusils, des fusils automatiques, des fusils de chasse et des mitrailleuses. Les munitions pour armes légères non explosées peuvent exploser si elles sont

jetées dans un feu ou frappées avec un objet pointu.

Phosgène Gaz hautement toxique à température ambiante, qui fait

partie des armes chimiques et gaz de combat de la classe

des agents suffocants

Phosphore blanc Forme de phosphore qui crée des explosions spectaculaires

lorsqu'il est utilisé dans des obus d'artillerie et qui est très dommageable pour la peau car il s'enflamme

automatiquement lorsqu'il est exposé à l'oxygène.

Plan de management

du risque

Un plan de gestion des risques. Dans cette publication, il fait

partie du plan d'atténuation des risques.

Plan de réduction du

risque

Plan pour réduire ou éliminer un risque

Pouvoir de pénétration Mesure dans laquelle un élément de munition peut

potentiellement pénétrer sous le niveau du sol.

Projectile Un projectile est généralement tiré d'une arme à feu et il ne

contient pas de propulseur intégré mais peut contenir une

charge explosive.

Ils sont communément appelés obus et ils sont de

différentes tailles.

Propulseur Produits chimiques utilisés pour propulser un projectile.

Rapport de dépollution Rapport émis par l'entreprise de dépollution pyrotechnique

suite à l'achèvement des travaux d'atténuation des risques sur un site détaillant tous les travaux entrepris à ce jour et

tout risque résiduel.

Raté Proportion de MNE lancées ou larguées qui ne parvient pas

à exploser comme prévu.

Reduction du risque Éliminer le risque ou le réduire d'un risque inacceptable

identifié à un niveau acceptable.

Remblais Matériau artificiel ou retravaillé sous la surface. Peut être

présent ou non en fonction de l'historique de

développement du site.

Risque Le potentiel pour un danger particulier d'avoir un effet

négatif sur un récepteur. Pour avoir un risque, il doit y avoir présence d'un danger MNE, d'une voie de détonation et d'un

récepteur.

Le risque est une combinaison de l'exposition à un danger et de la gravité des conséquences. Pour les MNE, il s'agit de la probabilité de :

- · rencontrer une MNE
- faire exploser une MNE

• conséquences qui peuvent résulter de cette détonation en termes de dommages sur la santé humaine et de dommages environnementaux plus larges.

Roquette

Les roquettes sont des dispositifs contenant souvent une ogive explosive qui est accélérée vers sa cible à l'aide de propulseurs internes qui continuent de brûler tout au long du vol.

Strates

Disposition naturelle du sol et des roches en couches.

Surface dépolluée/Zone dépolluée

Zone qui a été physiquement et systématiquement traitées par une entreprise de dépollution pyrotechnique pour assurer le retrait / la mise au jour et/ou la destruction de toutes les MNE diagnostiquées à une profondeur spécifiée.

Technique de diagnostic géophysique

Méthodes d'étude de la distribution spatiale des caractéristiques physiques des sous-sols. Ceux-ci peuvent être classés en deux types distincts :

- 1 Passif: ceux qui détectent les variations au sein de la Terre (par exemple gravitationnel, magnétique).
- 2 Actif: ceux dans lesquels des signaux générés artificiellement sont transmis dans le sol (par exemple champs électriques et électromagnétiques).

Tip and run

Là où les avions ennemis ont dû prendre des mesures évasives pour échapper à l'artillerie anti-aérienne et larguer leur charge (bombes) en urgence.

Toxique de guerre

Toxiques industriels « améliorés » à des fins militaires. Atteinte neurologique, respiratoire et cardiovasculaire en fonction de la dose absorbée. Parfois précédée de céphalées, de vertiges, d'une oppression thoracique et d'une angoisse.

Trajectoire

La trajectoire d'un projectile ou d'un autre corps en mouvement dans l'espace.

Usage militaire

Utilisation d'un site lié aux activités militaires, y compris usines d'armements, usines aéronautiques, casernes, zones d'entraînement, aérodromes, champs de tir et autres installations militaires.

Vitesse d'impact

La vitesse des munitions à leur point d'impact avec le sol.

**Ypérite** 

Aussi appelé « Gaz Moutarde » il est particulièrement utilisé comme arme chimique visant à infliger de graves brûlures chimiques des yeux, de la peau et des muqueuses, y compris à travers les vêtements et à travers le caoutchouc naturel des bottes et masques durant la Première Guerre mondiale.

Zone potentiellement polluée

Zone souterraine d'un site pouvant contenir des MNE, exprimée en volume.

92

# ANNEXE 4 - ACRONYMES ET ABREVIATIONS

AODP Aide-opérateur en dépollution pyrotechnique

AQCQ Assurance Qualité Contrôle Qualité

ARIA Analyse, Recherche et Information sur les Accidents

BSD Bordereau de Suivi des Déchets

CPT Cone Penetrating Test

CSPS Coordonnateur de sécurité et de protection de la

DGUV Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung

EEI Engins Explosifs Improvisés
EOD Explosive Ordnance Disposal

FFE Free From Explosives

GM Guerre Mondiale

GPS Global positioning system

IMAS International Mine Action Standards

IMC Intervention sur Munitions Chimiques (=IMS)

IME Intervention sur Munitions et Explosifs (=IMEC)

IMEC Intervention sur Munitions Conventionnelles (=IME)

IMEG Intervention sur Munitions et Explosifs Guerre
IMS Intervention sur Munitions Spéciales (=IMC)

IPE Inspection des Poudres et Explosifs

MNE Munition Non-Explosée (=UXO)

MOA Maître d'Ouvrage

mV MilliVolt nT nanoTesla

ODP Opérateur en dépollution pyrotechnique RC PRO Responsabilité Civile Professionnelle

RCDP Responsable de chantier en dépollution pyrotechnique

REG Restes Explosifs de Guerre

SMDPyro Syndicat des Métiers de la Dépollution Pyrotechnique

SOP Standard Operating Procedures
UXO Unexploded Ordnance (=MNE)

WSCS-OCE Werkveldspecifieke certificatieschema voor het Systeemcertificaat

Opsporen Conventionele Explosieven