

Prévention des accidents majeurs dans les entreprises civiles utilisant des substances explosives

Un module du manuel de l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM)



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

Prévention des accidents majeurs dans les entreprises civiles utilisant des substances explosives

Un module du manuel de l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM)

Impressum

Valeur juridique

La présente publication est une aide à l'exécution élaborée par l'OFEV en tant qu'autorité de surveillance. Destinée en premier lieu aux autorités d'exécution, elle concrétise les exigences du droit fédéral de l'environnement (notions juridiques indéterminées, portée et exercice du pouvoir d'appréciation) et favorise ainsi une application uniforme de la législation. Si les autorités d'exécution en tiennent compte, elles peuvent partir du principe que leurs décisions seront conformes au droit fédéral. D'autres solutions sont aussi licites dans la mesure où elles sont conformes au droit en vigueur.

Éditeur

Office fédéral de l'environnement (OFEV)

L'OFEV est un office du Département fédéral de l'environnement, des transports, de l'énergie et de la communication (DETEC).

Direction du projet

Michael Hösli (OFEV)

Auteurs

Peter Gerber (Emch+Berger AG)

Renato Spahni (Emch+Berger AG)

Dominique Huber (AWEL ZH)

Philippe Kindler (LC BE)

Raphaël Gonzalez (OFEV)

Groupe d'accompagnement

Christian Bieri (Fedpol), Patrick Blanc (FOR ZH),

Alois Degonda (ANU GR), Daniel Dietrich (Fedpol),

Christophe Dirren (SPT VS), Clo Gregori (SSE SA),

Werner Good (GVZ), Jean-Pascal Guinand (Sugyp SA),

Ergin Hacilar (RUAG AG), Bruno Hertzog (AfU TG),

Pascal Imhof (SG DDPS)*, Fabian Venetz (SSE SA),

Thomas Willen (Pyrowillen), Tamara Zurfluh (AfU UR)

*Support technique par Bienz, Kummer und Partner AG

Référence bibliographique

OFEV (éd.) 2022 : Prévention des accidents majeurs dans les entreprises civiles utilisant des substances explosives. Un module du manuel de l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM). Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1807 : 51 p.

Traduction

Service linguistique de l'OFEV

Mise en page

Funke Lettershop AG

Photo de couverture

Stockage de substances explosives dans des caisses

© J-Hyde, Adobe Stock

Téléchargement au format PDF

www.bafu.admin.ch/uv-1807-f

Il n'est pas possible de commander une version imprimée.

Cette publication est également disponible en allemand et en italien. La langue originale est l'allemand.

© OFEV 2022

Table des matières

1	Champ d'application en vertu de l'OPAM	11
1.1	Clarifications concernant le champ d'application à l'aide de la quantité nette de substance explosive	11
1.2	Démarche à adopter pour les explosifs comportant plusieurs composants	13
2	Mesures de sécurité dans les entreprises civiles utilisant des substances explosives	14
2.1	Types d'installations	14
2.2	Mesures de sécurité constructives	15
2.3	Mesures de sécurité techniques	16
2.4	Concepts de sécurité – Mesures de sécurité organisationnelles	17
3	Estimation de l'ampleur des dommages à la population pour le rapport succinct	18
3.1	Définition des scénarios d'accidents majeurs déterminants	18
3.2	Explications concernant les paramètres de la boîte à scénarios	20
4	Estimation de l'ampleur des dommages à l'environnement pour le rapport succinct	30
4.1	Estimation de l'ampleur des dommages aux eaux superficielles	30
4.2	Estimation de l'ampleur des dommages aux eaux souterraines	31
5	Indications pour l'étude de risque	32
	Annexe	36
	Glossaire	50
	Bibliographie	

Abstracts

This enforcement aid explains the procedure for evaluating the scope of application of the Major Accidents Ordinance (MAO) and for estimating the extent of possible harm or damage for the summary report. Basic principles for compliance with general safety measures are also presented. This enforcement aid provides support for the owners of civil installations that work with explosives in the application of the specific requirements of the MAO and for the enforcement authorities in the implementation of the monitoring and evaluation procedure in accordance with the MAO.

La présente aide à l'exécution explique la démarche à suivre pour vérifier l'applicabilité de l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM) et pour évaluer l'ampleur des dommages potentiels à l'étape du rapport succinct. Elle fournit également les grands principes à suivre afin de définir les mesures de sécurité à prendre. Cette aide à l'exécution se veut donc un outil à l'intention des détenteurs d'entreprises civiles travaillant avec des substances explosives, qui doivent se conformer aux exigences spécifiques de l'OPAM, et une aide pour les autorités d'exécution afin qu'elles puissent mener à bien la procédure de contrôle et d'évaluation prescrite par cette ordonnance.

Die vorliegende Vollzugshilfe erläutert das Vorgehen zur Ermittlung des Geltungsbereichs gemäss Störfallverordnung (StFV) und zur Ausmasseinschätzung auf Stufe Kurzbericht. Zudem werden Grundsätze zum Treffen von Sicherheitsmassnahmen aufgezeigt. Diese Vollzugshilfe hilft somit den Inhabern von zivilen Betrieben mit Explosivstoffen bei der Umsetzung der spezifischen Anforderungen aus der StFV und den Vollzugsbehörden bei der Durchführung des Kontroll- und Beurteilungsverfahrens gemäss StFV.

La presente aiuto all'esecuzione illustra come verificare il campo d'applicazione secondo l'ordinanza sulla protezione contro gli incidenti rilevanti (OPIR) e come effettuare la stima dell'entità dei danni a livello di rapporto breve. Inoltre, indica le misure di sicurezza da adottare. In tal modo, il presente aiuto all'esecuzione supporta i detentori delle aziende civili con esplosivi nell'attuazione delle esigenze specifiche dell'OPIR e le autorità esecutive nello svolgimento della procedura di controllo e di valutazione secondo l'OPIR.

Keywords :

Explosives, scope in accordance with the MAO, estimation of extent of possible harm or damage, safety measures

Mots-clés :

Substances explosives, champ d'application en vertu de l'OPAM, estimation de l'ampleur des dommages, mesures de sécurité

Stichwörter:

Explosivstoffe, Geltungsbereich gemäss StFV, Ausmasseinschätzung, Sicherheitsmassnahmen

Parole chiave :

Esplosivi, campo d'applicazione secondo l'OPIR, stima dell'entità dei danni, misure di sicurezza

Avant-propos

L'expérience montre que dans les entreprises qui manient des substances explosives, les accidents majeurs sont certes rares, mais pas totalement à exclure. La Suisse est épargnée depuis plusieurs décennies par les accidents majeurs impliquant ce type de substances. La présente aide à l'exécution doit contribuer à ce que cette situation perdure à l'avenir.

Depuis sa révision en 2015, l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM) s'applique également aux entreprises travaillant avec des substances explosives, par exemple dans les domaines de la production, du stockage, de l'élimination et de la distribution de produits comme des feux d'artifice ou des munitions. De grands chantiers où l'on emploie ce type de substances peuvent aussi entrer dans le champ d'application de l'OPAM.

Élaborée par un groupe de travail constitué de représentants des autorités et des détenteurs d'entreprises civiles, la présente aide à l'exécution fournit des lignes directrices afin d'harmoniser la pratique en matière d'application de l'ordonnance. Elle indique comment délimiter le champ d'application de l'OPAM en la matière et donne aux entreprises concernées une vue d'ensemble de mesures de sécurité appropriées sur les plans de la construction, de la technique et de l'organisation. Elle présente en outre les bases méthodologiques requises pour un volet important de la mise en œuvre de l'OPAM, à savoir l'estimation de l'ampleur des dommages possibles pour la population ou l'environnement résultant d'accidents majeurs.

La prévention des accidents majeurs doit être une tâche permanente des entreprises relevant du champ d'application de l'ordonnance, et les efforts qu'elles déploient contribuent, au bout du compte, à une gestion durable et moderne des substances explosives. Alfred Nobel (1833–1896), inventeur de la célèbre dynamite, disait d'ailleurs : « *Le succès n'est pas une destination que l'on atteint, mais plutôt l'esprit dans lequel on entreprend et poursuit le voyage* ».

Josef Eberli, division Prévention des dangers
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Introduction

Structure du manuel de l'ordonnance sur les accidents majeurs

Le manuel de l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM) est une aide à l'exécution de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV) complètement intégrée et structurée en modules. Elle soutient les détenteurs des installations soumises à l'OPAM et les autorités d'exécution dans la mise en œuvre conforme de l'ordonnance. La « Partie générale » chapeaute tous les modules. Elle explique les dispositions de l'ordonnance qui s'appliquent à toutes les entreprises et installations soumises à l'OPAM. Pour les entreprises, elle renvoie aux modules « Entreprises présentant un potentiel de danger chimique » et « Critères d'appréciation relatifs à l'OPAM ». Un aperçu des modules pouvant être téléchargés se trouve sur le site Internet de l'OFEV (aides à l'exécution¹).

Module « Prévention des accidents majeurs dans les entreprises civiles utilisant des substances explosives »

Le présent module « Prévention des accidents majeurs dans les entreprises civiles utilisant des substances explosives », qui porte spécifiquement sur les installations, concrétise les principes énoncés plus haut en se penchant sur le cas particulier des entreprises civiles travaillant avec des substances explosives². Il s'appuie notamment sur les documents de référence concernant l'application de l'OPAM dans les entreprises militaires^{[4], [4], [4]} et sur la législation sur les explosifs^{[2], [11]}. Cette dernière constitue un élément essentiel pour l'application des règles reconnues de la technique aux entreprises civiles utilisant des substances explosives. Les dispositions de la législation sur les explosifs doivent être respectées par toutes les entreprises et, partant, aussi par les entreprises avec des quantités de substances inférieures aux seuils quantitatifs figurant dans l'OPAM. Ce module contient les indications requises pour l'application correcte des critères de détermination des seuils quantitatifs conformément à l'annexe 1.1, ch. 4, OPAM (chap. 1). Il formule en outre des principes et des suggestions destinées à faciliter la définition et la mise en œuvre des mesures de sécurité (chap. 2). Il montre également au détenteur comment rédiger un rapport succinct³ en vertu de l'art. 5 OPAM^[4] et à l'autorité d'exécution comment apprécier la nécessité d'une étude de risque en vertu de l'art. 7 OPAM. La « boîte à scénarios » constitue le cœur du document et permet de déduire les scénarios d'accidents majeurs déterminants en vue de l'élaboration d'un rapport succinct (chap. 3). On entend par là les scénarios qui entraîneraient les plus graves dommages possibles pour la population. C'est sur cette base qu'est estimée l'ampleur des dommages à partir de la projection de débris, de l'onde de choc et du rayonnement thermique. Des critères d'exclusion (chap. 4) permettent de juger s'il est nécessaire de procéder à une estimation de l'ampleur des dommages pour l'environnement. En cas de non-respect de ces critères, le rapport succinct doit fournir des estimations de l'ampleur des dommages pour les eaux superficielles et/ou souterraines, en tenant compte des facteurs d'influence locaux. Pour finir, le présent module livre des indications concernant la réalisation de l'étude de risque (chap. 5).

Le diagramme ci-dessous (figure 1) synthétise l'utilisation des supports susmentionnés dans le cadre de la procédure de contrôle et d'évaluation prévue par l'OPAM.

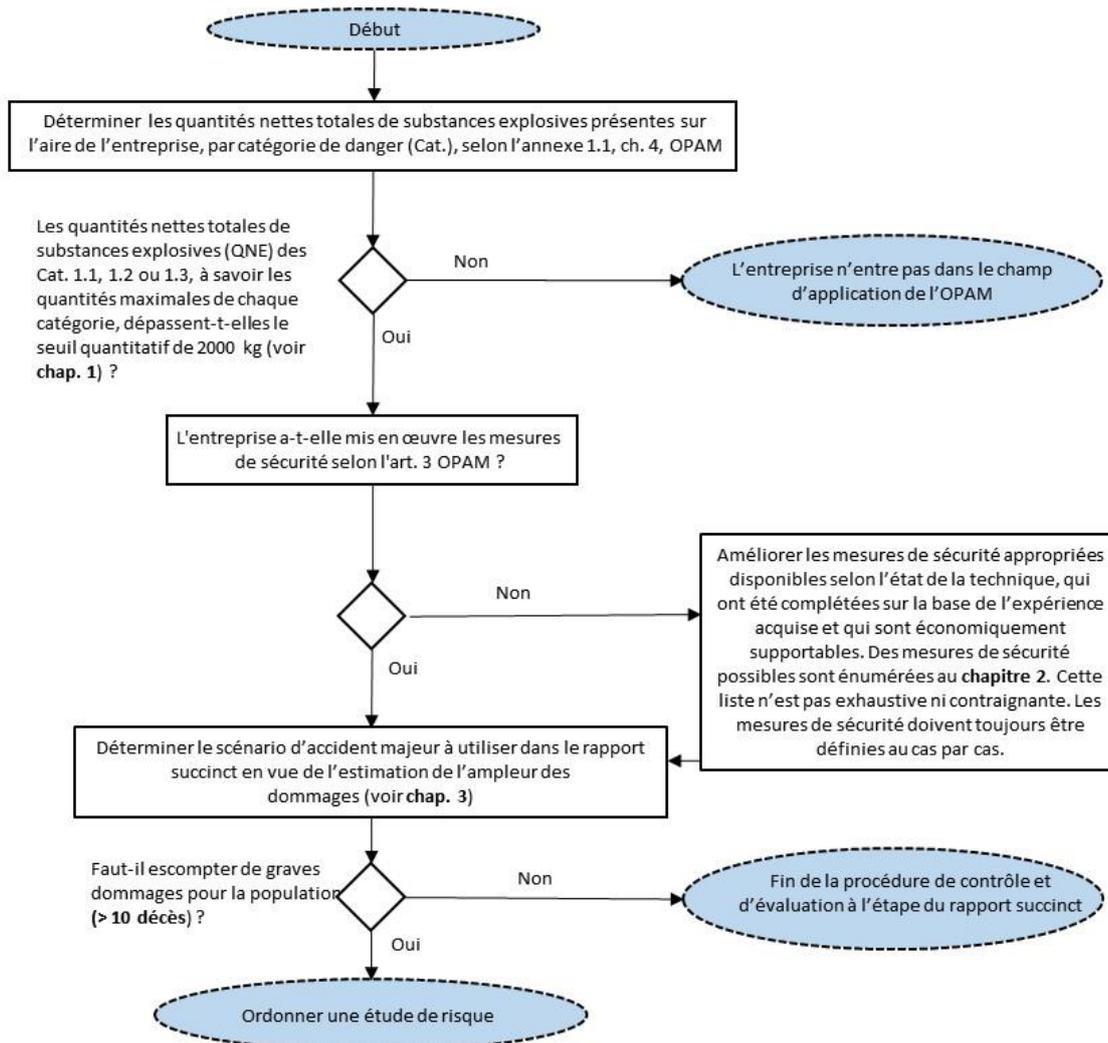
1 www.bafu.admin.ch/bafu/fr/home/themes/accidents-majeurs/aides-execution.html

2 Les entreprises militaires utilisant des substances explosives doivent respecter les directives sur le concept de sécurité pour la manipulation de munitions et d'explosifs (WSUME^[3]), les directives techniques sur le stockage de munitions (TLM^[4]) du DDPS ainsi que divers autres documents militaires confidentiels comme des instructions techniques (tV) et des directives^[15].

3 Concernant les installations militaires utilisant des explosifs, un rapport de sécurité vaut un rapport succinct conformément à l'OPAM.

Figure 1

Procédure de contrôle et d'évaluation à l'étape du rapport succinct : examen de la possibilité de graves dommages à la population. Des critères d'exclusion s'appliquant aux indicateurs des dommages « eaux superficielles polluées » et « eaux souterraines polluées » figurent au chapitre 4 de la présente aide à l'exécution.



Catégories de substances explosives utilisées

Les différentes notions et catégories de substances explosives utilisées dans la présente aide à l'exécution sont expliquées dans le tableau 1. Les définitions se fondent sur l'ordonnance sur les explosifs (OExpl^[2]) et sur les dénominations courantes des substances explosives dans les domaines commercial, civil et militaire. Ne sont pas considérées comme des substances explosives au sens de la présente aide à l'exécution les substances explicitement exclues au sens de l'art. 5 de la loi sur les explosifs (LExpI^[11]) telles que les produits instables en cours d'élaboration ou les gaz inflammables.

Les substances explosives peuvent être solides, liquides, gélatineuses ou en poudre et se trouver dans divers types d'enveloppes et d'emballages. Elles englobent également les composants servant à déclencher l'allumage. Une distinction est faite entre explosifs primaires, moyens d'allumage et initiateurs d'allumage.

Les explosifs primaires sont intégrés dans des moyens d'allumage relevant de la technique du minage (p. ex. détonateurs), et des effets mécaniques ou thermiques de faible intensité suffisent à leur explosion. Les cartouches à percussion renferment des explosifs primaires servant à initier la charge propulsive.

Les moyens d'allumage (technique du minage) et les initiateurs d'allumage ou moyens de mise à feu (pyrotechnie) sont des outils servant à déclencher une explosion ou une combustion. Ils fournissent l'énergie primaire requise pour permettre les réactions chimiques des substances explosives.

Tableau 1

Catégories de substances explosives utilisées

Les catégories de substances explosives (ici des poudres, p. ex.) sont décrites en fonction du type et de la composition de la substance concernée, laquelle peut faire partie d'une ou de plusieurs catégories de danger⁴

Substances explosives (solides, liquides, gélatineux, en poudre)			
Catégorie	Exemples	Catégories de danger	Directives et bases
Explosifs	<ul style="list-style-type: none"> • TNT (trinitrotoluène) • RDX (Royal Demolition explosive, hexogène, cyclotriméthylène-trinitramine, cyclonite, T4) • HMX (RDX à poids moléculaire élevé, octogène, cyclotétraméthylène-tétranitramine) • Poudre noire (isolée) • Explosif au nitrate d'ammonium • Nitroglycérine (NGL) 	1.1	• OExpl ^[2] , art. 2
Explosifs primaires (composants de moyens d'allumage)	<ul style="list-style-type: none"> • Azoture de plomb • Styphnate de plomb • Azoture d'argent 	1.1	• OExpl, art. 2
Moyens d'allumage/initiateurs d'allumage (aides au déclenchement d'une explosion ou d'une combustion)	<ul style="list-style-type: none"> • Mèches d'allumage • Mèches rapides • Mèches à usage pyrotechnique • Détonateurs • Amorces 	1.1	• OExpl, art. 3
		1.3	
Poudre (poudre de guerre, propulseur)	<ul style="list-style-type: none"> • Poudre de nitrocellulose • Poudre noire 	1.1	• LExpl, art. 7a
		1.3	
Charge/engin pyrotechnique (effets sonores, visuels, thermiques, mécaniques)	<ul style="list-style-type: none"> • À des fins commerciales (fusées de détresse, fusées anti-grêle, etc.) • Feux d'artifice (p. ex. fusées, batteries, volcans) 	1.1	• OExpl, art. 5
		1.2	
		1.3	
Munitions dans des installations civiles	<ul style="list-style-type: none"> • Engins explosifs pour applications militaires, civiles et publiques 	1.1	• WSUME ^[3] , OCM ^[4]
		1.2	
		1.3	

⁴ Concernant le transport, la catégorie de danger est définie conformément à l'Accord relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR) et au règlement (CE) n° 1272/2008.

1 Champ d'application en vertu de l'OPAM

Les explications fournies dans le présent chapitre permettent au détenteur d'une entreprise utilisant des substances explosives de déterminer si son entreprise entre dans le champ d'application de l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM). La condition essentielle pour déterminer le seuil quantitatif est l'attribution d'une catégorie de danger (Cat.) sur la base des caractéristiques de danger des explosifs⁵ ou l'attribution d'un code de déchet de la série 16 04 0X (déchets explosifs) aux déchets spéciaux.

1.1 Clarifications concernant le champ d'application à l'aide de la quantité nette de substance explosive

Afin de déterminer si l'OPAM s'applique, il est nécessaire de connaître les quantités nettes totales de substances explosives (QNE) des catégories de danger 1.1, 1.2, 1.3, en d'autres termes les quantités maximales des substances respectives, et de les comparer au seuil quantitatif de 2000 kg fixé dans l'OPAM^[6]. À cette fin, les QNE de toutes les substances explosives de la même catégorie de danger ou comportant la même mention de danger⁶ présentes sur l'ensemble de l'aire de l'entreprise sont additionnées :

- QNE de catégorie de danger 1.1 (mention de danger H200 ou H201, danger de projection de débris et d'onde de choc) ;
- QNE de catégorie de danger 1.2 (mention de danger H202, danger de projection de débris) ;
- QNE de catégorie de danger 1.3 (mention de danger H203, danger de rayonnement thermique).

Les QNE par catégorie de danger sur l'ensemble du site de l'entreprise, c'est-à-dire pour toutes les unités d'exploitation telles que les entrepôts et les unités de production, sont additionnées (voir l'exemple présenté à la figure 2) en prenant en compte les quantités maximales de toutes les quantités partielles possibles^[6] en fonction des processus et des capacités de production⁷.

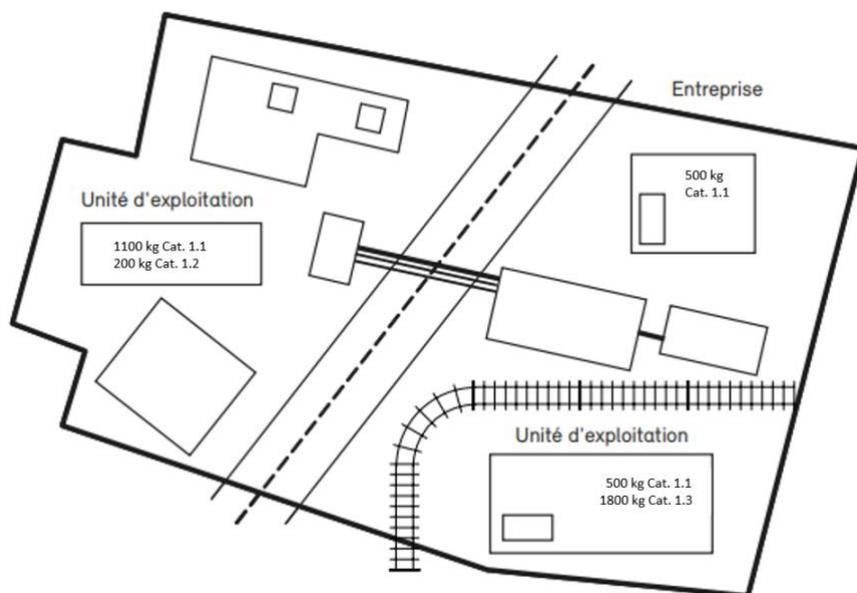
⁵ Conformément aux directives de l'ADR et au règlement CE n° 1272/2008

⁶ Les dangers physiques (annexe 1.1, ch. 42, OPAM) ne constituent qu'une partie des caractéristiques de danger des substances explosives déterminantes pour déterminer si l'OPAM s'applique. Pour certaines substances, les critères relatifs aux dangers pour la santé (annexe 1, ch. 41, OPAM) ainsi qu'à d'autres dangers (annexe 1.1, ch. 44, OPAM) peuvent également être pertinents pour déterminer si l'OPAM s'applique, si ceux-ci conduisent à des seuils quantitatifs inférieurs à 2000 kg (H330 ou EUH032 ; SQ = 200 kg).

⁷ Les capacités maximales sont notamment fixées sur la base des autorisations d'exploitation, conformément aux prescriptions cantonales en matière de protection préventive contre les incendies et/ou aux autorisations d'entreposage délivrées par les autorités cantonales compétentes en matière de législation sur les explosifs (art. 42, al. 3, LExpl). Les autorisations d'entreposage se réfèrent aux quantités maximales autorisées pour l'entreposage de produits pyrotechniques et d'explosifs à usage civil.

Figure 2**Exemple pour déterminer si l'OPAM s'applique à l'aide de la QNE**

Dans l'entreprise se trouvent 2100 kg de QNE de Cat. 1.1, 200 kg de QNE de Cat. 1.2 et 1800 kg de QNE de Cat. 1.3 répartis dans trois unités d'exploitation. Il est avéré que les quantités par Cat. et par unité d'exploitation correspondent aux quantités et capacités partielles maximales possibles sur l'aire de l'entreprise du fait des processus et des capacités de production⁷. L'OPAM s'applique donc à l'installation, car le seuil quantitatif fixé est dépassé pour la Cat. 1.1.

**QNE totale par catégorie de danger**

Contrairement à la procédure habituelle appliquée pour la détermination de la quantité maximale^[6], où l'addition de différentes substances ou préparations présentant les mêmes caractéristiques n'est pas requise, il convient, dans le cas des explosifs, de relever la QNE totale par Cat. Par conséquent, des substances explosives différentes sont additionnées, ceci pour des raisons pragmatiques :

- Parce que les caractéristiques de danger des substances explosives (tableau 1) sont influencées de manière déterminante par des facteurs tels que leur conditionnement, leur emballage et la densité de charge. L'attribution d'une Cat. à un explosif se fait sur la base des prescriptions correspondantes de l'Accord relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR)^[8], en fonction des paramètres susmentionnés. Aussi, les mêmes substances explosives peuvent avoir des effets très différents. Par exemple, des substances explosives sous forme de poudre peuvent donner une réaction en chaîne en raison du confinement dû à l'emballage. En fonction de leur emballage, les détonateurs peuvent induire une réaction en chaîne ou, au contraire, ne plus présenter de danger notable.
- Parce que la quantité maximale par substance explosive est difficile à déterminer dans la pratique, et ce notamment pour les pièces d'artifice, les données concernant leur composition détaillée n'étant souvent pas disponibles.

La QNE est en principe connue d'après les prescriptions de l'ADR^[8], le certificat de conformité CE de la directive 2013/29/UE^[9] ou la norme SN-EN-15947 pour les articles pyrotechniques^[10] ; il s'agit d'une information dont le fabricant doit disposer pour pouvoir mettre ses produits sur le marché. Si, malgré tout, la QNE ne peut

être établie, la quantité brute de substances explosives, y compris le matériau de l'enveloppe et l'emballage, devra être prise en compte pour déterminer si le seuil quantitatif est dépassé ou non.

QNE totale par code de déchet

Dans le cadre des clarifications concernant le champ d'application, les déchets explosifs, à savoir les déchets spéciaux ayant un code de déchets de la série 16 04 0X, doivent également être considérés. Les quantités maximales de déchets spéciaux avec le même code présentes sur l'ensemble de l'aire de l'entreprise sont additionnées et la somme comparée au seuil quantitatif de 2000 kg⁸.

Délimitation du champ d'application

Un seuil quantitatif de 2000 kg a également été fixé pour les substances explosives instables portant la mention de danger H200. Les matières instables sous forme de produits intermédiaires issus de la fabrication de produits chimiques qui perdent leurs propriétés explosives avant la fin du processus de production ainsi que les produits explosibles qui n'ont pas été fabriqués à des fins d'explosion ne sont pas traités dans le cadre de la présente aide à l'exécution et ne sont pas considérés comme des explosifs au sens de celle-ci. L'OPAM ne fixe pas de seuil quantitatif pour les substances explosives des Cat. 1.4, 1.5 et 1.6 ; elles ne sont donc plus mentionnées ci-après.

1.2 Démarche à adopter pour les explosifs comportant plusieurs composants

Dans le cas d'explosifs comportant plusieurs composants non mélangés ou non assemblés, la quantité maximale ne doit pas être déterminée conformément au point 1.1. lorsque les critères suivants sont remplis :

- les composants d'explosifs comportant eux-mêmes plusieurs composants sont protégés efficacement (cf. p. ex. art. 78, al. 3, OExpl), c'est-à-dire entreposés séparément des autres moyens d'allumage détonants (art. 20, LExpl^[11]) ;
- les différents composants d'explosifs comportant eux-mêmes plusieurs composants⁹ sont entreposés séparément les uns des autres, dans le respect de la législation sur les produits chimiques^[12], des prescriptions de protection incendie AEA^[13] ou des prescriptions des autorités compétentes en la matière et, dans le cas du nitrate d'ammonium, de l'aide à l'exécution « Prévention des accidents majeurs liés à l'entreposage d'engrais contenant du nitrate d'ammonium »^[13].

Lorsque les conditions ci-dessus sont remplies, les quantités maximales des différents composants ou substances et préparations sont déterminées séparément sur la base de leurs caractéristiques de danger^[6].

⁸ Un seuil quantitatif de 2000 kg est également fixé pour les déchets spéciaux portant un code de déchets de la série 16 04 0X (déchets explosifs) en vertu de l'ordonnance du DETEC concernant les listes pour les mouvements de déchets (LMoD). La quantité maximale par code de déchet doit être déterminée en additionnant tous les déchets désignés par un code de déchet de la série 16 04 0X. Cette démarche conservatrice tient compte du fait qu'il peut notamment s'agir de déchets hors spécifications (OOS ; *Out of Specifications*), à savoir de matières plus instables ou plus réactives.

⁹ Ces explosifs sont constitués de plusieurs composants (substances, préparations, objets) qui peuvent être physiquement séparés. Ils ne sont explosifs que lorsqu'ils sont mélangés ou assemblés.

2 Mesures de sécurité dans les entreprises civiles utilisant des substances explosives

Mesures de sécurité constructives, techniques et organisationnelles

Le détenteur d'une entreprise doit mettre en œuvre les mesures de sécurité requises conformément aux règles de la technique. Dans le cas d'entreprises soumises à l'OPAM, il est en outre tenu de prendre les mesures de sécurité qui correspondent à l'état de la technique de sécurité en vertu de l'art. 3 OPAM. Il s'agit de mesures qui peuvent d'expérience être complétées et qui sont économiquement supportables.

S'agissant de l'entreposage et de la production de substances explosives, la présente aide à l'exécution fait une distinction entre les mesures de sécurité constructives, techniques et organisationnelles. Un grand nombre de mesures de sécurité découlent d'ordonnances et de directives (règles de la technique) s'appliquant aux installations civiles^{[2],[11],[13]} et militaires^{[3],[4],[15]}. Les tableaux 2, 3 et 4 dressent la vue d'ensemble des mesures de sécurité possibles tirées de ces sources ainsi que des mesures qui correspondent à l'état de la technique de sécurité. Cette liste n'est ni exhaustive ni contraignante. Selon le type d'installation (cf. 2.1), les mesures de sécurité appropriées doivent être déterminées au cas par cas.

2.1 Types d'installations

Afin d'évaluer les mesures de sécurité appropriées et de procéder à l'estimation de l'ampleur des dommages à la population (chap. 3), on distingue quatre types d'installations. On entend par installations des unités d'exploitation séparées sur l'aire de l'entreprise. Lors d'un événement ponctuel, toutes les substances explosives de l'installation concernée sont touchées.

2.1.1 Ouvrages en surface de construction légère

Les ouvrages en surface de construction légère (OS_{c.légère}) regroupent l'entreposage en surface de substances explosives dans des conteneurs ISO, par exemple, ou encore dans des structures de construction légère en acier¹⁰ ou en bois.

2.1.2 Ouvrages en surface

Les ouvrages en surface (OS) comprennent les entrepôts, les magasins et les locaux de production en dur, construits au moyen d'éléments préfabriqués en béton ou en béton armé, mais non recouverts de terre et sans remblai latéral. Dans les mesures de sécurité présentées dans les tableaux 2, 3 et 4, une distinction est faite entre l'entreposage (OS-E) et la production (OS-P).

¹⁰ Enveloppe du bâtiment en tôle

2.1.3 Ouvrages recouverts

Les ouvrages recouverts (OR) sont des ouvrages en surface en béton armé recouverts de terre et comportant un remblai latéral sur trois côtés, le côté par lequel se fait l'accès n'étant pas remblayé. Les OR comprennent également les ouvrages enterrés dont la profondeur d'enfouissement est de plusieurs mètres. Ces derniers ne sont toutefois pas explicités davantage ici aux fins d'estimation de l'ampleur des dommages.

2.1.4 Ouvrages sous roche

Les ouvrages sous roche (ORo) sont constitués d'une ou de plusieurs chambres aménagées directement dans une roche appropriée du point de vue géologique. Si leur structure peut être complexe avec des chambres reliées par des couloirs, ils disposent pour la plupart d'une galerie d'accès.

2.2 Mesures de sécurité constructives

Les mesures de sécurité constructives (voir les exemples présentés dans le tableau 2) doivent être vérifiées pour toutes les installations, et adaptées et dimensionnées en fonction du type et de la taille de l'installation. Les éléments sur lesquels repose le dimensionnement des ouvertures de décharge et des remblais de protection, par exemple, doivent être documentés.

Tableau 2

Mesures de sécurité constructives

Vue d'ensemble de mesures de sécurité constructives possibles en fonction du type d'installation

Mesures de sécurité constructives		Types d'installations
1	Des ouvertures de décharge et/ou des points de rupture prédéterminés (événements) — en fonction de la Cat. concernée ¹¹ — permettent une décompression et/ou une projection de débris dirigés vers des zones à faible densité de population.	OS _{c.légère} , OS-P, OS-E, OR
2	Construction légère du bâtiment pour réduire la projection de débris	OS _{c.légère}
3	Remblai de protection	tous
4	Des compartiments coupe-feu conformes aux exigences de protection incendie doivent être aménagés pour les différentes chambres d'entreposage (avec notamment des locaux techniques et de climatisation) afin d'empêcher ou de retarder la transmission d'un événement en cas d'incendie.	tous
5	Couverture de protection pour prévenir la transmission d'une explosion par le biais de débris	OS-E
6	Les installations doivent être protégées contre les influences extérieures, p. ex. par des clôtures et des portes avec protection anti-effraction afin d'empêcher tout accès non autorisé ou involontaire.	tous

¹¹ Certaines parties de l'enveloppe du bâtiment (p. ex. le toit ou le mur latéral) peuvent être conçues en tant qu'ouvertures de décharge pour l'entreposage de substances de Cat. 1.3 non mélangées. En présence des Cat. 1.1 et 1.2 (détonation), une décharge efficace de la pression s'avère difficile à dimensionner.

2.4 Mesures de sécurité techniques

Les mesures de sécurité techniques (voir les exemples présentés dans le tableau 3) doivent être vérifiées pour toutes les installations, et leur fonctionnement doit être adapté et dimensionné en fonction du type et de la taille de l'installation. Les éléments sur lesquels repose le dimensionnement des systèmes de protection contre la foudre, de protection contre les explosions, d'alarme et d'extinction, par exemple, doivent être documentés.

Tableau 3

Mesures de sécurité techniques

Vue d'ensemble de mesures de sécurité techniques possibles en fonction du type d'installation

	Mesures de sécurité techniques	Types d'installations
1	Système externe de protection contre la foudre pour la mise à terre de l'installation en tant que protection contre l'ignition. Protection interne contre la foudre, pièces métalliques à faible impédance reliées entre elles et à la protection externe contre la foudre	tous
2	L'aménagement et les équipements des locaux de production doivent, si nécessaire, être conçus conformément aux réglementations ESD et directives ATEX et ne doivent pas devenir des sources d'ignition ¹² .	OS-P
3	Les installations électriques dans les entrepôts doivent être protégées (isolation électrique, coupure de l'alimentation en cas de non-utilisation) et ne doivent pas devenir des sources d'ignition.	OS _{c,légère} , OS-E, OR, ORo
4	Systèmes d'alarme (alarme incendie, système de détection de gaz, vidéosurveillance) en vue d'une intervention rapide ou pour l'évacuation des personnes	tous
5	Systèmes d'extinction (p. ex. extincteur à main, installation sprinkler/Hi-FOG, installation d'extinction au CO ₂ , etc.), pour empêcher ou réduire la propagation d'un événement	tous
6	Les conditions d'entreposage telles que la température, l'humidité, la protection contre les vibrations, etc. doivent être adaptées aux substances présentes ; elles doivent être garanties, par exemple, par des moyens techniques appropriés tels que des installations de ventilation, des déshumidificateurs, etc.	tous

¹² ESD renvoie aux décharges électrostatiques (« Electro Static Discharge »), et ATEX aux « atmosphères explosives ».

2.5 Concepts de sécurité — Mesures de sécurité organisationnelles

Les concepts de sécurité et les mesures de sécurité organisationnelles qui en découlent doivent être consignés par écrit. L'étendue de la documentation dépend de la taille de l'installation et des risques possibles.

Tableau 4

Concepts de sécurité — Mesures de sécurité organisationnelles

Vue d'ensemble des concepts de sécurité et des mesures de sécurité organisationnelles possibles en fonction du type d'installation

	Concepts de sécurité	Types d'installations
1	Le concept de sécurité garantit les restrictions d'accès aux personnes non autorisées et assurer la sécurité des explosifs contre le vol.	tous
2	Concepts d'entreposage : p. ex. pour le stockage séparé des explosifs et des amorces ou pour garantir les hauteurs de remplissage maximales admissibles pour la poudre de charge propulsive en l'absence de confinement (enveloppe) en fonction de la température	tous
3	Plan d'intervention pour les accidents majeurs, comprenant des documents d'intervention qui permettent au personnel de réagir rapidement et de manière appropriée à la situation, ainsi que plans d'intervention des sapeurs-pompiers	tous
4	Concepts pour empêcher le déclenchement d'explosions ou la transmission d'explosions entre des unités d'exploitation (p. ex. par des distances de sécurité conformément à l'OExpl ¹³)	tous
5	Programme de formation et de formation continue des collaborateurs aux risques liés à l'utilisation de substances explosives (p. ex. formation à la sécurité au sein de l'entreprise)	tous
6	Concept d'entretien et de maintenance	

¹³ Dans le cas d'entreprises dont les OS sont susceptibles d'induire de graves dommages, des distances de sécurité accrues entre les unités d'exploitation pourraient, le cas échéant, être envisagées au titre de mesures de sécurité supplémentaires au sens de l'art. 8 OPAM sur la base d'une étude du risque s'inspirant des éléments décrits au chapitre 5 afin d'éviter les effets domino. En cas de risque inacceptable, ces mesures peuvent aller au-delà des exigences de l'OExpl.

3 Estimation de l'ampleur des dommages à la population pour le rapport succinct

Démarche

Le présent chapitre doit permettre aux détenteurs d'entreprises d'effectuer une estimation autonome de l'ampleur des dommages que pourrait subir la population à la suite d'un accident majeur (art. 5, al. 1, let. f, OPAM) causé par des substances explosives. Une application Excel qui facilite la mise en pratique de l'aide à l'exécution en automatisant l'estimation de l'ampleur des dommages est disponible sur le site Internet de l'OFEV¹⁴. Cette estimation doit être effectuée pour toutes les unités d'exploitation et tous les types d'installations (cf. 2.1) dans lesquelles se trouvent des substances explosives des Cat. 1.1, 1.2 et 1.3 ainsi que des déchets explosifs. Les résultats de l'estimation de l'ampleur des dommages doivent être documentés dans le rapport succinct. Une unité d'exploitation est définie comme un bâtiment ou une partie cohérente et fermée d'un bâtiment dans laquelle des substances explosives sont utilisées. Il peut s'agir, par exemple, d'un entrepôt, d'un entrepôt intermédiaire, d'un entrepôt de jour, d'une salle de production, d'un point d'élimination ou d'un magasin. Afin de pouvoir estimer l'ampleur des dommages, chaque unité d'exploitation est classée, indépendamment de son affectation opérationnelle, selon l'un des types d'installation définis sous 2.1. Le scénario d'accident majeur déterminant doit être défini pour chacune d'entre elles. On peut ainsi définir des zones de létalité qui, couplées à la densité de population locale ou au nombre de personnes exposées, permettent de déterminer l'ampleur des dommages susceptibles d'être causés à la population.

3.1 Définition des scénarios d'accidents majeurs déterminants

Afin d'estimer l'ampleur des dommages en cas d'accident majeur, il convient de définir les scénarios — causes et séquences d'événements — qui, tel qu'il est humainement possible d'imaginer, pourraient entraîner les pires dommages possibles pour la population (ou l'environnement). Seules des mesures de sécurité passive, dans le cas présent un remblai de protection, peuvent être prises en compte lors de cette estimation. La boîte à scénarios (tableau 5) est utilisée pour de tels scénarios d'accidents majeurs. Elle comporte des paramètres qui décrivent les conditions limites déterminantes pour définir un scénario d'accident, à savoir la situation locale initiale (en bleu), les caractéristiques des événements possibles (en gris) et les dommages attendus (en jaune).

¹⁴ Application Excel disponible sous www.bafu.admin.ch/uv-1807-f/module Prévention des accidents majeurs dans les entreprises civiles utilisant des substances explosives

Tableau 5

Boîte à scénarios permettant de déterminer les scénarios d'accidents majeurs selon le risque pour la population

Compilation de paramètres servant à déterminer les scénarios d'accidents majeurs possibles et leur ampleur pour tous les types d'installations et d'exposition de personnes. **Cat. 1.3^a** : substances ou engins pyrotechniques de Cat. 1.3 non attribués aux pièces d'artifice des catégories F1, F2 ou F3 en vertu de l'annexe 1, ch. 2, OExpl ; **Cat. 1.3^b** : engins pyrotechniques de Cat. 1.3, attribués aux pièces d'artifice des catégories F1, F2 ou F3 en vertu de l'annexe 1, ch. 2, OExpl ; **estimation au cas par cas de l'ampleur des dommages^c** : estimation de l'ampleur des dommages ou étude de risque d'un cas particulier à l'aide de modèles appropriés ; les rayons de létalité définis dans les figures All.1 à All.12 sont indiqués à l'annexe II.

P1 Type d'installation de l'unité d'exploitation	P2 Catégorie de danger (Cat.) des substances	P3 Événement et quantité (QNE, QTNT)	P4 Remblai de protection	P5 Effet physique	P6 Exposition (endroit où se trouvent les personnes)	P7 Rayons de létalité (R ₉₀ , R ₅₀ , R ₁₀ , R ₁)	P8 Zone de létalité et orientation
Ouvrage en surface de construction légère (p. ex. conteneur)	Cat. 1.1 & Cat. 1.2 & Cat. 1.3 ^a	Détonation (QNE, QTNT)	–	Projection de débris de cratère Projection de débris de murs Onde de choc	À l'air libre / dans un véhicule	Fig. All. 1	Circulaire
					Dans un bâtiment	Fig. All. 2	Circulaire
	Cat. 1.3 ^b	Combustion (QNE), boule de feu (QNE)	–	Rayonnement thermique	À l'air libre / dans un véhicule	Fig. All. 3	Circulaire
					Dans un bâtiment	Fig. All. 4	Circulaire
Ouvrage en surface	Cat. 1.1 & Cat. 1.2 & Cat. 1.3 ^a	Détonation (QNE, QTNT) Combustion (QNE), boule de feu (QNE)	Pas de remblai de protection	Projection de débris de cratère Projection de débris de murs Onde de choc	À l'air libre / dans un véhicule	Fig. All. 5	Circulaire ou secteur
					Dans un bâtiment	Fig. All. 6	Circulaire ou secteur
			Remblai de protection	À l'air libre / dans un véhicule	Fig. All. 7	Circulaire ou secteur	
				Dans un bâtiment	Fig. All. 8	Circulaire ou secteur	
	Cat. 1.3 ^b	Détonation (QNE, QTNT)	–	Rayonnement thermique	À l'air libre / dans un véhicule	Fig. All. 3	Circulaire
					Dans un bâtiment	Fig. All. 4	Circulaire
Ouvrage recouvert	Cat. 1.1 & Cat. 1.2 & Cat. 1.3 ^a	Détonation (QNE, QTNT)	–	Projection de débris de cratère onde de choc	À l'air libre / dans un véhicule	Fig. All. 9	Secteur, côté remblayé
					Dans un bâtiment	Fig. All. 10	Secteur, côté remblayé
					À l'air libre / dans un véhicule	Fig. All. 11	Secteur, côté accès
			Pas de remblai de protection	Dans un bâtiment	Fig. All. 12	Secteur, côté accès	
				Remblai de protection	À l'air libre / dans un véhicule	Fig. All. 9	Secteur, côté accès
					Dans un bâtiment	Fig. All. 10	Secteur, côté accès
	Cat. 1.3 ^b	Combustion (QNE), boule de feu (QNE)	–	Rayonnement thermique	À l'air libre / dans un véhicule	Fig. All. 3	Secteur, côté accès
					Dans un bâtiment	Fig. All. 4	Secteur, côté accès
Ouvrage sous roche	Cat. 1.1 & Cat. 1.2 & Cat. 1.3 ^a & Cat. 1.3 ^b	Détonation (QNE, QTNT)	–	Projection de débris de cratère Projection de débris dirigée par galerie Souffle sortant de la galerie d'accès	À l'air libre / dans un véhicule	Évaluation de l'ampleur des dommages au cas par cas	–

Les événements possibles (**P3**) découlent du type d'installation (**P1**) et de la catégorie de danger de l'explosif entreposé (**P2**). Les rayons de létalité (**P7**) et les zones de létalité (**P8**) selon l'exposition de la population (**P6**) sont déterminés en fonction d'un remblai de protection (**P4**) et de l'effet physique (**P5**).

La boîte à scénarios sert à élaborer le scénario le plus pessimiste qui devra être décrit dans le rapport succinct pour toutes les unités d'exploitation à examiner sur l'aire de l'entreprise¹⁵. Si des scénarios entraînant de graves dommages et qui ne ressortent pas de la boîte à scénarios sont envisageables, ils doivent également être décrits de manière détaillée.

Les commentaires ci-après (3.2) concernent les différents paramètres de la boîte à scénarios. Il est impératif d'en prendre connaissance afin de comprendre la construction des scénarios.

3.2 Explications concernant les paramètres de la boîte à scénarios

3.2.1 Type d'installation (P1)

Pour déterminer le scénario d'accident majeur, le type d'installation (**P1**) auquel l'unité d'exploitation correspond doit être défini. Lorsque celui-ci (cf. 2.1) ne peut pas être attribué sans ambiguïté, il conviendra de déterminer les scénarios pour tous les types d'installation entrant en ligne de compte ; on considérera alors de manière conservatrice que le scénario déterminant est celui provoquant les dommages les plus importants.

3.2.2 Événement déterminant (P2 et P3)

Le paramètre **P2** désigne la catégorie de danger des substances explosives ; **P3** décrit le type d'effet auquel on doit s'attendre lors d'événements, à savoir une détonation, une combustion ou une boule de feu. Une détonation est possible en présence de substances de Cat. 1.1, 1.2 (dans une moindre mesure) et 1.3 (dans certains cas). Dans des situations dans lesquelles des substances de Cat. 1.1 peuvent être présentes en même temps que des substances de Cat. 1.2 et / ou 1.3, on doit supposer que l'ensemble des substances peut devenir détonant.

La classification de la catégorie de danger est conçue pour répondre aux exigences en matière de transport de marchandises dangereuses et ne décrit pas toujours de manière concluante les caractéristiques de danger pertinentes d'une substance explosive lors de son utilisation pendant l'entreposage, l'élimination ou la production. Cela vaut en particulier pour les substances et engins pyrotechniques de Cat. 1.3, dont l'estimation de l'ampleur des dommages doit être faite de manière différenciée. Il est possible qu'en cas d'événement, une substance classée dans la Cat. 1.3 puisse devenir détonante en fonction du degré de confinement dans un bâtiment, de la densité de charge et de paramètres spécifiques à la substance. Une distinction supplémentaire est donc faite ici pour les engins pyrotechniques de Cat. 1.3 sur la base des prescriptions de la directive relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant la mise à disposition sur le marché d'articles pyrotechniques^[17] :

- Cat. 1.3^a : substances explosives de Cat. 1.3 attribuées aux pièces d'artifice de catégorie F4 ;
- Cat. 1.3^b : substances explosives de Cat. 1.3 attribuées aux pièces d'artifice ou aux engins pyrotechniques des catégories F1, F2, F3, P1, P2, P3, T1 ou T2.

¹⁵ Les éventuels événements de transmission à d'autres unités d'exploitation doivent être pris en compte conformément à la partie générale du manuel de l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM), annexe A.1, p. 47 (effet domino). Il y a lieu d'ajouter l'ampleur des dommages se rapportant à l'indicateur de dommages « décès » pour les différents scénarios partiels.

Pour les pièces d'artifice de la Cat. 1.3^b, on peut supposer qu'en raison de l'emballage et de la faible QNE par engin pyrotechnique, il y a lieu de s'attendre à une combustion sans détonation même lorsque les quantités brutes sont relativement importantes et en cas de confinement (p. ex. un bâtiment d'entreposage)¹⁶. Sur la base de ces définitions, il convient de distinguer les combinaisons d'explosifs figurant dans le tableau 5 en fonction de la catégorie de danger présente dans une installation :

- QNE de Cat. 1.1, 1.2 ou 1.3^a seule → détonation ;
- QNE mixte de Cat. 1.1, 1.2, 1.3^a et 1.3^b → détonation ;
- QNE de Cat 1.3^b seule → combustion et boule de feu.

Dans le cadre de l'estimation de l'ampleur des dommages, la QNE est utilisée comme grandeur d'entrée à la place de la quantité équivalente de TNT (QTNT¹⁷) pour le calcul de la létalité, quel que soit le type d'événement (**P3** : détonation, combustion ou boule de feu). On admet donc que la QTNT est égale à la QNE (QTNT de 1 kg \triangleq QNE de 1 kg). Cette approche doit, en règle générale, être considérée comme étant conservatrice. La prise en considération des QTNT pour calculer les effets de l'événement considéré n'est nécessaire que dans le cadre d'une étude de risque (chap. 5).

S'agissant de l'estimation de l'ampleur des dommages, il y a lieu d'utiliser la quantité maximale d'explosifs (QNE en kg) pouvant être présente dans l'unité d'exploitation considérée en additionnant la QNE des Cat. 1.1, 1.2 et 1.3^a. S'agissant de la délimitation des unités d'exploitation en vue de cette estimation, il y a lieu de tenir compte des distances de sécurité pour éviter la transmission d'une explosion. Ces distances résultent des prescriptions définies à l'annexe 7 de l'OExpl ainsi que des aspects mentionnés au chapitre 5. Dans le cas d'OS, ces aspects doivent être pris en compte dans l'estimation de l'ampleur des dommages à l'étape du rapport succinct sur la base des réflexions suivantes : si la distance de sécurité de transmission calculée conformément au chapitre 5 est supérieure à la distance fixée à l'annexe 7 de l'OExpl, on ne peut pas exclure un effet domino ; si un autre OS se trouve dans cette zone, l'estimation de l'ampleur des dommages doit prendre en compte la QNE totale présente dans les deux installations¹⁸.

3.2.3 Effet des remblais de protection (P4)

L'effet protecteur des mesures de sécurité décrites au point 2.2 ne peut pas toujours être représenté. Dans de nombreux cas, l'effet protecteur dépend, entre autres, des caractéristiques de l'installation et du dimensionnement des mesures de sécurité pour des événements spécifiques. L'effet des ouvertures de décharge¹⁹ dépend, par exemple, de facteurs tels que les spécifications de la substance explosive, le volume libre du local, les charges d'explosion dynamiques, etc. Ces facteurs peuvent évoluer au cours du temps, raison pour laquelle les ouvertures de décharge et la plupart des mesures décrites au chapitre 2 ne peuvent pas être systématiquement prises en compte.

Seuls les remblais de protection pour des OS et des OR (côté accès) peuvent être pris en compte en tant que mesures de sécurité (**P4**) dans l'estimation de l'ampleur des dommages. Aucun effet réducteur n'est pris en

¹⁶ Les pièces d'artifice de catégorie F4, par exemple les grands feux d'artifice sous forme de bombes cylindriques et sphériques, sont classées selon leur taille dans la Cat 1.1 ou 1.3. Les engins pyrotechniques à faible proportion de QNE qui entrent dans la catégorie F4 des pièces d'artifice peuvent être attribués à la Cat. 1.3^b définie dans le présent document.

¹⁷ Quantité de trinitrotoluène (QTNT) : quantité en équivalent TNT d'énergie libérée lors d'une explosion où 1 kg de TNT = 4.184 MJ = 4.184 × 10⁶ J

¹⁸ S'agissant des aires d'entreprise comprenant plusieurs entrepôts pour lesquels un effet domino ne peut pas être exclu, une étude au cas par cas doit être réalisée afin d'identifier l'événement déterminant en vue d'estimer l'ampleur des dommages.

¹⁹ S'il peut être démontré que les ouvertures de décharge sont adaptées au type et à la quantité d'explosifs aussi bien en l'état actuel que futur de l'unité d'exploitation, l'événement de détonation peut être remplacé par l'événement de combustion/boule de feu dans les scénarios d'accidents majeurs.

considération dans les autres scénarios (« – » dans le tableau 5). Les calculs pour le dimensionnement des remblais de protection doivent être documentés dans le rapport succinct (voir par exemple les exigences de l'annexe I). Des remblais de protection efficaces réduisent les atteintes liées à la projection de débris de mur ou à la projection de débris dans les galeries. Les rayons de létalité plus faibles qui en découlent pour l'estimation de l'ampleur des dommages établie selon les scénarios définis dans le tableau 5 sont représentés dans les figures All.7 à All.10 (annexe II).

3.2.4 Effets physiques (P5)

Les effets physiques des scénarios d'accidents majeurs possibles sur la population comprennent la projection de débris, l'onde de choc (surpression) et le rayonnement thermique, et sont présentés dans le tableau 5 (P5) en fonction du type d'installation et de l'événement.

Selon les modèles utilisés, s'agissant de la projection de débris, l'effet de la projection de débris de cratère, de débris de murs ou de débris dans la galerie peut être pris en compte pour des quantités d'explosifs allant jusqu'à 15 tonnes pour les OS_{c.légère} et jusqu'à 50 tonnes pour les OS et les OR. Des quantités plus importantes d'explosifs requièrent une estimation au cas par cas de l'ampleur des dommages. Pour le calcul de la surpression lors d'une détonation, on pose l'hypothèse d'une propagation circulaire de l'onde de choc autour de l'unité d'exploitation ou d'un souffle provenant de la galerie d'accès. Le rayonnement thermique, se propageant de manière radiale dans l'espace, dégagé lors d'une combustion ou d'une boule de feu est calculé de manière identique dans les deux cas sur la base de l'énergie thermique des substances explosives.

3.2.5 Exposition (P6)

En cas d'exposition, il faut distinguer les cas de dommages aux personnes se trouvant à l'air libre, dans des véhicules (voitures, trains) et dans des bâtiments (P6, tableau 5), cette distinction étant déterminante pour la nature des dommages. À des fins de simplification conservatrice, les mêmes valeurs de létalité sont utilisées, dans le rapport succinct, pour les personnes exposées dans les véhicules et à l'air libre.

3.2.6 Létalité (P7, P8)

Les létalités liées aux différentes projections de débris, par exemple de cratères (λ_{Pd1}) et de murs (λ_{Pd2}), ainsi qu'à l'onde de choc (λ_0) ont été calculées séparément, en fonction de la distance, pour chaque scénario de détonation figurant dans la boîte à scénarios (tableau 5) et combinées pour obtenir une létalité totale (λ), en tenant compte de la probabilité de survie :

$$\lambda = 1 - (1 - \lambda_{Pd1}) \times (1 - \lambda_{Pd2}) \times (1 - \lambda_0)$$

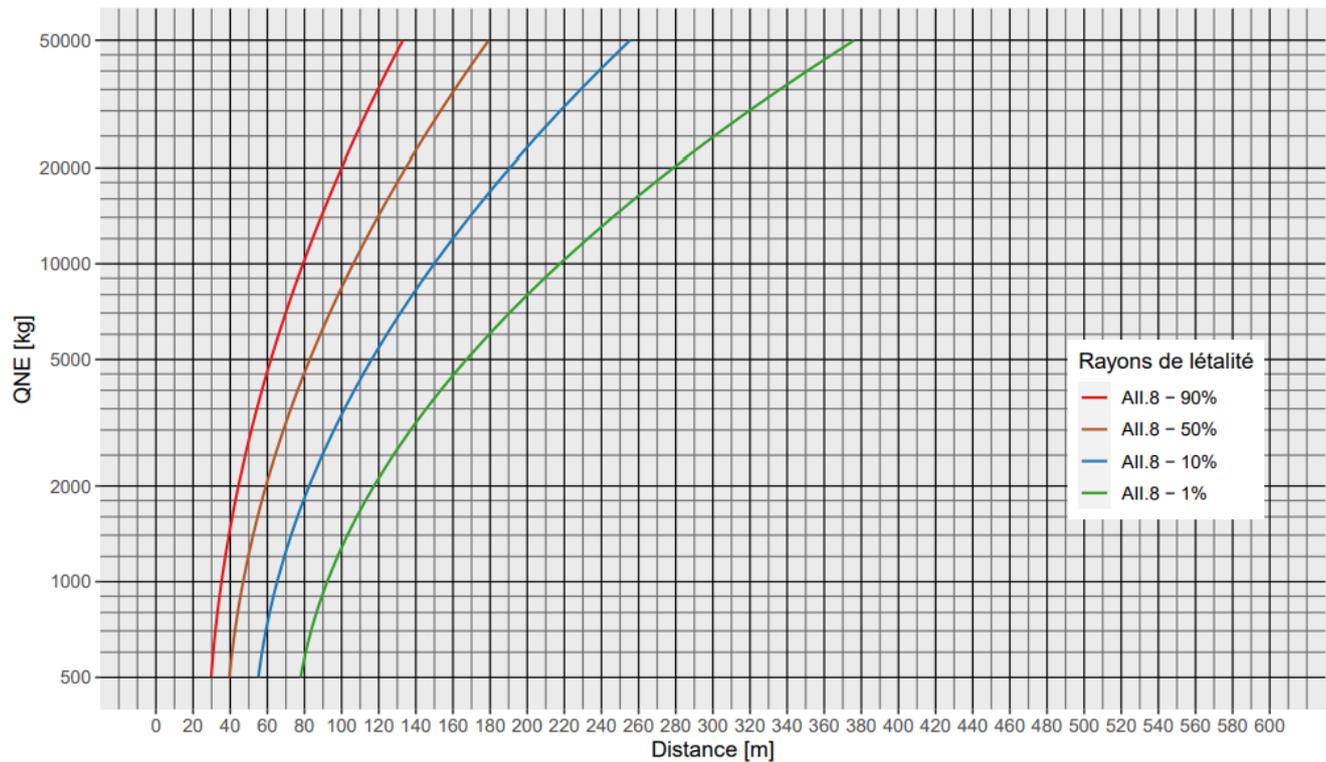
Pour le scénario de rayonnement thermique, la létalité totale correspond à la létalité du rayonnement thermique.

À partir des létalités totales obtenues pour chaque scénario, on peut déduire les rayons pour des valeurs de létalité prédéfinies (rayons de létalité) de 90 %, 50 %, 10 % et 1 % et les représenter en fonction de la QNE. La figure 3 présente, à titre d'exemple, les rayons de létalité pour les personnes se trouvant dans des bâtiments en cas de détonation dans des OS avec remblai de protection. Le paramètre P7 du tableau 5 donne les rayons de létalité à utiliser pour chaque scénario des figures All.1 à All.12 (annexe II).

Figure 3

Rayons de létalité pour les personnes se trouvant dans des bâtiments lors d'une détonation dans des OS avec remblais de protection

Identique à la figure All.8 (annexe II)

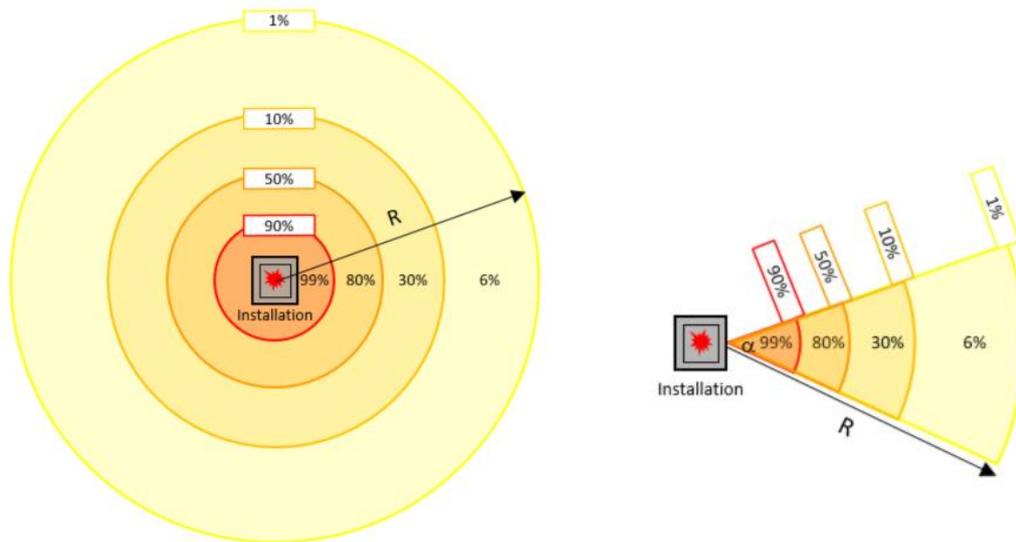


Dans le cas d'ouvrages sous roche, les dommages physiques et, partant, la létalité dépendent d'un grand nombre de facteurs spécifiques à l'installation ; il n'est par conséquent pas possible d'estimer l'ampleur des dommages de manière conservatrice, simple et cohérente. Il convient dès lors d'effectuer une estimation de l'ampleur des dommages ou, le cas échéant, une étude de risque adaptée à la situation à l'aide de modèles appropriés.

On attribue à chaque scénario une zone de létalité circulaire ou une létalité dans un secteur (secteur circulaire), p. ex. du côté de l'accès ou du côté protégé par un remblai (**P8**, tableau 5) ; ces zones sont illustrées dans la figure 4.

Figure 4

Létalités dans la zone de létalité circulaire (à gauche) et dans le secteur circulaire, p. ex. du côté de l'accès ou du remblai de protection (à droite). R désigne le rayon de létalité pour les valeurs de létalité (90 %, 50 %, 10 %, 1 %). Les pourcentages figurant dans les surfaces différenciées par leur couleur (99 %, 80 %, 30 %, 6 %) indiquent la létalité moyenne dans la surface correspondante. Un angle d'ouverture α de 45° est utilisé pour le secteur de létalité.



Les surfaces des zones de létalité peuvent être calculées conformément au tableau 8 en fonction des rayons de létalité et de l'angle d'ouverture du secteur (voir l'exemple de calcul 1). Les létalités moyennes des différentes zones de létalité s'appliquent aux personnes exposées à l'intérieur de ces surfaces.

Tableau 8

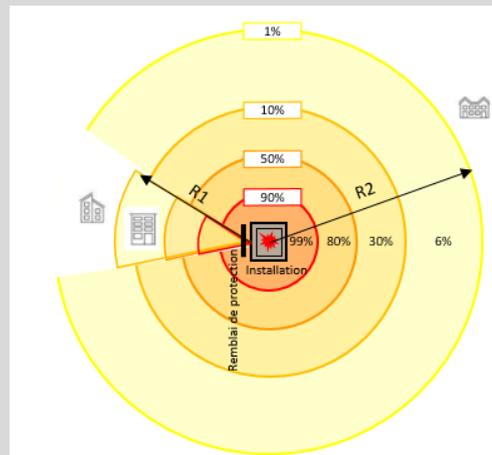
Formules de calcul des surfaces des différentes zones de létalité : surfaces circulaires ou secteurs circulaires en utilisant un angle d'ouverture α (de $\alpha = 45^\circ$ p. ex.)

Zones de létalité	Létalités moyennes, λ_x	Surface de la zone de létalité circulaire	Surface du secteur de létalité
0 m – R_{90}	99 %	$A_{90} = \pi \times R_{90}^2$	$S_{90} = \frac{\alpha}{360^\circ} \times \pi \times R_{90}^2$
$R_{90} - R_{50}$	80 %	$A_{50} = \pi \times (R_{50}^2 - R_{90}^2)$	$S_{50} = \frac{\alpha}{360^\circ} \times \pi \times (R_{50}^2 - R_{90}^2)$
$R_{50} - R_{10}$	30 %	$A_{10} = \pi \times (R_{10}^2 - R_{50}^2)$	$S_{10} = \frac{\alpha}{360^\circ} \times \pi \times (R_{10}^2 - R_{50}^2)$
$R_{10} - R_1$	6 %	$A_1 = \pi \times (R_1^2 - R_{10}^2)$	$S_1 = \frac{\alpha}{360^\circ} \times \pi \times (R_1^2 - R_{10}^2)$

Exemple de calcul 1 : détonation dans un OS avec remblai de protection

Des explosifs de Cat. 1.1 dont la QNE est de 5000 kg se trouvent dans un OS.

Quelle est la létalité pour les personnes séjournant dans les bâtiments en fonction de la distance ?



D'un côté (à gauche), dans la direction d'une zone d'habitation proche, l'installation comporte un remblai de protection.

Pour ce cas précis, la boîte à scénarios (tableau 5) indique que les rayons de létalité $R1$ (avec remblai de protection) sont donnés dans la figure All.8 et les rayons de létalité $R2$ (sans remblai de protection) dans la figure All.6. Les rayons sont définis en tant que segments circulaires avec des angles de 45° et de 315° autour de l'installation. D'après les valeurs de létalité données aux figures All. 6 et All.8, on obtient :

$R1$ (létalité 90 %) = 50 m	$R2$ (létalité 90 %) = 160 m
$R1$ (létalité 50 %) = 70 m	$R2$ (létalité 50 %) = 250 m
$R1$ (létalité 10 %) = 100 m	$R2$ (létalité 10 %) = 410 m
$R1$ (létalité 1 %) = 145 m	$R2$ (létalité 1 %) = 590 m

Les létalités (λ_x) pour les personnes se trouvant dans les segments circulaires autour de l'installation doivent être définies comme suit d'après le tableau 8 :

$\lambda_{90}(0 \text{ m} - 62 \text{ m}) = 99 \%$	$\lambda_{90}(0 \text{ m} - 160 \text{ m}) = 99 \%$
$\lambda_{50}(62 \text{ m} - 83 \text{ m}) = 80 \%$	$\lambda_{50}(160 \text{ m} - 250 \text{ m}) = 80 \%$
$\lambda_{10}(83 \text{ m} - 116 \text{ m}) = 30 \%$	$\lambda_{10}(250 \text{ m} - 410 \text{ m}) = 30 \%$
$\lambda_1(116 \text{ m} - 167 \text{ m}) = 6 \%$	$\lambda_1(410 \text{ m} - 590 \text{ m}) = 6 \%$
$\lambda_0(>167 \text{ m}) = 0 \%$	$\lambda_0(>590 \text{ m}) = 0 \%$

Estimation du nombre de décès

L'estimation du nombre de personnes se trouvant dans les zones de létalité doit être effectuée pour chaque exposition à l'aide des formules de calcul figurant dans le tableau 9. Le nombre de personnes à l'air libre et dans les bâtiments est déterminé sur la base des surfaces calculées (tableau 8), des probabilités de présence²⁰ et de la densité de population (voir les exemples donnés dans le tableau 10).

Le nombre de personnes dans des véhicules (trafic routier) est proportionnel à la longueur du trajet dans la zone de létalité considérée (L_x en km), divisée par la vitesse autorisée (v en km/h), et au trafic journalier moyen (TJM en véh/j) ainsi qu'au nombre moyen de personnes par véhicule (tableau 9).

Tableau 9

Calcul du nombre de personnes dans la zone de létalité (densité de population D_x en personnes/km², surface A_x en km²), de la longueur du trajet dans la zone de létalité (L_x en km), du trafic journalier moyen (TJM) et de la vitesse autorisée (v en km/h)

Exposition	Calcul du nombre de personnes P_x dans la zone de létalité x
Personnes à l'air libre	$P_x = A_x \times D_x \times 10 \%$
Véhicule	$P_x = L_x / v \times TJM / 12h/j \times 1,6 P/véh$
Personnes dans un bâtiment	$P_x = A_x \times D_x \times 90 \%$

Tableau 10

Exemples de valeurs conservatrices pour les densités de population de zones typiques²¹

Description des zones	Densité de population (personnes/km ²)
Zone agricole, maisons éparses	500
Zones à habitat dispersé	1000
Village, zone résidentielle calme	2000
Zone résidentielle	4000
Zone commerciale et résidentielle	8000
Zone urbaine, centres commerciaux, centre-ville	16 000

Cette estimation grossière permet d'obtenir une valeur généralement conservatrice de l'ampleur des dommages pour les scénarios d'accidents majeurs. Une alternative possible consiste à déterminer le nombre de personnes se trouvant à l'air libre ou à l'intérieur des bâtiments dans les différentes zones de létalité par un examen détaillé basé sur des données statistiques de population²² ou en comptant les différents bâtiments et en déterminant l'occupation²³ par bâtiment. Pour les immeubles collectifs, on admet généralement une occupation moyenne de

20 Scénario le plus pessimiste : 100 % de la population est présente, dont 10 % à l'extérieur.

21 Applikation zur Ausmassabschätzung für hochaktive Stoffe auf Stufe Kurzbericht nach StFV, 13.06.2017 (en allemand)

22 STATPOP/STATENT, Statistique de la population et des ménages/Statistique structurelle des entreprises, www.bfs.admin.ch

23 Industrie gazière suisse : Sécurité des installations de gaz naturel à haute pression. Rapport-cadre de l'estimation de l'ampleur des dommages et de l'étude de risque standardisées, p. 28, 2010.

deux personnes par unité d'habitation ; pour les maisons individuelles, on table sur une occupation moyenne de trois personnes. Le nombre de personnes exposées peut également être déterminé à partir des données des services du contrôle des habitants des communes ou des données du recensement de la population.

Le trafic ferroviaire (train) représente un cas particulier, la présence de personnes étant très variable en fonction de l'heure (horaires jour/nuit). L'estimation de l'ampleur des dommages liés au trafic ferroviaire doit être faite en ne prenant uniquement en compte que le nombre de personnes présentes en moyenne au moins une fois par semaine pendant une heure au moins. On peut supposer que les maxima d'exposition, qui se produisent plus rarement, ne contribuent pas de manière déterminante au risque global dans le cadre d'une étude du risque ; aussi de tels cas ne sont pas non plus pris en considération à l'étape du rapport succinct. La fréquence d'occurrence (F_{10} en h/semaine) doit tenir compte de la longueur des voies à l'intérieur du rayon de létalité de 10 % (L_{10} en km), de la vitesse du train (v en km/h) et du nombre de trains par jour (N_T/j) selon la formule suivante :

$$F_{10} = L_{10}/v \times N_T/17 \text{ h/j} \times 168 \text{ h/semaine}$$

Dans le cas d'une fréquence d'occurrence de $F_{10} \geq 1$, il convient d'examiner l'influence de la présence de personnes liée au trafic ferroviaire dans le cadre d'une analyse au cas par cas, en tenant compte de la probabilité de survenance d'un accident majeur entraînant des dommages graves. Le tableau 11 indique les conditions dans lesquelles il existe une fréquence d'occurrence significative. Par exemple, avec 20 trains par jour circulant à une vitesse de 80 km/h et dont la longueur de voie est de 0,4 km dans le rayon de létalité de 10 %, la fréquence d'occurrence est supérieure à une heure par semaine et, par conséquent, significative.

Tableau 11

Fréquence d'occurrence significative $F_{10} \geq 1$ h/semaine

Nombre de trains par jour dans les deux sens (N_T en 1/j) qui, en fonction de la longueur des voies, induit une fréquence d'occurrence (F_{10}) supérieure à une heure par semaine à l'intérieur du rayon de létalité de 10 % L_{10} . On admet ici que la vitesse autorisée est de 80 km/h (v).

N_T 1/j	L_{10} min en km.
5	1,4
10	0,7
20	0,4
80	0,1
160	0,05

L'estimation de l'ampleur des dommages doit être effectuée dans chaque cas pour les expositions à l'air libre ou dans un véhicule et dans un bâtiment (cf. 3.2.5). Pour déterminer l'exposition à l'air libre ou dans un véhicule, il convient d'additionner le nombre de personnes à l'air libre, dans une voiture et dans un train par zone de létalité. Le nombre de décès N_D pour un scénario donné correspond à la somme des produits de la létalité moyenne λ_x (tableau 8) et du nombre de personnes P_x dans la zone de létalité x :

$$N_D = \sum_x \lambda_x \times P_x$$

L'exemple de calcul 2 montre comment procéder concrètement pour estimer l'ampleur des dommages à l'aide de valeurs numériques.

Le scénario « le plus pessimiste » en matière de létalité, généralement le scénario de détonation, est celui entraînant le plus grand nombre de décès et, par conséquent, le scénario d'accident majeur dont l'ampleur des dommages est déterminante pour la population (scénario déterminant).

Exemple de calcul 2

À l'aide des chiffres de l'exemple de calcul 1, il s'agit maintenant de déterminer le nombre de décès dans le bâtiment.

Les surfaces dans la zone de létalité pour les secteurs S1 ($\alpha = 45^\circ$) et S2 ($\alpha = 315^\circ$) obtenues à partir du tableau 8 sont les suivantes :

S1₉₀ avec remblai de protection (létalité 90 %) = $1,51 \cdot 10^{-3} \text{ km}^2$

S2₉₀ sans remblai de protection (létalité 90 %) = $70,4 \cdot 10^{-3} \text{ km}^2$

S1₅₀ avec remblai de protection (létalité 50 %) = $1,20 \cdot 10^{-3} \text{ km}^2$

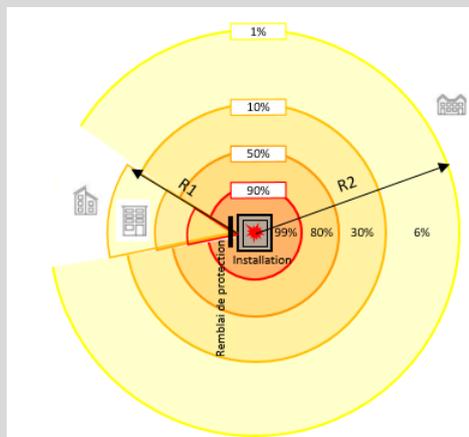
S2₅₀ sans remblai de protection (létalité 50 %) = $101 \cdot 10^{-3} \text{ km}^2$

S1₁₀ avec remblai de protection (létalité 10 %) = $2,58 \cdot 10^{-3} \text{ km}^2$

S2₁₀ sans remblai de protection (létalité 10 %) = $290 \cdot 10^{-3} \text{ km}^2$

S1₁ avec remblai de protection (létalité 1 %) = $5,67 \cdot 10^{-3} \text{ km}^2$

S2₁ sans remblai de protection (létalité 1 %) = $495 \cdot 10^{-3} \text{ km}^2$



Dans la zone d'impact externe de l'installation se trouve un village ayant une densité de population de $4000 \text{ personnes/km}^2$. Le reste de la zone d'impact se trouve dans la zone agricole sans bâtiment d'habitation. Par conséquent, $4000 \text{ P/km}^2 \times 90\% = 3600 \text{ P/km}^2$ sont présentes dans des bâtiments (tableau 9). Aucune personne ne se trouve dans les zones de létalité intérieures jusqu'à $R(L 10\%) = 100 \text{ m}$. Le nombre de décès en cas d'événement est donc de :

$$N_D \text{ avec remblai de protection} = (0,99 \times 1,51 \cdot 10^{-3} \text{ km}^2 \times 0 \text{ P/km}^2$$

$$+ 0,80 \times 1,20 \cdot 10^{-3} \text{ km}^2 \times 0 \text{ P/km}^2$$

$$+ 0,30 \times 2,58 \cdot 10^{-3} \text{ km}^2 \times 0 \text{ P/km}^2$$

$$+ 0,06 \times 5,67 \cdot 10^{-3} \text{ km}^2 \times 3600 \text{ P/km}^2)$$

$$= 1,2 \text{ personne}$$

$$N_D \text{ sans remblai de protection} = (0,99 \times 70,4 \cdot 10^{-3} \text{ km}^2 \times 0 \text{ P/km}^2$$

$$+ 0,80 \times 101 \cdot 10^{-3} \text{ km}^2 \times 0 \text{ P/km}^2$$

$$+ 0,30 \times 290 \cdot 10^{-3} \text{ km}^2 \times 0 \text{ P/km}^2$$

$$+ 0,06 \times 495 \cdot 10^{-3} \text{ km}^2 \times 0 \text{ P/km}^2)$$

$$= 0 \text{ personne}$$

En conséquence, il ne faut pas s'attendre à de graves dommages.

4 Estimation de l'ampleur des dommages à l'environnement pour le rapport succinct

Les substances explosives englobent un large groupe de substances aux propriétés très diverses. Certaines d'entre elles sont classées comme étant (très) toxiques et/ou entraînant des effets néfastes à long terme pour les organismes aquatiques conformément au règlement CLP de l'UE et portent les mentions de danger H400 (très toxique pour les organismes aquatiques), H410 (très toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme) ou H411 (toxique pour les organismes aquatiques, entraîne des effets néfastes à long terme). L'ordonnance du DFI sur l'eau potable et l'eau des installations de baignade et de douche accessibles au public (OPBD²⁴) fixe également des valeurs maximales pour certaines de ces substances. Ces substances sont pertinentes pour l'estimation de l'ampleur des dommages que pourrait subir l'environnement au sens de l'OPAM. Ce chapitre présente des critères d'exclusion qui permettent de déterminer quand il est possible de renoncer à l'estimation de l'ampleur des dommages à l'environnement dans le rapport succinct ; en d'autres termes, dans quels cas de graves dommages aux eaux superficielles ou souterraines peuvent être exclus.

4.1 Estimation de l'ampleur des dommages aux eaux superficielles

Les modélisations effectuées pour estimer l'ampleur des dommages, compte tenu de paramètres conservateurs, montrent que, s'agissant des eaux superficielles, on ne doit pas s'attendre à de graves dommages aux cours d'eau à la suite d'accidents majeurs.

Critère d'exclusion pour les « eaux superficielles – cours d'eau »

Il n'y a pas lieu de s'attendre à de graves dommages aux cours d'eau. Une estimation de l'ampleur des dommages à l'étape du rapport succinct n'est dès lors pas nécessaire.

S'agissant des plans d'eau dont la surface exposée est supérieure à 1 km², on ne peut pas exclure a priori qu'ils subissent de graves dommages du fait de l'apport généralement plus important de substances explosives non brûlées. En effet, lors d'explosions, des substances explosives non brûlées peuvent être soufflées et parvenir dans le lac. Lorsque les substances sont classées comme (très) toxiques et/ou entraînant des effets néfastes à long terme pour les organismes aquatiques (règlement CLP de l'UE) et qu'elles sont au moins partiellement solubles dans l'eau, les lacs peuvent donc subir de graves atteintes. C'est le cas, par exemple, avec des substances telles que le trinitrotoluène (solubilité dans l'eau d'environ 0,13 g/l, CL50 [poissons] 2,4 mg/l)²⁵, la nitroglycérine (solubilité dans l'eau d'environ 1,5 g/l, CL50 [poissons] 2 mg/l) et la cyclonite ou RDX (solubilité dans l'eau d'environ 0,06 g/l, CL50 [poissons] 5,9 mg/l).

²⁴ Ordonnance du DFI sur l'eau potable et l'eau des installations de baignade et de douche accessibles au public : www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20143396/index.html

²⁵ Les données proviennent des dossiers d'enregistrement de l'ECHA et de l'application Hazmat Suisse.

Critères d'exclusion pour les « eaux superficielles – plans d'eau »

Une estimation de l'ampleur des dommages n'est pas nécessaire à l'étape du rapport succinct lorsqu'au moins un des critères suivants est rempli :

- aucune substance ou préparation présente sur l'aire d'entreprise ne dépasse le seuil quantitatif s'appliquant aux critères de dangers pour l'environnement fixé à l'annexe 1.1, ch. 43, OPAM ;
- aucun plan d'eau (> 1 km²) n'est situé dans un rayon de 100 m autour du site.²⁸

4.2 Estimation de l'ampleur des dommages aux eaux souterraines

Les modélisations effectuées pour estimer l'ampleur des dommages, compte tenu de paramètres conservateurs, montrent que, s'agissant des eaux souterraines, de graves dommages sont possibles. La probabilité d'occurrence de graves dommages à la suite d'accidents majeurs dépend des valeurs maximales spécifiques aux substances fixées pour l'eau potable en vertu de l'OPBD²⁶, des propriétés chimiques des substances libérées et de la distance par rapport aux captages pour l'approvisionnement public en eau potable. En cas d'explosion, les substances explosives peuvent être soufflées et dispersées sur des zones de protection S. Les eaux de pluie entraînent ensuite ces substances jusque dans les eaux souterraines. Lorsqu'un captage public d'eau potable ayant un débit cumulé ≥ 2500 l/min est situé dans une zone de protection S et qu'une valeur maximale pour la qualité de l'eau potable fixée dans l'OPBD ou dans les directives de l'OMS²⁷ est dépassée, de graves dommages sont en principe possibles²⁸. Dans le cas de substances telles que le trinitrotoluène (solubilité dans l'eau d'environ 0,13 g/l, CL50 [poissons] 2,4 mg/l)²⁹ et la nitroglycérine (solubilité dans l'eau d'environ 1,5 g/l, CL50 [poissons] 2 mg/l), de graves dommages aux eaux souterraines ne peuvent en principe pas être exclues.

Critères d'exclusion pour les « eaux souterraines »

Une estimation de l'ampleur des dommages n'est pas nécessaire à l'étape du rapport succinct lorsqu'au moins un des critères suivants est rempli :

- aucune substance ou préparation présente sur l'aire d'entreprise ne dépasse le seuil quantitatif s'appliquant aux critères de dangers pour l'environnement fixés à l'annexe 1, ch. 43, OPAM ;
- aucune zone de protection S comportant des captages publics d'eau potable dont les débits cumulés sont ≥ 2500 l/min n'est située à moins de 100 m de l'aire d'entreprise (ne sont pris en compte que les captages ayant un débit ≥ 500 l/min).

²⁶ Ordonnance du DFI sur l'eau potable et l'eau des installations de baignade et de douche accessibles au public : www.admin.ch/opc/fr/classified-compilation/20143396/index.html

²⁷ Directives de qualité pour l'eau de boisson : Quatrième édition intégrant le premier additif, OMS, 2017 www.who.int/fr/publications-detail/9789241549950

²⁸ Critères d'appréciation relatifs à l'OPAM, un module du manuel de l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM), OFEV, 2018

²⁹ Les données proviennent des dossiers d'enregistrement de l'ECHA et de l'application Hazmat Suisse.

5 Indications pour l'étude de risque

Nécessité d'une étude de risque en vertu de l'art. 6 OPAM

Conformément à l'art. 6 OPAM, une étude de risque est nécessaire lorsque, sur la base du rapport succinct, il n'est pas possible d'exclure la survenue de graves dommages.

En vue d'identifier les différents scénarios, les dispositions relatives à l'étude de risque conformément à l'annexe 4.1 OPAM s'appliquent non seulement pour décrire l'ampleur des dommages à la population et à l'environnement, mais aussi pour évaluer la probabilité d'occurrence. Dans cette démarche, il convient de tenir compte, notamment, des prescriptions du manuel de l'OPAM³⁰. On trouvera ci-dessous des informations complémentaires sous une forme concise et non exhaustive.

Détermination de l'équivalent TNT

Dans le cadre d'une étude de risque, l'équivalent TNT (QTNT) est utilisé comme grandeur de départ pour le calcul de la létalité (cf. Tableau 5, colonne P3). La quantité en QTNT est en principe déterminée sur la base des équivalents TNT des substances et, le cas échéant, également sur la base d'autres facteurs qui ont une incidence sur l'événement, telle la nature de l'emballage.

Le tableau 12 présente des exemples d'équivalents TNT pour des substances explosives.

Tableau 12

Équivalents TNT f_{TNT}^e des substances explosives, notamment selon l'AASTP-4 de l'OTAN (2016), *Explosives Safety Risk Analysis Part II : Technical Background*, édition 1, version 4, septembre 2016

Explosif	f_{TNT}^e
Tous les explosifs (secondaires)	1,2
ANFO, explosif en émulsion	0,75
Tous les explosifs primaires	0,5
Mèches	0,1
Amorces pyrotechniques	0,5
Poudre propulsive de Cat. 1.1	1,0
Poudre noire (selon degré de confinement)	0,3 - 0,5
Concentré de poudre ONU 0081 (contenant jusqu'à 85 % de nitroglycérine)	1,2
Masse brute de poudre ONU 0159 (humidifiée avec jusqu'à 50 % de nitroglycérine)	1,2
Nitrocellulose humectée avec de l'alcool	0,5
Pétards	1,2
Phosphore, matières lumineuses, corps nébulogènes, mèches lentes	0,1
Produits chimiques à trace lumineuse	0,0
Substances explosives militaires et munitions conformément à l'OCM ^[5]	–

Prise en compte de mesures de sécurité

L'étude de risque tient également compte des mesures de sécurité actives non prises en considération dans le rapport succinct lors de l'estimation de l'ampleur des dommages, en précisant leur impact sur la description de l'ampleur des dommages pour chaque scénario.

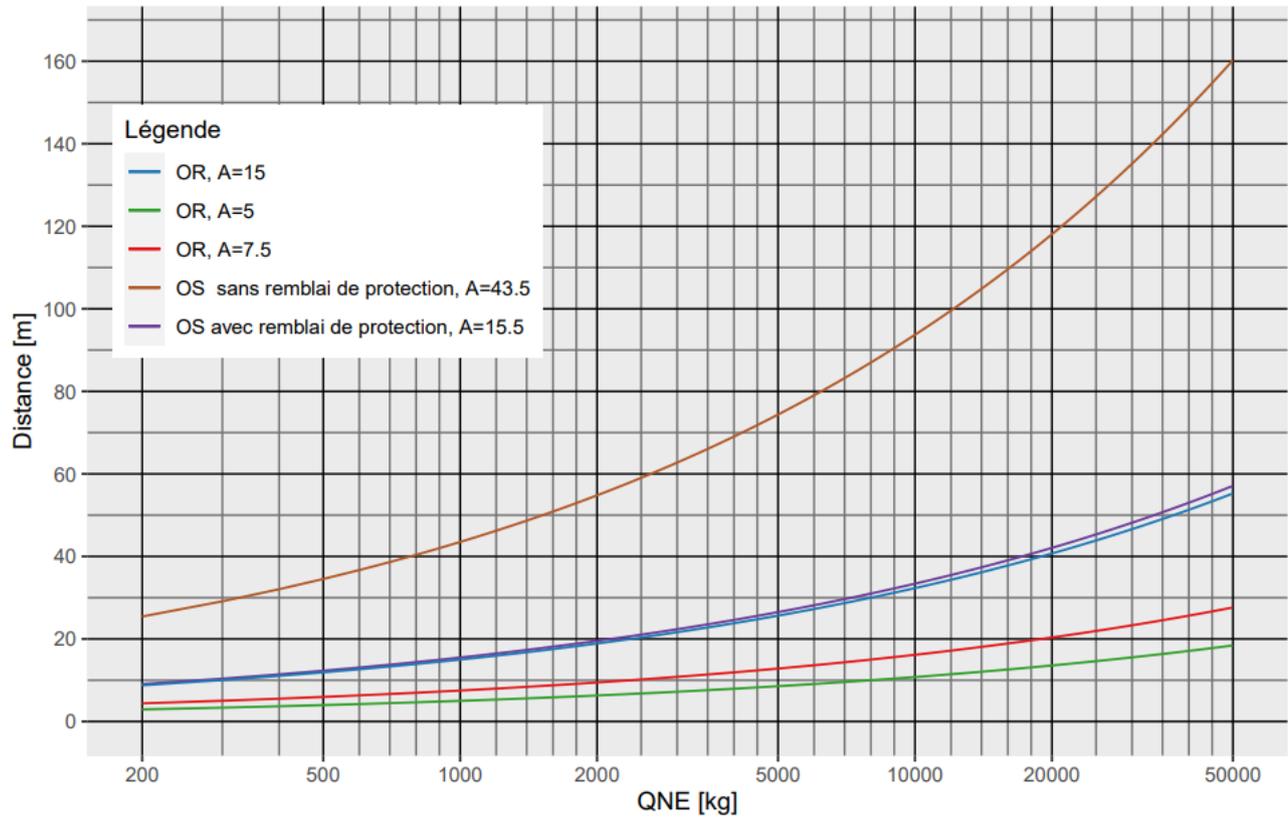
Sécurité de transmission (effet domino)

S'agissant des éventuels effets dominos, à savoir de la clarification de la pertinence de scénarios de ce type en vue de l'étude de risque, il convient de contrôler les distances de sécurité de transmission indiquées dans la figure 5 par rapport aux QNE respectivement aux QTNT entreposées (informations tirées des TLM^[4]).

Figure 5

Distances de sécurité de transmission pour les OS et les OR

La distance de sécurité de transmission d en mètres (m) entre deux bâtiments correspond au produit du paramètre A lié au remblai de protection ou à la configuration des lieux et de la QNE en kg, calculé selon la formule suivante :



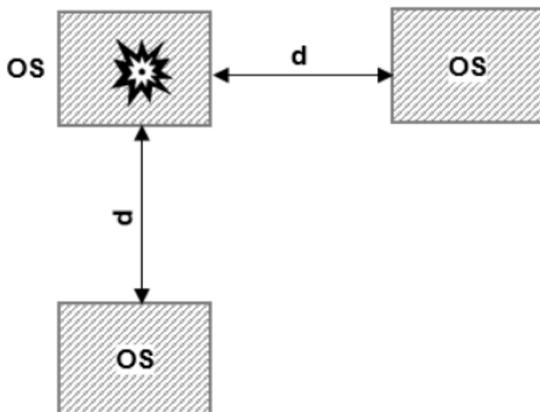
$$d = A \times \left(\frac{QNE}{1000 \text{ kg}} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Pour les OS, le paramètre A dépend du remblai de protection et correspond à :

- $A = 15,5$ pour des ouvrages avec remblai de protection efficace
- $A = 43,5$ pour des ouvrages sans remblai de protection efficace

Figure 6

Exemple de plan des distances de sécurité de transmission pour des OS sans remblai de protection



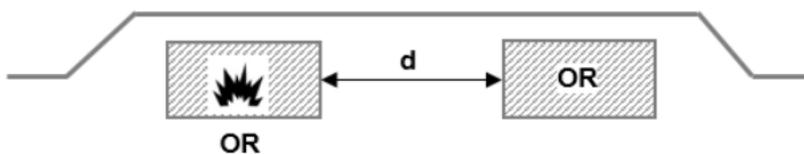
Pour les OR, le paramètre A dépend de la couverture et est donné comme suit :

- $A = 5$ pour des OR sans couverture commune/accès décalés latéralement
- $A = 7,5$ pour des OR avec couverture commune
- $A = 15$ pour des OR avec accès opposés

Figure 7

Exemple de vue latérale des distances de sécurité de transmission pour des OR avec couverture commune

Dans les scénarios avec combustion et boule de feu (Cat. 1.3b), il n'est pas nécessaire de prendre en compte l'effet domino lors de l'estimation de l'ampleur des dommages à l'étape du rapport succinct ni dans le cadre de l'étude de risque.



Effets physiques

L'étude de risque doit examiner les différents effets physiques et présenter leur zone de létalité en fonction de la situation. Pour déterminer la projection de débris de murs, par exemple, il faut prendre en compte le volume effectif de l'installation, l'orientation principale des débris ou encore les élévations du terrain.

Exposition

L'étude de risque doit prendre en considération de manière détaillée la durée de séjour des personnes potentiellement exposées en fonction de l'heure de la journée (jour/nuit) et du jour de la semaine. De plus, lors du calcul du nombre de décès, les estimations de la densité moyenne de population doivent être remplacées par des données démographiques tramées ou par la position de chaque élément.

Annexe

Annexe I – Remblai de protection efficace

Exemple d'un remblai de protection efficace

Pour réduire le plus efficacement possible les projections de débris dans le cas d'un OS, il est nécessaire de construire un remblai de protection sur les quatre côtés. Le remblai de protection réduit également le risque de transmission d'une explosion à d'autres installations (figure AI.1). À l'inverse des projections de débris de mur, les dommages dus à la surpression ne sont pas réduits à mesure que la distance avec le remblai de protection augmente.

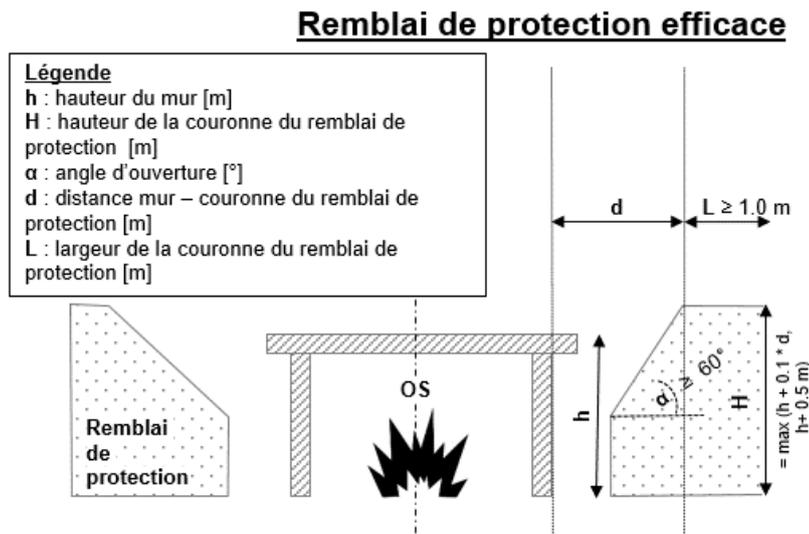
Un remblai de protection aux dimensions et masses indiquées à la figure AI.1 est un exemple de remblai de protection efficace (données tirées du TLM^[4]).

Le remblai de protection doit être conçu de manière à résister aux impacts d'une explosion dans l'installation. À cet effet, il doit être construit de manière à présenter une certaine cohésion et avoir une structure ancrée dans le sol. Des bordures en béton et un aménagement de la surface par des plantations sont des éléments appropriés pour augmenter la stabilité du remblai. Il convient en outre de s'assurer que le remblai de protection ne soit pas détruit lors de la formation de cratères (cf. OExpl, annexe 7^[2]).

D'autres constructions telles que des murs, des bâtiments inhabités ou des structures naturelles sur le terrain, par exemple des parois rocheuses, confèrent également une protection efficace, pour autant que leurs dimensions soient adaptées et que les exigences en matière de construction soient respectées.

Figure AI.1**Dimensionnement d'un remblai de protection efficace – OS**

Dimensionnement d'un remblai de protection efficace pour les OS, avec indication de la hauteur et de la largeur de la couronne du remblai de protection en fonction de la hauteur du mur et de la distance par rapport à la couronne du remblai de protection

**Remarques**

Sont assimilés à des remblais de protection efficaces: Les murs, les habitations, d'autres constructions, des structures naturelles sur le terrain, pour autant qu'ils aient les dimensions requises.

Grâce à un remblai de protection efficace, les rayons létaux des figures AII.7 et AII.8 peuvent être utilisés à la place des rayons létaux des figures AII.5 et AII.6 pour les OS (tableau 5). S'agissant de l'accès aux OR, les rayons létaux des figures AII.9 et AII.10 peuvent être utilisés à la place des rayons létaux des figures AII.11 et AII.12.

Annexe II – Rayons de létalité dans différents scénarios

Figure All.1

Rayons de létalité, en cas de détonation dans des OS_{c,légère}, pour les personnes se trouvant à l'air libre ou dans un véhicule

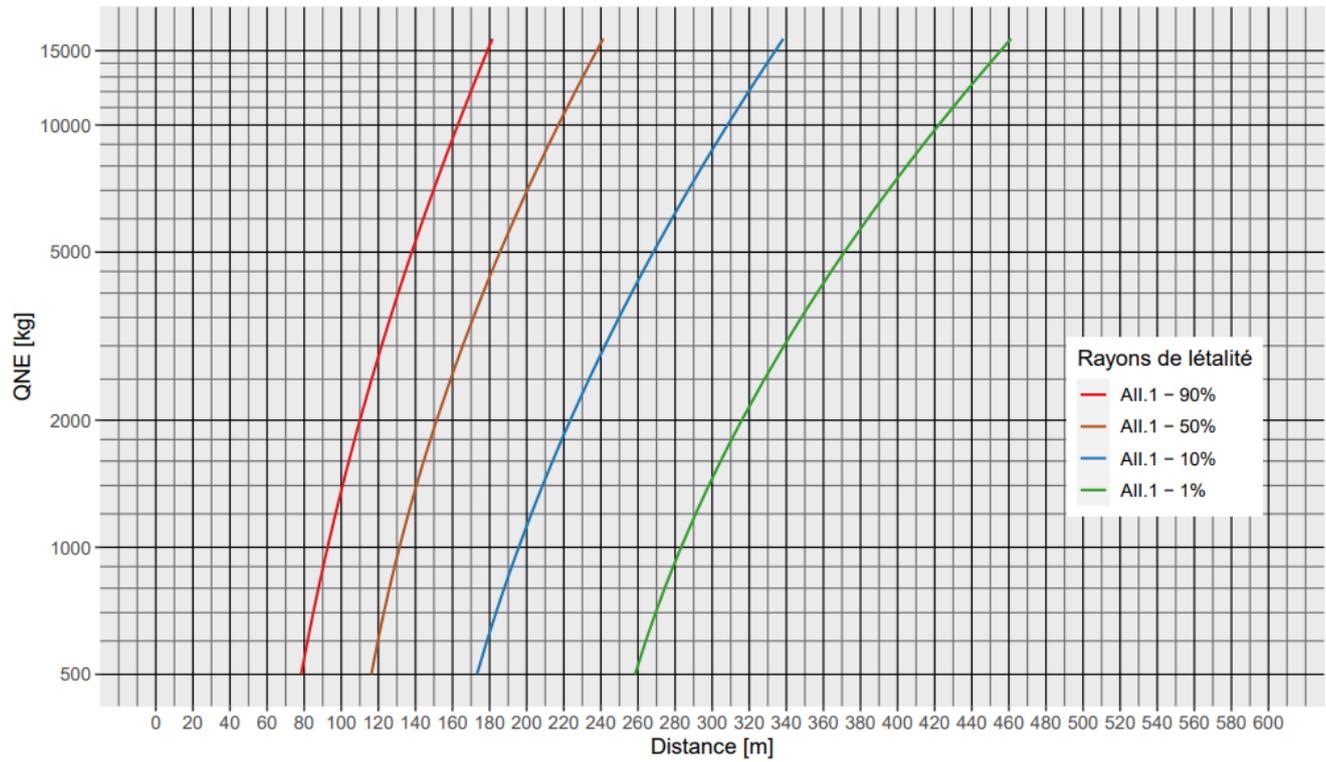


Figure All.2

Rayons de létalité, en cas de détonation dans des $OS_{c,légère}$, pour les personnes se trouvant dans un bâtiment

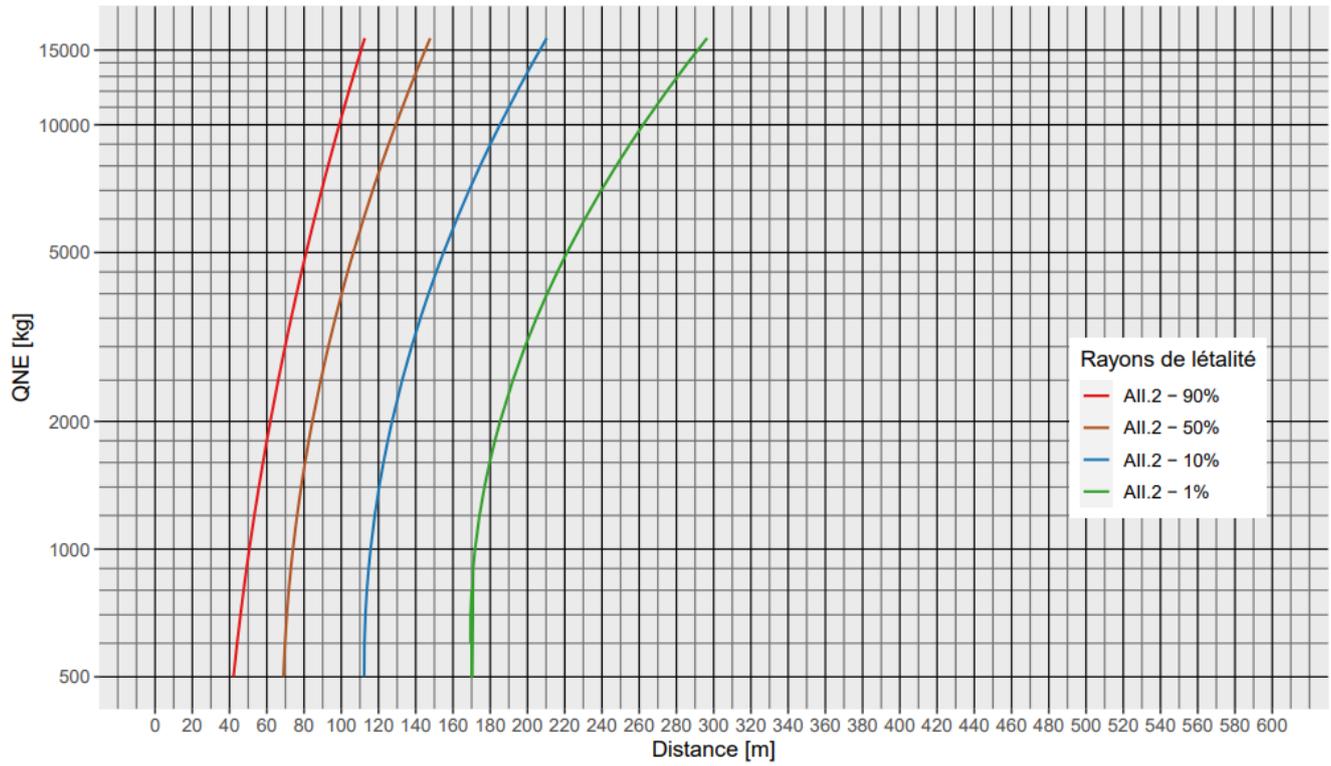


Figure All.3

Rayons de létalité, en cas de combustion et de boule de feu dans toutes les installations dans lesquelles sont entreposées des substances explosives de Cat. 1.3^b, pour les personnes se trouvant à l'air libre ou dans un véhicule

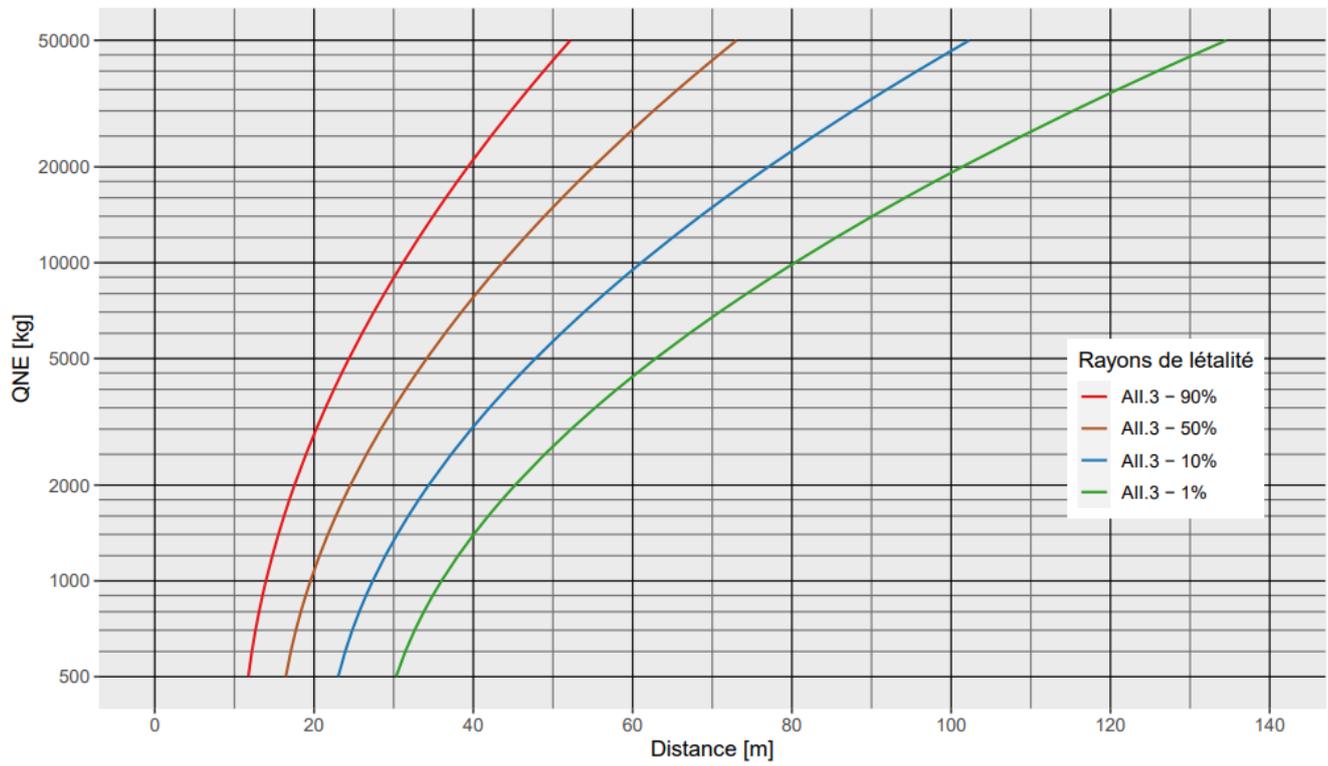


Figure All.4

Rayons de létalité, en cas de combustion et de boule de feu dans toutes les installations dans lesquelles sont entreposées des substances explosives de Cat. 1.3^b, pour les personnes se trouvant dans un bâtiment

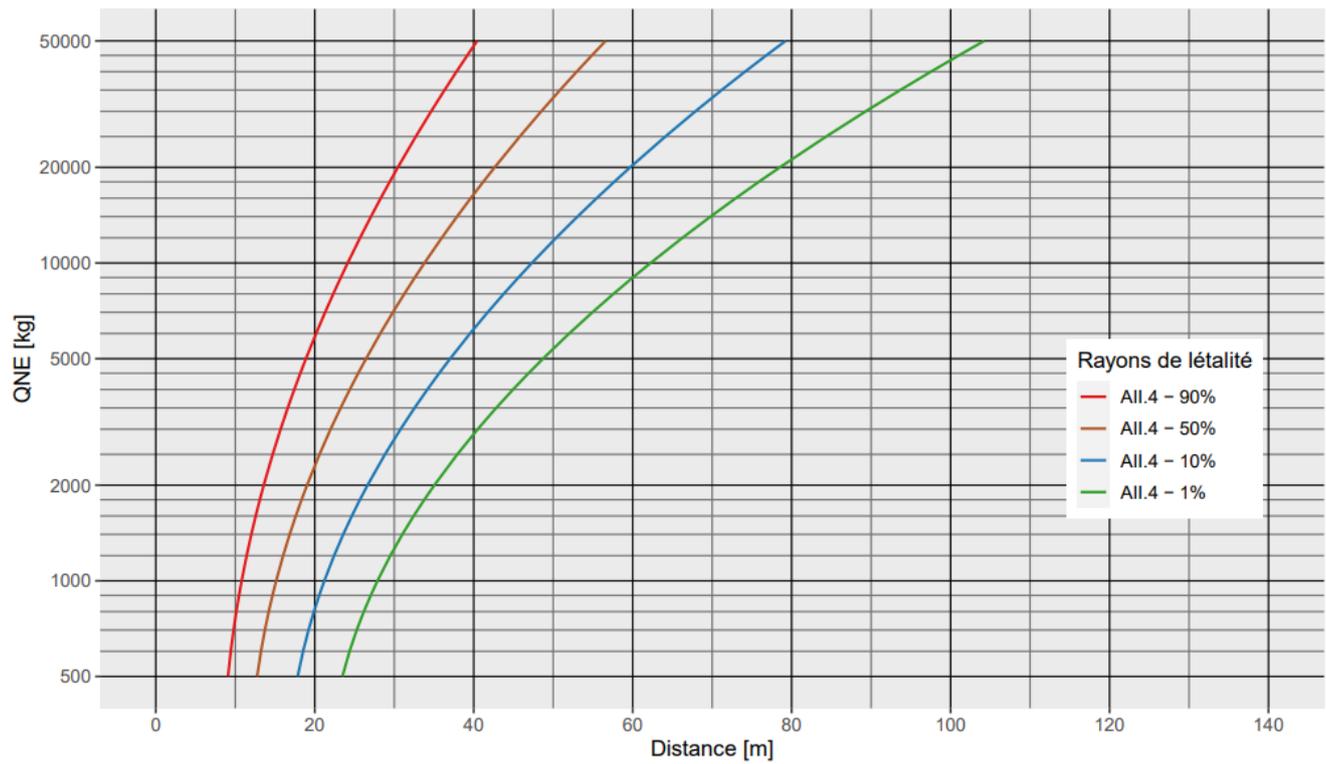


Figure AII.5

Rayons de létalité, en cas de détonation dans des OS sans remblai de protection, pour les personnes se trouvant à l'air libre ou dans un véhicule

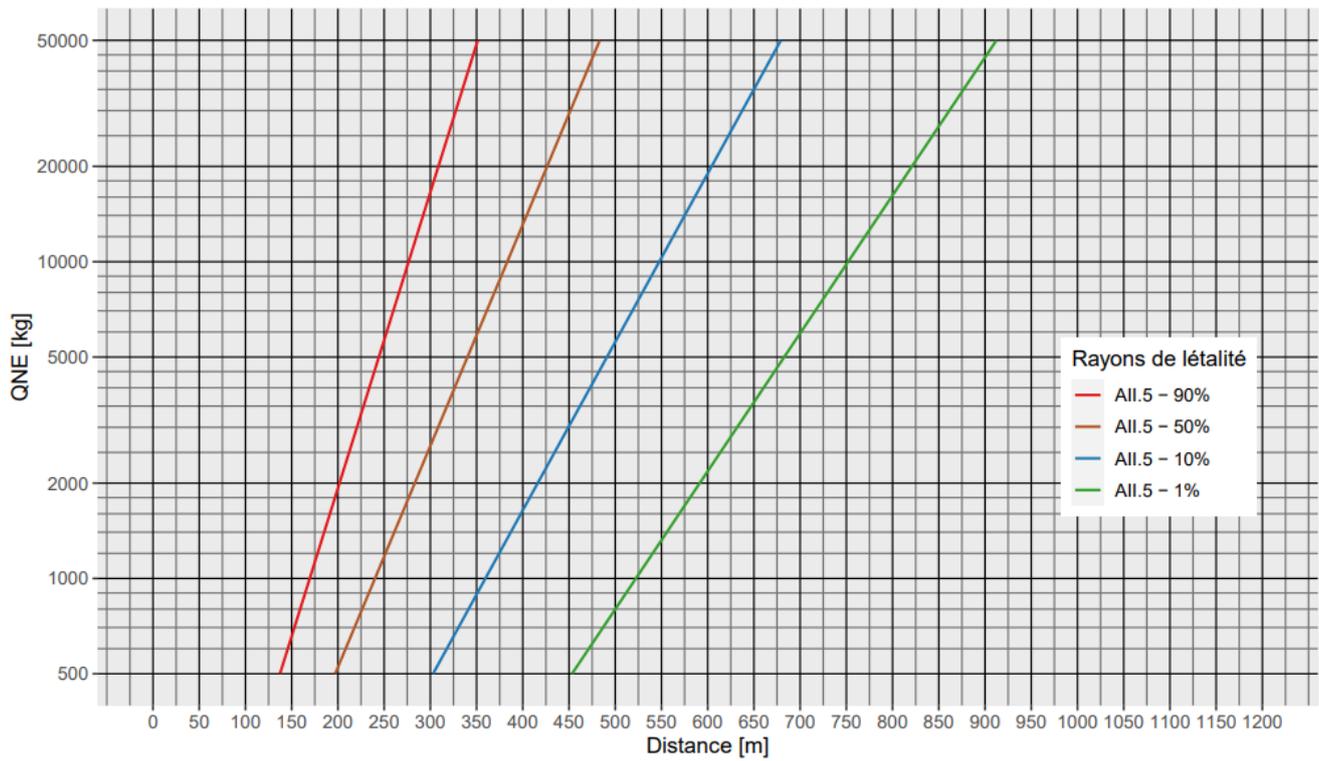


Figure AII.6

Rayons de létalité, en cas de détonation dans des OS sans remblai de protection, pour les personnes se trouvant dans un bâtiment

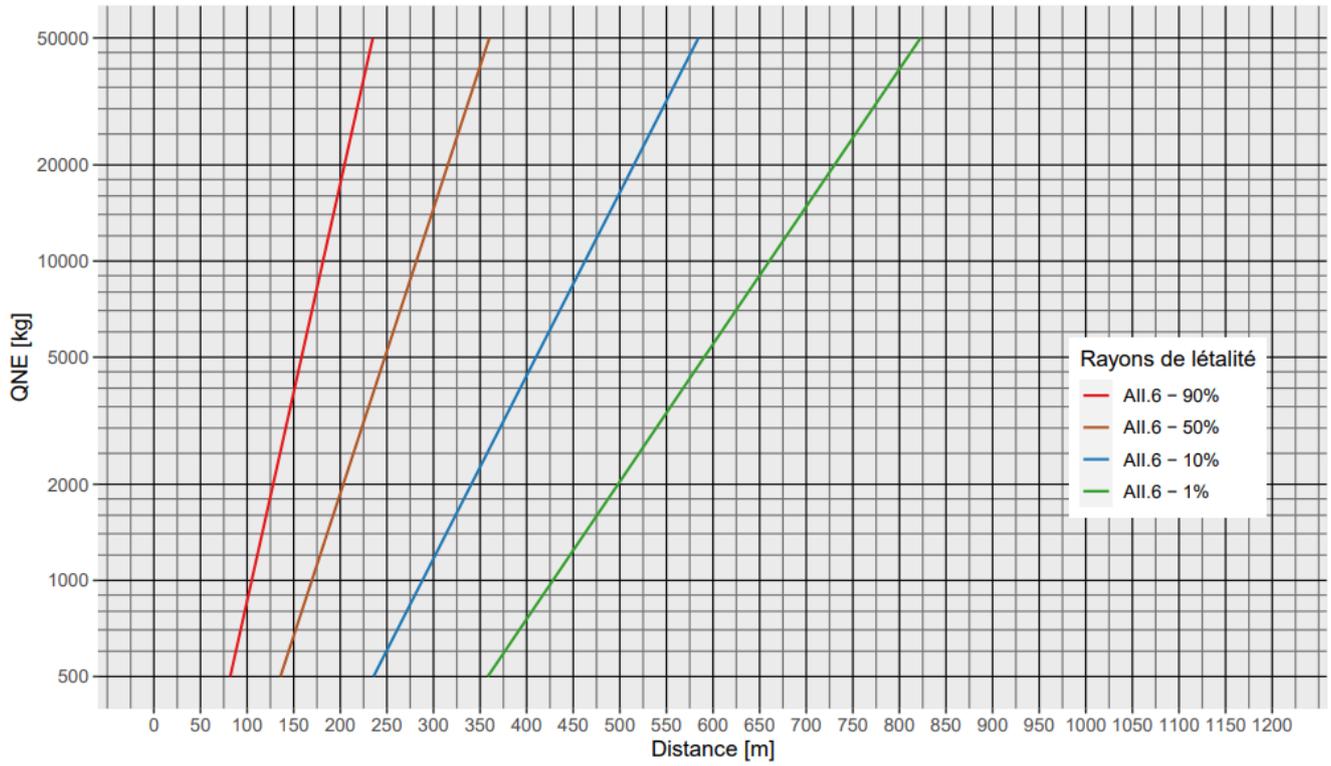


Figure All.7

Rayons de létalité, en cas de détonation dans des OS avec remblai de protection, pour les personnes se trouvant à l'air libre ou dans un véhicule

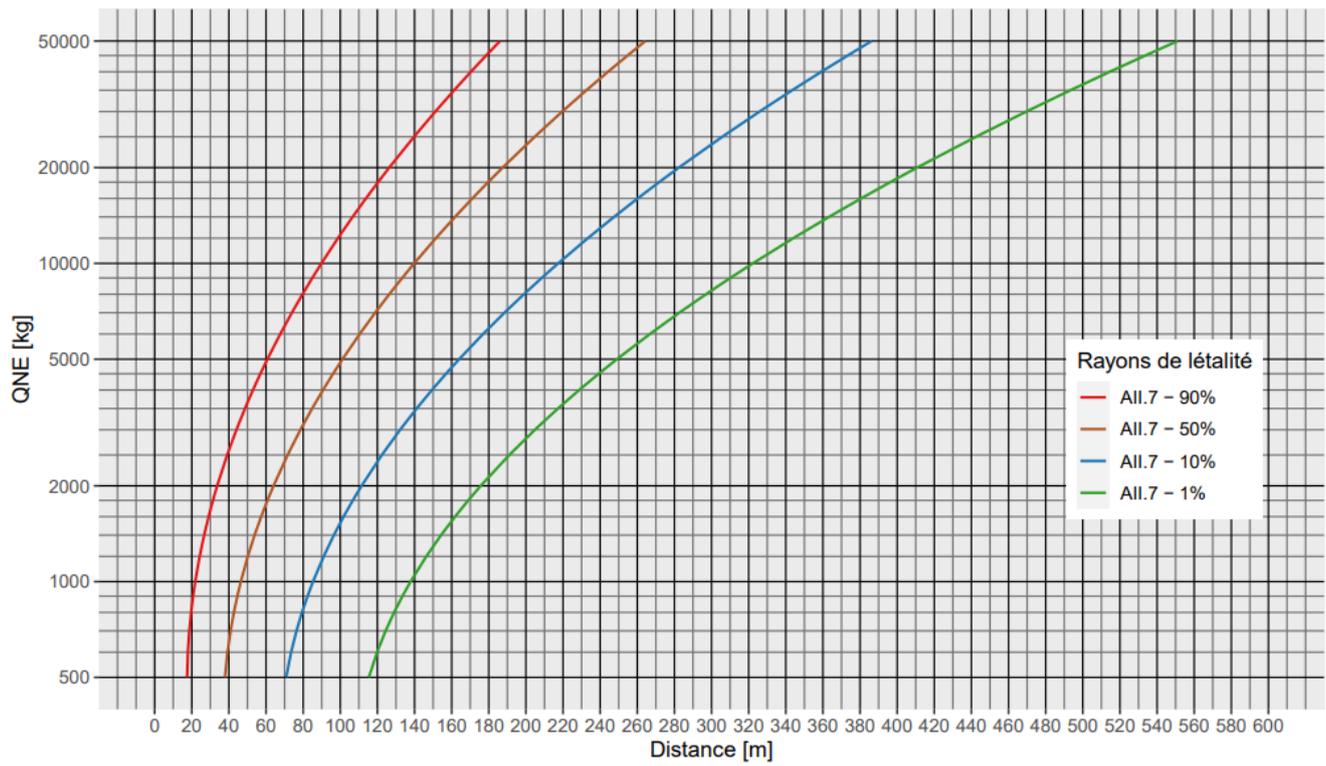


Figure AII.8

Rayons de létalité, en cas de détonation dans des OS avec remblai de protection, pour les personnes se trouvant dans un bâtiment

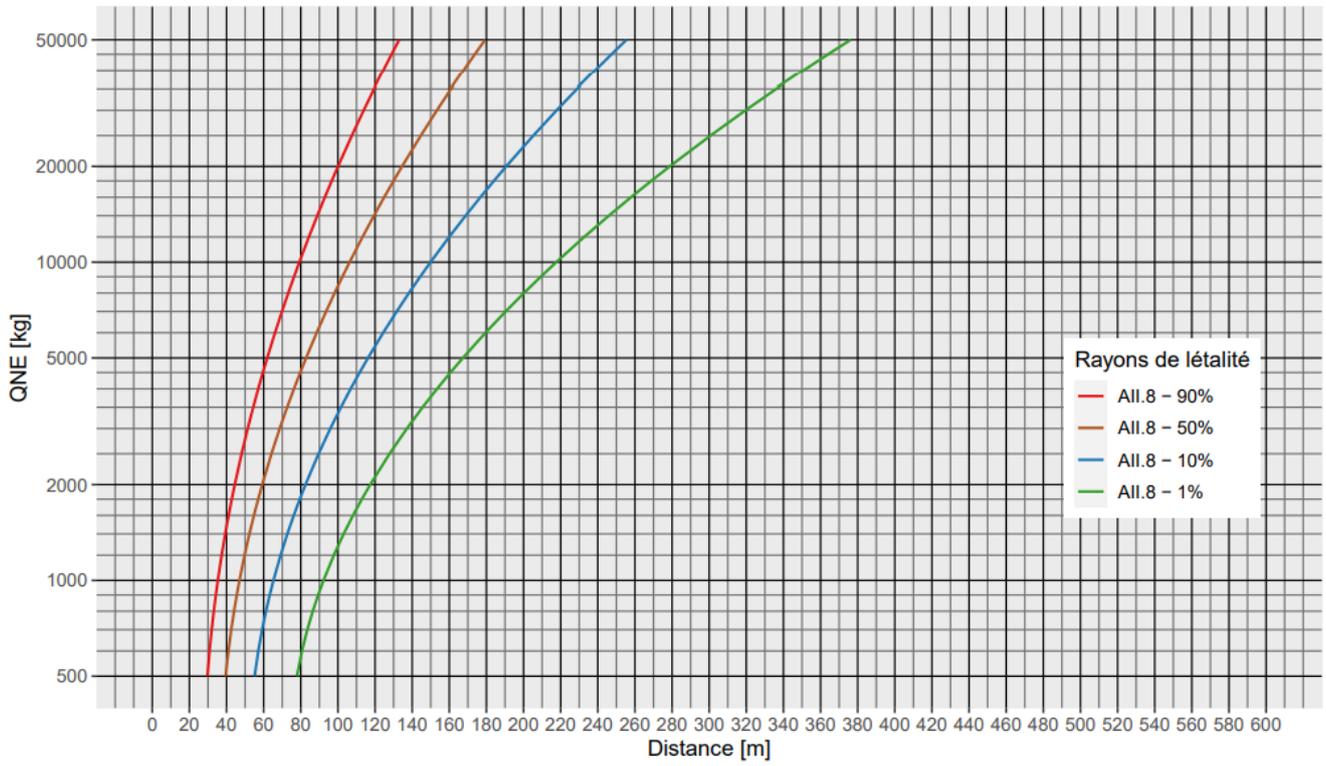


Figure All.10

Rayons de létalité, en cas de détonation dans des OR sur un côté avec remblai ou sur le côté de l'accès protégé par un remblai de protection, pour les personnes se trouvant dans un bâtiment

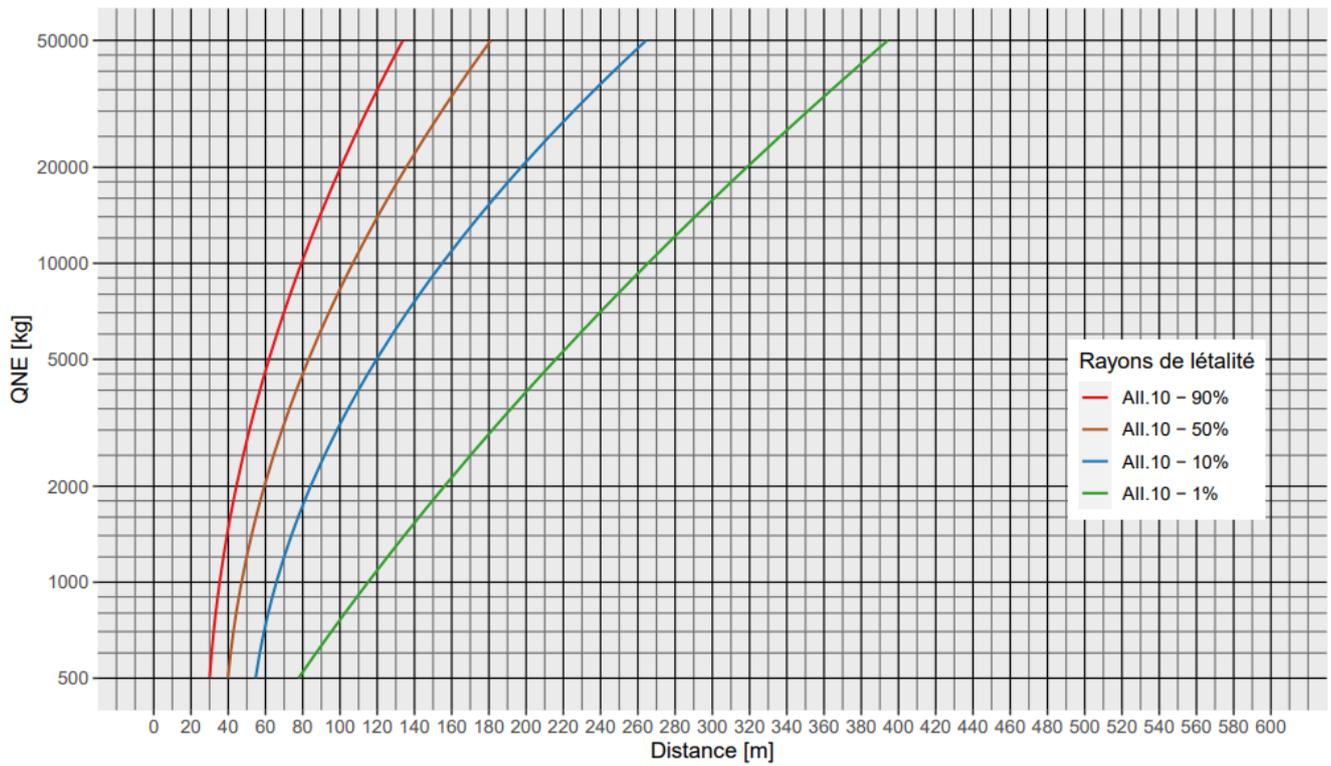


Figure All.11

Rayons de létalité, en cas de détonation dans des OR sans remblai de protection du côté de l'accès, pour les personnes se trouvant à l'air libre ou dans un véhicule

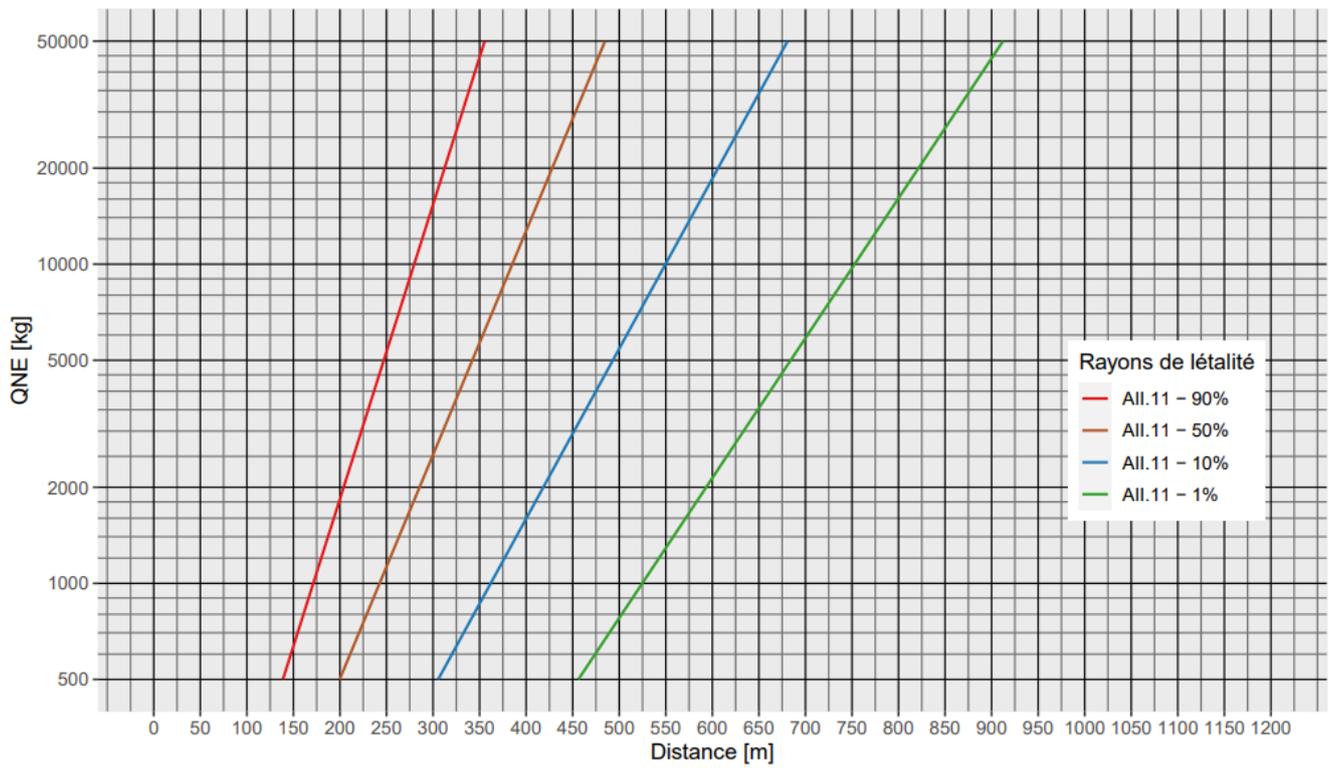
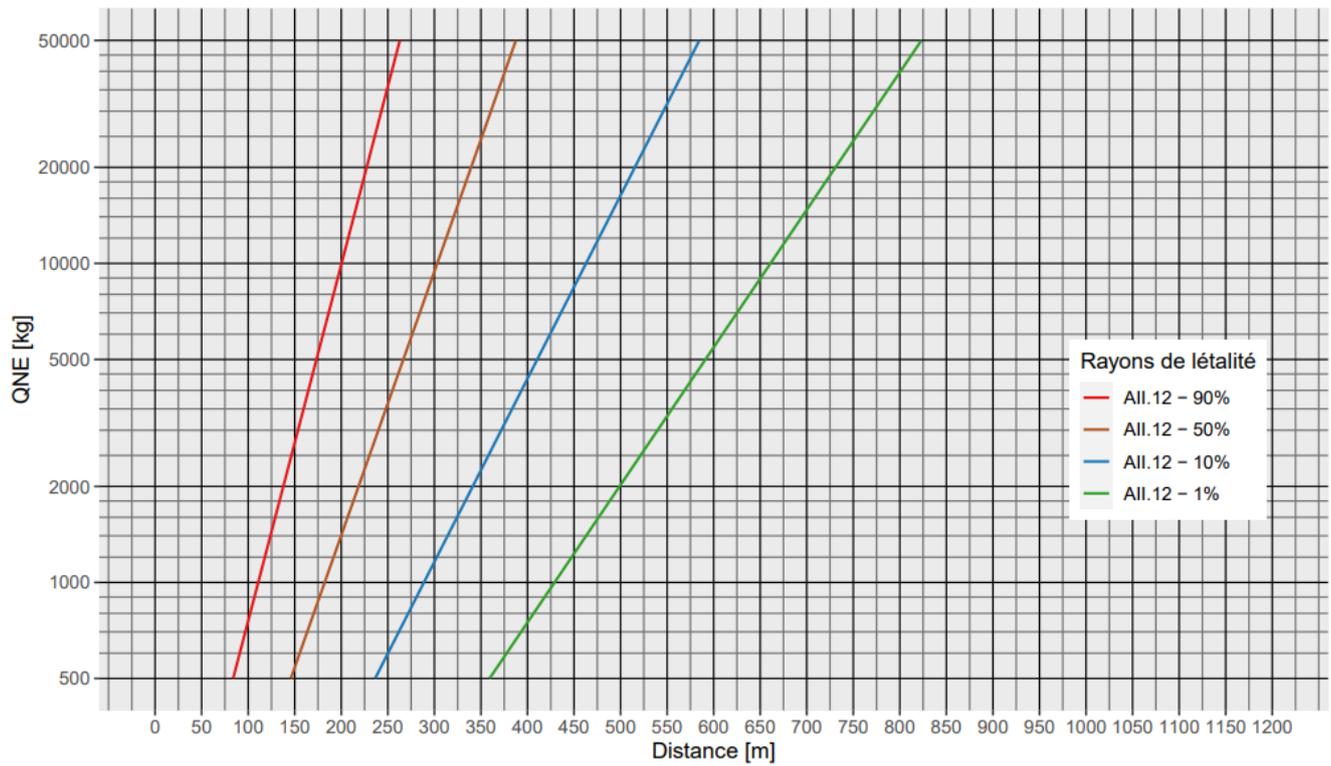


Figure All.12

Rayons de létalité, en cas de détonation dans des OR sans remblai de protection du côté de l'accès, pour les personnes se trouvant dans un bâtiment



Glossaire

BEC-O

Blast Effects Computer – Open (BEC-O)
Version 1 sous forme de tableau de calcul
(<https://denix.osd.mil/ddes/ddes-technical-papers/>)
du Département de la Défense des États-Unis.

Combustion (d'une substance explosive)

Réaction exothermique qui se distingue d'une détonation notamment par sa vitesse. La vitesse de combustion dépend de la nature de la substance et de la composition de celle-ci ; elle peut varier de quelques mm/s à des milliers de m/s.

Détonation

Transformation d'une substance explosive à une vitesse comprise entre quelques km/s et une vitesse supersonique. La détonation d'un explosif induit souvent des pressions d'environ 20 bars.

Ouvrages

Recouverts (OR) : ouvrage servant à l'entreposage de substances explosives recouvert de terre à des fins de protection visuelle ou contre des influences extérieures.

Ouvrages sous roche (Ro)

Ouvrage servant à l'entreposage de substances explosives creusé sous forme de galeries dans la roche naturelle à des fins de protection visuelle et de protection contre les influences extérieures.

Boule de feu

Énergie libérée dans l'environnement, lors d'une combustion rapide, sous la forme d'une boule de feu ascendante.

Projection de débris de cratère

Déplacement, lors d'explosions dans des installations, de terre, de pierres et de débris vers les côtés et vers le haut à partir du centre de l'explosion sous

l'effet de la pression. Le résultat forme un cratère, généralement circulaire.

Quantité nette de substance explosive (QNE)

Masse des substances explosives, flegmatisants compris, sans l'emballage et le conditionnement.

Ouvrages en surface (OS)

Ouvrage en surface de construction massive pour l'entreposage et le traitement des substances explosives.

Ouvrages en surface de construction légère (OS_{c.légère})

Ouvrages en surface de construction légère pour l'entreposage de substances explosives

Équivalent TNT (Q_{TNT})

Unité de mesure de l'énergie libérée lors d'une explosion ou de la force d'explosion d'une substance explosive. L'énergie totale libérée par une explosion est ainsi comparée à la quantité équivalente de TNT (explosif) nécessaire.

Projection de débris dirigée par galerie

Projection horizontale de débris dans le prolongement de l'axe de la galerie d'accès au Ro sous l'effet de la pression.

Confinement

Isolation totale ou partielle d'une substance explosive qui entraîne, lors d'une explosion, une augmentation de la température et de la pression.

Projection de débris de murs

Projection horizontale de débris de murs des OS ou des OR sous l'effet de la pression.

Bibliographie

- [1] Ordonnance du 27 février 1991 sur la protection contre les accidents majeurs (ordonnance sur les accidents majeurs, OPAM)
- [2] Ordonnance du 27 novembre 2000 sur les substances explosibles (ordonnance sur les explosifs, OExpl ; état le 1^{er} avril 2021)
- [3] Weisungen über das Sicherheitskonzept für den Umgang mit Munition und Explosivstoffen (WSUME), 2020
- [4] Technische Richtlinien für die Lagerung von Munition (TLM) 2010, révision de 2016
- [5] Ordonnance du 11 février 2005 sur la circulation militaire (OCM ; état le 1^{er} janvier 2021) – liste des marchandises et des quantités autorisées.
- [6] Seuils quantitatifs selon l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM), 3^e édition actualisée, février 2017 ; 1^{re} édition 2006
- [7] Recommandations de l'ONU relatives au transport des marchandises dangereuses – Règlement type, Vingt-et-unième édition révisée, Nations Unies 2019
- [8] Accord relatif au transport international des marchandises dangereuses par route (ADR), en vigueur le 1^{er} janvier 2021
- [9] Directive 2013/29/UE du Parlement européen et du Conseil du 12 juin 2013 relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant la mise à disposition sur le marché d'articles pyrotechniques
- [10] Articles pyrotechniques – Artifices de divertissement, Catégories F1, F2 et F3, SN EN 15947, 2016
- [11] Loi fédérale du 25 mars 1977 sur les substances explosibles (loi sur les explosifs, LExpl ; état le 1^{er} janvier 2013)
- [12] Loi fédérale du 15 décembre 2000 sur la protection contre les substances et les préparations dangereuses (loi sur les produits chimiques, LChim ; état le 1^{er} janvier 2017)
- [13] Prescriptions de protection incendie AEAI 2015, www.bsvonline.ch/fr
- [14] Prévention des accidents majeurs liés à l'entreposage d'engrais contenant du nitrate d'ammonium, Aide à l'exécution pour détenteurs et autorités compétentes, OFEV 2011
- [15] Documents militaires classifiés comme les dispositions techniques contraignantes et les directives
- [16] Entreprises présentant un potentiel de danger chimique. Un module du manuel de l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM), OFEV 2018
- [17] Directive 2013/29/UE (refonte de la directive 2007/23/CE) du Parlement européen et du Conseil du 12 juin 2013 relative à l'harmonisation des législations des États membres concernant la mise à disposition sur le marché d'articles pyrotechniques, EN 15947-3: 2015 (F)

-
- [18] Brown, M. E. et Rugunanan, R. A. (1989) :
A temperature-profile Study of the Combustion
of Black Powder and its constituent binary
mixtures. *Propellants, Explosives, Pyro-
technics*, vol. 14 : pp. 69 - 75 [doi.org/
10.1002/prop.19890140205](https://doi.org/10.1002/prop.19890140205)
- [19] van der Voort, M. M. et Weerheijm, J. (2013) :
A statistical description of explosion produced
debris dispersion, *International Journal of
Impact Engineering*, vol. 59, pp. 29 - 37
- [20] DDESB BEC-O, Blast Effects Computer –
Open (BEC-O), Version 1, User's Manual and
Documentation, Technical Paper 20, US
Department of Defense Explosives Safety
Board, 11 juin 2018
- [21] Bundesministerium für Umwelt, Jugend und
Familie (1999), Referenzszenarien zur
Richtlinie 96/82/EG, Koinig, H., Vienne, 1999
- [22] Umweltforschungsplan des Bundesamtes für
Umwelt Naturschutz und Reaktorsicherheit,
Forschungsbericht 297 48 428 UBA-FB
000039/2, Ermittlung und Berechnung von
Störfallablaufszszenarien nach Massgabe der 3.
Störfallverwaltungsvorschrift, vol. 2, TU Berlin,
2001
- [23] AASTP-1 OTAN (2010), Manuel sur les
principes de sécurité OTAN applicables au
stockage des munitions et explosifs militaires,
édition 1, p. 313, mai 2010