

Prévention des accidents majeurs dans les entreprises utilisant des substances de haute activité

Un module du manuel relatif à l'ordonnance sur les accidents majeurs



Schweizerische Eidgenossenschaft
Confédération suisse
Confederazione Svizzera
Confederaziun svizra

Office fédéral de l'environnement OFEV

Prévention des accidents majeurs dans les entreprises utilisant des substances de haute activité

Un module du manuel relatif à l'ordonnance sur les accidents majeurs

Impressum

Valeur juridique

La présente publication est une aide à l'exécution élaborée par l'OFEV en tant qu'autorité de surveillance. Elle s'adresse en premier lieu aux autorités d'exécution. Elle concrétise des notions juridiques indéterminées provenant de lois et d'ordonnances 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. Les aides à l'exécution de l'OFEV (appelées jusqu'à présent aussi directives, instructions, recommandations, manuels, aides pratiques) paraissent dans la collection «L'environnement pratique».

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).

Auteur

Peter Bützer, Meteotest

Accompagnement

Michael Hösli, OFEV (présidence)

Martin Merkofer, OFEV

Hans Bossler, KCB (BS)

Christophe Dirren, Service de protection des travailleurs (VS)

Raymond Dumont, AVS (AG)

Felix Hoch, Novartis

Markus Hofmann, OFSP

Marcia Perrin, Novartis

Gregor Pfister, Sicherheitsinspektorat (BL)

Davide Scerpella, Ufficio della gestione dei rischi ambientali e del suolo (TI)

Claude Schlienger, Roche

Theodor Schröder, Lonza

Walter Spieler, Roche

Sandra Thöni, Bachem

Référence bibliographique

OFEV (éd.) 2017: Prévention des accidents majeurs dans les entreprises utilisant des substances de haute activité.

Un module du manuel relatif à l'ordonnance sur les accidents majeurs. Office fédéral de l'environnement, Berne. L'environnement pratique n° 1705: 50 p.

Traduction

Service linguistique de l'OFEV

Mise en page

Cavelti AG, medien, digital und gedruckt, Gossau

Photo de couverture

fotolia/Kadmy

Téléchargement au format PDF

www.bafu.admin.ch/uv-1705-f

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

Cette publication est également disponible en allemand et en italien.

Table des matières

Abstracts	7
Avant-propos	9
Introduction	10
1 Champ d'application selon l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM)	13
2 Adoption de mesures de sécurité pour le maniement de SHA conformément à l'art. 3 OPAM	18
3 Estimation de l'ampleur des dommages pour le rapport succinct	20
3.1 Détermination des scénarios d'accidents majeurs pertinents	22
3.2 Valeur d'appréciation des risques d'accidents majeurs TEEL-2	25
3.3 Détermination de l'ampleur des dommages à l'aide du modèle d'exposition à court terme «Simulation of Effects caused by Incidents with HAS (SEIHAS)»	26
3.3.1 Conversion des critères (LEP, DE50, CMR) pour les SHA	27
3.3.2 Évaluation du nombre de blessés	27
Annexe	35
Répertoires	42
Glossaire	42
Bibliographie	46

Abstracts

This publication 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 the general safety measures specified in Art. 3 MAO are also presented. This implementation guide provides support for the owners of installations that work with highly-active substances 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 publication explique la démarche à suivre pour vérifier si l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM) est applicable et pour évaluer l'ampleur des dommages potentiels à l'étape du rapport succinct. Elle fournit également les grands principes pour définir les mesures de sécurité à prendre conformément à l'art. 3 OPAM. Cette aide à l'exécution se veut donc un outil à l'intention des détenteurs d'entreprises travaillant avec des substances de haute activité, 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 Publikation erläutert das Vorgehen zur Prüfung des Geltungsbereichs gemäss Störfallverordnung (StFV) und zur Ausmasseinschätzung auf Stufe Kurzbericht. Zudem werden Grundsätze zum Treffen von Sicherheitsmassnahmen gemäss Art. 3 StFV aufgezeigt. Diese Vollzugshilfe hilft somit den Inhabern von Betrieben mit hochaktiven Stoffen bei der Umsetzung der spezifischen Anforderungen aus der StFV und den Vollzugsbehörden bei der Durchführung des Kontroll- und Beurteilungsverfahrens gemäss StFV.

La presente pubblicazione 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 secondo l'articolo 3 OPIR. In tal modo, il presente aiuto all'esecuzione supporta i detentori delle aziende con sostanze ad alta attività nell'attuazione delle esigenze specifiche dell'OPIR e le autorità esecutive nello svolgimento della procedura di controllo e di valutazione secondo l'OPIR.

Keywords

highly-active substances, scope in accordance with the MAO, estimation of extent of possible harm or damage, safety measures

Mots-clés

substances de haute activité, champ d'application selon l'OPAM, évaluation de l'ampleur des dommages, mesures de sécurité

Stichwörter

Hochaktive Stoffe, Geltungsbereich gemäss StFV, Ausmasseinschätzung, Sicherheitsmassnahmen

Parole chiave

sostanze ad alta attività, campo d'applicazione secondo l'OPIR, stima dell'entità dei danni, misure di sicurezza

Avant-propos

L'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM) a pour but de protéger la population et l'environnement contre les dommages causés par les accidents majeurs. Son champ d'application s'étend à des entreprises présentant un vaste éventail de dangers potentiels, comme les entrepôts d'engrais au nitrate d'ammonium, les installations de réfrigération à l'ammoniac ou encore les citernes à gaz liquide. Depuis le 1^{er} juin 2015, les entreprises utilisant des substances de haute activité (SHA) en quantités supérieures au seuil de 20 kg sont également soumises à l'OPAM. Or les SHA biologiques jouent un rôle croissant dans l'industrie pharmaceutique et dans le secteur agro-industriel. Une analyse faite conjointement par l'industrie et les autorités a révélé qu'une réglementation de ces substances était nécessaire. La mise en œuvre de l'OPAM vise à garantir un niveau de sécurité comparable pour l'ensemble des entreprises travaillant dans ces domaines.

L'OPAM était jusqu'ici centrée sur les dangers aigus pour l'homme et pour l'environnement en relation avec des substances chimiques, des préparations ou des déchets spéciaux. Les développements dans le domaine des SHA ont montré que cette approche était trop restrictive. Dans le cas des SHA, ce ne sont souvent pas les effets aigus qui sont les plus importants, mais bien plus ceux qui, sur le long terme, sont irréversibles, graves et durables. Ainsi, les conséquences d'une exposition à des substances cancérogènes, mutagènes ou reprotoxiques ne se manifestent qu'à l'issue d'un temps de latence. En intégrant les SHA dans l'OPAM, ces effets différés sont pour la première fois pris en considération également dans les évaluations reposant sur l'OPAM. L'OFEV a rédigé la présente aide à l'exécution à la demande des services cantonaux d'exécution de l'OPAM et de l'industrie, et en association avec les intéressés, aux fins d'harmoniser la mise en œuvre de l'ordonnance dans ce nouveau domaine.

L'exemple des SHA confirme que la prévention des accidents majeurs constitue une tâche permanente, qui est essentielle dans notre société hautement industrialisée, et qui sert de base à l'exploitation judicieuse de l'évolution technologique, tout en garantissant un niveau de sécurité élevé pour la population et pour l'environnement.

Josef Hess, sous-directeur
Office fédéral de l'environnement (OFEV)

Introduction

Le manuel relatif à 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 de l'ordonnance. Le «Module général» constitue la pièce centrale : il explique les dispositions de l'ordonnance qui s'appliquent à toutes les entreprises et installations soumises à l'OPAM. Pour les aspects spécifiques de certains types d'installations, il renvoie aux modules correspondants.

Structure du manuel relatif à l'OPAM

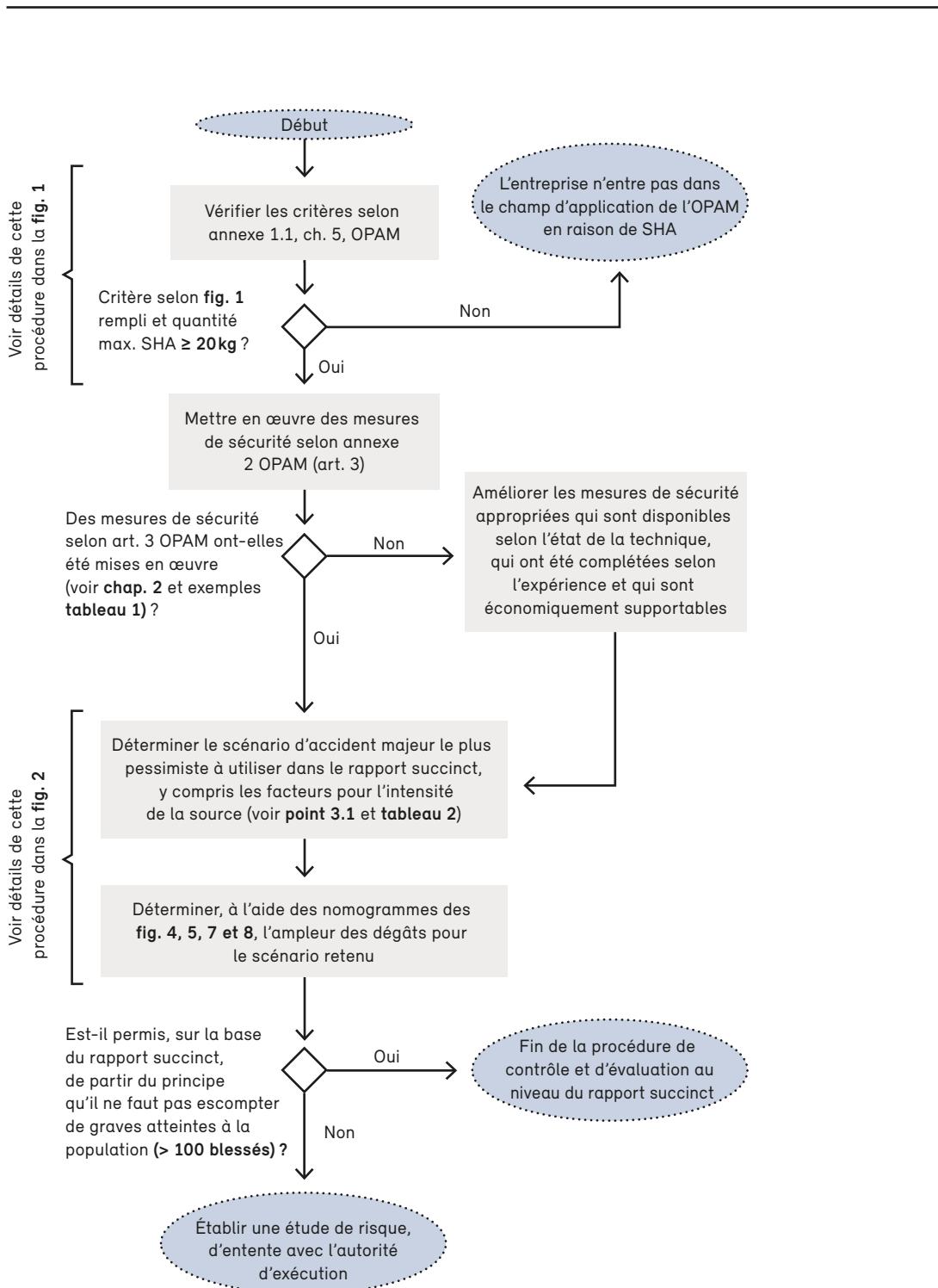
Le présent module spécifique «Prévention des accidents majeurs dans les entreprises utilisant des substances de haute activité» concrétise le contenu du «Module général». Il doit également être considéré comme un complément du module «Entreprises présentant un risque chimique potentiel». Il ne constitue donc pas un document indépendant, mais doit être consulté en combinaison avec les deux textes précités. Vous trouverez un aperçu des modules disponibles pouvant être téléchargés sur le site Internet de l'OFEV (aides à l'exécution¹).

Module «Prévention des accidents majeurs dans les entreprises utilisant des substances de haute activité»

Le présent module fournit les instruments nécessaires afin que les détenteurs d'installations puissent établir un rapport succinct au sens de l'art. 5 OPAM et que les autorités d'exécution puissent juger de la nécessité d'une étude de risque selon l'art. 7 OPAM. Il contient notamment les informations nécessaires à l'application correcte des critères servant à déterminer les seuils quantitatifs conformément à l'annexe 1.1, ch. 5, OPAM. Il énonce par ailleurs les principes, exemples à l'appui, pour la détermination et la mise en œuvre de mesures de sécurité générales. L'élément central est toutefois une «boîte à outils» permettant de déterminer les scénarios d'accidents majeurs pertinents, autrement dit les événements les plus graves qui pourraient survenir dans les différents secteurs de l'entreprise (p. ex. dépôt ou production). L'ampleur des dommages résultant de ces scénarios, concernant l'indicateur «blessés», peut être déterminée sur la base d'estimations de la propagation et de l'effet, à l'aide du modèle «Simulation of Effects caused by Incidents with HAS (SEIHAS)». À noter que la présente aide à l'exécution repose sur ce modèle.

Contenu

Le diagramme de flux ci-après présente le recours aux instruments susmentionnés dans le cadre de la procédure de contrôle et d'évaluation selon l'OPAM.



Une **application Excel** (disponible qu'en allemand) est à disposition sur le site Web de l'OFEV. Elle facilite la mise en pratique de l'aide à l'exécution, en automatisant l'estimation de l'ampleur des dommages (https://www.bafu.admin.ch/dam/bafu/de/dokumente/stoerfallvorsorge/uv-umwelt-vollzug/Ausmasseinsch%C3%A4tzung_bei_Betrieben_m_hochaktiven_Stoffen.xlsx.download.xlsx/ausmassabschaetzung-HAS-StFV.xlsx).

L'évaluation des dommages potentiels pour la population se fonde sur l'indicateur «blessés». Il y a dommages graves au sens de l'OPAM lorsque le nombre de blessés atteint 100 personnes ou davantage.

Indicateur des dommages servant à évaluer les SHA au stade du rapport succinct

Les effets sur l'environnement qui sont pertinents en matière d'accidents majeurs (p. ex. indicateurs de dommages «sol», «eaux superficielles» ou «eaux souterraines»), c'est-à-dire qui peuvent entraîner des atteintes graves, doivent être pris en compte en fonction du milieu et de la substance concernés. Le plus souvent toutefois, les dommages sont estimés sur la base de l'indicateur «blessés». C'est pourquoi l'estimation des dommages sur la base des indicateurs pour l'environnement n'est pas approfondie dans le présent document.

Bases d'appréciation de l'ampleur des accidents majeurs

Il est important de prendre des mesures appropriées pour éviter les accidents et les maladies professionnelles au travail. Un élément central en l'occurrence est la définition de niveaux d'exposition professionnelle. Ces concentrations maximales admissibles permettent de déduire les dangers pour la santé humaine qui sont inhérents à la substance considérée. Pour les SHA, il n'existe généralement pas de valeurs limites, ni pour la protection des travailleurs, ni en rapport avec les accidents majeurs. L'auto-responsabilité du détenteur dans la détermination de ces valeurs revêt par conséquent une importance primordiale. La présente aide à l'exécution indique comment estimer les valeurs limites déterminantes en cas d'accident majeur à partir des valeurs limites d'exposition professionnelle. Ces données sont essentielles pour estimer l'ampleur à l'aide du modèle SEIHAS. Elles sont obtenues par un calcul simple, en partant des concentrations maximales admissibles au poste de travail. L'estimation se fait selon le principe suivant :

Les risques pour la population vivant dans le voisinage d'entreprises utilisant des substances de haute activité sont évalués de manière analogue à ceux qui valent au poste de travail pour les personnes manipulant les substances, les préparations ou les déchets spéciaux visés.

Estimation de la dissémination et de l'effet dans les études de risque

L'ampleur des dommages pour l'indicateur «blessés» qui doit figurer dans l'étude de risque peut également être déduite des estimations de la dissémination et de l'effet, qui sont indiquées dans la présente aide à l'exécution.

1 Champ d'application selon l'ordonnance sur les accidents majeurs (OPAM)

Les explications fournies dans le présent chapitre permettent au détenteur d'une installation utilisant des substances de haute activité de déterminer si son entreprise entre dans le champ d'application de l'OPAM. Les risques caractéristiques des SHA (matières premières ou auxiliaires, produits intermédiaires, secondaires ou finaux, déchets spéciaux²) doivent être estimés à l'aide de moyens appropriés³ – c'est là une condition essentielle à la détermination du seuil quantitatif. Il convient de noter que l'attribution des SHA à une classe repose uniquement sur leur effet.

Critères pour identifier des SHA selon l'OPAM

Critères servant à l'identification des substances de haute activité (SHA) conformément à l'annexe 1.1, ch. 5, OPAM [1].

Tableau 1

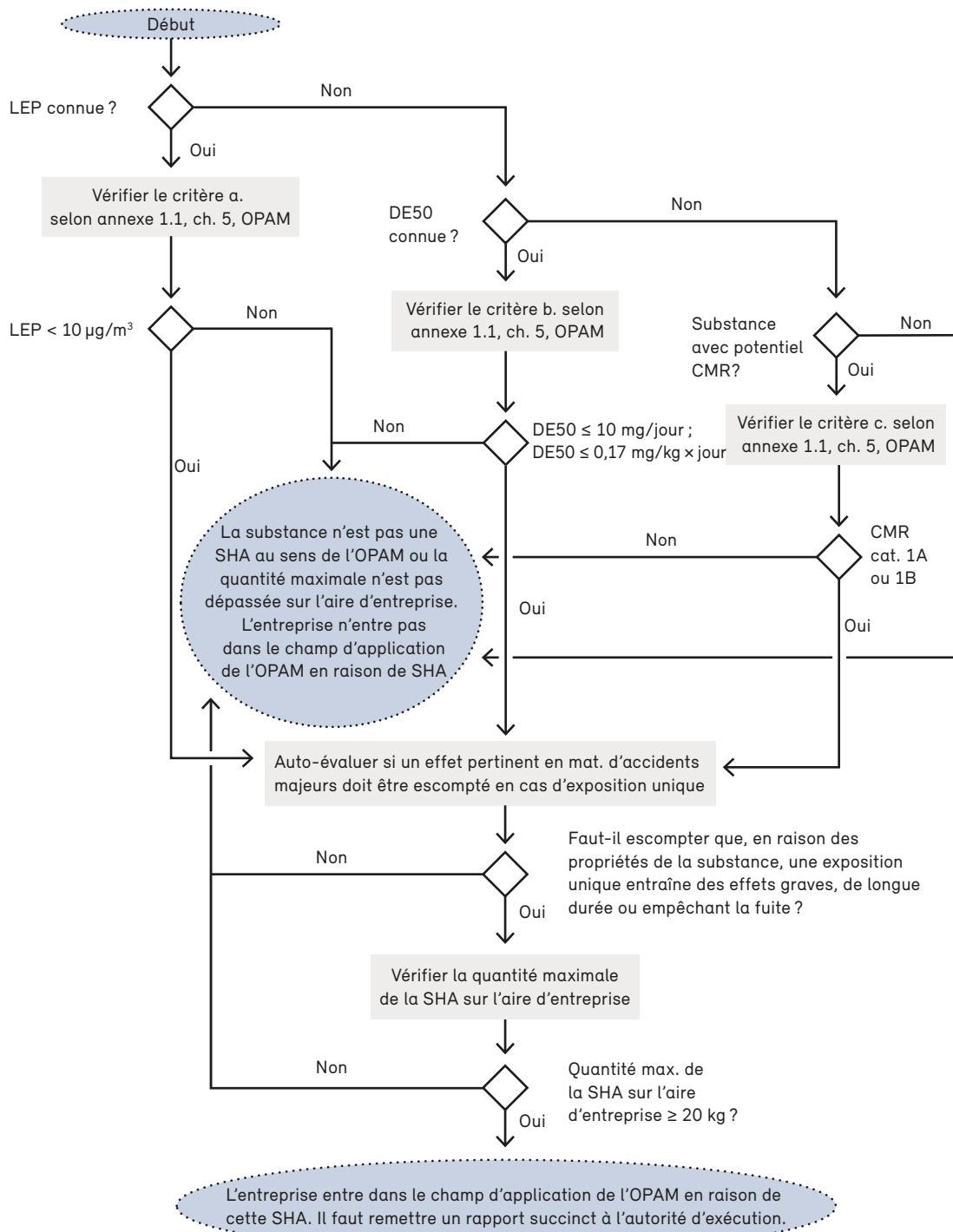
a) Valeur limite dans l'air pour l'exposition professionnelle par inhalation ⁵	< 10 µg/m ³	<i>Critères pour déterminer le seuil quantitatif selon l'annexe 1, tableau 5, OPAM</i>
b) Dose-effet (DE50) ⁶	≤ 10 mg	
c) Substances CMR présentant un potentiel d'accident majeur ⁷	Catégories 1A et 1B ⁸	

- 2 Lorsque des déchets contiennent des SHA, le remettant doit garantir que les informations pertinentes concernant les substances (p.ex. propriétés) sont transmises, dans le cadre du processus d'évacuation des déchets, à l'intention de l'entreprise d'élimination ou de tiers. En général, les informations requises sont plus détaillées que celles qui doivent habituellement être déclarées selon le droit sur les déchets. L'entreprise d'élimination peut ainsi remplir les obligations qui lui incombent dans le cadre de l'exécution de l'OPAM.
- 3 Pour déterminer les risques caractéristiques, on peut utiliser des méthodes telles que la relation quantitative structure-activité (Quantitative Structure Activity Relationship [QSAR]) ou des comparaisons d'échantillons.
- 4 Les seuils quantitatifs pour le groupe hétérogène des SHA ne peuvent pas être déterminés en appliquant les critères de l'annexe 1.1, ch. 4, OPAM (reposant sur le SGH), vu que ces derniers ne tiennent pas compte du danger que présentent ces substances. L'OFEV a dès lors défini des critères spécifiques pour les SHA, sur la base des normes industrielles, en collaboration avec les cantons et l'industrie.
- 5 LEP, MAK, TLV, VLIEP etc.
- 6 Correspond à une dose-effet DE50 de 0,17 mg/kg pour un poids corporel de 60kg. La dose-effet se rapporte au pire effet de la substance/préparation selon l'auto-évaluation du détenteur.
- 7 Les substances CMR des catégories 1A et 1B selon le SGH peuvent provoquer un dommage permanent pour la santé en cas d'exposition unique lors d'un accident majeur.
- 8 Depuis 2015, les catégories 1A et 1B sont les catégories de référence pour les critères CMR. Celui sera corrigé dans la prochaine révision de l'OPAM.

L'ordre des critères (lettres a à c) correspond à un ordre de priorité, c'est-à-dire que si la valeur pour le critère a) est atteinte, les critères b) et c) ne jouent plus aucun rôle. Si une substance, une préparation ou un déchet spécial remplit le critère, le seuil quantitatif selon l'OPAM, soit 20 kg, est applicable. Les critères définis à l'annexe 1.1, ch. 5, OPAM et appliqués conformément au schéma de la figure 1 sont à la base de l'appréciation visant à déterminer si une entreprise qui utilise 20 kg (ou davantage) d'une substance, d'une préparation ou d'un déchet spécial est soumise à l'OPAM ou non.

Figure 1**Schéma de décision pour déterminer si une entreprise est soumise à l'OPAM.**

Les critères s'appliquent à tous les états physiques d'une SHA, qu'il s'agisse de matières premières ou auxiliaires, de produits intermédiaires ou finaux, de produits secondaires ou de déchets.



Pour déceler un dépassement du seuil quantitatif pour une SHA, toutes les quantités partielles se trouvant sur l'aire de l'entreprise sont additionnées. Les quantités de SHA différentes ne sont en revanche pas additionnées pour déterminer la quantité maximale admissible.

Détermination de la quantité maximale

En vertu de l'annexe 1.1, ch. 5, OPAM, le détenteur doit auto-évaluer si une exposition unique à la substance ou à la préparation aura un effet pertinent en matière d'accidents majeurs.

Effet pertinent en matière d'accidents majeurs

Les SHA ont un effet réputé pertinent en matière d'accidents majeurs si, lors d'une exposition de courte durée (jusqu'à une heure au maximum) causée par un accident majeur, il y a un dépassement de la dose provoquant des effets graves, de longue durée ou empêchant les personnes de fuir. Dans le cas des substances CMR, cela signifie qu'il faut s'attendre à un risque de cancer significativement plus élevé (augmentation du risque de cancer $> 1:10\,000$)⁹. Sauf exception dûment motivée spécifique à une substance donnée, il faut partir du principe que l'effet devra être classé pertinent en matière d'accidents majeurs si la dissémination de SHA due à un accident majeur entraîne une exposition de la population à des doses atteignant l'ordre de grandeur du «Temporary Emergency Exposure Limits (TEEL) de niveau 2 (TEEL-2) pendant une heure» [2] (voir points 3.1 et 3.2).

Exemple d'application de l'aide à l'exécution – Hypothèses de base

Une entreprise travaille avec un réacteur de 3000 litres, qui produit environ 200 kg d'une substance XX dissoute dans un solvant et dont la valeur limite pour la concentration au poste de travail (limite d'exposition professionnelle, LEP) $\leq 0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

⁹ L'augmentation du risque de cancer de 1:10 000 est utilisée comme grandeur pour évaluer l'exposition unique due à un accident majeur. Elle est utilisée notamment par les organisations suivantes : Subcommittee on Acute Exposure Guideline Levels, Health and Safety Executive, Landesamt für Natur, Umwelt und Verbraucherschutz Nordrhein-Westfalen, U.S. Army Public Health Command, Commission européenne «système d'échange rapide sur les produits dangereux».

Exemple, étape 1 :
l'entreprise est-elle soumise à l'OPAM ?

1. La LEP est connue.

Oui, le détenteur a déterminé la valeur LEP.

2. La LEP de XX est $\leq 10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Oui, la LEP de la substance XX est $\leq 0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et se situe donc en-dessous de la valeur pour la classification comme SHA ($10 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

3. Il faut s'attendre à des effets pertinents en matière d'accidents majeurs.

Les effets de la substance sont évalués comme étant pertinents en matière d'accidents majeurs, vu qu'il n'y a aucun critère indiquant le contraire.

4. La quantité de XX sur le site est $> 20 \text{ kg}$.

Oui, le seuil quantitatif de 20 kg est clairement dépassé avec les 200 kg présents dans le réacteur.

Conclusion :

L'entreprise est par conséquent soumise à l'OPAM et elle doit remettre un rapport succinct à l'autorité d'exécution.

Ne sont pas soumises à l'OPAM les entreprises qui manient des SHA uniquement sous forme de produits de consommation (produits finis) destinés à l'usage propre, à la remise à des utilisateurs professionnels ou au grand public. Il s'agit par exemple d'entreprises qui stockent et vendent des SHA sous forme de produits pharmaceutiques ou phytosanitaires prêts à l'emploi. La raison en est qu'il n'y a généralement pas lieu d'escroquer des effets pertinents en matière d'accidents majeurs pour les SHA comprises dans des formulations, par exemple des comprimés (doses individuelles emballées dans des plaquettes thermoformées ou marchandise en vrac). Du fait de l'emballage et/ou de la formulation, les risques d'une libération et d'une dissémination des SHA, et donc d'effets sur des personnes dans le voisinage, sont fortement réduits.

Produits finis

2 Adoption de mesures de sécurité pour le maniement de SHA conformément à l'art. 3 OPAM

Un accident majeur impliquant des SHA peut avoir des répercussions dramatiques pour l'homme et pour l'environnement et entraîner des coûts considérables pour l'entreprise concernée, par exemple pour l'évacuation ou la dé-contamination. Sans parler du coup porté à sa réputation, qui est difficilement chiffrable. Il tombe par conséquent sous le sens que les entreprises travaillant avec de telles substances attachent une grande importance à la sécurité ainsi qu'à la protection de la santé et de l'environnement. Les systèmes de gestion correspondants [3, 4, 5] sont une condition essentielle pour le maniement sûr des SHA. Ils garantissent que le détenteur met en œuvre, de son propre chef et de façon ciblée, les mesures de sécurité exigées à l'art. 3 OPAM, plus précisément celles qui sont disponibles selon l'état de la technique [6, 7, 8], qui ont été complétées sur la base de l'expérience et qui sont économiquement supportables. D'une manière générale, les mesures de sécurité nécessaires doivent être fixées au cas par cas, dans le cadre d'un processus arrêté dans le système de gestion, éventuellement en tenant compte des connaissances tirées de l'estimation de l'ampleur des dommages selon le chapitre 3. Cette conception et les mesures de sécurité qui en sont dérivées doivent être décrites dans le rapport succinct. Le tableau 1 indique des mesures de sécurité envisageables pour empêcher des accidents majeurs et pour assurer la protection contre leurs conséquences.

Mesures de sécurité selon l'art. 3 OPAM

Pour les dépôts de SHA sous forme solide, sans transbordement ouvert (p. ex. échantillonnage), il convient d'appliquer au moins les mesures 7, 8, 14 et 15.

Tableau 2

Mesures possibles pour assurer un maniement sûr des SHA et devant être prises en compte dans le cadre de la prévention et de la maîtrise des accidents majeurs.

Mesures relevant de la technique et de la construction

- 1 Confinement («principe des barrières»)
- 2 Cascades de pression avec sas, taux élevé de renouvellement de l'air
- 3 Travail en dépression avec pression de l'air contrôlée, tests de confinement, surveillance des filtres (p.ex. mesure de la différence de pression)
- 4 Systèmes autant que possible clos (p.ex. confinement, boîte à gants, système d'étanchéité continu), pas de manipulation manuelle ouverte
- 5 Confinement sûr des substances lors de tous les processus (p.ex. réaction, transfert, transport, échantillonnage, stockage et élimination). Il faut ainsi prévoir des raccordements appropriés entre les appareils, en particulier des connecteurs et blocs de jonction pauvres en poussières, pour l'entrée et la sortie de matériel et de substances
- 6 Salles des machines séparées du secteur de production
- 7 Protection contre les incendies et les explosions (p.ex. compartiments coupe-feu, réalisation spécialement sûre, sprinkler, installations déluge, inertisation)
- 8 Retenue des eaux d'extinction
- 9 Dispositifs de sécurité visant à retenir des liquides, des aérosols et des gaz (p.ex. avec filtre HEPA/séparateur/laveur/Blow-down-Tank)
- 10 Filtre à particules fermé et pouvant être changé avec un faible risque de contamination
- 11 Surveillance de fonctions et de paramètres techniques critiques, y compris alarme et déclenchement rapide des mesures en cas de panne ou d'écart
- 12 Systèmes conçus de manière à nécessiter un minimum de nettoyage ou même avec nettoyage automatisé ainsi que possibilité de dégradation chimique des substances

Mesures organisationnelles

- 13 Vérification périodique des procédures de travail, à l'aide de mesurages de l'hygiène du travail et d'audits
- 14 Surveillance, alarme et analyse en cas de libération de substances et, si nécessaire, barrages (estimation de la dispersion et des effets des SHA dans le voisinage en cas d'accident majeur) et mesures de décontamination
- 15 Documentations et plans d'urgence pour le voisinage, les unités d'intervention, les médecins et les hôpitaux

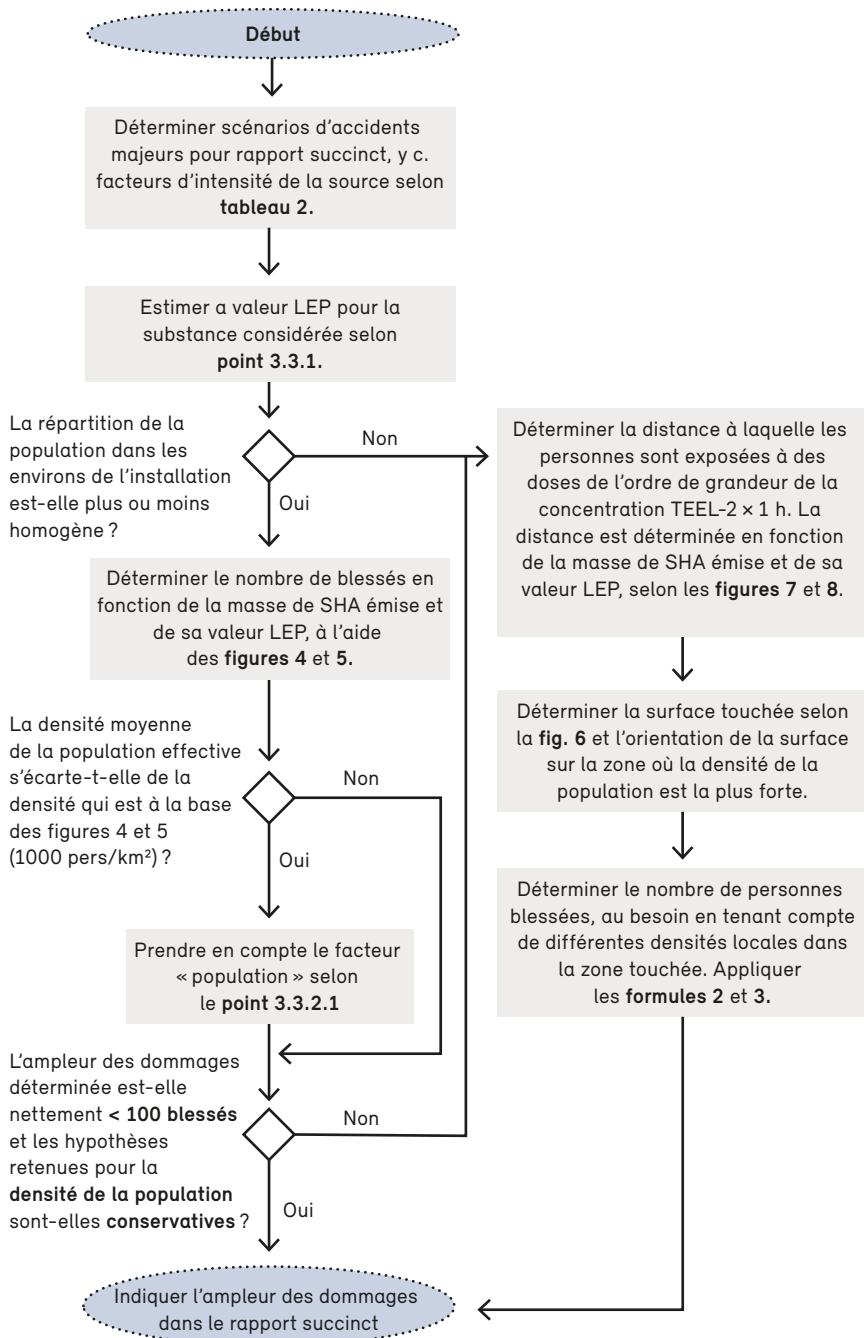
3 Estimation de l'ampleur des dommages pour le rapport succinct

L'objectif du présent chapitre est de permettre aux destinataires de l'aide à l'exécution de procéder eux-mêmes à une estimation de l'ampleur des dommages que pourrait subir la population en cas d'accident majeur (art. 5, al. 1, let. f, OPAM) impliquant des SHA.

Il existe deux méthodes pour déterminer le nombre de blessés ; le choix est fonction du type de voisinage de l'installation. Lorsque la densité de la population est plus ou moins homogène, une procédure simplifiée peut être appliquée : en partant d'une densité homogène conservative, on estime l'ampleur des dommages pour le scénario le plus pessimiste, en suivant le «chemin de gauche» de la figure 2. Si cette estimation rapide indique que les dommages atteindraient un ordre de grandeur de 100 blessés (limite des dommages graves), il faut procéder à une estimation plus détaillée de l'ampleur de la catastrophe, cette fois en suivant le «chemin de droite» de la figure 2. Cette deuxième démarche est requise également si la densité de la population dans les environs de l'entreprise n'est pas homogène.

Figure 2**Représentation schématique de l'utilisation des outils décrits dans le présent chapitre.**

Le but est de déterminer le scénario à retenir pour le rapport succinct et d'estimer le nombre de blessés.



3.1 Détermination des scénarios d'accidents majeurs pertinents

Pour déterminer l'ampleur des dommages susceptibles d'être causés par une entreprise en cas d'accident majeur, il convient de retenir les scénarios pouvant réaliste-ment se produire, compte tenu des déclencheurs et de la suite d'événements concevables. Seules des mesures de sécurité passives peuvent être prises en considération dans l'estimation de l'ampleur des dommages. Les scénarios d'accidents majeurs peuvent être définis à l'aide de la grille morphologique ci-dessous (cf. tableau 2 et explications dans l'annexe). Les paramètres décrivent le déroulement générique d'un accident majeur, alors que les composantes précisent la manière dont l'événement se déroule. En associant une composante et les paramètres P1 à P8, il est possible de définir un large éventail de scénarios possibles. La grille morphologique se veut un outil permettant d'élaborer le scénario le plus pessimiste (worst-case) devant être décrit dans le rapport succinct. Si d'autres scénarios causant de graves dommages sont concevables sans qu'ils puissent être dérivés de la grille morphologique, il faut alors les décrire en détail dans le rapport.

*Détermination
des scenarios
d'accidents
majeurs*

L'annexe contient les définitions des différentes composantes de la grille. Il faut absolument s'y référer pour utiliser correctement la grille.

Tableau 3**Compilation type de paramètres et de composantes de scénarios d'accidents majeurs envisageables avec des SHA.**

Pour les composantes des paramètres P2, P3 et P5, des parts relatives sont indiquées (en gras) pour déterminer l'intensité des sources. Les facteurs relatifs à l'intensité de la source présentent une forte dispersion. Ils ont été fixés sur la base d'estimations faites par des experts et doivent être considérés comme des valeurs indicatives pour déterminer l'intensité de la source pour un scénario donné.

Composantes	C1	C2	C3	C4	C5	C6
Paramètres						
P1: déclencheur Facteur pour déterminer l'intensité de la source	Technique 1	Facteurs humains 1	Influence environnementale 1	Effets domino 1		
P2: erreur du système Facteur pour déterminer l'intensité de la source	Emballement thermique 0,5 [12]	Explosion de poussières 0,2 [13, 14]	Incendie 0,05 [15, 16]	Défaillance de conteneurs 0,25	Fuites dans les emballages ¹⁰ 0,3	Autres
P3: barrières du système Facteur pour déterminer l'intensité de la source	Blow-Down-Tank 0,1 [17]	2 ^e confinement 0,5	Système de filtre HEPA 0,1	Aucune 1	Autres	
P4: libération	Aérosol avec liquide	Poudre $\emptyset \leq 10 \mu\text{m}$	Poudre $\emptyset \approx 50 \mu\text{m}$	Poudre $\emptyset \approx 150 \mu\text{m}$	Poudre $\emptyset \geq 400 \mu\text{m}$	Vapeur
P5: émission Facteur pour déterminer l'intensité de la source	Conduit d'évacuation 1	Aération 0,2	Vitres/murs brisés 0,5	Ouverture du bâtiment 0,3	À l'air libre 1	Autres
P6: transmission	Air (classe D)	Gaz de combustion [18]	Autres			
P7: exposition	Inhalation	Résorption cutanée	Ingestion de produits contaminés [19]	Autres		
P8: effets	Effet grave	Effet menaçant la vie	Effet CMR	Autres		

¹⁰ Emballage endommagé (p.ex. mécaniquement). Dans le cas d'une telle erreur du système, seule la partie de la SHA sortie de l'emballage est multipliée par le facteur de correction pour déterminer l'intensité de la source. Pour d'autres erreurs du système, c'est la quantité totale de substance contenue dans le système qui est multipliée par le facteur de correction. Voir les explications relatives aux erreurs de système à l'annexe II.

La masse d'une SHA¹¹ devant être prise en compte dans le cas d'une libération est celle de l'unité du système (réacteur, sécheur, contenant, local etc.) déterminante pour le scénario concerné. Cette masse en kilogrammes doit être multipliée par le degré d'efficacité de l'intensité de la source indiqué dans le tableau 2, en fonction du scénario pertinent. Ce degré d'efficacité peut être établi à partir des valeurs indicatives (facteurs pour déterminer l'intensité de la source) pour les composantes déterminantes. Ces valeurs indicatives peuvent être adaptées selon la configuration de l'installation, si des motifs suffisants le justifient. L'intensité de la source corrigée selon les facteurs d'intensité de la source indiqués dans le tableau 2 permettra une évaluation réaliste et suffisamment prudente de l'ampleur de l'événement. La masse minimale de SHA libérée est dans tous les cas au moins 1 kg (cf. point 3.3.2). Il n'est pas permis de poser l'hypothèse d'une quantité disséminée plus faible pour les considérations d'accidents majeurs traitées dans le rapport succinct.

*Détermination
de l'intensité
de la source*

**Exemple, étape 2 :
estimation de l'intensité de la source**

Masse existante de XX: 200 kg

Le déclencheur technique entraîne une réaction d'emballement thermique avec libération par un conduit d'évacuation, après percement d'une retenue en aval (Blow-Down-Tank).

Scénario d'accident majeur:

P1/C1 (défaut technique) → P2/C1 (emballement) → P3/C1 (percement de la retenue en aval) → P5/C1 (libération par le conduit d'évacuation):
 $1 \times 0,5 \times 0,1 \times 1 = 0,05 \rightarrow$ (correspond à 5 %).

Conclusion :

La masse pouvant réaliste ment être libérée est de 10 kg.

11 Si plusieurs SHA sont concernés dans un scénario considéré, il faut prendre la somme des quantités partielles de SHA pour déterminer l'intensité de la source. Si les SHA impliquées ont des valeurs LEP différentes, il est recommandé de déterminer la valeur LEP au moyen de la formule ci-après pour estimer l'ampleur des dommages (source: Valeurs limites d'exposition aux postes de travail en Suisse; Factsheet, suva, janvier 2013)

$100/\text{LEP}_{\text{Mélange}} = \sum_n (\text{Part de SHA}_x \text{ dans la quantité totale de SHA en \%}/\text{LEP}_{\text{SHA}_x})$

Autres exemples de détermination de l'intensité de la source
(cf. tableau 3):

P1/C1 (défaut technique) → P2/C2 (explosion de poussières) → P3/C3 (rupture du système de filtre HEPA) → P5/C1 (libération par le conduit d'évacuation): $1 \times 0,2 \times 0,1 \times 1 = 0,02$ (soit 2 %)

P1/C2 (faute de manipulation) → P2/C2 (explosion de poussières) → P3/C3 (rupture du système de filtre HEPA) → P5/C3 (libération par fenêtre éclatée): $1 \times 0,2 \times 0,1 \times 0,5 = 0,01$ (soit 1 %)

P1/C3 (par ex. foudre) → P2/C3 (incendie) → P3/C5 (eaux d'extinction ne s'écoulent pas dans la cuve de rétention mais dans la cour) → P5/C6 (libération par évaporation de l'eau d'extinction): $1 \times 0,05 \times 1 \times 1 = 0,05$ (soit 5 %)

P1/C1 (défaut technique) → P2/C5 (fuite dans l'emballage) → P3/C3 (rupture du système de filtre HEPA) → P5/C2 (libération par le système d'aération): $1 \times 0,3 \times 0,1 \times 0,2 = 0,006$ (soit 0,6 %)

→ La quantité hypothétique minimale de SHA libérée ne peut pas être inférieure à 1 kg.

Pour estimer l'ampleur des dommages avec le modèle SEIHAS, il faut prendre la masse pouvant réaliste-ment être libérée, qui a été déterminée à l'aide du tableau 2, et l'introduire dans le nomogramme de la figure 4 (voir point 3.3).

3.2 Valeur d'appréciation des risques d'accidents majeurs TEEL-2

Les valeurs des «Temporary Emergency Exposure Limits» (TEEL, en mg/m³) sont des valeurs d'appréciation d'une substance pour les accidents majeurs; toxicologiquement fondées, elles valent pour une durée d'exposition d'une heure et servent à évaluer les scénarios d'accidents majeurs. Les effets pour la population, y compris pour les personnes sensibles, peuvent être les suivants:

Blessés dus à une exposition unique à une SHA

- TEEL-1 : seuil des effets transitoires et réversibles, tels qu'un malaise perceptible ou des irritations;
- TEEL-2 : seuil des effets irréversibles, graves, persistants ou empêchant les personnes de fuir;
- TEEL-3 : seuil des effets représentant une menace pour la vie ou qui sont létaux.

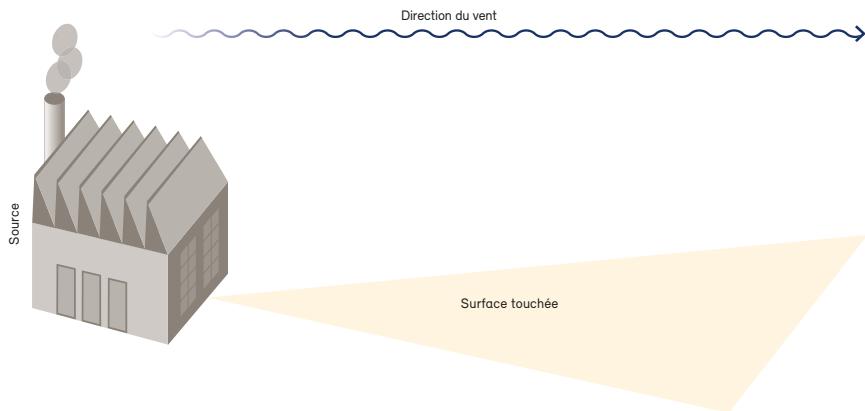
Dans le cadre de la présente aide à l'exécution, c'est la valeur TEEL-2 qui est utilisée comme critère pour fixer l'effet causé par l'accident majeur et pour déterminer l'ampleur potentielle des dommages si des SHA étaient libérées. Les personnes qui ont atteint ou dépassé la valeur TEEL-2 pendant une heure, c'est-à-dire qui ont absorbé une dose correspondante, sont considérées comme des «blessés». Selon les critères d'évaluation de l'OPAM, on parle de dommages graves lorsque le nombre de blessés dépasse 100 personnes.

3.3 Détermination de l'ampleur des dommages à l'aide du modèle d'exposition à court terme « Simulation of Effects caused by Incidents with HAS (SEIHAS) »

Les nomogrammes figurant dans le chapitre 3.3.2 (fig. 4, 5, 7 et 8) partent de l'hypothèse d'une propagation du nuage de polluants telle qu'elle est schématisée dans la figure 3.

Nuage de polluants

Figure 3
Schéma de la surface de dissémination du nuage de polluants, surface où la dose TEEL-2 est atteinte ou dépassée pendant une heure.



Les courbes figurant dans les nomogrammes reposent sur des calculs effectués à l'aide du modèle SEIHAS, qui permet d'estimer la surface touchée et les effets pour les personnes exposées. La surface touchée est la zone où les personnes ont été exposées au moins à une concentration TEEL-2 pendant une heure. Vous trouverez une compilation de toutes les valeurs standard¹² utilisées dans le modèle SEIHAS dans l'annexe de la présente aide à l'exécution.

¹² La propagation a été simulée sous la forme d'un modèle à bouffées à l'aide de SEIHAS, en partant de l'hypothèse d'une libération rapide sous forme de bouffée. Voici quelques paramètres de simulation importants: classe de propagation D, zone construite, libération à la hauteur du sol (pire cas selon EPA), densité de la population de 1000 habitants/km²; pourcentage des personnes se trouvant dehors 11 %, poids corporel 60 kg, débit respiratoire 0,00023 m³/s, biodisponibilité 100 %, LEP 1 µg/m³; critère d'interruption: dose de la concentration de TEEL-2 pendant 1 heure, diamètre des particules polydispersées avec une moyenne de 10 µm; densité de 1,4 g/cm³.

3.3.1 Conversion des critères (LEP, DE50, CMR) pour les SHA

Les valeurs LEP ou valeurs limites d'exposition par inhalation au poste de travail (valeurs MAK) sont les concentrations moyennes maximales admises pour les substances à l'état de gaz, de vapeur ou de poussières. Selon les connaissances actuelles, elles ne nuisent pas à la santé en cas d'exposition professionnelle quotidienne pendant un temps de travail défini allant jusqu'à 42 heures hebdomadaires, pendant des périodes prolongées, et ce pour une très grande majorité des personnes en bonne santé. Les valeurs de concentration au poste de travail reposent sur une exposition chronique, tandis que les valeurs TEEL expriment une valeur pour une exposition unique en cas d'accident majeur. Les valeurs TEEL sont estimées en partant des valeurs LEP, des valeurs DE50 et des classes CMR, en appliquant la méthode du DOE Handbook [10] et la procédure des seuils de préoccupation toxicologique «Staged TTC» [9].

Estimation des valeurs TEEL-2

Dans ces conditions, la conversion des critères pour déterminer les seuils quantitatifs (LEP, DE50, CMR) des SHA et l'estimation¹³ des valeurs d'appréciation des risques d'accidents majeurs (TEEL-2) doit être effectuée comme suit:

- $LEP (\mu\text{g}/\text{m}^3) = DE50 (\text{mg}/\text{jour}) \times 1 (\mu\text{g} \times \text{jour}/\text{mg} \times \text{m}^3)$
- $LEP (\mu\text{g}/\text{m}^3) = 0,5 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ pour les classes CMR 1A
- $LEP (\mu\text{g}/\text{m}^3) = 5 (\mu\text{g}/\text{m}^3)$ pour la classe CMR 1B
- $TEEL-2 (\text{mg}/\text{m}^3) = PEL (\mu\text{g}/\text{m}^3) \times 0,05 (\text{mg}/\mu\text{g})$

Les valeurs TEEL-2 sont utilisées comme critère d'interruption pour la détermination de l'ampleur des dommages à l'aide du modèle «Simulation of Effects caused by Incidents with HAS (SEIHAS)» [11]. Les valeurs TEEL-2 calculées selon les équations de conversion ci-dessus ont constitué d'importants paramètres pour tracer les nomogrammes reproduits au chapitre suivant (3.3.2). Les valeurs de référence dans ces nomogrammes sont toutefois des valeurs LEP, pour des raisons de lisibilité et de convivialité.

Critères d'interruption dans le modèle servant à estimer l'ampleur des dommages (SEIHAS)

3.3.2 Évaluation du nombre de blessés

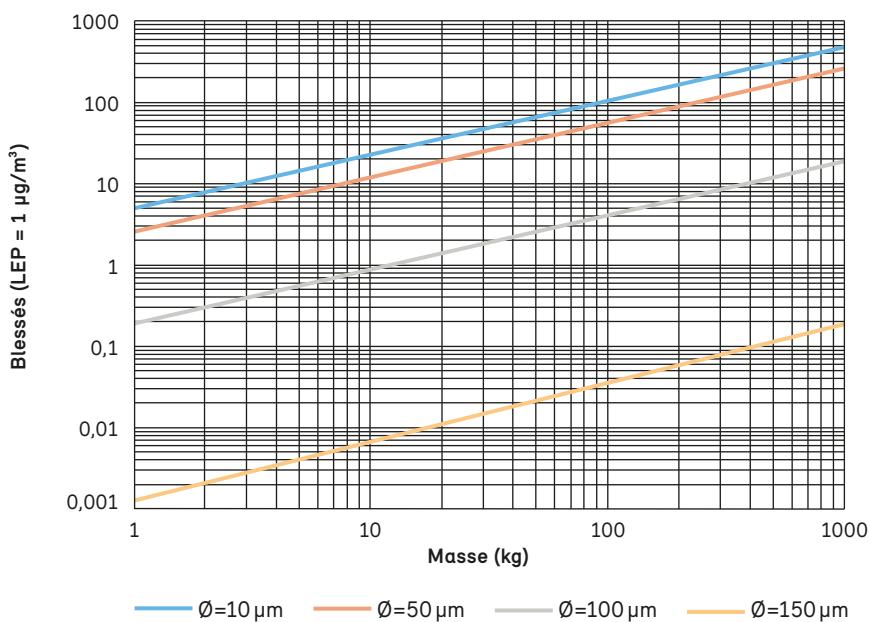
La figure 4 permet d'estimer le nombre de personnes blessées par le nuage de polluants, en partant de l'hypothèse d'une densité de la population standard (1000 personnes/km²) et une valeur LEP standard de 1 µg/m³. Pour faciliter la lecture du nomogramme, celui-ci est reproduit au format A4 à l'annexe III (il en va de même des nomogrammes suivants, que vous trouverez dans les annexes IV à VI).

Nombre de blessés pour LEP = 1 µg/m³

¹³ Pour les valeurs TEEL-2 dérivées des valeurs LEP, DE50 ou de la classe CMR, il est possible d'utiliser des facteurs de conversion différents de ceux qui sont indiqués ici, à condition de motiver suffisamment ce choix (p. ex. catégorie de substances CMR, particularités en cas d'exposition unique pour des substances sensibilisantes, des perturbateurs endocriniens, etc.). La dérivation de facteurs de conversion est décrite en détail dans la littérature [9, 10]. Sur les 3224 valeurs d'appréciation des risques d'accidents majeurs connues à ce jour, seules 10 % environ sont des valeurs fondées (AEGL ou PAR), tandis que les autres sont dérivées des valeurs DIVS, DL50, CL50, TCLO, TDLO, MAK, TLV, PEL, STEL et LOC, selon les principes énoncés dans la littérature citée. Vous pouvez obtenir des informations plus précises sur la dérivation des facteurs auprès de l'Office fédéral de l'environnement (OFEV).

Figure 4

Nombre de blessés en fonction de la masse pouvant être libérée et du diamètre moyen des particules, non monodispersées (hypothèse d'une distribution normale), pour une valeur LEP standard de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et une densité de la population de $1000 \text{ personnes}/\text{km}^2$ (densité de la population standard).



Exemple, étape 3

Ampleur des dommages pour une LEP standard et une densité de la population standard

La masse de 10 kg de la substance de haute activité XX (exemple, étape 2) donne 23 blessés selon la figure 3, pour un diamètre moyen des particules¹⁴ de 5 µm et une LEP standard de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ainsi qu'une densité de la population standard de 1000 personnes par km^2 (pour lire la valeur pour 5 µm, voir la plus petite valeur de la courbe la plus proche, à savoir 10 µm).

Pour estimer l'ampleur des dommages, il faut utiliser les valeurs LEP de la substance active pure, à moins que le solvant ou la matrice aient un effet comparable à celui de la substance active (SHA). Si l'entreprise a déterminé des valeurs LEP spécifiques pour des préparations, elles peuvent être utilisées, en partant de la masse de préparation existante. Le nomogramme de la figure 5 permet d'estimer le nombre de blessés pour des valeurs LEP s'écartant de la norme.

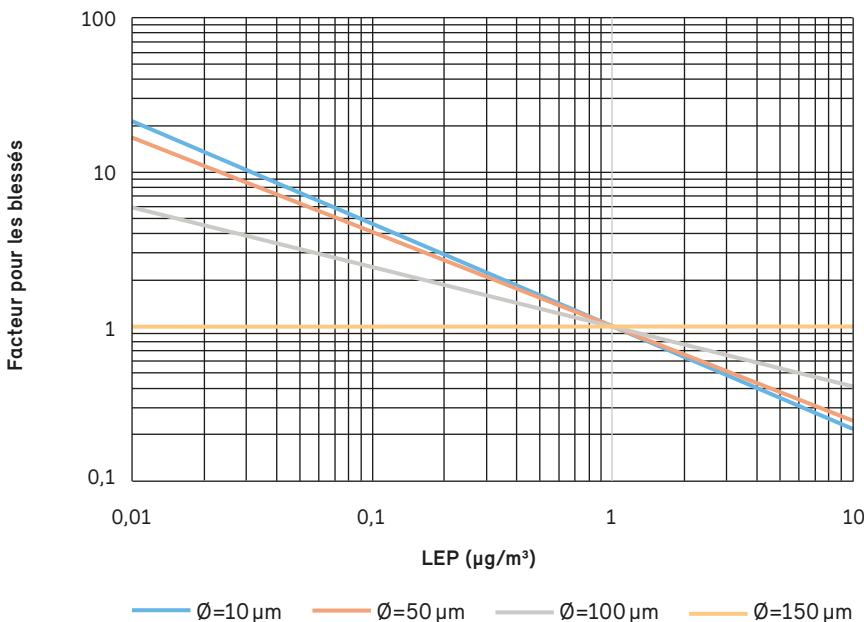
Facteur de correction pour $\text{LEP} \neq 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$

14 Les particules dont le diamètre est $< 2 \mu\text{m}$ se comportent comme des gaz. Même lorsque le diamètre est $< 10 \mu\text{m}$, le comportement reste très similaire à celui d'un gaz.

Digression: les contaminations des surfaces [19] sous le nuage sont de loin les plus fortes de par leur ampleur lorsque la taille moyenne des particules (hypothèse d'une poudre polydispersée) est de l'ordre de $100 \mu\text{m}$ (rapport désavantageux entre processus de sédimentation et de transmission).

Figure 5

Facteur pour le nombre de blessés, lorsque la LEP s'écarte de la norme de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Il faut ensuite multiplier par ce facteur le nombre issu du nomogramme de la figure 4 afin d'obtenir le nombre de blessés correspondant à la LEP effective.



Exemple, étape 4

Ampleur pour la LEP effective et une densité de la population standard

Les 23 blessés déterminés dans le nomogramme de la figure 4 (exemple, étape 3) doivent, pour un diamètre de particules moyen de $5 \mu\text{m}$ (lire le nomogramme sur la courbe pour la taille de particules plus grande; courbe des $10 \mu\text{m}$) et une $\text{LEP} = 0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ être multipliés par un facteur 5 (figure 5); c'est-à-dire $23 \times 5 = 115$ blessés.

Conclusion :

Pour une densité de la population standard de $1000 \text{ personnes}/\text{km}^2$, on obtient pour la LEP inférieure ($0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$) un nombre de blessés s'élevant à 115. Dans ce cas, une étude de risque s'impose.

Les calculs dans le modèle SEIHAS ont été effectués en partant de l'hypothèse que 11% [20] des personnes se tiennent à l'air libre et qu'elles seules subiront des effets importants. La raison en est que les SHA ne sont manipulées qu'en petites quantités. En d'autres termes, les nuages de polluants se propageant en cas d'accidents majeurs sont de dimensions modestes. Donc même si la vitesse du vent est faible et défavorable (2 à 3 km/h), la durée de l'échange d'air entre l'extérieur et l'intérieur des bâtiments reste courte. Les modèles indiquent par conséquent une très faible concentration à l'intérieur

Facteur de protection des bâtiments et personnes à l'air libre

des bâtiments, surtout pour les particules, et donc aussi des effets quasi négligeables.

Les personnes qui se trouvent à l'intérieur de bâtiments d'habitation (89 %), aux taux d'échange d'air standard, ne sont pas prises en compte dans l'estimation des dommages à l'aide du modèle SEIHAS. S'il y a des faits concrets établissant qu'il faut partir d'un pourcentage différent pour les personnes se trouvant à l'intérieur de bâtiments, il faut en tenir compte proportionnellement dans le calcul de la première estimation.

3.3.2.1 Adaptation de la densité de la population standard à la densité moyenne effective dans la zone de propagation du nuage de polluants

Le nomogramme de la figure 4 repose sur une densité de la population moyenne de 1000 personnes/km² sur l'ensemble du territoire concerné. Pour déterminer l'ampleur des dommages à l'endroit de l'événement, il faut remplacer la densité standard de la population figurant dans les nomogrammes par la densité moyenne effective.

À cet effet, un facteur «population» est calculé pour la situation concrète, à partir de la densité de la population moyenne sur le territoire concerné par rapport à la densité moyenne standard de 1000 personnes/km² (p. ex. 6000 personnes/km² = 6 × 1000 personnes/km² → facteur 6).

Pour savoir sur quelle distance, en partant du terme-source, il faut déterminer la densité de la population moyenne, se reporter au nomogramme de la figure 7. Les informations pour déterminer la densité moyenne effective de la population peuvent être tirées par exemple des données sur les populations résidente et active en Suisse, données disponibles auprès de l'Office fédéral de la statistique [21].

Adaptation à la densité moyenne effective de la population :

Formule 1

nombre de blessés effectifs ≈ personnes blessées (selon les figures 4 et 5) × facteur «population»

Exemple, étape 5**estimation de l'ampleur pour la valeur d'accident majeur à indiquer dans le rapport succinct**

La densité de la population sur le site en question est de 6000 personnes/km². Le facteur «population» est donc de 6. Le nombre de personnes blessées déterminé à l'étape 4 (115) doit être multiplié par ce facteur. Le nombre de «blessés» estimé pour le lieu concret est donc de $6 \times 115 = 690$.

Interprétation :

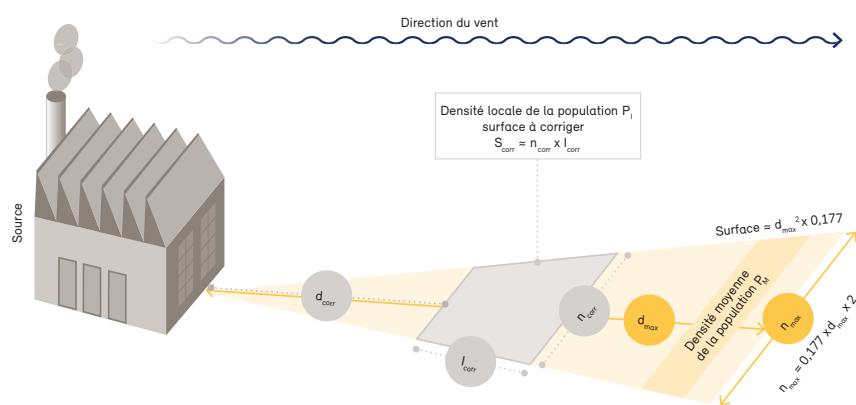
La valeur d'accident majeur pour un dommage grave de 0,3 (100 personnes) est donc dépassée avec les 690 blessés déterminés. Une étude de risque est par conséquent requise.

3.3.2.2 Adaptation de la densité de la population moyenne aux densités de population locales divergentes dans la zone de propagation du nuage de polluants

Si la densité de la population sur le territoire touché s'écarte fortement de la densité moyenne de la population (cf. figure 6), ces différences peuvent être corrigées en suivant la procédure décrite ci-après.

Figure 6

Représentation schématique simplifiée de la surface touchée par le nuage de polluants, pour un angle de propagation de 20° (cf. note de bas de page no 18, page 43, annexe VII), où la dose selon la concentration du TEEL-2 × 1 heure est dépassée. La surface en gris représente une zone où la densité de la population (P_l) s'écarte nettement de la densité moyenne (P_M) sur le reste du territoire touché.



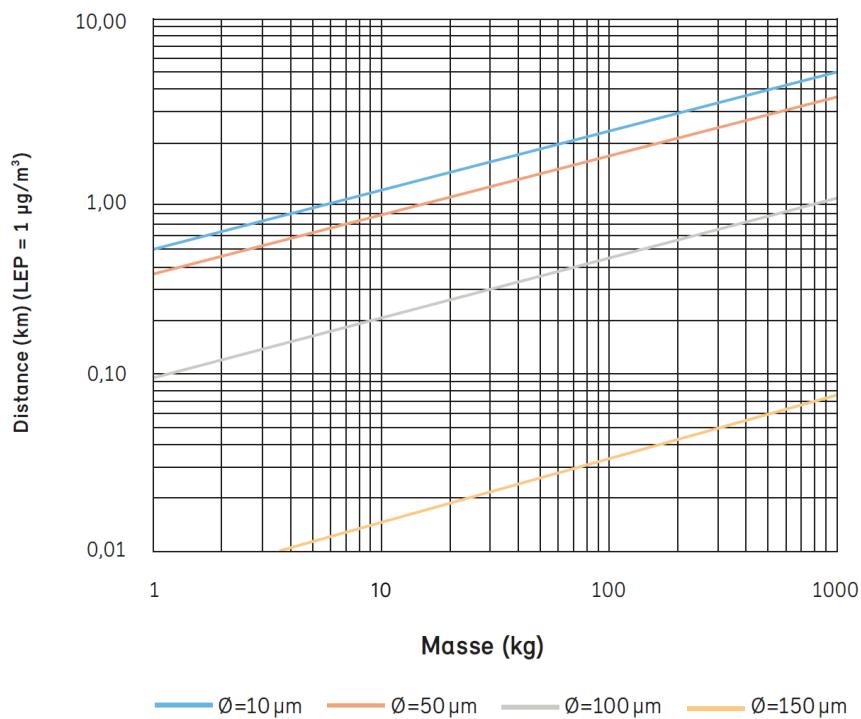
- d_{\max} : distance de la source jusqu'à l'endroit où il y a interruption en raison de la valeur TEEL-2 [km],
- d_{corr} : distance de la source jusqu'au point prédefini [km],
- n_{\max} : largeur du nuage à la distance d_{\max} , [km],
- n_{corr} : largeur de la surface à corriger [km],

- l_{corr} : longueur de la zone à corriger [km],
- S_{corr} : surface à corriger localement [km^2],
- P_M : densité moyenne de la population sur le territoire affecté par le nuage [pers./km^2],
- P_l : densité locale de la population de la surface Scorr [pers./km^2].

Dans un premier temps, on place le nuage, schématisé par un triangle, sur la zone touchée avec la densité de population la plus forte. Le nomogramme de la figure 7 permet de déterminer, pour une SHA présentant une valeur LEP de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, la distance maximale entre la source et le critère d'interruption (dose $\geq \text{TEEL}-2 \times 1 \text{ heure}$). Il s'agit en l'occurrence de la distance maximale (d_{max}), en fonction de la masse et du diamètre moyen des particules non monodispersées, pour une valeur $\text{LEP} = 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figure 7

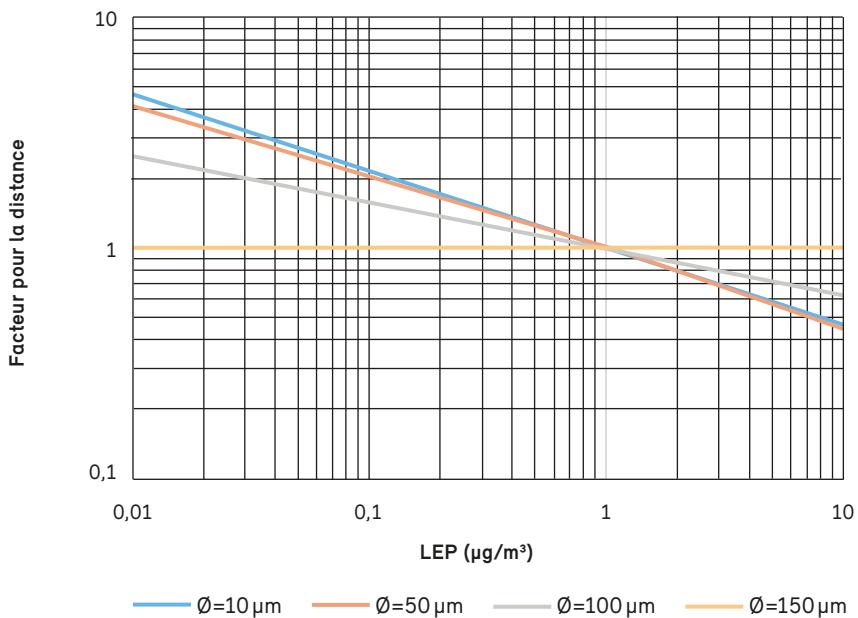
Distance, à partir du lieu de libération, sur laquelle le critère d'interruption (dose $\geq \text{TEEL}-2 \times 1 \text{ heure}$) est rempli pour une SHA présentant une valeur LEP de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Si la substance libérée présente une LEP autre que $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, il faudra corriger dans un deuxième temps la longueur du triangle précédemment déterminée, en appliquant le facteur (f_d) tiré de la figure 8. C'est ainsi qu'est déterminée la distance maximale (d_{max}) pour une SHA présentant une valeur $\text{LEP} \neq 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Figure 8

Facteur de correction (f_d) pour adapter la distance lorsque $LEP \neq 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Le nombre total de personnes blessées dans le périmètre touché peut être calculé selon la formule 2¹⁵, compte tenu des densités de la population (P_i) s'écartant largement de la valeur moyenne :

Formule 2

$$\text{nombre de blessés} \approx (d_{\max \text{ pour } LEP = 1 \mu\text{g}/\text{m}^3} \times f_d)^2 \times P_M \times 0,02 + \sum_{i=1}^n (n_{corr i} \times I_{corr i} \times 0,11) \times (P_{ii} - P_M)$$

Pour n_{corr} dans la formule 2, la condition limite de la formule 3 ci-après doit être remplie :

Formule 3

$$n_{corr i} \leq 0,177 \times d_{corr i} \times 2$$

15 La dérivation de la formule 2 est expliquée à l'annexe VII.

Exemple, étape 6**Prise en compte d'une densité de la population plus élevée localement P_l .**

Principe: la correction pour la densité de la population localement différente se calcule en multipliant la surface locale divergente par la différence entre les densités de la population ($P_l - P_M$).

Notre exemple:

Masse $m = 10$ kg, diamètre des particules $P_D = 10 \mu\text{m}$, LEP = $0,1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et densité moyenne de la population $P_M = 6000 \text{ pers}/\text{km}^2$, 11 % des personnes se trouvent à l'air libre (facteur = 0,11).

On obtient une distance maximale corrigée en raison de la LEP de

$d_{\max} = d_{\max \text{ LEP}} = 1 \mu\text{g}/\text{m}^3 \times f_d$; $d_{\max} = 1,1 \times 2,2 = 2,42 \text{ km}$. (distance de 1,1 km, tirée de la figure 7 et facteur pour la distance de 2,2 tiré de la figure 8).

Nombre de blessés dans la zone maximale touchée

$$= d_{\max}^2 \times P_M \times 0,02 = 702 \text{ blessés}$$

Dans le périmètre touché se trouve une zone de longueur $l_{\text{corr1}} = 0,4 \text{ km}$ et de largeur = 0,35 km, où la densité de la population $P_l = 10\,000 \text{ personnes}/\text{km}^2$, à la place de la valeur moyenne utilisée dans les estimations faites jusque-là, soit $P_M = 6000 \text{ personnes}/\text{km}^2$.

Nombre de blessés sur cette surface: $K = (0,4 \times 0,35 \times 0,11) \times (10\,000 - 6000) = 62$

«Nombre total de blessés» = nombre de blessés dans la zone touchée + nombre de blessés dans le secteur où la densité de la population est différente, donc $702 + 62 \approx 764$ personnes.

Interprétation :

Dans cet exemple, on obtient, avec toutes les corrections, 764 blessés, ce qui dépasse la valeur d'accident majeur de 0,3 et de 100 blessés. L'entreprise concernée doit par conséquent établir une étude de risque.

Annexe

Annexe I: Paramètres d'entrée dans le modèle SEIHAS pour l'estimation de l'ampleur à l'aide des nomogrammes

No	Parameter	Default	Value	Dim	Remarks
1	Substance name InChI-Key od ID.				CAS-Nr.
2	Molecular mass	0,4		kg/mol	Relevant since OEL/ED ₅₀ /ADE TTC in mg, µg
3	Mass (HAS)	20		kg	Minimum mass StFV: 20 [kg]
4	Source strength	100		%	Percent of initial mass possibly releaseable
5	TEEL-1 or TEEL-2 or TEEL-3	2		Dmnl	TEEL-2: disabling
6	OEL (Occupational Exposure Limit)	1		µg/m ³	<10 [µg/m ³]
7	ED ₅₀ (therapeutic)	0		mg	≤10 [mg/d]
8	CMR (yes/no)	no		Dmnl	For classes 1/2
9	Bioavailability (inhalation: cloud)	1		Dmnl	Only for parameters originally NOT based on inhalation (ED ₅₀ , LD ₅₀ , ADE/RfD, IUR, TTC).
10	Bioavailability (oral: contamination)	1		Dmnl	For oral determined toxicities: default = 1
11	Breathing rate	0,00023		m ³ /s	Default: normal 0,833 [m ³ /h]
12	Concentration/dose dependent (0/1)	1		Dmnl	Dependence of expected effects
13	Physical state (solid, liquid, gaseous; s,l,g)	s		Dmnl	Physical state of HAS (liquid aerosol if dissolved released)
14	Vapor pressure (25 °C)	30		mbar	Only relevant for liquid HAS (evaporation)
15	Particle density	1,4		g/cm ³	1,4 [g/cm ³] mean for organic particles
16	Average particle diameter	10		µm	Default: critical value
17	Aerosol no/yes	no		Dmnl	Aerosol: e.g. dissolved substance or drops
18	Particle normal distribution	yes		Dmnl	Particle size distribution of the powder
19	Night/day (0/1)	1		Dmnl	Night: 1 hour before sunset to 1 hour after sunrise
20	Meteo: Stability class A–G	D		Dmnl	Dispersion class D (relevant for worst-case)
21	Roughness of terrain (flat, rural, urban, city)	urban		Dmnl	Buildings, trees ...
22	Release height	0,1		m	Point of release above ground
23	Mean population density	0,001		P/m ²	Density for relevant dispersion area (1000 P/km ²)
24	Proportion indoor (day)	0,89		Dmnl	Population indoor, also valid for cars
25	Proportion indoor (night)	0,89		Dmnl	Population indoor, also valid for cars
26	2nd Containment (yes/no)	no		Dmnl	Indirect release over containment = yes
27	Room height (2 nd containment)	3		m	Dimensions of 2 nd containment
28	Room area (2 nd containment)	30		m ²	Dimensions of 2 nd containment
29	Ventilation (2 nd containment)	0,0025		1/s	0,0025 [s ⁻¹] = 12,5 [h ⁻¹]
30	Duration of release (2 nd containment)	3600		s	Time of running ventilation after incident without filters
31	Special				
	Results:				
	Number of persons under the cloud			P	Dose according to chosen TEEL (1,2,3)
	Contaminated area			m ²	Estimation of uniform contamination

Comments: e.g. contamination, biodegradation, water solubility

Les limites du modèle sont déterminées essentiellement par les incertitudes dans les paramètres et les conditions locales spécifiques lors de la dissémination.

Annexe II: Explications relatives à différents champs de la grille morphologique, par ordre d'apparition (voir tableau 2)

Composante	Description de la composante
Composantes relatives au paramètre « Déclencheur »	
Technique	Accident majeur déclenché par la défaillance d'un système technique, y compris erreurs de mesure, de commande et de technique de réglage
Facteurs humains	Accident majeur déclenché par un comportement erroné ou une incapacité du personnel, ou par des défauts dans l'organisation
Influences environnementales	Accident majeur déclenché par un défaut du système causé par un tremblement de terre, la foudre, une inondation, etc.
Effets domino	Accident majeur provoqué par la survenue d'un autre accident majeur ou d'un accident.
Composantes relatives au paramètre « Erreur du système »	
Emballage thermique	Défaillance du système due à un processus produisant de la chaleur qui se renforce de lui-même (emballage thermique).
Explosion de poussières	Défaillance du système due à l'inflammation de poussières non encore consumées, en présence d'une quantité suffisante d'oxygène, dans un récipient à réaction ou dans un local. Si les équipements sont résistants à la pression ($p > 10$ bar), il n'y a pas lieu d'espérer des dommages à l'espace environnant
Incendie	Défaillance du système due à un incendie dans lequel les SHA sont directement impliqués ou sont encerclés par le feu. Les SHA peuvent fondre, se vaporiser, se désagréger ou brûler.
Défaillance de conteneurs	Défaillance d'un conteneur en raison d'une surpression ou d'une dépression inadmissible.
Fuites dans les emballages	Endommagement (p. ex. mécanique) de l'emballage. Pour ce type d'erreur du système, seule la part de la SHA qui s'est échappée est multipliée par le facteur d'intensité de la source. Pour les autres erreurs du système, c'est la quantité totale de la substance présente dans le système qui est multipliée par le facteur d'intensité de la source.
Composantes relatives au paramètre « Barrières du système »¹⁶	
Blow-down-Tank	Réservoir de sécurité monté en aval du processus et destiné à récupérer rapidement les matériaux qui s'échapperait. Si cette barrière n'est pas conçue de façon optimale, il se peut qu'elle ne puisse pas retenir toute la quantité de SHA.
2^o confinement	Il s'agit d'un 2 ^o confinement, entourant le premier (conteneur, réacteur, emballage). Si cette enveloppe n'est pas réalisée de manière optimale, il peut arriver qu'elle ne puisse pas retenir toute la quantité de SHA.
Système de filtre HEPA	Il s'agit de filtres présentant des pores de très petite taille et permettant ainsi d'empêcher l'émission de particules (aérosols). Si cette barrière n'est pas conçue de façon optimale ou si la barrière du système est sur-sollicitée, il se peut qu'elle ne puisse pas retenir toute la quantité de SHA.

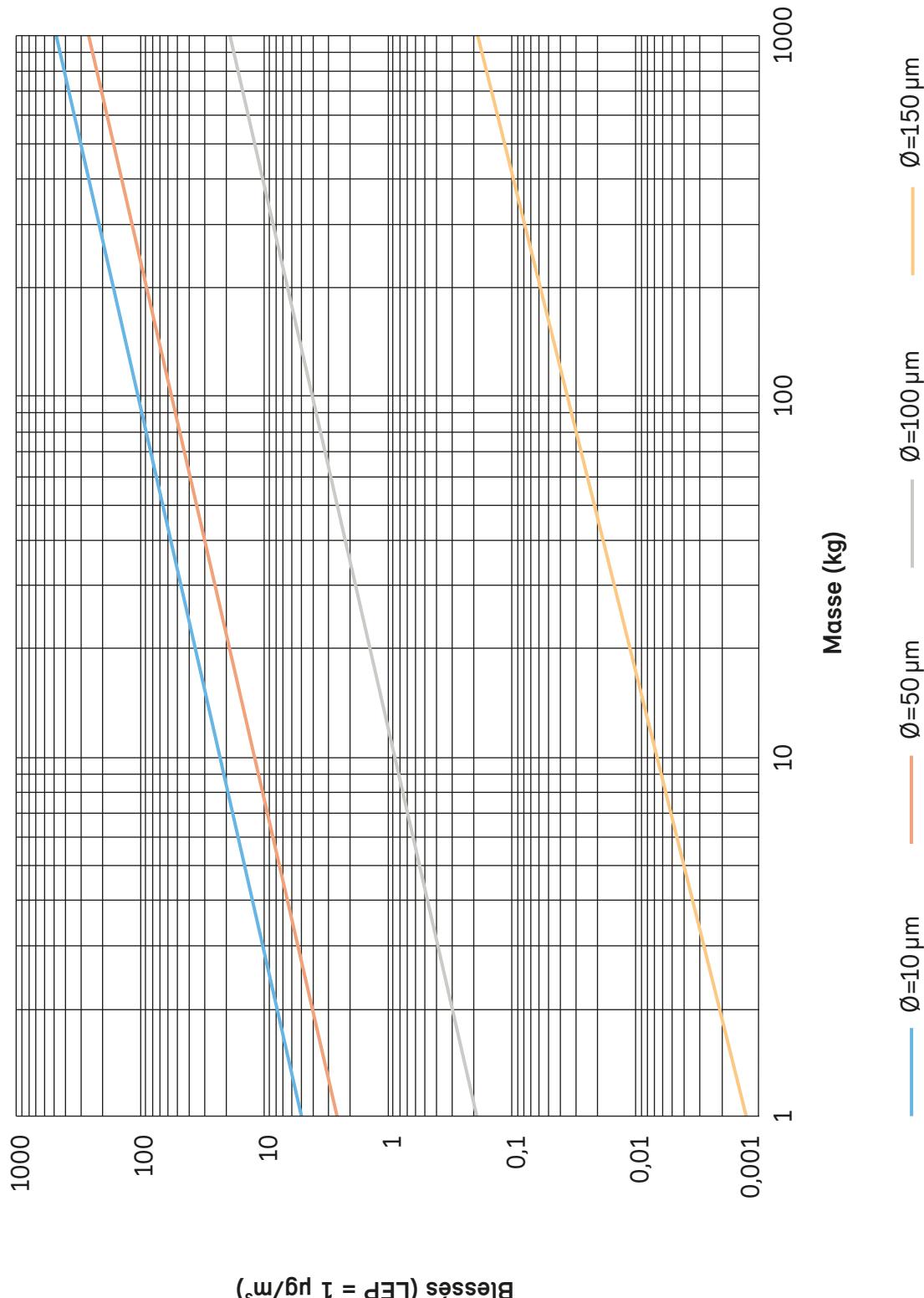
¹⁶ Les facteurs d'intensité de la source pour les composantes du paramètre « Barrières du système » ne sont pas des valeurs de fiabilité pour les mesures de sécurité mentionnées, mais ils indiquent la part de la substance pouvant合理ement être libérée en cas de défaillance de la mesure. Même en cas de défaillance totale des mesures de sécurité, hypothèse qui doit être à la base du rapport succinct, il y a des limites physiques (dimensions des ouvertures sur l'extérieur, etc.) faisant que l'on peut partir du principe que ce n'est pas la quantité intégrale d'une SHA impliquée dans un accident majeur qui parvient dans l'environnement.

Composante	Description de la composante
Aucune	Il n'y a aucune barrière du système. Cela peut par exemple être le cas s'il y a défaillance d'un emballage à l'air libre. La libération a par conséquent lieu sans être influencée par un système de barrière.
Autres	Si d'autres systèmes de barrières sont utilisés, il convient de fournir des informations concrètes concernant leur type et leur conception. L'hypothèse de base pour le scénario le plus pessimiste est qu'une conception erronée ou un mauvais dimensionnement font que la barrière ne peut pas retenir la totalité de SHA. En règle générale, il faut utiliser un facteur > 0 .
Composantes relatives au paramètre «Libération»	
Aérosol avec liquide	La SHA est libérée dans l'environnement sous forme liquide ou dissoute, plus précisément de gouttelettes en suspension dans l'air.
Poudre $\varnothing < 10 \mu\text{m}$ Standard¹⁷	La SHA est libérée dans l'environnement sous la forme d'un mélange poudreux de particules d'un diamètre moyen $\leq 10 \mu\text{m}$ ($2 \mu\text{m} < \varnothing \leq 10 \mu\text{m}$). Les particules d'un diamètre $< 2 \mu\text{m}$ se comportent comme des gaz. Pour estimer l'ampleur des dommages, il convient de lire les valeurs sur la courbe pour une taille de particules de $10 \mu\text{m}$ dans les nomogrammes des figures 4, 5, 7 et 8.
Poudre $\varnothing \approx 50 \mu\text{m}$	La SHA est libérée dans l'environnement sous la forme d'un mélange poudreux de particules d'un diamètre moyen de l'ordre de $50 \mu\text{m}$ ($150 \mu\text{m} < \varnothing > 10 \mu\text{m}$). Pour estimer l'ampleur des dommages, il convient de lire les valeurs sur la courbe pour une taille de particules de $50 \mu\text{m}$ dans les nomogrammes des figures 4, 5, 7 et 8.
Poudre $\varnothing \approx 150 \mu\text{m}$	La SHA est libérée dans l'environnement sous la forme d'un mélange poudreux de particules d'un diamètre moyen de l'ordre de $150 \mu\text{m}$ ($400 \mu\text{m} < \varnothing > 150 \mu\text{m}$). Pour estimer l'ampleur des dommages, il convient de lire les valeurs sur la courbe pour une taille de particules de $150 \mu\text{m}$ dans les nomogrammes des figures 4, 5, 7 et 8.
Poudre $\varnothing \geq 400 \mu\text{m}$	La SHA est libérée dans l'environnement sous la forme d'un mélange poudreux de particules d'un diamètre moyen $\geq 400 \mu\text{m}$. À partir de cette taille de particules, les explosions de poussières ne sont pas possibles. [19]. Pour estimer l'ampleur des dommages, il convient de lire les valeurs sur la courbe pour une taille de particules de $150 \mu\text{m}$ dans les nomogrammes des figures 1, 4, 7 et 8 (hypothèse conservatrice).
Vapeur	La SHA est libérée dans l'environnement par évaporation de liquides à partir d'une flaque. Pour estimer les dommages, il faut lire, dans les nomogrammes des figures 1, 4, 7 et 8, les valeurs sur la courbe pour une taille de particules de $10 \mu\text{m}$ (hypothèse conservative).
Composantes relatives au paramètre «Émission»	
Conduit d'évacuation	La SHA est libérée dans l'environnement par le conduit d'évacuation, soit directement d'un système sans filtre, soit par le biais d'un Blow-Down-Tank.
Aération	La SHA est émise dans l'environnement par le système d'aération, par l'air entrant ou sortant d'un système ou d'un local.
Vitres/murs brisés	La SHA est émise dans l'environnement par des fissures et des brèches dans les vitres ou les murs.
Ouverture du bâtiment	La SHA est émise dans l'environnement par des fenêtres ou des portes ouvertes (p. ex. dépôt).
À l'air libre	La substance n'est pas confinée dans un local et elle est libérée directement dans l'environnement.

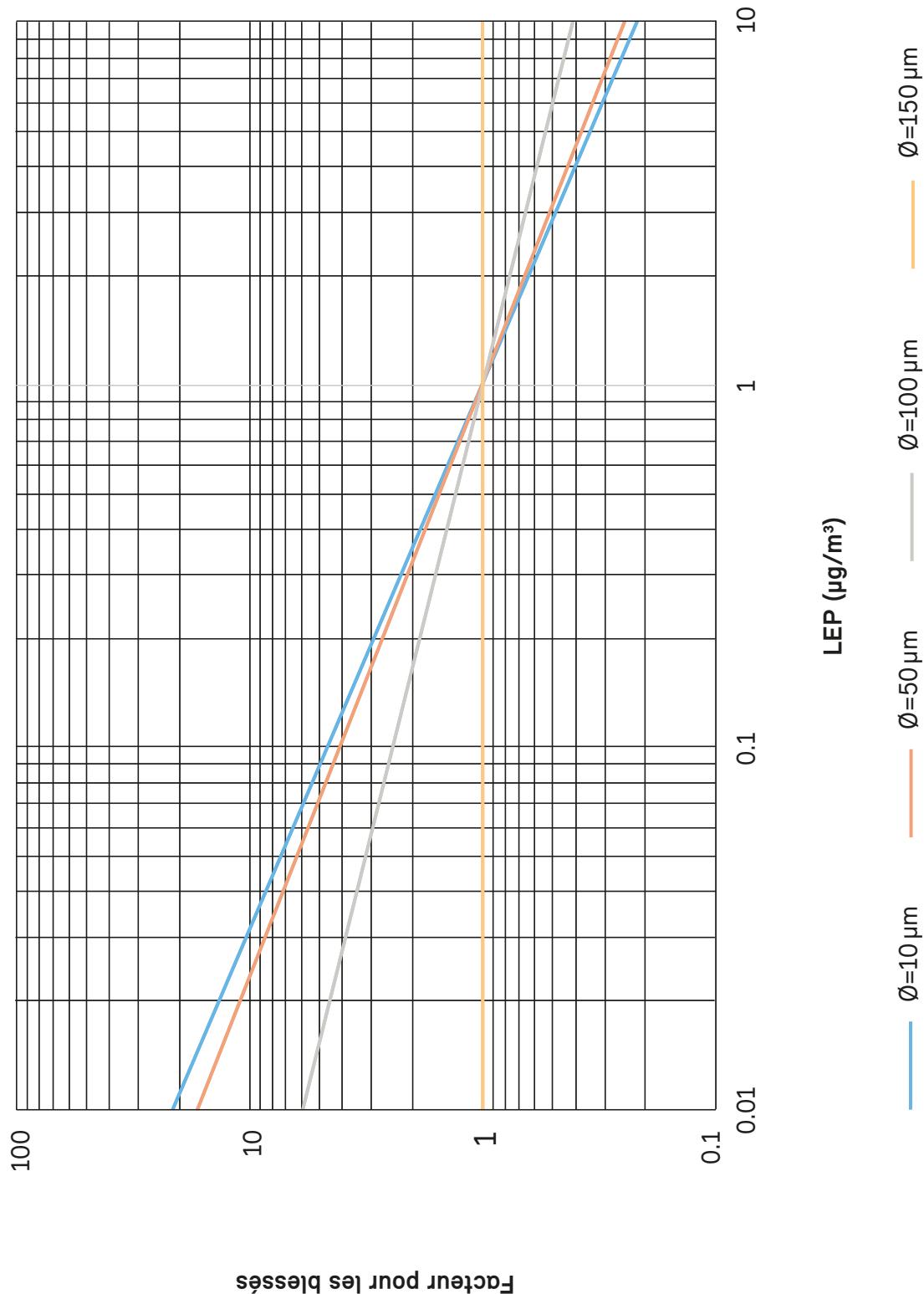
17 La dimension standard doit être utilisée si les diamètres des particules n'ont pas été mesurés.

Composante	Description de la composante
Composantes relatives au paramètre «Transmission»	
Air	La SHA est disséminée sous la forme d'un nuage de polluants dans l'air. Cette voie de transmission a été calculée à l'aide du modèle pour l'exposition à court terme «Simulation of Effects caused by Incidents with HAZ (SEIHAS)», en utilisant les paramètres indiqués dans l'annexe.
Gaz de combustion	La SHA est emportée en altitude par l'ascendance thermique due à l'incendie. Elle se mélange aux gaz de l'incendie et forme un nuage de polluants qui se répand dans l'environnement. La propagation de ce nuage peut être estimée au moyen du calcul pour la voie de transmission «air».
Composantes relatives au paramètre «Exposition»	
Inhalation	Les personnes exposées absorbent la SHA par les poumons, à partir d'un nuage de particules ou d'aérosols.
Résorption cutanée	Les personnes exposées absorbent la SHA par la peau, à partir d'un nuage de particules ou d'aérosols ou par des contaminations.
Composantes relatives au paramètre «Effets»	
Effet grave	Les personnes exposées subissent des blessures ou sont dans l'impossibilité de fuir; correspond à la définition pour la valeur TEEL-2.
Effet menaçant la vie	Les personnes exposées subissent des blessures graves; correspond à la définition pour la valeur TEEL-3.
Effet CMR	Les personnes exposées à des substances CMR des classes 1 et 2 ont un risque significativement accru de développer un cancer ($> 1:10000$), de subir des mutations génétiques, de connaître des troubles dans leur capacité à procréer ou de voir des anomalies de développement dans leur descendance. Ces personnes sont également considérées comme des blessés.

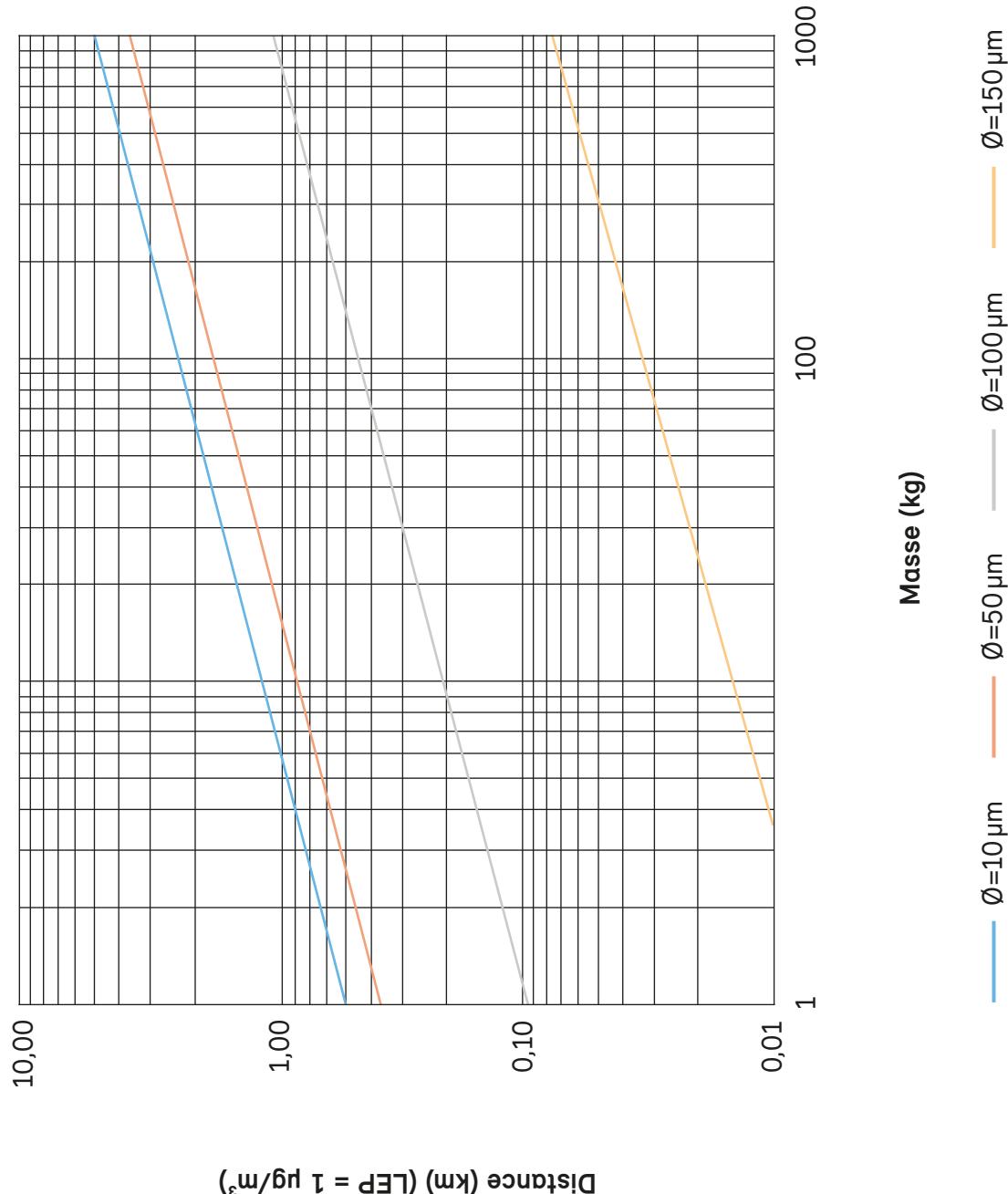
Annexe III : Nomogramme servant à estimer l'ampleur des dommages – Nombre de blessés en fonction de la masse de SHA libérée, pour une valeur LEP standard de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ et une densité de la population de 1000 personnes/ km^2 .



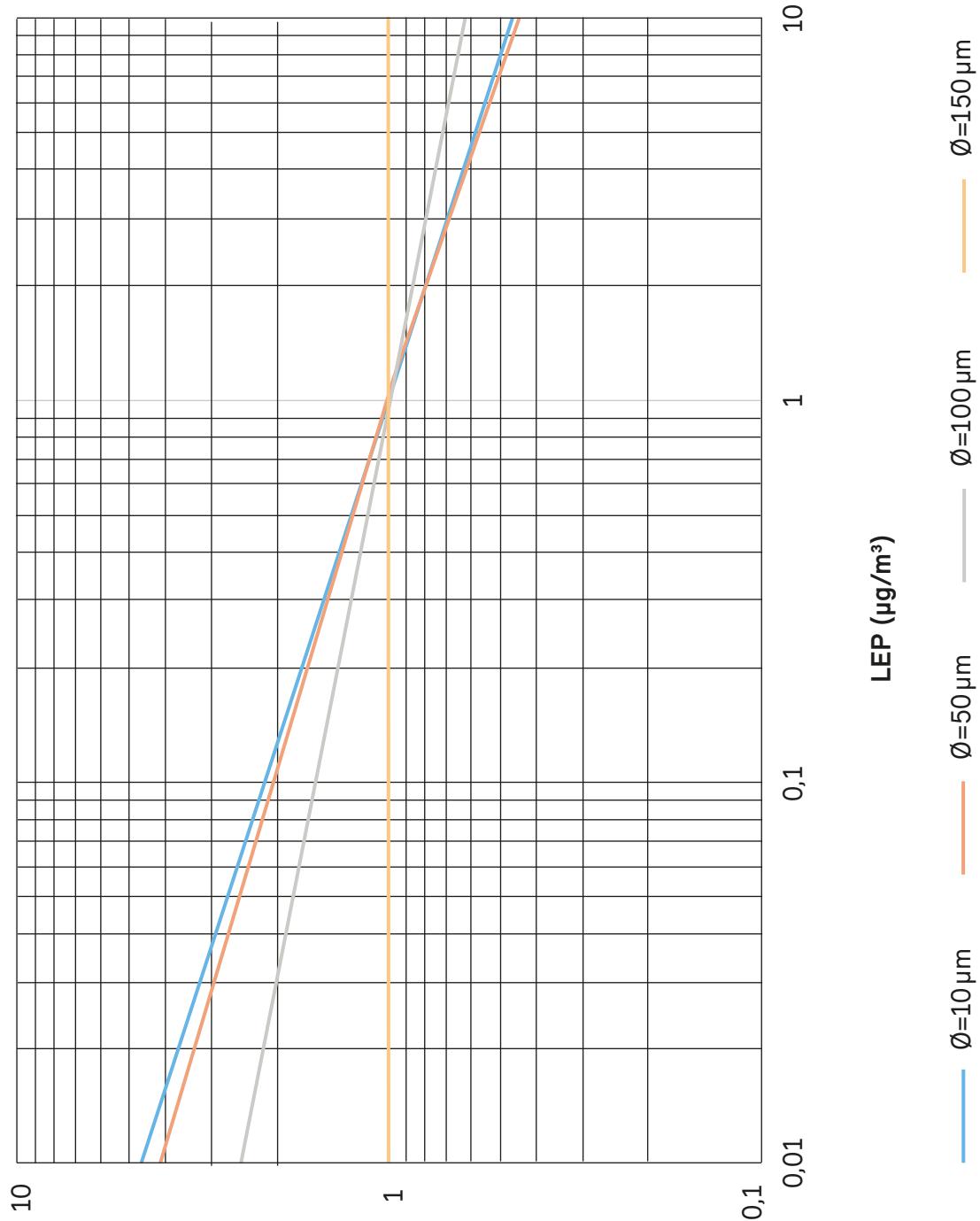
Annexe IV : Nomogramme servant à estimer l'ampleur des dommages – Facteur pour le nombre de blessés, lorsque la LEP s'écarte de la valeur standard de $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$.



Annexe V: Nomogramme servant à estimer l'ampleur des dommages – Distance maximale (dmax) parcourue par le nuage de dispersion, en km, en fonction de la masse et de la taille des particules, pour une valeur LEP = 1 µg/m³.



Annexe VI : Nomogramme servant à estimer l'ampleur des dommages – Facteur de correction pour la distance maximale lorsque $LEP \neq 1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (donc $d_{\max} = d_{LEP=1 \mu\text{g}/\text{m}^3} \times f_d$).



Annexe VII : Dérivation de la formule 2

Pour estimer grossièrement la totalité de la surface touchée par le nuage de polluants :

formule VII.1: surface maximale touchée $\approx (d \text{ max (km)} \times \text{facteur de distance})^2 \times 0,177^{18}$

Le nombre de blessés sur la surface maximale touchée peut être déterminé de la manière suivante, sans correction de la densité locale de la population :

formule VII.2: nombre de blessés sur la surface maximale touchée $\approx \text{surface maximale touchée} \times \text{densité moyenne de la population dans la zone touchée par le nuage} \times \text{pourcentage de personnes à l'air libre} \approx (d \text{ max [km]} \times \text{facteur de distance})^2 \times 0,177 \times P_M (\text{pers./km}^2) \times 0,11$

Pour les secteurs où la densité locale de la population s'écarte fortement du standard, il faudra procéder à une correction, en tenant compte du pourcentage des surfaces (voir formules 3, 4) et des densités locales correspondantes.

La surface corrigée localement S_{corr} est :

formule VII.3: $S_{corr} = n_{corr} (\text{km}) \times l_{corr} (\text{km})$

Le nombre de blessés dans une zone (Scorr) présentant une densité de la population s'écartant fortement de la moyenne peut être estimé à l'aide de la formule suivante :

formule VII.4: nombre de blessés dans la zone à densité de la population différente $\approx \text{surface} \times (\text{densité locale de la population} - \text{densité moyenne de la population}) \times \text{pourcentage de personnes à l'air libre} \approx S_{corr} (\text{km}^2) \times (P_l [\text{pers./km}^2] - P_M [\text{pers./km}^2]) \times 0,11$

Le nombre de blessés sur la surface maximale touchée et qui est déterminant pour l'évaluation se calcule ensuite en additionnant tous les blessés dans les différents secteurs ayant une densité de la population s'écartant de la moyenne et le nombre de blessés dans la zone maximale affectée.

formule VII.5: nombre total de blessés $\approx \Sigma(\text{nombre de blessés dans les secteurs ayant une densité de la population différente}) + \text{nombre de blessés sur la surface maximale touchée}$

¹⁸ 0,177 correspond à la tangente à 10° de la surface et à un angle de propagation de 20°, pour la classe de stabilité de l'air D (voir figure 6).

Répertoires

Glossaire

AEGL («Acute Exposure Guideline Levels»): valeurs de concentration de pointe toxicologiquement fondées, qui sont également utilisées dans la maîtrise des événements.

Blessés: personnes qui ont été exposées à la dose d'une concentration de valeur TEEL-2 pendant une heure ou davantage.

CL50 (concentration létale médiane, LC50 en anglais): concentration d'une substance agissant dans l'environnement (eau, sol ou air) qui est mortelle pour 50 % d'un certain type d'organismes en l'espace d'un temps défini.

Classe de propagation: classification météorologique du comportement de propagation physique de substances dans l'air. Dans le système de classification de Pasquill, les classes A à G vont de très instable à très stable.

CMR: classe de substances se caractérisant par leurs effets cancérogène, mutagène ou reprotoxique.

Confinement primaire: système fermé entrant directement en contact avec les substances (SHA) et les enferme.

Confinement secondaire: deuxième enveloppe entourant le premier confinement.

DE50(dose-effet 50 %): dose qui provoque l'effet escompté chez 50 % des individus observés.

DL50 (dose létale médiane, LD50 en anglais): quantité d'une substance donnée qui est mortelle pour 50 % d'un certain type d'organismes.

Échantillonnage: analyse de substances et de préparations afin de vérifier qu'elles présentent des propriétés données; les prélèvements sont faits dans le cadre de la production, du stockage et des contrôles d'entrée et de sortie.

Emballage thermique (ou emballage à réaction, «runaway»): processus produisant de la chaleur qui s'emballe et se renforce de lui-même.

ERPG («Emergency Response Planning Guidelines»): valeurs de concentration de pointe toxicologiquement fondées, qui sont utilisées aussi bien dans la prévention des accidents majeurs que dans la maîtrise des événements. À la différence des valeurs AEGL, elles ne sont calculées que pour une durée d'exposition d'une heure. Les valeurs ERPG sont remplacées par les valeurs AEGL dès que ces dernières ont été déterminées.

Filtre HEPA: filtre destiné à retenir des substances en suspension dans l'air. Il assure une filtration en profondeur et peut éliminer des particules d'un diamètre aérodynamique inférieur à 1 µm. On distingue différentes catégories, selon la capacité de filtration: filtre à particules de haute performance (EPA = Efficient Particulate Air filter), filtre à particules aériennes (HEPA = High Efficiency Particulate Air filter) et filtre à particules aériennes de haute performance (ULPA = Ultra Low Penetration Air filter). Les filtres à particules aériennes sont utilisés par exemple pour éliminer des bactéries, des virus, des pollens, des œufs et des excréments d'acariens, des poussières, des aérosols ou des particules de fumée. La filtration des particules se fait d'une part par un effet de tamisage (petite taille des pores) et d'autre part par une adhérence aux fibres du filtre (effets d'inertie, de diffusion, etc.).

IDLH («Immediately Dangerous to Life and Health»): grandeurs de référence pour la concentration maximale d'une substance dans l'air qui n'entraîne pas de dommages graves ni durables, si l'on fuit les lieux dans les 30 minutes.

LEP (limites d'exposition professionnelle): concentrations maximales admises des substances dangereuses dans l'air d'un environnement de travail, pour une exposition quotidienne pendant le temps de travail.

LOC («Level Of Concern», niveau d'inquiétude): concentration dans l'air d'une substance extrêmement dangereuse, niveau au-dessus duquel une exposition de courte durée peut entraîner des atteintes à la santé irréversibles ou causer la mort.

MAK (concentration maximale au poste de travail, Maximale Arbeitsplatz-Konzentration): concentration la plus élevée qui est admissible dans l'air (respiré) des postes de travail en une substance donnée (sous forme de gaz, vapeur ou poussière) et qui ne devrait pas mettre en danger la santé, même si les personnes y sont généralement exposées pendant 8 heures par jour, au plus 40 (42) heures hebdomadaires (travail en équipes).

Marchandise en vrac (bulkware): selon la définition des Nations Unies, toute marchandise transportée qui, au vu de ses caractéristiques physiques uniformes, se prête au transbordement et au transport en vrac. Il s'agit de marchandises traitées en grandes quantités et qui ne sont généralement pas destinées au consommateur final, mais aux marchands et aux entreprises de transformation. Elles sont généralement destinées à être intégrées dans un produit final. Les marchandises en vrac sont donc en règle générale des produits semi-fabriqués ou des biens de production.

Modèle à bouffées (puff): lors d'un accident majeur, la totalité de la masse de SHA est libérée instantanément, en fonction de l'intensité de la source. Cette dernière est dès lors indépendante du scénario d'émission. Ce modèle est prudent.

Modélisation «Box»: les SHA libérés se répartissent uniformément dans un segment sphérique (isotrope). Ce segment se déplace dans la direction du vent. Son rayon augmente au fur et à mesure en fonction de la classe de propagation de la substance. Dans la direction verticale, la dissémination se réduit proportionnellement à la vitesse de sédimentation. Le volume croissant résultant de l'augmentation du rayon est rempli par de l'air, faisant que la concentration en SHA diminue. On suppose un mélange rapide à l'intérieur du nuage, ce qui signifie que la concentration à l'intérieur de la «boîte» reste constante.

Particules monodispersées: particules présentant une taille uniforme. Dans la pratique, la taille des particules composant une poudre présente une répartition statistique autour d'une valeur moyenne.

Particules polydispersées: particules présentant différentes tailles. Les poudres sont le plus souvent polydispersées dans la pratique, plus précisément, il y a une distribution statistique de la taille des particules autour d'une valeur moyenne.

PEL («Permissible Exposure Level»): valeur limite à la place de travail utilisée aux États-Unis.

Plaquettes thermoformées: forme d'emballage permettant au client ou à l'acheteur de voir le produit emballé. Le produit est généralement enfermé entre un film de matière plastique transparente cloquée et une paroi arrière (p.ex. en aluminium) sur laquelle sont imprimées des informations. Ce mode de conditionnement est fréquent pour les comprimés, dragées et gélules. La caractéristique primordiale ici n'est pas tant la visibilité du contenu, mais bien plus la possibilité de prélever les comprimés un à un.

QSAR («Quantitative Structure-Activity Relationship», relation quantitative structure à activité ou relation quantitative structure à propriété): les modèles QSAR sont des modèles de régression ou de classification, à l'aide desquels il est possible d'attribuer à des structures chimiques des propriétés physiques, chimiques et toxicologiques quantitatives, estimées sur la base de comparaisons avec des substances bien connues.

SEIHAS («Simulation of Effects caused by Incidents with HAS»): modèle pour l'exposition à court terme (modèle à bouffées et box) mis au point par le Prof. Peter Bützer pour simuler la propagation de nuages de particules.

SHA (substances de haute activité ou de haute efficacité): substances qui se caractérisent par d'importants effets spécifiques. Dans les ouvrages en langue anglaise, les SHA des produits pharmaceutiques sont appelés High Potency Active Pharmaceutical Ingredients (HPAPI), soit des composés hautement actifs.

STEL (« Short-Term Exposure Limit ») : valeur limite d'exposition à court terme.

TCLo : concentration toxique la plus faible qui soit connue.

TDLo : dose toxique la plus faible qui soit connue

TEEL (« Temporary Emergency Exposure Limits », limites d'exposition d'urgence temporaire) : valeurs de concentration indicatives provisoires en cas d'accident majeur estimées à partir d'autres valeurs indicatives et valeurs limites, selon une méthode intelligible. Elles doivent être utilisées en l'absence de valeurs plus fiables.

TEEL-2 (limites d'exposition d'urgence temporaire de niveau 2) : valeurs de concentration indicatives provisoires en cas d'accident majeur obtenues selon une méthode relativement imprécise et qui indiquent le seuil à partir duquel une substance cause des effets graves, de longue durée ou empêchant la fuite.

TLV (« Threshold Limit Value ») : valeur limite d'exposition au poste de travail, pour laquelle il n'y a pas lieu de craindre des effets négatifs sur la santé en cas d'exposition toute la vie durant.

VLIEP : valeur limite indicative d'exposition professionnelle (IOEL en anglais, Indicative Occupational Exposure Limit). Fixées par le Conseil européen, ces valeurs ne sont pas contraignantes pour les États membres, mais doivent être prises en compte lors de la fixation des valeurs LEP.

Bibliographie

- [1] Ordonnance du 27 février 1991 sur la protection contre les accidents majeurs (ordonnance sur les accidents majeurs, OPAM) (état le 1^{er} juin 2015), RS 814.012
- [2] U.S. Department of Energy, DOE Handbook, Temporary Emergency Exposure Limits for chemicals: Methods and Practice, DOE-HDBK-1046-2008, August 2008, http://orise.orau.gov/emi/scapa/files/doe-hdbk-1046-2008_ac.pdf, 2016-01-12
- [3] Office fédéral de l'environnement (OFEV), démarche systématique, Aide à l'exécution Manuel de l'ordonnance sur les accidents majeurs, Berne, 2017
- [4] Commission des experts pour la sécurité dans l'industrie chimique en Suisse (CESICS), GSU-Management in einem Produktionswerk der chemischen Industrie, Heft 16/2013
- [5] Mannan S., Lees' Loss Prevention in the Process Industries: Management and Management Systems, 2012, 4. Ed., Vol. 1, 108 – 130
- [6] Deutsche Gesetzliche Unfallversicherung (DGUV), Arbeitskreis «Pharmazeutische Industrie», Sicheres Arbeiten in der pharmazeutischen Industrie, Jedermann-Verlag GmbH, Heidelberg, 2012, 115
- [7] Health and Safety Executive (HSE), COSHH Essentials, HSG193, Her Majesty's Stationery Office, Colegate, 1999, Health and Safety Executive (HSE), HSG193, Index to the Control Guidance Sheets, May 1999
- [8] Thayer A.M., Contained Chemistry, Chem. & Eng. News, 88(24), 2008 17–27, Farris J.P., Ader A.W., Ku R.H., History, implementation and evolution of the pharmaceutical hazard categorization and control system, Chemistry Today, 24(2), 2006, 5–10[6] Hirst N., Brocklebank M., Ryder M. (eds.), Contained Systems, Institution of Chemical Engineers, Rugby, 2002
- [9] Müller L., Mauthe R.J., Riley C.M., Andino M.M., De Antonis D., Beels C., DeGeorge J., De Knaep A.G.M., Ellison D., Fagerland J.A., Frank R., Fritschel B., Galloway S., Harpur E., Humphrey C.D.N., Jacks A.S., Jagota N., Mackinnon J., Mohan G., Ness D.K., O'Donovan M.R., Smith M.D., Vudathala G., Yotti L., A rationale for determining, testing, and controlling specific impurities in pharmaceuticals that possess potential for genotoxicity, Regulatory Toxicology and Pharmacology, 44, 2006, 198 – 211

-
- [10] DOE Handbook, Temporary Emergency Exposure Limits for Chemicals: Methods and Practice, DOE-HDBK-1046-2008, August 2008, 10
 - [11] Bützer P., SEIHAS (Simulation of Effects caused by Incidents with HAS), ein systemdynamisches Modell mit Simulation mit Vensim Pro (Version 6.0.0.1) 2016; Bützer P., Mögliche Folgen von Störfällen mit hochaktiven Stoffen (HAS), CLB, 67(09-10), 2016, 408 – 423
 - [12] U.S. Chemical Safety and Hazard Investigation Board, Pesticide Chemical Runaway Reaction Pressure Vessel Explosion, Report No. 2008-08-I-WV, January 2011, 8, 88
 - [13] Simulation: z. B. Spijker C., Kern H., Raupenstrauch H., Held K., Modeling Dust Explosions, AIChE, 2013 Annual Meeting; TNT-Äquivalente: BAFU, Brand- und Explosionseigenschaften synthetischer Nanomaterialien. Erste Erkenntnisse für die Störfallverordnung, Bern, 2010, 24–26; Formula:(Kaiser W. et al, Ermittlung und Berechnung von Störfallablaufszenerien nach Maßgabe der 3. Störfallverwaltungsvorschrift, Band 1, Forschungsbericht 297 48 428, UBA-FB 000039/1, 42.
 - [14] Grossel S.S., Crowl D.A. (eds.), Handbook of Highly Toxic Materials Handling and Management, Marcel Dekker Inc., New York, 1995, 344
 - [15] Warnatz J., Maas U., Dibble R.W., Verbrennung, Springer Verlag, Berlin-Heidelberg, 3. Auflage, 2001, 296.
 - [16] Drysdale D., Fire Dynamics, John Wiley & Sons, Chichester, 2nd ed., 2007, 339; Hauptmanns U., Herttrich M., Werner W., Technische Risiken, Springer Verlag, Berlin, 1987, 129.
 - [17] Crowl D.A., Britton L.G., Frank W.L., Grossel S., Hendershot D., High W.G., Johnson R.W., Kletz T.A., Leung J.C., Morre D.A., Ormsby R., Prugh R.W., Owens J.E., Siwek R., Spicer T.O., Summers A., Willey R., Woodward J.L., Perry's Chemical Engineers' Handbook, 8th Edition, Section 23, Process Safety, The McGraw-Hill Companies, Inc., 2008, 23–80–23–87
 - [18] Cormier S.A., Lomnicki S., Backes W., Dellinger B., Origin and Health Impacts of Emissions of Toxic By-Products and Fine Particles from Combustion and Thermal Treatment of Hazardous Wastes and Materials, Environmental Health Perspectives, 114(6), 2006, 810 – 817
 - [19] EPA, Soil Screening Guidance: User's Guide, Second Edition, EPA/540/R-96/018, July 1996

-
- [20] Klepeis N.E., Nelson W.C., Ott W.R., Robinson J.P., Tsang A.M., Switzer P., Behar J.V., Hern S.C., Engelmann W. H., The National Human Activity Pattern Survey (NHAPS), A Resource for Assessing Exposure to Environmental Pollutants, *Journal of Exposure Analysis and Environmental Epidemiology*, 11, 2001, 231 – 252.
 - [21] Office fédéral de la statistique, 01 Population, www.bfs.admin.ch/bfs/portal/fr/index/regionen/thematische_karten/03/14/01/01.html, 11 juillet 2016