

## PROJET 69

*« Installations chimiques à haut risque et réduction des risques  
pour la Façade Atlantique de l'Afrique »*

**MEMENTO RISQUES INDUSTRIELS**  
**LES SCENARIOS DE REFERENCE**  
***PRESENTATION ET DIMENSIONNEMENT***  
***ORGANISATION DE LA REPONSE OPERATIONNELLE***  
***EN CAS D'ACCIDENT***

**Dominique BONJOUR (FR)**  
***BJR Expertise***  
**Key expert**

Mars 2019 (version 4.0)



Funded by the European Union



CBRN  
**Centres  
of Excellence**  
*An initiative of the European Union*



## **AVERTISSEMENT**

*La première version de ce mémento a été conçue et rédigée dans le cadre du Projet européen P41 des Centres d'Excellence NRBC, mis en œuvre par France Expertise. Il a fait l'objet d'une série de mises à jour ayant abouti à cette version 4.0 dans le cadre du Projet P69.*

*A ce titre, il est la propriété de France Expertise et de DEVCO, comme la totalité des documents pédagogiques que nous avons été amenés à rédiger et à mettre à disposition, au cours des différentes sessions de formations de formateurs.*

*Il s'agit là d'un outil de travail qui a vocation à être utilisé par les formateurs nationaux des pays partenaires dans le cadre de leurs missions.*

*Lorsqu'ils auront recours à ce document, nous leur demandons de ne pas le modifier et de s'engager à en mentionner l'auteur ainsi que France Expertise et DEVCO.*

*S'ils étaient amenés à le compléter ou à l'associer à d'autres sources documentaires, ces apports devront s'en différencier nettement.*

**D. BONJOUR**

 <p>CBRN Centres of Excellence <small>An initiative of the European Union</small></p> <p><b>Projet 69</b></p>	<b>MEMENTO RISQUES INDUSTRIELS</b>	24/02/19
	<b>LISTE DES FICHES</b>	<b>G.0.1</b>

REFERENCE	OBJET
-----------	-------

FICHES G: FICHES GENERALES	
G.0	Liste des fiches
G.1	Préambule
G.2	Contexte
G.3	Diagnostic et Réponse
G.4	Effets des agents agresseurs
G.5	Contamination, transfert de contamination

FICHES S: FICHES SCENARIOS D'ACCIDENTS INDUSTRIELS MAJEURS	
S.0	Phénomènes de référence - Présentation générale
S.1	BLEVE
S.2	UVCE
S.3	Fuite de produit sous forme liquide ou gazeuse
S.4	Nuage toxique et dispersion atmosphérique
S.5	Feu de cuvette de rétention
S.6	BOIL-OVER
S.7	Explosion du ciel gazeux d'un bac à toit fixe
S.8	Explosion de la plus grande masse de produits présente ou pouvant se produire par réaction

FICHES F: FICHES FLUX DE REFERENCE	
F.1	Présentation générale
F.2	Flux liés à l'onde de pression - Effets sur l'homme et les structures
F.3	Flux thermiques – Effets sur l'homme et les structures
F.4	Flux toxiques – Effets sur l'homme

FICHES D: FICHES DIMENSIONNEMENT DES EFFETS	
D.1	BLEVE
D.2	UVCE
D.3	Fuite de produit sous forme liquide ou gazeuse
D.4	Nuage toxique – Modèles de dispersion
D.5	Feu de cuvette de rétention
D.6	BOIL-OVER
D.7	Explosion du ciel gazeux d'un bac à toit fixe
D.8	Explosion de la plus grande masse de produits présente ou pouvant se produire par réaction

 <b>Projet 69</b>	<b>MEMENTO RISQUES INDUSTRIELS</b>	24/02/19
	<b>LISTE DES FICHES (SUITE)</b>	<b>G.0.2</b>

REFERENCE	OBJET
-----------	-------

FICHES Z: FICHES ZONAGE	
Z.1	Zonage réflexe: principes généraux
Z.2	Zonage réfléchi

FICHES V: FICHES PRISE EN CHARGE DES VICTIMES	
V.1	Prise en charge des victimes: principes généraux
V.2	Triage et catégorisation
V.3	Décontamination des victimes
V.4	Décontamination par déshabillage des victimes
V.5	Décontamination par douchage des victimes

FICHES P: FICHES PROTECTION DES INTERVENANTS	
P.1	Protection des intervenants: principes généraux
P.2	Tenues de protection individuelle: généralités
P.3	Type 1: tenues étanches aux gaz
P.4	Type 3: tenues étanches aux liquides (TOM)
P.5	Type 3: tenues légères de décontamination (TLD)
P.6	Type 5: tenues étanches aux particules et poussières
P.7	Protection respiratoire
P.8	Appareils respiratoires isolants
P.9	Appareils respiratoires filtrants
P.10	Cagoules filtrantes et soufflantes
P.11	Organisation d'un espace intervenants

FICHES O: FICHES REPONSE OPERATIONNELLE	
O.1	Principes généraux
O.2	Phase 1: réponse initiale des premiers intervenants
O.3	Phase 2: renforts spécialisés – zonage réfléchi et déshabillage
O.4	Phase 3: renforts spécialisés - décontamination et PMA

FICHES A: FICHES ANNEXES	
A.1	Abréviations
A.2	Conclusions

 <b>Projet 69</b>	<b>MEMENTO RISQUES INDUSTRIELS</b>	24/02/19
	<b>PREAMBULE</b>	<b>G.1</b>

On assiste depuis le début de l'ère industrielle à une augmentation conséquente des capacités de fabrication et de stockage d'un nombre de plus en plus grand de substances dangereuses sur des sites industriels toujours plus nombreux et complexes.

Si ces sites génèrent de l'emploi, ils ont aussi pour conséquence de concentrer la population dans des lieux potentiellement exposés aux effets des accidents qui pourraient s'y produire.

La prise de conscience des dangers liés à la proximité des populations et des industries est relativement récente, or, les risques technologiques majeurs n'autorisent ni l'improvisation, ni les interventions mal coordonnées.

La Commission Européenne, par l'intermédiaire des centres d'excellence NRBC, a fixé comme objectif au Projet 41 d'élaborer une procédure opérationnelle inter-services à l'attention des cadres susceptibles de répondre à ce type d'événements. Au cours des différentes actions de formation effectuées par les experts du Projet 41 dans les pays concernés, il est très vite apparu nécessaire de rédiger un mémento opérationnel destiné à présenter, à l'ensemble des services, les spécificités des différents scénarios d'accidents susceptibles de se produire sur les sites industriels et les modalités de dimensionnement de leurs effets.

La dimension potentielle, l'hostilité et la complexité de tels événements nécessitent l'intervention coordonnée de tous les services chargés de la prévention, de la planification, de l'intervention, et de ceux impliqués dans la protection des populations et dans la gestion post-accident. Nous avons donc rédigé ce mémento à l'attention de l'ensemble des services et partenaires institutionnels concernés. Le rappel, dans ce document et ses annexes, de différentes procédures d'intervention attendues devrait renforcer l'efficacité de la chaîne d'acteurs administratifs et opérationnels à mettre en œuvre.

Ce document constitue un complément synthétique aux différents supports pédagogiques produits dans le cadre des formations et aux exercices animés par les membres du Projet 41.

Il propose une présentation des principaux scénarios d'accidents de référence et le dimensionnement de leurs effets.

Bien que non exhaustives, les approches techniques décrites dans ce mémento, intègrent les limites et les contraintes spécifiques liées aux accidents sur sites industriels à hauts risques.

Véritables situations de guerre, en temps de paix, elles nécessitent lors de l'étude administrative de leur dossier et *a fortiori* lors d'un accident, de disposer le plus rapidement possible d'un ordre de grandeur des zones susceptibles d'être impactées et d'anticiper la réponse opérationnelle face à la nature des conséquences envisageables sur les personnes, les biens et l'environnement.

Il se présente sous la forme de 9 séries de fiches thématiques et d'annexes.

Le choix a été fait de présenter dans des parties distinctes, d'une part les différents scénarios de référence et leurs effets respectifs, puis d'autre part, le dimensionnement de ces effets aux valeurs de flux significatives, complété d'exemples d'applications numériques permettant d'évaluer concrètement les zones susceptibles d'être impactées.

 <b>Projet 69</b>	<b>MEMENTO RISQUES INDUSTRIELS</b>	24/02/19
	<b>CONTEXTE</b>	<b>G.2</b>

Les événements susceptibles d'entraîner un impact grave et massif sur le public et les intervenants de tous les services engagés sont peu courants. Par ailleurs, la nature du ou des agents agresseurs impliqué(s) lors d'un accident industriel peut s'avérer difficilement identifiable dans les premiers instants.

Il convient donc, dès l'instruction des dossiers de demande d'autorisation d'exploiter, que les services administratifs chargés de l'inspection des installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) soient en mesure de s'assurer de la fiabilité des informations contenues dans l'étude de danger produite par l'industriel demandeur.

Ces données feront par la suite l'objet d'un traitement et d'une mise en forme adaptée qui permettra la production de plans opérationnels efficaces : Plan d'Opération Interne (POI) rédigé par l'industriel exploitant le site à risques, Plan Particulier d'Intervention (PPI) rédigé par l'autorité compétente.

Il est donc nécessaire que les informations contenues dans l'étude des dangers de chaque site :

- portent sur des scénarios représentatifs des accidents susceptibles de s'y produire, sans en occulter aucun,
- détaillent le calcul des distances d'effets redoutés sur l'homme et les structures à des seuils fixés par l'administration (zone d'effets domino, zone d'effets létaux significatifs 5 %, seuils d'effets létaux 1 %, seuils des effets irréversibles ...)
- fassent apparaître les zones correspondantes sur des fonds de plans adaptés en indiquant si elles sortent des limites de la parcelle industrielle,
- dénombrent les personnes potentiellement exposées aux effets en fonction de la distance et du secteur angulaire dans lequel elles se trouvent.

Malgré la réalisation des plans et la formation des intervenants des services d'urgence, la mise en œuvre des réponses apportées le jour de l'accident, sera la plupart du temps générique, dans les premiers instants, jusqu'à la levée de doute, que l'on se trouve sur un site fixe ou lors d'un transport de matières dangereuses.

Les intervenants doivent souvent envisager, en première hypothèse, que l'agent (ou l'association d'agents) impliqué possède un pouvoir de contamination. En raison de ce danger, ils doivent veiller en permanence, à assurer :

- la lutte contre le transfert de contamination,
- la marche en avant des opérations,
- la protection du dispositif aval et des établissements de soins.

Ainsi, face à ce type d'événements, les services engagés devront, plus que jamais, agir simultanément, en complémentarité et de façon coordonnée. L'idéal serait une mise en alerte, voire un engagement précoce, consécutif à l'acquisition d'informations permettant d'anticiper les effets potentiels de l'accident (impacts directs et évolutions défavorables) et de ce fait, de préparer la réponse opérationnelle la mieux adaptée.

 <b>Projet 69</b>	<b>MEMENTO RISQUES INDUSTRIELS</b>	24/02/19
	<b>DIAGNOSTIC ET REPONSE</b>	<b>G.3</b>

Le diagnostic précis de la situation doit être fait le plus rapidement possible.

Pour cela il conviendra de se référer aux plans disponibles afin de comparer les différents scénarios qui y sont décrits avec la situation rencontrée.

Si celle-ci correspond à l'un des scénarios étudiés, il conviendra toutefois d'intégrer les données circonstancielles pour optimiser la réponse opérationnelle à mettre en place.

Parmi les données circonstancielles citons :

- le sens du vent,
- la quantité de produit contenu ce jour-là dans le réservoir,
- la taille de la fuite,
- sa localisation (en phase liquide ou gazeuse ...)
- les personnes réellement exposées,
- les ressources disponibles à chaud (lieux de confinement ou d'évacuation, point d'implantation d'un PMA, ...).

La réponse initiale à l'accident sera assurée en premier lieu par les intervenants de proximité et les équipes internes du site s'il en dispose. Des renforts spécialisés devront leur être envoyés au plus tôt, sur la base des informations transmises aux différentes structures de commandement qui auront été activées.

Ces renforts peuvent être structurés de la façon suivante :

### **Premier échelon - Équipe de Reconnaissance Risques Industriels :**

Activée si possible, en moins d'une heure pour une intervention sur le terrain, elle est composée de personnels opérationnels de terrain, à vocation régionale, opérant en équipe (Déménagement, Police, personnels de santé et Sapeurs-Pompiers...).

Son action porte sur l'analyse de l'événement afin de transmettre au plus tôt, un premier diagnostic sur l'événement à l'attention des autorités ou de la cellule d'experts, si elle a été activée. Durant cette phase, les services de gendarmerie ou de police réalisent des prises de vues pour fixer au mieux l'état des lieux avant que les missions de secours n'altèrent profondément les traces et indices présents sur le site.

### **Deuxième échelon - Équipe de levée de doute Risques Industriels :**

Activable de façon souhaitée dans un délai inférieur à 3 heures, elle est constituée au niveau régional, par des personnels intégrés, appartenant aux services d'intervention (Sapeurs-Pompiers, Déménagement, Santé, Armées, Police et Gendarmerie) et d'expertise (laboratoires universitaires, hospitaliers ou industriels, ...).

Sa mission, sous la responsabilité des autorités et de la cellule nationale d'experts, si elle est activée, est de confirmer le diagnostic initial, d'évaluer l'évolution des risques dans l'espace et dans le temps jusqu'au retour à la normale.

### **Agression d'origine humaine**

Action nocive contre une population et son environnement. Elle peut résulter d'actes volontaires (canular, vengeance, chantage, sabotage, folie, terrorisme, action suicide, guerre, ...) ou d'un dysfonctionnement (accident industriel, de transport de matières dangereuses, ...)

Cette agression peut entraîner :

- un nombre considérable de victimes
- un risque de contamination et/ou de lésions ou maladies inhabituelles
- un impact psychologique déstabilisant
- des effets à grande échelle et de longue durée.

Les cibles peuvent être : la population, les infrastructures, les réseaux d'eau potable, les outils économiques industriels ou agricoles, l'alimentation...

### **Agents agresseurs**

Substance ou matériel destiné à exercer une menace et/ou à toucher une population et son environnement en provoquant :

- des lésions,
- des destructions,
- un impact psychologique,
- une désorganisation de la société (panique collective, crise économique, ...),
- une déstabilisation des autorités.

Selon l'agent agresseur, l'atteinte peut être :

- brutale, ou insidieuse
- immédiate, ou retardée
- avérée, supposée, ou ressentie

La mise en œuvre de ces agents, seuls ou combinés, en association ou non avec des moyens conventionnels (explosif, produit incendiaire, ...), peut-être élaborée, rendant la situation complexe et insidieuse, en raison d'une alerte absente ou tardive, des effets retardés et de la dissémination dans une population et / ou son environnement.

AGENT	DANGERS	EFFETS
<b>Nucléaire</b> (arme nucléaire militaire ou artisanale)	Les dangers d'une explosion nucléaire sont l'énergie mécanique (souffle, onde de choc, ...), l'énergie thermique, les rayonnements (irradiation et retombées), les interférences physiques par effets EMP (Electro Magnetic Pulse).	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Flux mécanique</li> <li>• Flux thermique</li> <li>• Onde de pression</li> <li>• Irradiation</li> <li>• Contamination</li> <li>• Effet électromagnétique</li> <li>• Impact médico-psychologique</li> </ul>
<b>Radiologique</b>	La production de rayonnements peut être d'origine radioélectrique (accélérateur de particules, radar, micro-ondes, ...) ou physique (désintégration d'un radioélément type Cobalt, Césium, Américium, ...). Le danger lié aux radioéléments peut provenir : <ul style="list-style-type: none"> <li>• d'une source déposée clandestinement,</li> <li>• de la dissémination d'une source à l'état pulvérulent,</li> <li>• de retombées atmosphériques de particules,</li> <li>• d'une bombe «sale», ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Irradiation</li> <li>• Contamination</li> <li>• Intoxication</li> <li>• Impact médico-psychologique</li> </ul>
<b>Biologique</b>	Les dangers de provoquer des épidémies, des zoonoses, des atteintes aux végétaux peuvent résulter d'une dissémination de germes (bactéries, virus, champignons, toxines, ...) par voie atmosphérique (avion, climatisation, bombe aérosol, ...), ou tout autre vecteur (hommes, animaux, eau, aliments, cultures, ...). Ses caractéristiques principales sont l'effet retardé et la contagion éventuelle. La veille sanitaire et la prise en charge des populations concernées sont gérées par le Ministère de la Santé au titre des maladies infectieuses.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Infection/ Epidémie</li> <li>• Intoxication</li> <li>• Contamination</li> <li>• Impact médico-psychologique</li> </ul>
<b>Chimique</b>	Les dangers peuvent être multiformes : incendie, explosion, intoxication, pollution, ... par : <ul style="list-style-type: none"> <li>• fuite, déversement, pulvérisation, contamination volontaire, ...</li> <li>• réaction incontrôlée sur site industriel, mélange de produits, ...</li> <li>• accident ou acte volontaire à l'occasion d'un transport de produits industriels du type chlore ou ammoniac, ...</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Intoxication</li> <li>• Contamination</li> <li>• Incendie</li> <li>• Explosion</li> <li>• Impact médico-psychologique</li> </ul>

### **Contamination**

Présence indésirable d'un agent agresseur persistant en externe ou en interne sur une surface ou dans un milieu.

Ses dangers sont :

- les effets immédiats ou différés,
- le transfert éventuel de l'agent.

#### **Règles de base :**

Doit être considéré :

1. Comme contaminé, toute personne, objet, ... en provenance de la zone d'exclusion, et *a fortiori* si la détection est positive.
2. Comme contaminant, tout produit incriminé à défaut d'informations contraires.

### **Transfert de contamination**

Déplacement de l'agent agresseur par contact, projection, diffusion, ...vers d'autres surfaces ou milieux, avec extension du risque, conséquence d'une décontamination absente, défectueuse, ou impossible.

### **Lutte contre le transfert de contamination**

Pour lutter contre ce risque, il faut :

- une mise en œuvre coordonnée et disciplinée (respect de la zone d'intervention affectée et définie sur la chasuble, protocole d'entrée/sortie de zone, ...)
- un zonage explicite et contrôlé (rubalise et panneaux d'information, vigilance des services de maintien de l'ordre),
- une décontamination précoce et systématique,
- un conditionnement préalable des surfaces (polyane sur brancard, ...),
- une méthodologie d'intervention précise ("marche en avant", gestion des brancards, séparation symptomatique / impliqué, gestion des effets personnels,...).
- un contrôle final de la décontamination.

### Les scénarios de référence

L'analyse des accidents susceptibles de se produire sur des sites industriels à hauts risques peut être déclinée à partir de scénarios conduisant à l'apparition de phénomènes dangereux de référence, considérés comme représentatifs des risques liés aux produits présents sur ces sites.

Ces phénomènes dangereux sont détaillés ci-après par types de produits rencontrés.

• **Gaz combustibles liquéfiés :**

**A - BLEVE**

**B - UVCE**

• **Gaz toxiques :**

**C - Perte instantanée de confinement d'une capacité.**

**D - Rupture instantanée de la plus grosse canalisation ou de la canalisation entraînant le plus fort débit massique.**

• **Liquides inflammables :**

**E - Incendie d'un dépôt.**

- **Feu de cuvette de rétention**

- **Boil-Over sur produits visqueux**

- **Explosion du ciel gazeux d'un bac à toit fixe**

• **Explosifs :**

**F - Explosion de la plus grande masse d'explosifs**

Les différentes **Fiches S** présentent les grandes caractéristiques de chacun de ces phénomènes ainsi que leurs conditions de déclenchement.

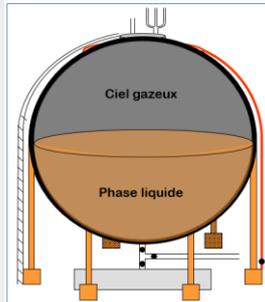
Les **Fiches D** détaillent les formules de calcul permettant d'en estimer prévisionnellement le dimensionnement des effets pour les valeurs des différents seuils d'effets de référence sur l'homme et les structures.

Les **Fiches F** rappellent les valeurs de ces flux et leurs effets redoutés.

### Présentation du phénomène

Le BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) est un phénomène physique qui correspond à la mise à l'air explosive d'une masse de gaz liquéfié, par éclatement de l'enveloppe d'un réservoir.

Ce type de scénario d'accident concerne les gaz liquéfiés sous pression qu'ils soient inflammables ou non, ou des produits qui sous l'effet d'une élévation anormale de la température se trouvent sous cette forme avant la rupture du réservoir (l'eau contenu dans une chaudière par exemple).



Dans les Stockages de gaz liquéfiés sous pression, la température du stockage = température ambiante et la pression du stockage = pression de vapeur saturante du liquide à la température ambiante.

Le propane, le butane, le chlore et l'ammoniac par exemple sont stockés sous cette forme.

Si ce type de réservoir se trouve exposé à une chaleur anormalement élevée (incendie extérieur par exemple) :

- La température interne augmente, ce qui déplace l'équilibre Liquide/gaz du stockage,
- La pression interne augmente en parallèle en suivant la courbe de Pression de vapeur saturante du produit

S'il est impossible de stopper la source de chaleur extérieure :

- La température et la pression internes continuent d'augmenter jusqu'à atteindre la pression de rupture du réservoir,
- Les conditions de rupture du stockage sont alors réunies car l'enveloppe se trouve fragilisée par l'effet combiné du flux thermique et de la pression interne,
- La pression interne retombe brutalement à la pression atmosphérique entraînant la détente de la phase gazeuse,
- La masse liquide portée à ébullition se vaporise sous forme explosive à l'extérieur du réservoir entraînant une onde de pression redoutable (onde de choc).

Si le produit contenu dans le réservoir est inflammable, son expansion brutale, à l'extérieur du réservoir, entraîne la formation d'une boule de feu dont les effets thermiques sont jugés dimensionnants en regard de ceux de l'onde de pression.

Si le produit n'est pas inflammable, ou s'il ne représente au maximum que 30 % de la capacité du réservoir, c'est l'onde de pression qui constituera le flux dimensionnant du BLEVE.

### • **UVCE (Unconfined Vapor Cloud Explosion) :**

L'UVCE, que l'on peut traduire en français par « Explosion d'un nuage de vapeur non confinée », correspond à une explosion à l'air libre d'un gaz ou d'une vapeur de liquide inflammable. Celle-ci peut avoir pour origine, une fuite sur un réservoir ou une canalisation de gaz inflammable comprimé ( $\text{CH}_4$  ...), liquéfié ( $\text{C}_3\text{H}_8$ ,  $\text{C}_4\text{H}_{10}$  ...), ou de liquide inflammable (essence, gazole, solvants ...) à la suite de son évaporation partielle ou totale.

L'inflammation brutale du nuage gazeux produit :

- des effets thermiques
- des effets de pression qui sont majorants, ce qui signifie que ces effets seront encore ressentis à une distance où le flux thermique ne sera plus perceptible.

Pour que ce phénomène se produise, deux éléments doivent se retrouver en présence :

- La fraction d'un nuage ou d'une nappe de gaz inflammable (ou des vapeurs d'un liquide inflammable) dispersé dans l'air se trouvant à une concentration comprise entre la LIE et la LSE,
- Une source d'inflammation

### **Etapas d'un UVCE :**

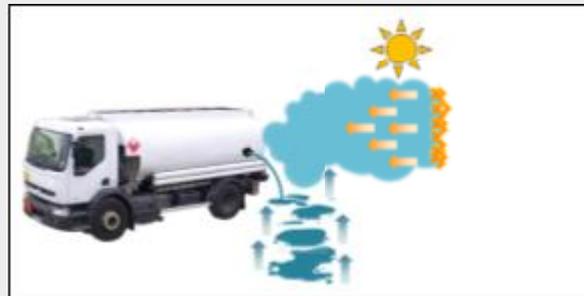
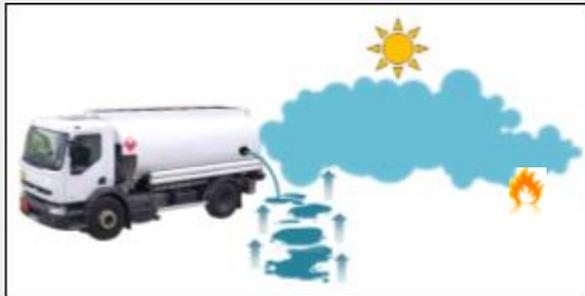
Si le produit se trouve au départ **sous forme liquide ou liquéfié**, une partie plus ou moins importante de la nappe formée s'évaporera.



Il s'en suivra le transport dans le sens du vent du nuage de gaz (progressivement mélangé à l'air par dispersion) dont une partie se trouvera comprise dans les limites d'explosivité.



Si la fraction du nuage comprise dans la plage d'inflammabilité rencontre une source d'énergie suffisante, il s'en suivra une UVCE, à savoir donc une explosion à l'air libre.



Le front de flamme se propage dans le nuage jusqu'au retour au point de fuite. Sur le trajet, les gaz brûlés agissent comme un piston sur les gaz frais (et entraînent la vaporisation instantanée de l'éventuelle flaque encore présente à l'état liquide) générant dans la plupart des cas une déflagration. C'est l'UVCE proprement dit.

Le maintien prolongé de la flamme au point de fuite, suite à l'UVCE peut provoquer l'explosion du réservoir dans un second temps. S'il contient un gaz liquéfié sous pression, un BLEVE peut survenir (**voir la série de fiches spécifiques sur le BLEVE**).



### **Différence entre un UVCE et un Flash Fire :**

Le terme UVCE s'applique aux phénomènes entraînant une onde de pression significative lors de l'inflammation du nuage.

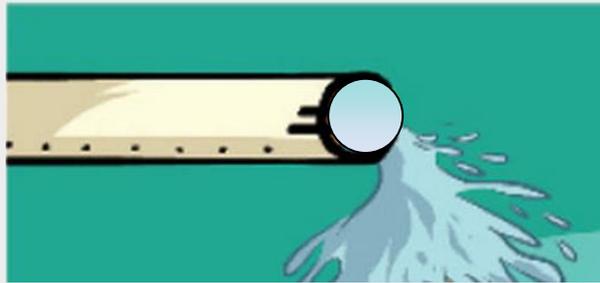
Le terme Flash Fire est réservé aux situations où la combustion du nuage ne produit pas d'onde de pression.

**Scénarios représentatifs**

Il est important de connaître le débit de fuite d'un produit dès lors qu'il s'écoule sous forme solide, liquide ou gazeuse de son contenant (réservoir, canalisation, réacteur).

Deux scénarios sont envisageables et doivent être pris en compte :

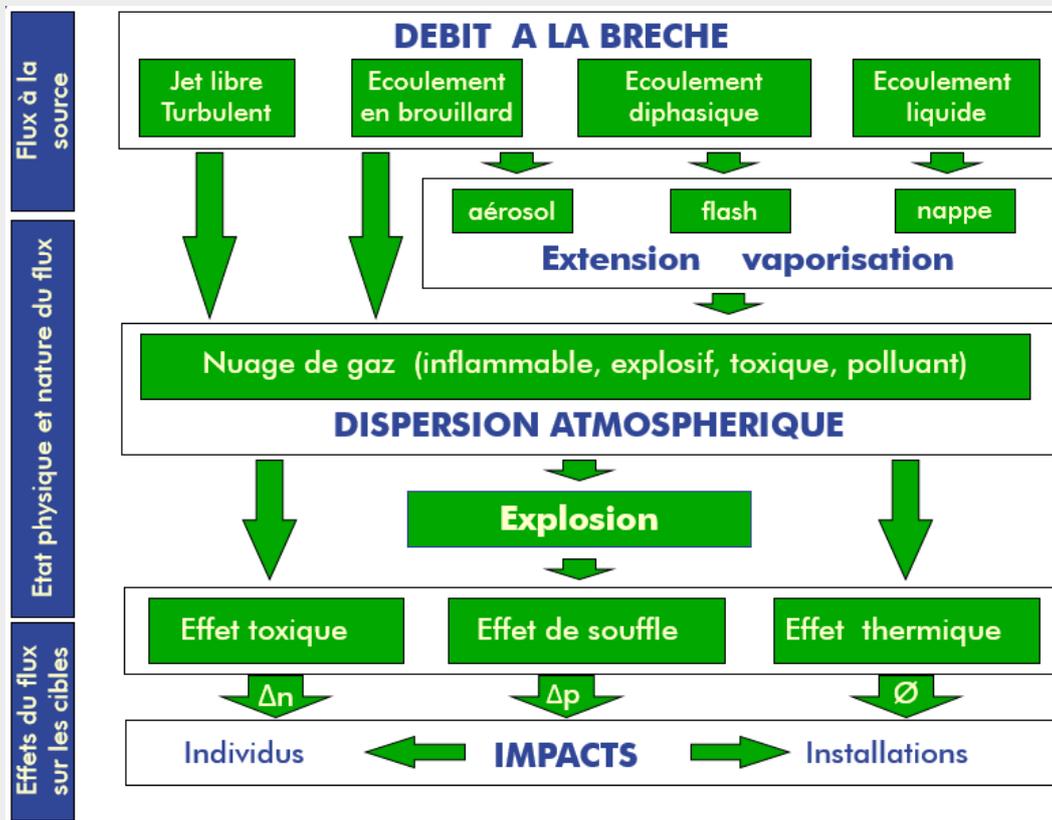
- la fuite alimentée provenant de la rupture guillotine ou baïonnette de la canalisation entraînant le plus gros débit massique,



- la rupture instantanée du réservoir.

A partir de cette première étape, il conviendra d'anticiper le devenir de ce produit une fois qu'il est mis à l'atmosphère et, en fonction de ses propriétés physico-chimiques, les flux de danger auxquels il expose les personnes et les biens (toxique, thermique, onde de pression ...).

Le schéma ci-dessous résume les différentes situations susceptibles d'être rencontrées.



**Scénarios représentatifs**

Selon les conditions de fuite, le produit concerné sera mis à l'atmosphère sous la forme :

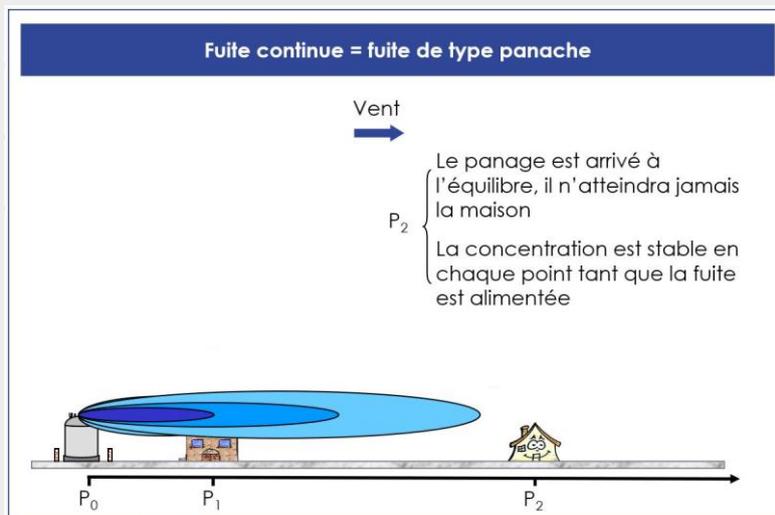
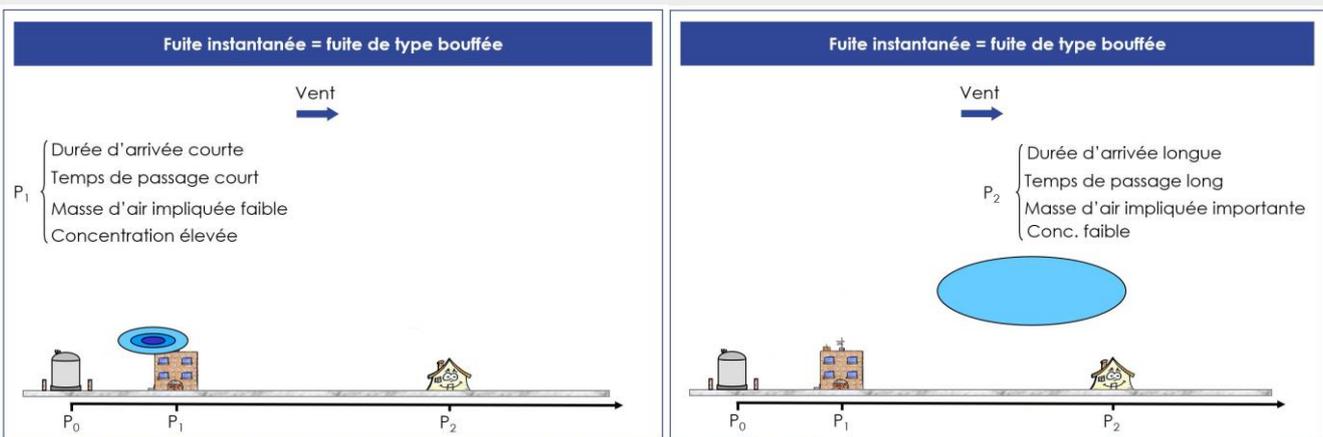
- soit d'une bouffée qui s'éloignera progressivement de son point d'émission sous l'influence du vent, et qui se diluera par dispersion.

Il pourra donc être impossible de retrouver trace du produit au point de fuite

Plus on s'éloignera sous le vent, du point d'origine de la fuite, plus la concentration de la bouffée sera faible mais plus son temps de passage sera long.

- soit d'une fuite alimentée formant un panache dans le sens du vent à partir du point de son point de fuite.

Le nuage formé restera relativement stable tant que la fuite ne sera pas stoppée. Il sera donc possible dans ce cas de mesurer la concentration reçue en différents points et d'établir les contours du nuage.



### **Condition de survenance**

Ce type d'accident est susceptible de se produire à la suite d'une fuite ou d'une déchirure sur une jupe de bac contenant un liquide inflammable.

L'inflammation se produira si les vapeurs du produit contenu dans la cuvette se trouvent en contact avec un point chaud ou toute autre source d'inflammation alors que leur concentration dans l'air est comprise entre leur LIE et leur LSE.

Les risques associés à ce type de scénario sont les suivants :

- l'expansion rapide du feu initial d'un compartiment de la cuvette aux compartiments voisins,
- le flux thermique généré par le feu qui peut impacter les structures voisines de la cuvette,
- le risque de mise à feu ou d'explosion des bacs contenus dans la cuvette.

### **Difficultés opérationnelles**

Les difficultés opérationnelles sont nombreuses en pareilles circonstances car le rayonnement ne permet pas d'approcher facilement le dispositif d'attaque du foyer.

Les bacs contenus dans le compartiment ou la cuvette en feu doivent être refroidis à la mousse, les bacs extérieurs peuvent être refroidis à l'eau.

Il convient de prioriser le refroidissement des bacs les plus petits, contenant les produits les plus volatils et les moins remplis.

Les bacs les plus grands ne vont en effet s'échauffer que très lentement.

### **Choix tactiques**

Il convient d'établir au plus tôt une courbe de montée en puissance qui permette d'évaluer les délais de mise en œuvre des moyens d'extinction à la mousse.

Dans l'hypothèse où l'on ne disposerait pas des moyens suffisants à l'extinction sur une base de temps de 20 mn :

- volume d'émulseur (calculé en fonction de ses performances et de la nature du liquide inflammable à éteindre),
- dispositif d'injection (par pompe ou injecteur proportionneur)
- pompes,
- lances canons mousse et leurs tuyaux d'alimentation,
- réserve d'eau, ...

une phase de temporisation devra être mise en place pendant le temps nécessaire à l'arrivée des moyens complémentaires.

Le débit de temporisation est égal à la moitié du débit d'extinction.

Par sécurité, il est judicieux de s'assurer que les moyens engagés pourront entretenir l'extinction et combattre les éventuelles reprises de feu. Ces besoins sont estimés équivalents à ceux d'extinction.

### Conditions de survenance

Ce phénomène se produit lorsqu'une couche d'eau est présente au fond d'un réservoir contenant certains liquides inflammables et que celle-ci est portée à ébullition.

- **Produits susceptibles de conduire à un boil-over**

Le boil-over peut être observé avec du brut et l'ensemble des coupes pétrolières. Cependant, il est favorisé si la coupe présente :

- une large plage de températures d'ébullition
- une limite supérieure élevée
- une viscosité élevée

- **Provenance du fond d'eau**

- teneur résiduelle en eau du liquide inflammable, pénétration d'eau de pluie, introduction d'eau incendie, condensation de l'humidité de l'air

- **Conditions de réchauffement**

- feu de bac (convection), feu de cuvette uniquement pour bacs de faible diamètre (conduction)

### Phases successives du déroulé d'un BOIL-OVER

La combustion d'une coupe pétrolière s'apparente à une distillation. Les fractions les plus légères brûlent en priorité et créent ainsi une migration ascendante. Les fractions lourdes fluent en sens opposé (**Etape 1**), par conséquent, le front de chaleur généré, est descendant.

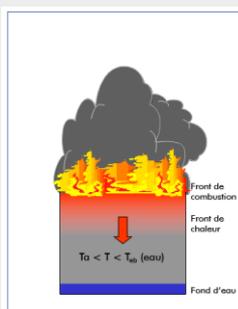
La vitesse de régression du front de combustion est variable selon la coupe (de 2mm.min<sup>-1</sup> pour des fiouls lourds à 4mm.min<sup>-1</sup> pour du gasoil).

Le fond d'eau est soumis à une pression hydrostatique exercée par l'hydrocarbure. Si la hauteur est de l'ordre de 10m, cette pression est proche de 1 bar, et la température d'ébullition de l'eau de 120°C.

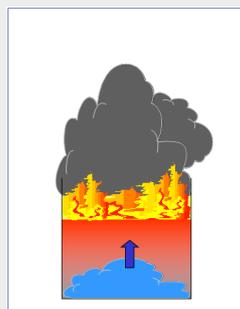
Lorsque le front de chaleur ( $T > T_{eb}(\text{eau})$ ) entre au contact du fond d'eau, il provoque un choc thermique qui entraîne une vaporisation instantanée (**Etape 2**).

Le changement d'état se traduit par une forte expansion volumique (jusqu'à 2 000 fois le volume initial) qui éjecte l'hydrocarbure restant dans le bac sous la forme d'une boule de feu (**Etape 3**).

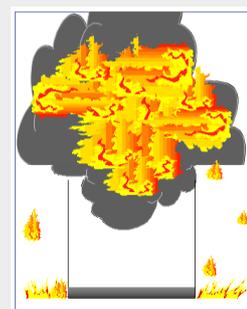
La durée nécessaire à la survenance d'un boil-over est variable selon les coupes, les quantités mises en jeu, la surface en flamme... Le retour d'expérience montre qu'elle peut être comprise entre 4 et 30 heures.



**Etape 1**



**Etape 2**



**Etape 3**

**Condition de survenance**

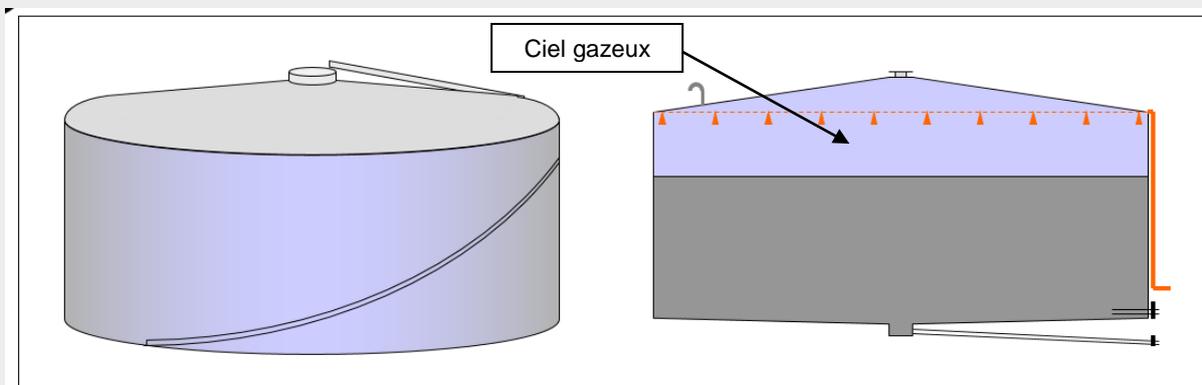
Les principaux événements susceptibles d'engendrer une augmentation de pression interne sont :

- un échauffement de la phase gazeuse de la capacité suite à un incendie externe,
- une mise en pression accidentelle suite à un sur-remplissage, à un dysfonctionnement du dispositif de contrôle de la pression,
- une explosion à l'intérieur de la capacité suite à l'inflammation d'un mélange inflammable,
- une augmentation rapide de la pression interne du fait d'un emballement de réaction, ou d'un mélange de produits incompatibles

Les conséquences de l'éclatement d'une capacité sont :

- d'une part l'émission d'une onde de pression, qui résulte de la détente brutale du fluide contenu dans la capacité au moment de la rupture et,
- d'autre part la projection des fragments d'enveloppe.

D'autres phénomènes peuvent être engendrés par l'éclatement d'une capacité comme, par exemple, la formation d'une boule de feu, ou d'une explosion secondaire, du fait de l'expulsion d'un mélange inflammable lors de l'éclatement, ou encore la dispersion atmosphérique de substances toxiques contenues dans la capacité.



**Produits :**

- Hydrocarbures liquides / C1 ou C2
- Hydrocarbures liquides / D1 ou D2

(dans ce cas, le bac dispose, d'un dispositif de chauffage)

**Sécurité incendie :**

- Events
- Couronne de pulvérisation d'eau pour le refroidissement (ou mixte eau/mousse)

# MEMENTO RISQUES INDUSTRIELS

## EXPLOSION DE LA PLUS GRANDE MASSE DE PRODUITS PRESENTE OU POUVANT SE PRODUIRE PAR REACTION

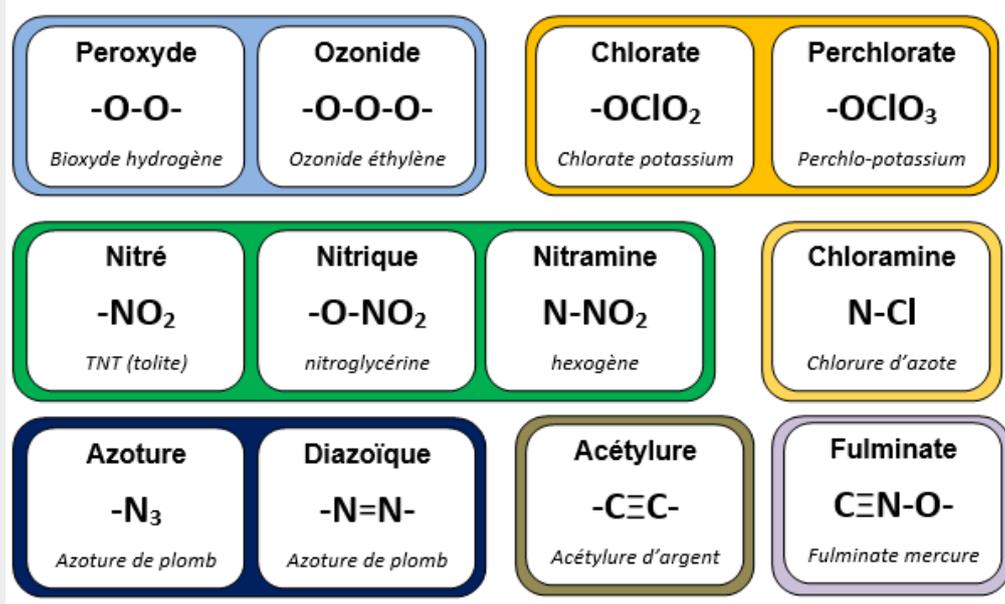
### Les sites concernés

Ce phénomène dangereux concerne non seulement les dépôts de produits pyrotechniques militaires ou de loisirs (usines de feux d'artifice) mais aussi les usines stockant des substances chimiques qui possèdent des propriétés explosives.

### Les substances concernées

Ces substances peuvent être classés en 12 groupes dits explosophores regroupés dans les principales familles suivantes:

- les mélanges à base de chlorates,
- les mélanges à base de nitrates,
- des nitrates de polyalcools,
- les composés aromatiques nitrés,
- les nitramines
- les peroxydes organiques.



On les classe en deux catégories :

- 1) **Les explosifs primaires** qui détonent sous l'action d'un faible apport d'énergie et qui sont, de ce fait, utilisés comme détonateurs (fulminate de mercure, azoture de plomb...)
- 2) **Les explosifs secondaires** pour lesquels le régime de détonation doit être initié par un gros apport d'énergie tel que celui apporté par l'explosion d'un explosif primaire (ex : tolite (TNT), mélinite, hexogène, nitrocellulose, nitroglycérine, nitrate d'ammonium...)

### Condition de survenance

Qu'il s'agisse de substances pures ou de mélanges à l'état liquide ou solide, leur décomposition entraîne la libération dans un temps très court d'un volume considérable de gaz et de fumées. Ce phénomène dégage de façon quasi instantanée une quantité importante d'énergie mécanique et thermique.

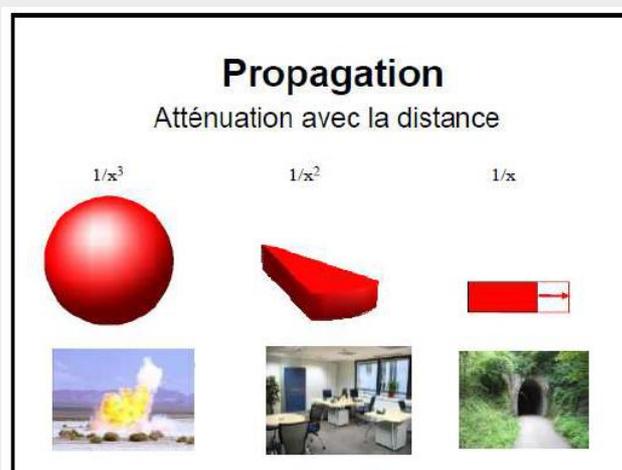
Cette décomposition :

- se produit sans nécessiter l'apport d'oxygène de l'air mais par la réaction entre les groupements atomiques à caractère oxydant qui jouent le rôle de comburants et ceux réducteurs qui servent de carburants,
- a toujours pour origine une excitation plus ou moins énergétique au-delà de l'énergie minimale d'activation liée à :
  - une élévation de température,
  - un choc, frottement,
  - une étincelle électrique,
  - un amorçage par détonateur.

Ces substances et mélanges explosifs ont des utilisations très variées dans l'industrie, on les retrouvera dans l'extraction minière, l'exploitation de carrières, le percement de tunnels, les études géologiques du sous-sol la démolition de bâtiments, les airbags, les feux d'artifices...

### Les effets redoutés

Ils sont multi directionnels et leur puissance destructrice dépend des conditions de propagation (libre ou non) dans les 3 dimensions de l'onde de pression générée par l'explosion (**Voir schéma ci-dessous qui rappelle que la puissance de l'onde se dissipe de façon beaucoup plus rapide dans un environnement libre que dans des circonstances contraintes (effets de parois ou effet tunnel)**) et de l'encombrement de la zone (ce dernier paramètre est largement pris en compte dans la méthode multi-énergie développée par le TNO).



### Principe général

Pour l'ensemble des phénomènes dangereux susceptibles de se produire sur des sites industriels à hauts risques, l'étude des dangers doit mettre en évidence, par type d'effet (toxique, thermique ou de surpression) :

- les différentes zones dans lesquelles les effets considérés comme de référence (sur l'homme et les structures) pourraient se matérialiser :
  - sans intégrer les barrières de sécurité mises en place (réducteurs de débit, vannes à sécurité positive, murs écrans coupe-feu ...), et sans éliminer les scénarios à faible probabilité d'occurrence (approche déterministe),
  - en intégrant ces barrières.
- la zone enveloppe finale, résultant de la superposition des zones d'effets irréversibles de l'ensemble des phénomènes dangereux.

Une cartographie complète doit être produite matérialisant les résultats des analyses des différents phénomènes redoutés, à savoir :

- le type d'effet (thermique, toxique et de surpression),
- les distances d'effets (intensité selon les seuils réglementaires associés : très grave, grave, significatif et indirect).

Les périmètres de protection sont déterminés dans l'étude de danger, à partir de scénarios de référence. Le plus souvent, ils sont matérialisés par des cercles centrés sur la source de danger (réservoir de stockage, cuvette de rétention...).

#### Surpression :

- Z1  $\Rightarrow \Delta P = 200$  mbar
- Z2  $\Rightarrow \Delta P = 140$  mbar
- Z3  $\Rightarrow \Delta P = 50$  mbar
- Z4  $\Rightarrow \Delta P = 20$  mbar

#### Flux thermique :

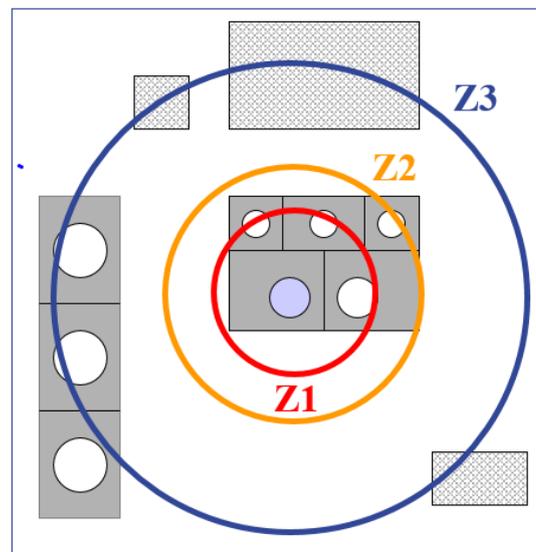
- Z1  $\Rightarrow \Phi = 8$  kW.m<sup>-2</sup>
- Z2  $\Rightarrow \Phi = 5$  kW.m<sup>-2</sup>
- Z3  $\Rightarrow \Phi = 3$  kW.m<sup>-2</sup>

#### Dose thermique :

- 1800 [(kW/m<sup>2</sup>)<sup>4/3</sup>].s
- 1000 [(kW/m<sup>2</sup>)<sup>4/3</sup>].s
- 600 [(kW/m<sup>2</sup>)<sup>4/3</sup>].s

#### Flux toxique :

- Z1  $\Rightarrow$  Seuil de létalité 5% (SELS)
- Z2  $\Rightarrow$  Seuil de létalité 1% (SEL)
- Z3  $\Rightarrow$  Seuil des Effets Irréversibles (SEI)



**N.B. :** Ces mêmes périmètres ajustés aux données circonstancielles (sens du vent, niveau de remplissage des réservoirs impliqués, fuite en phase liquide ou gazeuse...) pourront servir de référence dans la phase de gestion de crise pour définir une zone d'exclusion, une zone contrôlée et une zone de soutien.

**Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets de surpression**

**Effets sur l'homme :**

<b>20 mbar</b>	seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des effets indirects par bris de vitres sur l'homme
<b>50 mbar</b>	seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine (rupture des tympons) (SEI)
<b>140 mbar</b>	seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine (SEL 1%)
<b>200 mbar</b>	seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine (SEL 5%)

**Effets sur les structures :**

<b>20 mbar</b>	seuil des destructions significatives des vitres sur l'homme
<b>50 mbar</b>	seuil des dégâts légers sur les structures (destruction des montants de portes et de fenêtres)
<b>140 mbar</b>	seuil des dégâts graves sur les structures (ruine partielle des constructions traditionnelles)
<b>200 mbar</b>	seuil des effets domino



**Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets thermiques**

**Effets sur l'homme :**

<b>3 kW/m<sup>2</sup> ou 600 [(kW/m<sup>2</sup>)<sup>4/3</sup>].s</b>	seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine (brûlures du 2ème degré pour une durée d'exposition de l'ordre de la minute) (SEI)
<b>5 kW/m<sup>2</sup> ou 1000 [(kW/m<sup>2</sup>)<sup>4/3</sup>].s</b>	seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine (SEL 1%)
<b>8 kW/m<sup>2</sup> ou 1800 [(kW/m<sup>2</sup>)<sup>4/3</sup>].s</b>	seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine (SEL 5%)

**Effets sur les structures :**

<b>3 kW/m<sup>2</sup> ou 600 [(kW/m<sup>2</sup>)<sup>4/3</sup>].s</b>	seuil des dangers significatifs
<b>5 kW/m<sup>2</sup> ou 1000 [(kW/m<sup>2</sup>)<sup>4/3</sup>].s</b>	seuil des dangers graves (destructions significatives des vitres)
<b>8 kW/m<sup>2</sup> ou 1800 [(kW/m<sup>2</sup>)<sup>4/3</sup>].s</b>	seuil des effets domino



**Valeurs de référence relatives aux seuils d'effets toxiques**

Effets sur l'homme :

<b>Concentration du produit correspondant au</b>	seuil des effets irréversibles correspondant à la zone des dangers significatifs pour la vie humaine (SEI)
<b>Concentration du produit correspondant au</b>	seuil des premiers effets létaux correspondant à la zone des dangers graves pour la vie humaine (SEL 1%)
<b>Concentration du produit correspondant au</b>	seuil des effets létaux significatifs correspondant à la zone des dangers très graves pour la vie humaine (SEL 5%)

Lors du BLEVE d'une capacité contenant un gaz combustible liquéfié, l'effet majorant est le flux thermique dégagé dès lors que le réservoir contient plus de 30 % de produit.

Par conséquent, cet effet sera retenu pour déterminer les zones enveloppes au détriment des variations de pression.

Attention, il convient de garder à l'esprit que cette méthode de calcul est applicable aux réservoirs de stockages aériens d'une capacité comprise entre 120 m<sup>3</sup> et 500 m<sup>3</sup>.

Pour des capacités de stockage supérieures, elle peut être utilisée en première approche, car elle va dans le sens de la sécurité de façon relativement majorante.

### Calcul des distances des effets thermiques liés au BLEVE

Pour le **butane**, les formules de calcul sont les suivantes :

Distance correspondant au seuil des effets domino :

$$\text{Butane } d_{(8 \text{ kW.m}^{-2})} = 0,81 \cdot M^{0,471}$$

Distance correspondant au seuil de létalité (mortalité 1% par brûlures) :

$$\text{Butane } d_{(5 \text{ kW.m}^{-2})} = 1,72 \cdot M^{0,437}$$

Distance correspondant au seuil des brûlures significatives :

$$\text{Butane } d_{(3 \text{ kW.m}^{-2})} = 2,44 \cdot M^{0,427}$$

avec :

$d$  : distance d'effet comptée à partir des parois de la capacité (m) , **il s'agit donc d'un rayon.**

$M$  : masse maximale de gaz liquéfié contenue dans la capacité (kg)

Pour le **propane**, les formules de calcul sont les suivantes :

Distance correspondant au seuil des effets domino :

$$\text{Propane } d_{(8 \text{ kW.m}^{-2})} = 1,28 \cdot M^{0,448}$$

Distance correspondant au seuil de létalité (mortalité 1% par brûlures) :

$$\text{Propane } d_{(5 \text{ kW.m}^{-2})} = 1,92 \cdot M^{0,442}$$

Distance correspondant au seuil des brûlures significatives :

$$\text{Propane } d_{(3 \text{ kW.m}^{-2})} = 2,97 \cdot M^{0,425}$$

avec :

$d$  : distance d'effet comptée à partir des parois de la capacité (m) , **il s'agit donc d'un rayon.**

$M$  : masse maximale de gaz liquéfié contenue dans la capacité (kg)

**N.B. :** Si vous ne disposez pas d'une calculatrice scientifique, le calcul des puissances de  $M$  peut se faire en téléchargeant une sur Internet. Il convient d'utiliser la touche  $x^y$  ou  $y^x$  selon les modèles utilisés **puis de taper la valeur de la puissance.**

**1. Quelques ordres de grandeur concernant différents types de citernes mobiles de propane et de butane :**

Réservoirs mobiles	Propane Rayons de danger liés aux flux thermiques			Butane Rayons de danger liés aux flux thermiques		
	600 [(kW/m <sup>2</sup> ) <sup>4/3</sup> ]. s	1000 [(kW/m <sup>2</sup> ) <sup>4/3</sup> ].s	1800 [(kW/m <sup>2</sup> ) <sup>4/3</sup> ].s	600 [(kW/m <sup>2</sup> ) <sup>4/3</sup> ].s	1000 [(kW/m <sup>2</sup> ) <sup>4/3</sup> ].s	1800 [(kW/m <sup>2</sup> ) <sup>4/3</sup> ].s
Wagon citerne 119 m <sup>3</sup>	320 m	255 m	190 m	355 m	285 m	220 m
Wagon citerne 90 m <sup>3</sup>	285 m	225 m	170 m	315 m	255 m	195 m
Camion citerne 20 T	215 m	170 m	125 m	240 m	195 m	145 m
Camion citerne 9 T	155 m	120 m	85 m	170 m	135 m	100 m
Camion citerne 6 T	125 m	100 m	70 m	145 m	115 m	85 m

**N.B. :** Ces distances sont données pour des réservoirs pleins à 85 % et des pressions d'éclatement de 27 bars pour les wagons et 25 bars pour les camions.

Pour des citernes mobiles non équipées de soupapes, les pressions d'éclatement sont plus élevées, les rayons liés aux flux thermiques mentionnés ci-dessus sont donc inférieurs aux rayons des effets susceptibles de se produire.

**2. Calcul des distances des effets thermiques liés au BLEVE pour les autres gaz liquéfiés sous pression inflammables**

Pour les autres gaz inflammables liquéfiés sous pression les formules de calcul sont les suivantes :

Distance correspondant au seuil des effets domino :

$$\text{Autre GPL } d_{(8 \text{ kW.m}^{-2})} = 1,75 \cdot M^{0,448}$$

Distance correspondant au seuil de létalité (mortalité 1% par brûlures) :

$$\text{Autre GPL } d_{(5 \text{ kW.m}^{-2})} = 3,12 \cdot M^{0,425}$$

Distance correspondant au seuil des brûlures significatives :

$$\text{Autre GPL } d_{(3 \text{ kW.m}^{-2})} = 4,71 \cdot M^{0,405}$$

avec :

$d$  : distance d'effet comptée à partir des parois de la capacité (m) , **il s'agit donc d'un rayon.**

$M$  : masse maximale de gaz liquéfié contenue dans la capacité (kg)

### 3. Caractéristiques de la boule de feu générée par le BLEVE

Concernant le BLEVE, il est possible de procéder à des calculs complémentaires :

- **dimension de la boule de feu :**

$$D_{\max} = 6,48 M^{0,325} \text{ soit } R_{\max} = 3,24 M^{0,325}$$

avec :

$D_{\max}$  : diamètre maximal de la boule de feu (m)

$R_{\max}$  : rayon maximal de la boule de feu (m)

$M$  : masse maximale de gaz liquéfié contenue dans la capacité (kg)

- **Durée de combustion de la boule de feu**

$$t = 0,852 M^{0,26}$$

avec :

$t$  : durée de la combustion de la boule de feu (s)

$M$  : masse maximale de gaz liquéfié contenue dans la capacité (kg)

**N.B. :** Si vous ne disposez pas d'une calculatrice scientifique, le calcul des puissances de  $M$  peut se faire en téléchargeant une sur Internet. Il convient d'utiliser la touche  $x^y$  ou  $y^x$  selon les modèles utilisés **puis de taper la valeur de la puissance.**

**4. Calcul des distances des effets de surpression sur un BLEVE de réservoirs remplis à moins de 30 % de leur capacité**

Comme indiqué plus haut, les effets de pression sont majorants pour les réservoirs remplis à moins de 30 % de leur capacité nominale.

Les tableaux suivants donnent les distances d'effets de surpression pour l'éclatement de réservoirs mobiles de propane et de butane remplis à moins de 30 % de leur capacité, pour des pressions d'éclatement de 27 bars pour les wagons et 25 bars pour les camions.

Réservoirs mobiles	Propane (réservoir rempli à moins de 30 % de sa capacité en phase liquide mais non dégazé)				
	Rayons de danger				
	300 mbar	200 mbar	140 mbar	50 mbar	20 mbar
Wagon citerne 119 m <sup>3</sup>	50 m	60 m	80 m	185 m	370 m
Wagon citerne 90 m <sup>3</sup>	45 m	55 m	70 m	170 m	340 m
Camion citerne 20 T	35 m	45 m	65 m	130 m	260 m
Camion citerne 9 T	25 m	35 m	45 m	100 m	200 m
Camion citerne 6 T	25 m	30 m	40 m	90 m	180 m

Réservoirs mobiles	Butane (réservoir rempli à moins de 30 % de sa capacité en phase liquide mais non dégazé)				
	Rayons de danger				
	300 mbar	200 mbar	140 mbar	50 mbar	20 mbar
Wagon citerne 119 m <sup>3</sup>	45 m	55 m	70 m	160 m	320 m
Wagon citerne 90 m <sup>3</sup>	40 m	50 m	60 m	145 m	290 m
Camion citerne 20 T	30 m	40 m	50 m	115 m	230 m
Camion citerne 9 T	25 m	30 m	40 m	90 m	180 m
Camion citerne 6 T	20 m	25 m	35 m	75 m	150 m

**Calcul des effets thermiques d'un BLEVE sur un stockage liquéfié sous pression de butane**

**Données entrantes :**

- Type de stockage : sphérique
- Volume de la sphère : 500 m<sup>3</sup>
- Coefficient maximal de remplissage (C<sub>max</sub>) : 85 %
- Masse volumique du Butane (ρ) : 502 kg/m<sup>3</sup>

**Etape n°1 :**

Calcul de la masse maximale de butane susceptible d'être présente dans le réservoir :

$$M_{\text{butane}} = V \times \rho \times C_{\text{max}}$$

$$M_{\text{butane}} = 500 \times 502 \times 0.85 = 213.350 \text{ kg}$$

**Etape n°2 :**

Calcul des effets thermiques générés par le BLEVE de cette masse de butane

Distance correspondant au seuil des effets domino :

$$\text{Butane } d_{(8 \text{ kW.m}^{-2})} = 0,81 \cdot M^{0,471}$$

Distance correspondant au seuil de létalité (mortalité 1% par brûlures) :

$$\text{Butane } d_{(5 \text{ kW.m}^{-2})} = 1,72 \cdot M^{0,437}$$

Distance correspondant au seuil des brûlures significatives :

$$\text{Butane } d_{(3 \text{ kW.m}^{-2})} = 2,44 \cdot M^{0,427}$$

avec :

*d* : distance d'effet comptée à partir des parois de la capacité (m), **il s'agit donc d'un rayon.**

*M* : masse maximale de gaz liquéfié contenue dans la capacité (kg)

Distance correspondant au seuil des effets domino :

$$\text{Butane } d_{(8 \text{ kW.m}^{-2})} = 0,81 \cdot 213.350^{0,471} = 262 \text{ m arrondi à } 270 \text{ m}$$

Distance correspondant au seuil de létalité (mortalité 1% par brûlures) :

$$\text{Butane } d_{(5 \text{ kW.m}^{-2})} = 1,72 \cdot 213.350^{0,437} = 367 \text{ m arrondi à } 370 \text{ m}$$

Distance correspondant au seuil des brûlures significatives :

$$\text{Butane } d_{(3 \text{ kW.m}^{-2})} = 2,44 \cdot 213.350^{0,427} = 460 \text{ m}$$

***La zone enveloppe retenue sera donc un cercle de rayon 460 m autour du réservoir***

***N.B. : Le logiciel « le BLEVE pour les nuls » fourni en cours de formation pourra être utilisé simplifier ces calculs.***

 <b>Projet 69</b>	<b>MEMENTO RISQUES INDUSTRIELS</b>	24/02/19
	<b>DIMENSIONNEMENT UVCE</b>	<b>D.2.1</b>

### **Scénario d'UVCE retenu sur sites industriels :**

Le scénario d'UVCE retenu sur sites industriels est celui de l'explosion d'un nuage ou d'une nappe de gaz ou de vapeur à la suite de la rupture guillotine (encore appelée baïonnette) de la canalisation la plus pénalisante, c'est-à-dire celle entraînant le plus gros débit massique.

Dans le cas d'une fuite sur un stockage de gaz liquéfié sous pression, dans la plupart des cas, il s'agit de la conduite de départ de distribution en phase liquide implantée en pied de bac.

Comme vu dans la fiche de présentation du phénomène, ce scénario doit être envisagé pour les stockages et les installations de gaz combustibles (liquéfiés ou non).

L'explosion sera supposée se produire lorsque la masse de gaz explosible est maximale. Habituellement le temps pris en compte est de l'ordre d'une minute, ce qui couvre la majorité des cas d'accidents industriels étudiés en retour d'expérience (dans 69 % des cas étudiés, l'explosion est intervenue en effet en moins d'une minute).

### **Effets majeurs :**

Les effets majeurs sont ceux liés aux effets de pression.

Les zones étudiées seront celles qui correspondent aux valeurs suivantes :

- Effets « domino » et à la SEL 5 % (200 mbar)
- Ruine partielle des bâtiments en construction traditionnelle et à la SEL 1 % (140 mbar)
- Arrachement des encadrements de fenêtres et SEI (50 mbar)
- Bris des vitres et blessures indirectes (20 mbar)

### **Méthode de calcul :**

Le calcul aboutissant à la définition des distances d'effets se réalise en plusieurs étapes. Il convient en premier lieu de procéder à l'évaluation du débit de fuite à la brèche, puis d'estimer la quantité maximale de vapeur explosible présente dans le nuage et enfin, de dimensionner les distances auxquelles seront potentiellement matérialisés les effets de l'explosion aux valeurs seuils indiquées ci-dessus.

- **Calcul du débit de rejet à la brèche en phase gaz**

$$Q = C \rho S [ 2 (P - P_{atmo}) / \rho ]^{1/2}$$

Avec :

Q : débit massique en kg/s

C : coefficient d'orifice (pouvant être compris entre 0,6 et 1) pris majoritairement à 0,6

$\rho$  : masse volumique du produit en phase **gazeuse** en kg/m<sup>3</sup>

S : surface de la brèche en m<sup>2</sup>

$P - P_{atmo}$  : différence entre la pression interne du stockage et la pression atmosphérique en Pa

- **Calcul du débit de rejet à la brèche en phase liquide (cas des gaz liquéfiés)**

$$Q = C \rho S [ 2 (P - P_{\text{atmo}}) / \rho + 2 g h ]^{1/2}$$

Avec :

Q : débit massique en kg/s

C : coefficient d'orifice (pouvant être compris entre 0,6 et 1) pris majoritairement à 0,6

$\rho$  : masse volumique du produit en phase **liquide** en kg/m<sup>3</sup>

S : surface de la brèche en m<sup>2</sup>

$P - P_{\text{atmo}}$  : différence entre la pression interne du stockage et la pression atmosphérique en Pa

g : gravité = 9,81 m/s<sup>2</sup>

h : hauteur de liquide au-dessus de la brèche en m

**Attention** : les pièges à éviter sont les suivants, utiliser le diamètre de la brèche au lieu de sa section ; exprimer la pression en bar et non en Pascal, utiliser la densité au lieu de la masse volumique dans la formule ci-dessus.

- **Estimation de la masse explosible**

En l'absence de vannes de coupure automatique, la masse explosible à prendre en compte correspond à celle produite par le débit de fuite jusqu'à l'allumage de la nappe de gaz ou de vapeur formée. Comme indiqué plus haut, ce temps est estimé à 60 secondes. On estime que l'expansion des gaz de combustion va faire réagir tout le produit en présence (sous forme liquide et vapeur).

$$M = Q \times 60$$

Avec :

M : masse explosible en kg

Q : débit massique en kg/s

**N.B.** : Lorsque l'installation est équipée de vannes de coupure automatique, la masse explosible à prendre en compte correspond à la masse de produit correspondant au débit de rejet à la brèche pendant le temps nécessaire à la fermeture des dispositifs de sécurité à laquelle il convient d'ajouter la masse de produit contenue entre les deux dispositifs de sécurité qui encadrent le point de fuite.

**Illustration** : Envisageons qu'une conduite de 100 mm de diamètre se déchire et qu'elle soit protégée de part et d'autre par deux vannes de coupure automatique distantes de 200 m ayant un temps de fermeture de 4 secondes. Il conviendra d'estimer dans un premier temps la masse explosible  $M_1 = Q \times 4$  et de lui ajouter la masse  $M_2$  calculée en multipliant le volume de la conduite compris entre les deux vannes par la masse volumique du produit, soit  $M_2 = \pi D^2/4 \times L \times \rho$ . D'où  $M_{\text{final}} = M_1 + M_2$ .

- **Évaluation des effets de l'explosion par la méthode de l'équivalent TNT**

On s'accorde sur le fait qu'en première estimation, on peut considérer que l'onde de pression la plupart du temps déflagrante produite lors de l'UVCE générera des dégâts qui peuvent être corrélés avec ceux que produirait la détonation d'une certaine masse de TNT.

La formule de l'équivalent TNT est la suivante :

$$M_{eqTNT} = a \times M_{prod} \times Q_{prod}/Q_{TNT}$$

Avec :

$M_{eqTNT}$  : masse explosible en kg

a : coefficient de rendement de l'explosion (la valeur 0,1 pour a englobe 97 % des accidents analysés dans le cadre du retour d'expérience)

$M_{prod}$  : masse de produit en kg

$Q_{prod}$  : pouvoir calorifique du produit en MJ/kg

$Q_{TNT}$  : pouvoir calorifique du TNT en MJ/kg (4,7 MJ/kg)

**Attention :** le piège à éviter est d'exprimer la masse de produit en tonne en non en Kg ou d'utiliser le volume du réservoir en  $m^3$  au lieu de le convertir en kg en utilisant la masse volumique du produit.

**N.B. :** Lorsque les produits étudiés sont des hydrocarbures, il est admis de considérer, par simplification, que la masse de produit est directement équivalente à la même masse de TNT (1kg d'hydrocarbure = 1 kg de TNT).

- **Calcul des distances d'effets**

Les rayons des zones circulaires correspondant aux effets de l'explosion de la masse équivalente de TNT sont calculés pour les seuils de référence selon les formules suivantes :

$$R_{(200mbar)} = 7,5 \times M_{eqTNT}^{1/3}$$

$$R_{(140mbar)} = 10 \times M_{eqTNT}^{1/3}$$

$$R_{(50mbar)} = 22 \times M_{eqTNT}^{1/3}$$

$$R_{(20mbar)} = 2 \times R_{(50mbar)}$$

**N.B.1 :** Le rayon de la zone correspondant à une onde de pression de 20 mbar est considéré comme étant le double de celui trouvé pour 50 mbar.

**N.B.2 :** Si vous ne disposez pas d'une calculatrice scientifique, le calcul des racines cubiques de M peut se faire en en téléchargeant une sur Internet. Il convient d'utiliser les touches **inv**  $x^y$  ou  $y^x$  selon les modèles utilisés **puis de taper le chiffre 3**.

**Ordre de grandeur :**

L'UVCE consécutif à la rupture guillotine d'une canalisation de butane en phase liquide de 100 mm de diamètre génère sur une minute la fuite de plus de 8200 kg de produit et des zones de danger de rayons respectifs suivants (**Voir détail en Fiches D.2.6 et D.2.7**) :

$$R_{(200\text{mbar})} = 160 \text{ m,}$$

$$R_{(140\text{mbar})} = 210 \text{ m,}$$

$$R_{(50\text{mbar})} = 450 \text{ m,}$$

$$R_{(20\text{mbar})} = 900 \text{ m}$$

- **Évaluation des effets de l'explosion sur une structure implantée à proximité**

Lorsque l'on souhaite connaître les effets potentiels de l'onde de pression sur une structure bâimentaire implantée à proximité, il convient d'appliquer dans un premier temps la formule suivante :

$$\lambda \text{ (distance réduite)} = R(m) / \sqrt[3]{M(\text{Kg})}$$

Puis d'utiliser la valeur de  $\lambda$  trouvée comme point de référence sur l'axe des x de la courbe TM5-1300 présentée sur la **Fiche D.2.5**.

En remontant verticalement à partir de ce point, l'intersection avec la courbe indique les effets redoutés, le report sur l'axe des y précise la valeur de pression subie en ce point.

**Illustration :** *Envisageons d'évaluer les effets générés par l'UVCE d'un nuage d'une tonne de butane sur un bâtiment implanté à 100 m*

Avec donc  $R = 100$  ;  $\sqrt[3]{M(\text{Kg})} = 10$

D'où :

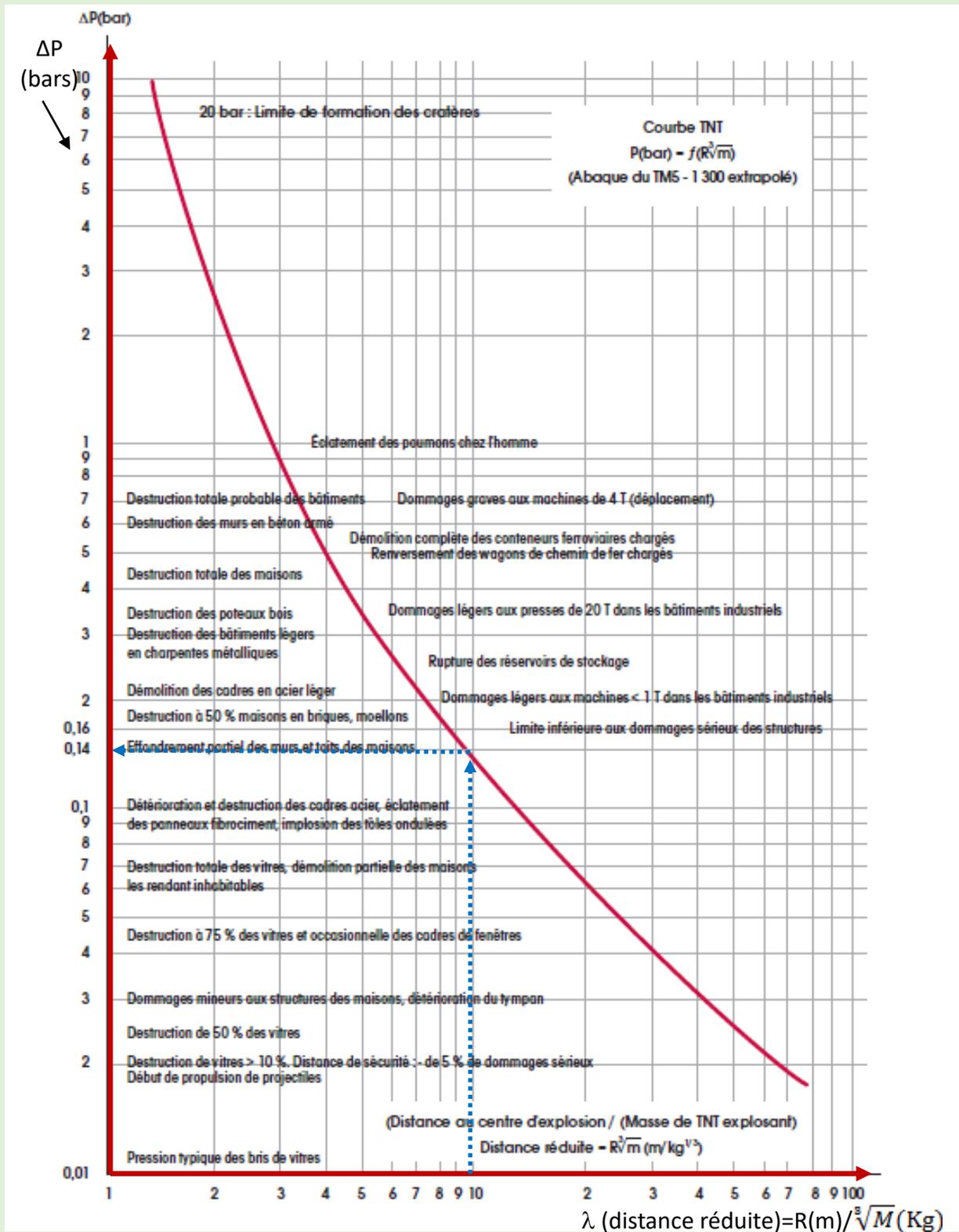
$$\lambda = R(m) / \sqrt[3]{M(\text{Kg})} \text{ soit } \lambda = 100/10 = 10$$

En se reportant sur la courbe TM5-1300 à partir de la valeur de  $\lambda = 10$  (flèches bleues en pointillés), on trouve une onde de pression subie par le bâtiment égale à 140 mbar.

Le bâtiment risque donc sa destruction partielle.

**N.B. :** *Si vous ne disposez pas d'une calculatrice scientifique, le calcul des racines cubiques de M peut se faire en téléchargeant une sur Internet. Il convient d'utiliser les touches **inv x<sup>y</sup>** ou **y<sup>x</sup>** selon les modèles utilisés **puis de taper le chiffre 3**.*

**UVCE (Explosion d'un nuage de gaz non confiné)  
Modélisation des Effets : Equivalent TNT**



**Calcul des effets de l'onde de pression consécutive à un UVCE**

**Données entrantes :**

- Rupture guillotine d'un piquage en phase liquide de diamètre 100 mm au droit d'un réservoir de propane liquéfié sous pression.
- PVS du propane en phase liquide à 25 °C : 9,6 bar
- hauteur de liquide dans le bac au-dessus de la brèche : 2 m
- Densité du propane en phase liquide : 0,5

**Etape n°1 :**

Conversion des données pour pouvoir calculer le débit de fuite en utilisant la formule de Bernoulli

- Masse volumique du propane en phase liquide ( $\rho$ ) :  
Si la densité du propane en phase liquide est 0,5, cela signifie que sa masse volumique est de 500 kg/m<sup>3</sup>
- Section de la brèche en m<sup>2</sup> :  
Si le diamètre de la canalisation est de 100 mm, la section du tuyau est égale à :  
 $\pi \times D^2/4 = 7,8 \times 10^{-3} \text{ m}^2$
- Différence entre la pression interne au réservoir et la pression atmosphérique en Pa  
La PVS du propane est de 9,6 bar donc  $P_{\text{int}} - P_{\text{atmo}} = 8,6 \text{ bar} = 8,6 \times 10^5 \text{ Pa}$

**Etape n°2 :**

Calcul du débit de fuite monophasique en phase liquide.

$$Q = C \rho S [ 2 (P - P_{\text{atmo}}) / \rho + 2 g h ]^{1/2}$$

Avec :

Q : débit massique en kg/s

C : coefficient d'orifice (pouvant être compris entre 0,6 et 1) pris majoritairement à 0,6

$\rho$  : masse volumique du produit en phase **liquide** en kg/m<sup>3</sup>

S : surface de la brèche en m<sup>2</sup>

$P - P_{\text{atmo}}$  : différence entre la pression interne du stockage et la pression atmosphérique en Pa

g : gravité = 9,81 m/s<sup>2</sup>

h : hauteur de liquide au-dessus de la brèche en m

D'où :

$$Q = 0,6 \times 502 \times 7,8 \cdot 10^{-3} [2 \times 8,6 \cdot 10^5 / 502 + 2 \times 9,81 \times 2]^{1/2}$$

$$Q = 138 \text{ kg/s}$$

**Etape n°3 :**

Calcul de la masse totale de propane rejetée en 60 secondes, temps de fuite au bout duquel on considère que la fuite aura rencontré un point d'allumage.

$$M = Q \times 60 = 138 \times 60 = 8280 \text{ kg}$$

**Etape n°4 :**

Calcul de la masse équivalente TNT du produit rejeté.

$$M_{\text{eqTNT}} = a \times M_{\text{prod}} \times Q_{\text{prod}} / Q_{\text{TNT}} = 0,1 \times 8280 \times 47 / 4,7 = 8280 \text{ kg}_{\text{eqTNT}}$$

Avec :

$M_{\text{eqTNT}}$  : masse explosible en kg

a : coefficient de rendement de l'explosion (la valeur 0,1 pour a englobe 97 % des accidents analysés dans le cadre du retour d'expérience)

$M_{\text{prod}}$  : masse de produit en kg

$Q_{\text{prod}}$  : pouvoir calorifique du produit en MJ/kg = 47 MJ/kg pour le propane (environ)

$Q_{\text{TNT}}$  : pouvoir calorifique du TNT en MJ/kg (4,7 MJ/kg)

**Etape n°5 :**

Calcul des distances correspondant aux seuils réglementaires.

$$R_{(200\text{mbar})} = 7,5 \times M_{\text{eqTNT}}^{1/3} = 7,5 \times 8280^{1/3} = 153 \text{ m arrondi à } 160 \text{ m}$$

$$R_{(140\text{mbar})} = 10 \times M_{\text{eqTNT}}^{1/3} = 10 \times 8280^{1/3} = 202 \text{ m arrondi à } 210 \text{ m}$$

$$R_{(50\text{mbar})} = 22 \times M_{\text{eqTNT}}^{1/3} = 22 \times 8280^{1/3} = 445 \text{ m arrondi à } 450 \text{ m}$$

$$R_{(20\text{mbar})} = 2 \times R_{(50\text{mbar})} = 2 \times 450 \text{ m} = 900 \text{ m}$$

Les blessures indirectes par bris de vitres pourront donc être redoutées jusqu'à 900 m de distance du point d'allumage de la fuite.

**N.B. :** Si vous ne disposez pas d'une calculatrice scientifique, le calcul des racines cubiques de M peut se faire en téléchargeant une sur Internet. Il convient d'utiliser les touches *inv x<sup>y</sup>* ou *y<sup>x</sup>* selon les modèles utilisés **puis de taper le chiffre 3.**

**Réduction des effets de l'UVCE par la pose de vannes de coupure automatique**

Envisageons que compte tenu des distances d'effets mesurées ci-dessus, il soit décidé d'équiper la conduite de 100 mm de diamètre par des vannes de coupure automatique ayant un temps de fermeture de 4 secondes et disposées tous les 200 m.

Etudions les effets d'une telle prescription sur le scénario précédent.

**Etape n°1 :**

Il convient d'estimer dans un premier temps la masse explosible qui s'écoulera par la fuite pendant le temps nécessaire à la fermeture des vannes automatiques implantées de part et d'autre de la fuite.

$$M_1 = Q \times 4 \text{ avec } Q = 138 \text{ kg/s tel que calculé dans la fiche précédente}$$

$$D'où : M_1 = 138 \times 4 = 552 \text{ kg}$$

**Etape n°2 :**

Il faut maintenant estimer la masse de propane  $M_2$  qui s'écoulera du tronçon de la conduite compris entre les deux vannes, une fois celles-ci fermées.

$M_2$  se calcule en multipliant le volume de la conduite compris entre les deux vannes par la masse volumique du produit, soit  $M_2 = \pi D^2/4 \times L \times \rho = S \times L \times \rho = 7,8 \times 10^{-3} \times 200 \times 502 = 783 \text{ kg}$

$$D'où M_{final} = M_1 + M_2 = 552 + 783 = 1335 \text{ kg}$$

**Etape n°3 :**

Calcul de la masse totale de propane rejetée en 60 secondes, temps de fuite au bout duquel on considère que la fuite aura rencontré un point d'allumage.

$$M = Q \times 60 = 138 \times 60 = 8280 \text{ kg}$$

**Etape n°4 :**

Calcul des distances correspondant aux seuils réglementaires si cette fuite rencontre un point d'allumage.

$$R_{(200\text{mbar})} = 7,5 \times M_{\text{eqTNT}}^{1/3} = 7,5 \times 1335^{1/3} = 83 \text{ m arrondi à } 90 \text{ m}$$

$$R_{(140\text{mbar})} = 10 \times M_{\text{eqTNT}}^{1/3} = 10 \times 1335^{1/3} = 110 \text{ m}$$

$$R_{(50\text{mbar})} = 22 \times M_{\text{eqTNT}}^{1/3} = 22 \times 1335^{1/3} = 242 \text{ m arrondi à } 250 \text{ m}$$

$$R_{(20\text{mbar})} = 2 \times R_{(50\text{mbar})} = 2 \times 250 \text{ m} = 500 \text{ m}$$

L'ensemble des effets redoutés sont donc largement réduits par ce type de mesure. Les blessures indirectes par bris de vitres sont par exemple ramenées de 900 m à 500 m du point d'allumage de la fuite.

**Méthode de calcul :**

Le calcul aboutissant à la définition des distances d'effets se réalise en plusieurs étapes. Il convient en premier lieu de procéder à l'évaluation du débit de fuite à la brèche.

Ce type de calcul s'avère nécessaire en plusieurs circonstances :

- pour calculer la vitesse de remplissage d'une cuvette de rétention lors de la fuite d'un produit liquide,
- pour dimensionner les effets de l'onde de pression en cas de survenue d'un UVCE,
- pour évaluer les effets d'un nuage toxique consécutif à la fuite d'un produit comprimé ou liquéfié sous pression.

Selon l'état physique du produit au point de fuite :

- monophasique gazeux si c'est un gaz comprimé,
- monophasique liquide,
- en phase gazeuse si la fuite se trouve dans la phase gaz d'un gaz liquéfié sous pression,
- en phase liquide si la fuite concerne la phase liquide d'un gaz liquéfié sous pression,

Il sera possible d'estimer la quantité de produit s'écoulant en phase liquide et/ou gazeuse et de dimensionner les distances auxquelles seront potentiellement matérialisés les effets d'un produit toxique ou d'une onde de pression aux valeurs seuils des flux indiquée dans la **fiche F1**.

- **Calcul du débit de rejet à la brèche en phase gaz**

**(à utiliser pour une fuite de gaz comprimé ou sur la phase gazeuse d'un liquéfié sous pression)**

$$Q_{\text{gazeux}} = C \rho S [ 2 (P - P_{\text{atmo}}) / \rho ]^{1/2}$$

Avec :

$Q_{\text{gazeux}}$  : débit massique en kg/s

C : coefficient d'orifice (pouvant être compris entre 0,6 et 1) pris majoritairement à 0,6

$\rho$  : masse volumique du produit en phase **gazeuse** en kg/m<sup>3</sup>

S : surface de la brèche en m<sup>2</sup>

$P - P_{\text{atmo}}$  : différence entre la pression interne du stockage et la pression atmosphérique en Pa

**Attention :** les pièges à éviter sont les suivants, utiliser le diamètre de la brèche au lieu de sa section ; exprimer la pression en bar et non en Pascal, utiliser la densité au lieu de la masse volumique dans la formule ci-dessus, utiliser  $\rho$  liquide au lieu de  $\rho$  gazeux.

**Calcul du débit de rejet à la brèche en phase liquide**

- **Pour une fuite monophasique liquide**  
(ex : fuite de liquide dans une cuvette de rétention)

$$Q = C \rho S [ 2 (P - P_{atmo}) / \rho + 2 g h ]^{1/2}$$

Avec :

Q : débit massique en kg/s

C : coefficient d'orifice (pouvant être compris entre 0,6 et 1) pris majoritairement à 0,6

$\rho$  : masse volumique du produit en phase **liquide** en kg/m<sup>3</sup>

S : surface de la brèche en m<sup>2</sup>

$P - P_{atmo}$  : différence entre la pression interne du stockage et la pression atmosphérique en Pa

g : gravité = 9,81 m/s<sup>2</sup>

h : hauteur de liquide au-dessus de la brèche en m

**Attention** : les pièges à éviter sont les suivants, utiliser le diamètre de la brèche au lieu de sa section ; exprimer la pression en bar et non en Pascal, utiliser la densité au lieu de la masse volumique dans la formule ci-dessus, utiliser  $\rho$  gazeux au lieu de  $\rho$  liquide.

- **Pour une fuite sur la phase liquide d'un gaz liquéfié sous pression toxique**

Le calcul ci-dessus ne constitue qu'une première étape. En effet, pour une fuite intervenant sur la phase liquide d'un produit liquéfié sous pression, pour un orifice identique, le débit d'un écoulement biphasique est nettement inférieur à celui d'un écoulement liquide.

L'Union des Industries Chimiques (U.I.C.) a déterminé un coefficient de réduction (a), variant entre 2,5 et 3.

$$Q_d = Q_l / a$$

Avec :

$Q_d$  : débit de fuite d'un écoulement diphasique

$Q_l$  : débit de fuite d'un écoulement liquide (calculé à l'aide de l'équation de Bernoulli).

Le nuage toxique gazeux généré par la fuite sera constitué de :

- la masse de gaz ou de vapeur libérée instantanément par flash lors de la rupture du réservoir ou de la canalisation,
- la fraction de produit rejetée dans l'air sous forme d'aérosol pour certains gaz liquéfiés (l'ammoniac notamment),
- la fraction de la phase liquide s'écoulant au sol qui va se vaporiser instantanément du fait de l'apport thermique important apporté par le sol,
- la vaporisation plus lente du reste de la nappe liquide liée aux apports de chaleur par le sol, l'atmosphère et le rayonnement solaire. Cette dernière fraction peut être négligée car elle constitue tout au plus 10 % des apports au nuage.

Lorsque l'on dispose des caractéristiques physico-chimiques du produit concerné, il est possible de réaliser une approche plus précise de ce débit en ayant recours au taux de flash ( $\tau$ ).

Le taux de flash représente la fraction de liquide vaporisée lors de sa détente.

$$F_v = 1 - e^{-\tau}$$

avec

$$\tau = \frac{Cp(l) \cdot [\theta_{eb} - \theta_1]}{\Delta H_{vap}}$$

D'où :

$$F_v = 1 - \text{Exp} [Cp(l) \cdot \Delta T / \Delta H_{vap}]$$

Avec :

$\tau$  : *taux de flash*

$Cp(l)$  : *chaleur spécifique du liquide en  $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$*

$\Delta T$  :  $\theta_{eb} - \theta_1$

$\theta_{eb}$  : *température d'ébullition à la pression atmosphérique*

$\theta_1$  : *température du liquide au moment du flash*

$\Delta H_{vap}$  : *enthalpie de vaporisation en  $\text{kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$*

De façon majorante, la fraction vaporisée instantanément peut être estimée à :

$$F'_v = 2 F_v \text{ pour les produits générant peu d'aérosols (chlore)}$$

$$F'_v = 3 F_v \text{ pour les produits générant beaucoup d'aérosols (ammoniac, acide fluorhydrique)}$$

**Scénario de rupture instantanée du piquage entraînant le plus gros débit massique**

La méthode consiste à calculer le débit de gaz ou de vapeur toxique émis à la suite de la rupture du réservoir ou de la canalisation, en appliquant les formules décrites en détail dans **les fiches D4**, puis à évaluer la dispersion atmosphérique du panache toxique correspondant, afin de calculer les distances auxquelles une personne exposée sera susceptible d'inhaler les doses causant les différents effets redoutés correspondant aux flux de référence (**voir fiche F1**).

Lorsqu'il s'agit d'une fuite de gaz comprimé, ou d'une fuite sur la phase gazeuse d'un gaz liquéfié sous pression, le débit gazeux sera calculé directement par la formule suivante :

$$Q_{\text{gazeux}} = C \rho S [ 2 (P - P_{\text{atmo}}) / \rho ]^{1/2}$$

Avec :

$Q_{\text{gazeux}}$  : débit massique en kg/s

C : coefficient d'orifice (pouvant être compris entre 0,6 et 1) pris majoritairement à 0,6

$\rho$  : masse volumique du produit en phase **gazeuse** en kg/m<sup>3</sup>

S : surface de la brèche en m<sup>2</sup>

$P - P_{\text{atmo}}$  : différence entre la pression interne du stockage et la pression atmosphérique en Pa

Lorsqu'il s'agit d'une fuite sur la phase liquide d'un gaz liquéfié sous pression, le débit gazeux sera évalué par estimation de la fraction vaporisée à partir du débit monophasique en phase liquide par la démarche suivante :

$$Q_{\text{monophasique}} = C \rho S [ 2 (P - P_{\text{atmo}}) / \rho + 2 g h ]^{1/2}$$

Avec :

$Q_{\text{monophasique}}$  : débit massique en kg/s

C : coefficient d'orifice (pouvant être compris entre 0,6 et 1) pris majoritairement à 0,6

$\rho$  : masse volumique du produit en phase **liquide** en kg/m<sup>3</sup>

S : surface de la brèche en m<sup>2</sup>

$P - P_{\text{atmo}}$  : différence entre la pression interne du stockage et la pression atmosphérique en Pa

g : gravité = 9,81 m/s<sup>2</sup>

h : hauteur de liquide au-dessus de la brèche en m

Le débit gazeux de produit toxique en kg/s est alors

$$Q_{\text{gazeux}} = Q_{\text{monophasique}} \times F'_v$$

**Scénario de rupture instantanée du piquage entraînant le plus gros débit massique**

**Données entrantes :**

- rupture guillotine d'un piquage en phase liquide de chlore liquéfié sous pression 2 m en-dessous du niveau supérieur de chlore en phase liquide dans le réservoir .
- diamètre de la conduite : 40 mm
- durée de la fuite : 3 mn
- PVS du chlore en phase liquide à 25 °C : 7,6 bar
- hauteur de liquide dans le bac au-dessus de la brèche : 2 m
- masse volumique du chlore en phase liquide ( $\rho$ ) : 1405 kg/m<sup>3</sup>
- $C_{p\text{liq}}$  : 0,955 kJ.kg<sup>-1</sup>. K<sup>-1</sup>
- $\Delta H_{\text{vap}}$  : 287,58 kJ/kg
- $\Delta T = \theta_{\text{eb}} - \theta_1$  : 239-298 = - 59 K
- h : 2 m

Puisqu'il s'agit d'une fuite sur la phase liquide d'une conduite de chlore liquéfié sous pression, le débit de fuite sera d'abord calculé dans une première étape comme s'il se trouvait exclusivement sous forme monophasique liquide par la formule ci-dessous :

Il conviendra dans un second temps de calculer la fraction vaporisée au cours du flash adiabatique qui se produira à la mise à l'atmosphère de cette phase gazeuse

Le débit gazeux alimentant globalement le nuage de chlore sera évalué dans un troisième temps par estimation de la fraction vaporisée totale à partir du débit monophasique en phase liquide trouvé précédemment.

**Etape n°1 : Calcul du débit monophasique liquide**

$$Q_{\text{monophasique}} = C \rho S [ 2 (P - P_{\text{atmo}}) / \rho + 2 g h ]^{1/2}$$

Avec :

$Q_{\text{monophasique}}$  : débit massique en kg/s

C : coefficient d'orifice pris à 0,6

$\rho$  : masse volumique du produit en phase **liquide** en kg/m<sup>3</sup> = 1405 kg/m<sup>3</sup>

S : surface de la brèche en m<sup>2</sup> =  $\pi \cdot D^2 / 4 = \pi \cdot 0,04^2 / 4 = 1,25 \cdot 10^{-3}$  m<sup>2</sup>

$P - P_{\text{atmo}}$  : différence entre la pression interne du stockage et la pression atmosphérique en Pa =  
7,6 . 10<sup>5</sup> – 10<sup>5</sup> = 6,6 . 10<sup>5</sup> Pa

g : gravité = 9,81 m/s<sup>2</sup>

h : hauteur de liquide au-dessus de la brèche en m = 2m

D'où :

$$Q_{\text{monophasique}} = 0,6 \cdot 1405 \cdot 1,25 \cdot 10^{-3} [ 2 (6,6 \cdot 10^5) / 1405 + 2 \cdot 9,81 \cdot 2 ]^{1/2} = 33 \text{ kg/s environ}$$

**Etape n°2 : Calcul de la fraction de chlore vaporisée au cours du flash adiabatique**

$$F_v = 1 - \text{Exp} [C_{p(l)} \cdot \Delta T / \Delta H_{\text{vap}}]$$

Avec :

$$C_{p(l)} : 0,955 \text{ kJ.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$$

$$\Delta T : \theta_{\text{eb}} - \theta_1 = - 59 \text{ K}$$

$$\Delta H_{\text{vap}} : 287,58 \text{ kJ/kg}$$

D'où :

$$F_v = 1 - \text{Exp} [0,955 \cdot (- 59) / 287,58] = 0,18 = 18\%$$

**Etape n°3 : Calcul de la fraction vaporisée totale**

Pour estimer la fraction vaporisée par cette fuite en phase liquide, il faut se rappeler que le chlore ne génère pas d'aérosols de ce fait :

$$F'_v = 2F_v$$

D'où :

$$F'_v = 2 \times 18\% = 36 \%$$

La valeur expérimentale communément admise est de 30 %.

Ce qui nous donne au final un débit gazeux lié à cette fuite sur la phase liquide :

$$Q_{\text{gazeux}} = Q_{\text{monophasique}} \times F'_v = 33 \times 0,30 = 10 \text{ kg/s environ}$$

### **Scénario de perte instantanée de confinement d'un réservoir de gaz toxique**

La méthode consiste à calculer la masse de gaz ou de vapeur toxique émise à la suite de la rupture du réservoir, en appliquant les formules décrites en détail dans **les Fiches D.4**, puis à évaluer la dispersion atmosphérique du panache toxique correspondant, afin de calculer les distances auxquelles une personne exposée sera susceptible d'inhaler les doses causant les différents effets redoutés correspondant aux flux de référence (**voir Fiche F1**).

Si le gaz est un gaz comprimé, il conviendra de prendre la masse maximale de produit susceptible d'être contenue dans le réservoir.

Si le gaz est liquéfié sous pression à l'intérieur du réservoir, il conviendra d'estimer la masse de la bouffée gazeuse qui sera produite instantanément par flash.

Comme indiqué dans la **Fiche D.4.3**, le nuage toxique gazeux généré par la rupture totale du réservoir sera constitué de :

- la masse de gaz ou de vapeur libérée instantanément par flash lors de la rupture du réservoir ou de la canalisation,
- la fraction de produit rejetée dans l'air sous forme d'aérosol pour certains gaz liquéfiés (l'ammoniac notamment),
- la fraction de la phase liquide s'écoulant au sol qui va se vaporiser instantanément du fait de l'apport thermique important apporté par le sol,
- la vaporisation plus lente du reste de la nappe liquide liée aux apports de chaleur par le sol, l'atmosphère et le rayonnement solaire. Cette dernière fraction peut être négligée car elle constitue tout au plus 10 % des apports au nuage.

Cette masse gazeuse de la bouffée gazeuse peut être estimée en kg par la formule suivante :

$$M_{\text{gazeuse}} = M_{\text{prod}} \times F'_{\text{v}}$$

Avec :

$F'_{\text{v}} = 2 F_{\text{v}}$  pour les produits générant peu d'aérosols (chlore)

$F'_{\text{v}} = 3 F_{\text{v}}$  pour les produits générant beaucoup d'aérosols (ammoniac, acide fluorhydrique)

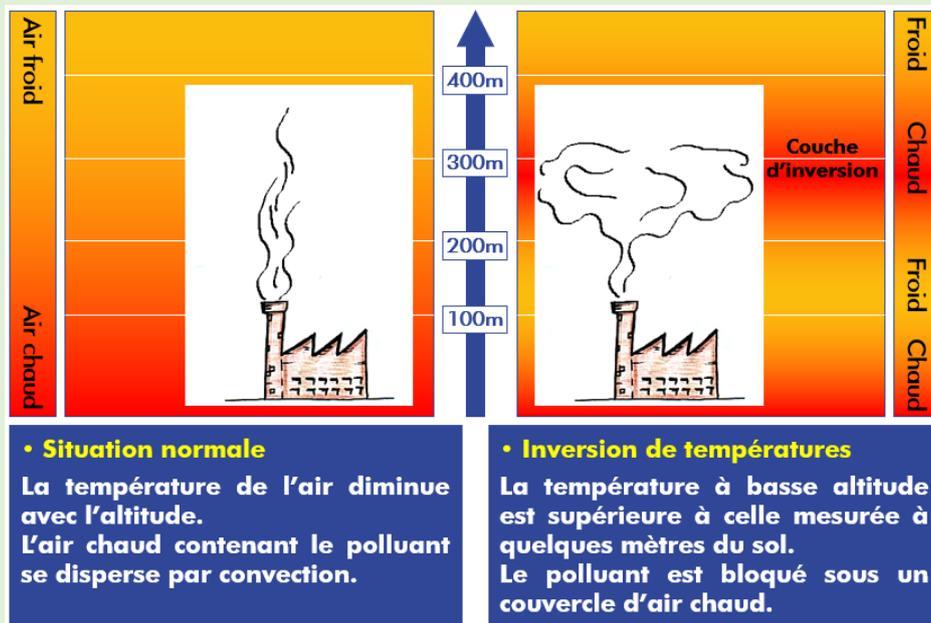
**Estimation de la dispersion atmosphérique et des zones à risque**

Une personne située à l'extérieur à une distance x sous le vent et non protégée va inhaler une quantité de produit toxique durant le passage du nuage.

Cette dose inhalée, susceptible de causer les différents effets redoutés correspondant aux flux de référence (**voir fiche F1**), sera fonction de la concentration du nuage en ce point et de son temps de passage.

Les hypothèses de référence à prendre en compte pour les calculs de dispersion sont les suivantes :

- atmosphère stable (conditions d'inversion de température) et vent faible de 3 à 5 m/s,
- prise en compte de la réflexion par le sol.



A l'aide d'un modèle de dispersion atmosphérique (CEA-DOURY ou PASQUILL), on évalue la concentration reçue à la distance donnée.

Ces abaques permettent d'estimer le Coefficient de Transfert Atmosphérique (CTA) maximal au sol, en fonction de la distance sous le vent d'une émission ponctuelle de hauteur effective nulle.

En connaissant la valeur du CTA, il est possible de déduire la concentration en toxique dans l'air :

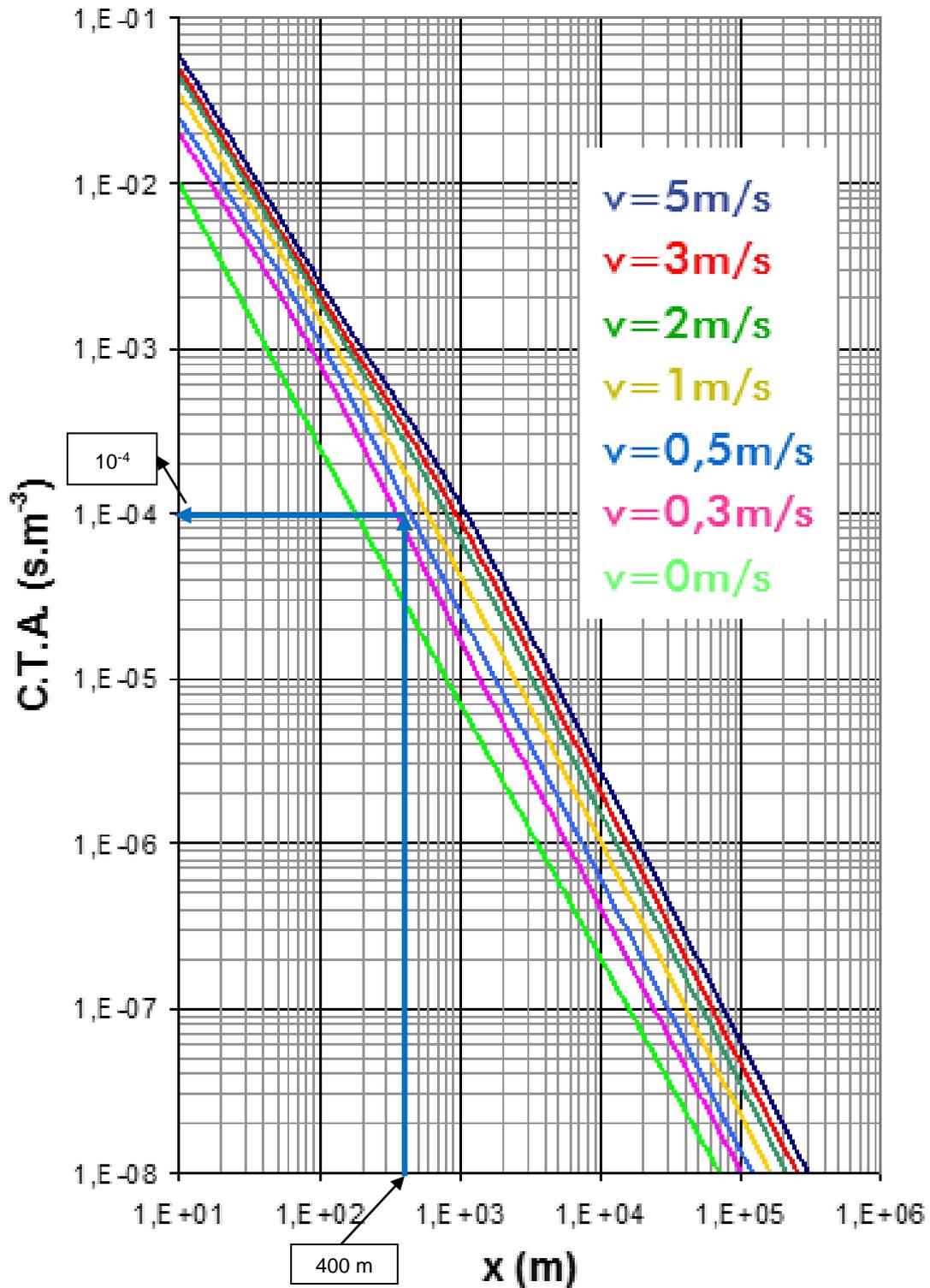
$$C = Q \cdot CTA$$

Avec :

C : concentration (kg.m<sup>-3</sup>)

Q : débit massique (kg.s<sup>-1</sup>)

CTA : (s.m<sup>-3</sup>)



Modèle de Doury

Conditions de diffusion faible - vents de 0 à 5 m/s

### Utilisation de l'abaque de DOURY

Le scénario de fuite de chlore liquéfié sous pression en phase liquide étudié dans les **Fiches D.4.2 et D.4.3**, nous a permis d'aboutir à un débit gazeux calculé de 10 kg/s.

En reprenant les conditions atmosphériques de référence à savoir :

- Diffusion faible
- vent de 5 m/s

Estimons à partir de l'abaque de DOURY la concentration reçue par un groupe de personnes se trouvant sans possibilité de s'abriter à 400 m du point de fuite sous le vent et dans son axe (voir flèches bleues sur diagramme de la **Fiche D.4.6**).

$$C = Q \cdot CTA$$

Avec :

C : concentration (kg.m<sup>-3</sup>)

Q : débit massique (kg.s<sup>-1</sup>)

CTA : (s.m<sup>-3</sup>)

D'où :

$$C = 10 \cdot 10^{-4} = 10^{-3} \text{ kg / m}^3$$

En utilisant la **Fiche D.4.9**, on peut convertir cette concentration en ppm.

$$10^{-3} \text{ kg / m}^3 = 1 \text{ g / m}^3 = 1000 \text{ mg / m}^3$$

Sachant que la masse molaire du chlore est de 71 g et que :

$$Y \text{ mg/m}^3 \times \frac{24}{M_{\text{molaire}}} = X \text{ ppm}$$

On en déduit que :

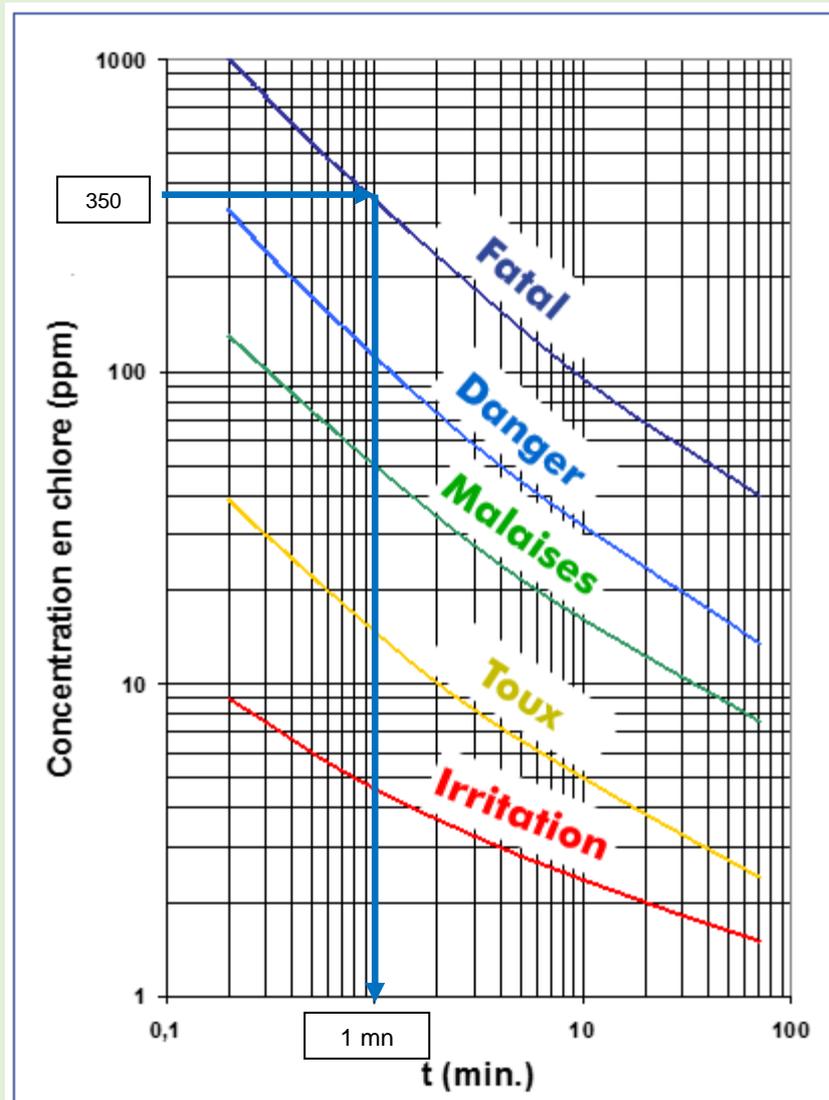
$$1000 \text{ mg / m}^3 \times 24 / 71 = 338 \text{ ppm}$$

L'abaque de la **Fiche D.4.8** nous permet de constater que l'on approche la concentration fatale si le temps de passage de ce nuage en ce point est de l'ordre d'une minute. Or nous avons pris par hypothèse un temps de fuite de 3 minutes.

**Utilisation des courbes d'iso-effets**

Les courbes d'iso-effets toxiques permettent de connaître les symptômes observés en fonction de la concentration en toxique dans l'air et de la durée d'exposition.

Les courbes ci-dessous décrivent les effets de l'exposition au chlore.



Effets	Durée	Conc.
<b>Fatal</b>	<b>12 s</b>	<b>1000 ppm</b>
<b>Fatal</b>	<b>20 min.</b>	<b>70 ppm</b>
<b>Irritation</b>	<b>12 s</b>	<b>9 ppm</b>
<b>Irritation</b>	<b>20 min.</b>	<b>2 ppm</b>

**Conversion des unités de concentration les plus utilisées**

$$X \% = X \cdot 10^4 \text{ ppm}$$

$$X \text{ ppm} \times \frac{M_{\text{molaire}}}{24} = Y \text{ mg/m}^3$$

$$Y \text{ mg/m}^3 \times \frac{24}{M_{\text{molaire}}} = X \text{ ppm}$$

**Exemples d'application**

$$5 \% \text{ d'NH}_3 = 5 \cdot 10^4 \text{ ppm d'NH}_3$$

$$5 \cdot 10^4 \text{ ppm d'NH}_3 = 3,54 \cdot 10^4 \text{ mg/m}^3 \text{ d'NH}_3$$

$$10 \text{ mg/m}^3 \text{ de Cl}_2 = 3,38 \text{ ppm de Cl}_2$$

**Rappel**

$$M_{\text{molaire}} \text{ d'NH}_3 = 17$$

$$M_{\text{molaire}} \text{ de Cl}_2 = 71$$

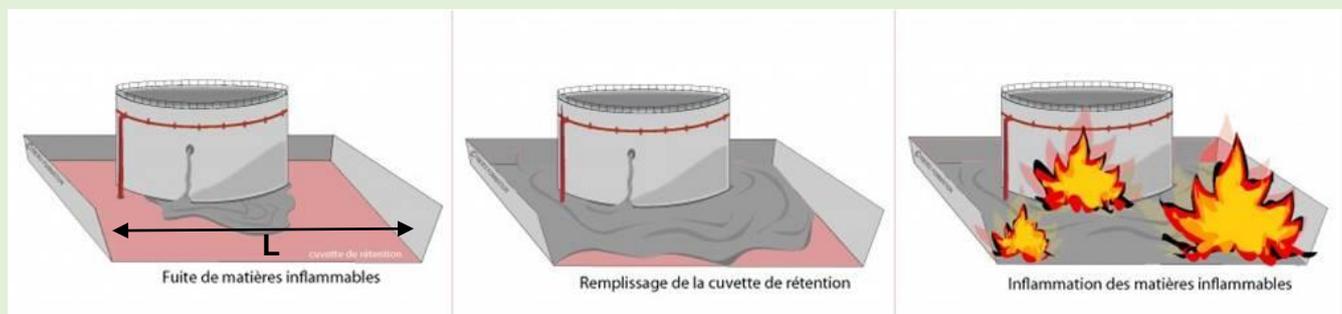
Densité d'un gaz par rapport à l'air :

$$d = M_{\text{molaire}} \text{ du gaz} / M_{\text{molaire}} \text{ de l'air} = M_{\text{molaire}} \text{ du gaz} / 29$$

**Dimensionnement des flux thermiques émis par l'incendie d'une cuvette de rétention**

Pour dimensionner les effets thermiques liés à un feu de cuvette de rétention de liquide inflammable, il est communément admis de ne pas prendre en compte la nature du produit impliqué et son pouvoir combustible.

Seule intervient dans la formule utilisée, la plus grande longueur de la cuvette.



**Attention :** Il convient de se référer à la définition réglementaire d'une cuvette de rétention qui est censée contenir le volume total du plus grand bac ou 50 % du volume total des bacs si elle en contient plusieurs.

**N.B. :** Lorsque la cuvette étudiée est de forme complexe, il est admis d'utiliser dans la formule de calcul une valeur de longueur correspondant à celle qu'aurait le côté d'une cuvette carrée de même surface.

Distance correspondant au seuil des effets dominos

$$d(8 \text{ kW/m}^2) = 2,25 L^{0,85} (1 - 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot L^{0,85})$$

Distance correspondant au seuil de létalité (mortalité 1%) :

$$d(5 \text{ kW.m}^{-2}) = 2,8 \cdot L^{0,85} (1 - 2,3 \cdot 10^{-3} \cdot L^{0,85})$$

Distance correspondant au seuil des brûlures significatives :

$$d(3 \text{ kW.m}^{-2}) = 3,7 \cdot L^{0,85} (1 - 3 \cdot 10^{-3} \cdot L^{0,85})$$

avec :

$d$  : distance d'effet (m)

$L$  : longueur du plus grand côté de la cuvette (m)

**N.B. :** Si vous ne disposez pas d'une calculatrice scientifique, le calcul des puissances de  $M$  peut se faire en téléchargeant une sur Internet. Il convient d'utiliser la touche  $x^y$  ou  $y^x$  selon les modèles utilisés **puis de taper la valeur de la puissance**.

**Dimensionnement des flux thermiques émis par l'incendie d'une cuvette de rétention carrée de 100 m de côté, contenant du fioul**

Distance correspondant au seuil des effets dominos

$$d(8 \text{ kW/m}^2) = 2,25 \cdot 100^{0,85} (1 - 1,8 \cdot 10^{-3} \cdot 100^{0,85}) = 103 \text{ m arrondi à } 110 \text{ m}$$

Distance correspondant au seuil de létalité (mortalité 1%) :

$$d(5 \text{ kW.m}^{-2}) = 2,8 \cdot 100^{0,85} (1 - 2,3 \cdot 10^{-3} \cdot 100^{0,85}) = 124 \text{ m arrondi à } 130 \text{ m}$$

Distance correspondant au seuil des brûlures significatives :

$$d(3 \text{ kW.m}^{-2}) = 3,7 \cdot 100^{0,85} (1 - 3 \cdot 10^{-3} \cdot 100^{0,85}) = 157 \text{ m arrondi à } 160 \text{ m}$$

avec :

$d$  : distance d'effet (m)

$L$  : longueur du plus grand côté de la cuvette (m)

**N.B. :** Si vous ne disposez pas d'une calculatrice scientifique, le calcul des puissances de  $M$  peut se faire en téléchargeant une sur Internet. Il convient d'utiliser la touche  $x^y$  ou  $y^x$  selon les modèles utilisés puis de taper la valeur de la puissance.

Il conviendra à partir de ce premier scénario d'analyser les effets secondaires à redouter :

- L'échauffement des bacs contenus dans cette cuvette en particulier ceux à toits fixes qui sont susceptibles de voir leur ciel gazeux exploser (**voir scénario dédié en Fiche D7**). Il conviendra de les refroidir à la mousse soit à partir d'installations fixes (couronnes dopées en solution moussante), soit à partir de lances à mousse (lances monitor ou lances apportées spécifiquement).
- L'échauffement des bacs extérieurs à cette cuvette mais exposés au rayonnement qui devront être refroidis à l'eau (ou éventuellement à la mousse si le réseau du site est en pré-mélange), par des moyens fixes ou mobiles.
- L'échauffement des structures exposées (postes de remplissage, bâtiments administratifs, parkings véhicules ...)

Si un feu de bac se produit en parallèle ou en conséquence du feu de cuvette, il conviendra de procéder en priorité à l'extinction de la cuvette de rétention avant de procéder à l'extinction du bac en feu.

**Dimensionnement des flux thermiques émis lors d'un BOIL-OVER**

Pour 8 kW/m<sup>2</sup>

$$DIST_{SELS} = A_{SELS} \cdot M_{LIQ}^{B_{SELS}}$$

Pour 5 kW/m<sup>2</sup>

$$DIST_{SEL} = A_{SEL} \cdot M_{LIQ}^{B_{SEL}}$$

Pour 3 kW/m<sup>2</sup>

$$DIST_{SEI} = A_{SEI} \cdot M_{LIQ}^{B_{SEI}}$$

avec :

DIST=distance associée aux effets (m), **il s'agit donc d'un rayon.**

M<sub>LIQ</sub>=masse d'hydrocarbures contenue dans le bac (kg)

Les valeurs respectives des coefficients A<sub>SELS</sub> et B<sub>SELS</sub>, A<sub>SEL</sub> et B<sub>SEL</sub>, A<sub>SEI</sub> et B<sub>SEI</sub>, sont indiquées dans le tableau ci-dessous :

Produit stocké	Constantes associées à DIST <sub>SELS</sub>		Constantes associées à DIST <sub>SEL</sub>		Constantes associées à DIST <sub>SEI</sub>	
	A <sub>SELS</sub>	B <sub>SELS</sub>	A <sub>SEL</sub>	B <sub>SEL</sub>	A <sub>SEI</sub>	B <sub>SEI</sub>
Fuel oil n°2	0,264	0,467	0,42	0,455	0,573	0,449
Brut léger	0,17	0,466	0,267	0,454	0,363	0,448
Brut lourd	0,14	0,478	0,249	0,46	0,345	0,452

Il s'agit d'un phénomène à cinétique lente car pour qu'un boil over « classique » se produise, plusieurs conditions sont nécessaires (Rapport INERIS, Guide UFIP) :

- 1) un feu de bac (condition 1) après l'effacement du toit
- 2) la présence d'eau à transformer en vapeur (condition 2)
- 3) un hydrocarbure pouvant générer une onde de chaleur qui entre en contact avec le fond d'eau et suffisamment visqueux pour s'opposer au passage de la vapeur d'eau vers la surface (condition 3)

**N.B. :** Si vous ne disposez pas d'une calculatrice scientifique, le calcul des puissances de M peut se faire en téléchargeant une sur Internet. Il convient d'utiliser la touche x<sup>y</sup> ou y<sup>x</sup> selon les modèles utilisés **puis de taper la valeur de la puissance.**

***Calcul des effets thermiques du BOIL-OVER d'un bac de pétrole brut léger***

**Données entrantes :**

- Type de stockage : bac aérien à toit fixe
- Capacité de stockage du bac : 20.000 m<sup>3</sup>
- Masse volumique du pétrole léger ( $\rho$ ) : 800 kg/m<sup>3</sup>

**Etape n°1 :**

Calcul de la masse maximale de brut léger susceptible d'être présente dans le réservoir :

$$M_{\text{brut léger}} = V_{\text{max}} \times \rho = 20000 \times 800 = 1,6 \times 10^7 \text{ kg}$$

**Etape n°2 :**

Calcul des effets thermiques générés par le BOIL-OVER de cette masse de brut

Rappel, les valeurs respectives des coefficients  $A_{\text{SELS}}$  et  $B_{\text{SELS}}$ ,  $A_{\text{SEL}}$  et  $B_{\text{SEL}}$ ,  $A_{\text{SEI}}$  et  $B_{\text{SEI}}$ , correspondant au brut léger seront extraites du tableau ci-dessous :

Produit stocké	Constantes associées à $\text{DIST}_{\text{SELS}}$		Constantes associées à $\text{DIST}_{\text{SEL}}$		Constantes associées à $\text{DIST}_{\text{SEI}}$	
	$A_{\text{SELS}}$	$B_{\text{SELS}}$	$A_{\text{SEL}}$	$B_{\text{SEL}}$	$A_{\text{SEI}}$	$B_{\text{SEI}}$
Fuel oil n°2	0,264	0,467	0,42	0,455	0,573	0,449
<b>Brut léger</b>	0,17	0,466	0,267	0,454	0,363	0,448
Brut lourd	0,14	0,478	0,249	0,46	0,345	0,452



Pour 8 kW/m<sup>2</sup>

$$\text{DIST}_{\text{SELS}} = A_{\text{SELS}} \cdot M_{\text{LIQ}}^{B_{\text{SELS}}} = 0,17 \cdot (1,6 \times 10^7)^{0,466} = 387 \text{ m arrondi à } 390 \text{ m}$$

Pour 5 kW/m<sup>2</sup>

$$\text{DIST}_{\text{SEL}} = A_{\text{SEL}} \cdot M_{\text{LIQ}}^{B_{\text{SEL}}} = 0,267 \cdot (1,6 \times 10^7)^{0,454} = 498 \text{ m arrondi à } 500 \text{ m}$$

Pour 3 kW/m<sup>2</sup>

$$\text{DIST}_{\text{SEI}} = A_{\text{SEI}} \cdot M_{\text{LIQ}}^{B_{\text{SEI}}} = 0,363 \cdot (1,6 \times 10^7)^{0,448} = 613 \text{ m arrondi à } 620 \text{ m}$$

avec :

$\text{DIST}$ =distance associée aux effets (m), **il s'agit donc d'un rayon.**

$M_{\text{LIQ}}$ =masse d'hydrocarbures contenue dans le bac (kg)

***La zone enveloppe retenue sera donc un cercle de rayon 620 m autour du réservoir***

**Dimensionnement de l'onde de pression générée par l'explosion du ciel gazeux d'un bac à toit fixe**

Pour ce dimensionnement, il est communément admis de ne pas prendre en compte :

- la quantité de produit impliqué encore présente dans le réservoir mais la hauteur totale du bac,
- la nature de ce produit,
- son pouvoir combustible.

Seules interviennent dans la formule utilisée, les caractéristiques géométriques du bac concerné, comme si celui-ci ne contenait plus du tout de produit à l'état liquide, ce que l'on pourrait assimiler à l'explosion d'un bac vide non dégazé.

Distance correspondant au seuil de létalité (mortalité 1%) :

$$d(140 \text{ mbar}) = 0,068 (P_s \cdot D^2 \cdot H)^{1/3}$$

Distance correspondant au seuil des blessures significatives :

$$d(50 \text{ mbar}) = 0,076 (P_s \cdot D^2 \cdot H)^{1/3}$$

avec :

$d$  : distance d'effet (m), **il s'agit donc d'un rayon.**

$P_s$  : pression absolue de service (Pa), c'est-à-dire la pression interne du bac

$D$  : diamètre du bac (m)

$H$  : hauteur totale du bac (m) et non celle du produit encore présent dans le bac

**N.B. :** Si vous ne disposez pas d'une calculatrice scientifique, le calcul des racines cubiques de  $M$  peut se faire en téléchargeant une sur Internet. Il convient d'utiliser les touches **inv**  $x^y$  ou  $y^x$  selon les modèles utilisés **puis de taper le chiffre 3**.

**Application numérique**

Calcul des effets de l'onde de pression de l'explosion du ciel gazeux d'un bac de 18000 m<sup>3</sup> à toit fixe contenant du fioul.

**Données entrantes :**

- Diamètre du réservoir : 40 m
- Hauteur du réservoir : 15 m
- Pression de service =  $P_{atmo} = 10^5$  Pa

Distance correspondant au seuil de létalité (mortalité 1%) :

$$d(140 \text{ mbar}) = 0,068 (10^5 \cdot 40^2 \cdot 15)^{1/3} = 91 \text{ m arrondi à } 100 \text{ m}$$

Distance correspondant au seuil des blessures significatives :

$$d(50 \text{ mbar}) = 0,076 (10^5 \cdot 40^2 \cdot 15)^{1/3} = 102 \text{ m arrondi à } 110 \text{ m}$$



**DIMENSIONNEMENT  
EXPLOSION DE LA PLUS GRANDE MASSE  
DE PRODUITS PRESENTE OU POUVANT SE  
PRODUIRE PAR REACTION**

D.7.1

**Dimensionnement de l'onde de pression générée par l'explosion de la plus grande masse de produits présente ou pouvant se produire par réaction**

Ce dimensionnement est basé sur les résultats de nombreux essais réels et sur maquette et validé par les expertises réalisées à la suite d'accidents industriels.

La réglementation édictée par le service français d'inspection des poudres et explosifs (IPE) prend en considération 5 zones pyrotechniques (Z1 à Z5) correspondant à des niveaux de dommages dégressifs.

Le tableau suivant permet de déterminer l'étendue des zones d'effet en terrain nu.

DÉSIGNATION DE LA ZONE	Z1	Z2	Z3	Z4	Z5
Distance d (en mètres) au centre de la charge de masse Q (en kg)	$d1 = 5 Q^{1/3}$	$d2 = 8 Q^{1/3}$	$d3 = 15 Q^{1/3}$	$d4 = 22 Q^{1/3}$	$d5 = 44 Q^{1/3}$

On constate que les zones Zi sont déterminées par des relations de la forme :

$$d_i = K_i \cdot Q^{1/3} \text{ (avec } i \text{ variant de 1 à 5)}$$

avec :  $d_i$  : distance d'effet (m), **il s'agit donc d'un rayon.**

Q : masse de produit en kg

Ces zones ne sont donc pas à confondre avec les zones de danger utilisées jusque-là. La zone correspondant aux premiers effets de mortalité est à rapprocher de la zone Z2 et la zone des premiers dégâts et blessures notables est à rapprocher de la zone Z4.

Pour les explosifs dont l'effet principal est l'onde de choc (classe 1.1) on prendra  $K_2=8$  et  $K_4=22$ .

D'où :

Distance correspondant au seuil de létalité (mortalité 1%) :

$$d(140 \text{ mbar}) = 8 Q^{1/3}$$

Distance correspondant au seuil des blessures significatives :

$$d(50 \text{ mbar}) = 22 Q^{1/3}$$

**N.B. :** Si vous ne disposez pas d'une calculatrice scientifique, le calcul des racines cubiques de M peut se faire en téléchargeant une sur Internet. Il convient d'utiliser les touches **inv**  $x^y$  ou  $y^x$  selon les modèles utilisés **puis de taper le chiffre 3.**

 <b>Projet 69</b>	<b>MEMENTO RISQUES INDUSTRIELS</b>	24/02/19
	<b>DIMENSIONNEMENT EXPLOSION DE LA PLUS GRANDE MASSE DE PRODUITS PRESENTE OU POUVANT SE PRODUIRE PAR REACTION</b>	<b>D.7.2</b>

### Application numérique

Calcul des effets de l'onde de pression de l'explosion d'un stock d'explosifs primaires d'une masse équivalente à 50 tonnes de TNT au sein d'un dépôt minier.

#### **Données entrantes :**

- Masse équivalente TNT : 50 tonnes soit  $50 \times 10^3$  kg
- Distance correspondant au seuil de létalité (mortalité 1%) à retenir :  $K_2 = 8$
- Distance correspondant au seuil des blessures significatives à retenir :  $K_4 = 22$

Distance correspondant au seuil de létalité (mortalité 1%) :

$$\mathbf{d(140 \text{ mbar}) = 8. (50.10^3)^{1/3} = 295 \text{ m arrondi à } 300 \text{ m}}$$

Distance correspondant au seuil des blessures significatives :

$$\mathbf{d(50 \text{ mbar}) = 22. (50.10^3)^{1/3} = 810 \text{ m}}$$

Les zones d'effet sont centrées sur la charge sauf si cette dernière est dispersée ou mobile, auxquels cas les distances limites de ces zones sont comptées à partir des surfaces extérieures de la charge ou de l'enveloppe des positions successives de ces surfaces.



Le zonage est destiné à assurer la protection des intervenants et de la population à l'égard des agents agresseurs et du risque de déplacement de leurs effets.

Il est obligatoirement matérialisé (bouclage, points d'accès, circuits) par les services de secours renforcés par les services techniques (voirie, mairie, ...) et son respect absolu est imposé à TOUS par les forces de l'ordre. Ce zonage opérationnel des services de secours doit intégrer les contraintes policières et judiciaires.

### Zonage réflexe

Le zonage réflexe (encore appelé périmètre de sécurité immédiat) est défini sur le terrain par les premiers intervenants, en fonction de la nature présumée du risque et des moyens dont ils disposent.

C'est un compromis destiné à isoler au plus vite la zone estimée dangereuse. Il présente surtout l'avantage de s'inscrire dans les comportements réflexes de tous les services intervenants.

### Zonage réflexe face à un risque d'explosion

<b>Cas général</b>			
		Zone d'exclusion	Zone public
Risque faible		SP 50 m	Pop 100 m
Risque important :		SP 100 m	Pop 300 m

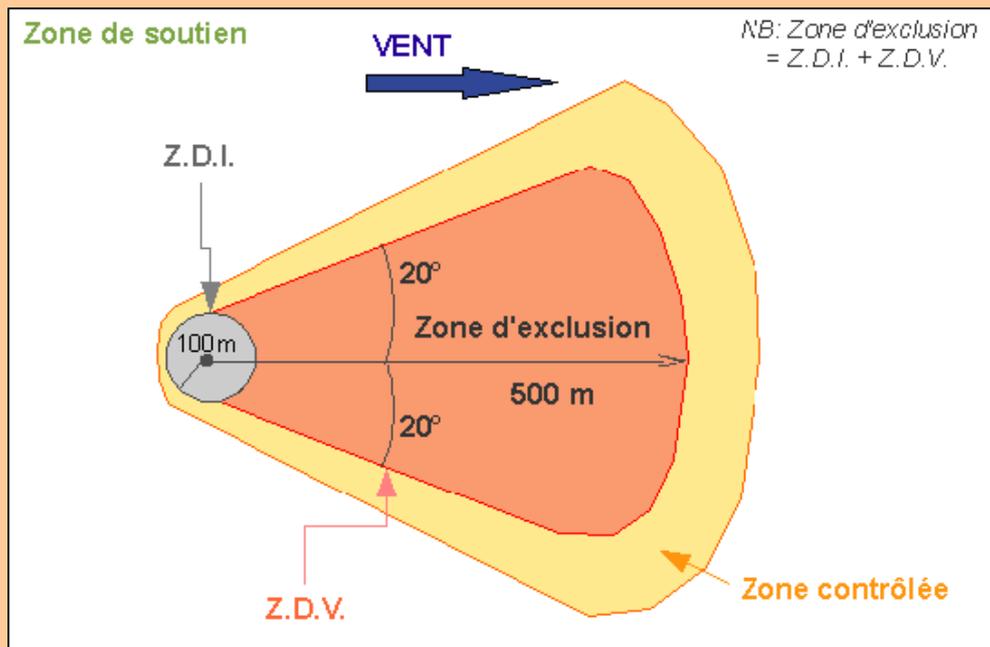
  

<b>Cas particuliers</b>			
Incendie / risque inflammable	Procédure gaz renforcée :	SP 50 m	Pop 100 m
	BLEVE Wagon/PL		Pop : 500 m
EXPLOSIF	Kamikaze, colis,	SP : 100 m mini (+ à couvert <sup>(1)</sup> )	Pop : 100 m mini (+ à couvert <sup>(1)</sup> )
	voiture	SP: 200 m mini (+ à couvert <sup>(2)</sup> )	Pop : 200 m mini (+ à couvert <sup>(2)</sup> )

(1) Le périmètre est réajusté en fonction des risques.  
(2) Personne (SP + public) ne doit pas être à la vue directe de l'engin explosif.

**Zonage réflexe face à un risque de nuage toxique**

En cas de nuage toxique, on peut être amené à distinguer dans la zone d'exclusion, une Zone de Danger Immédiat (Z.D.I.) de 100 m et une Zone de Danger sous le Vent (Z.D.V.) de 500 m, avec un angle d'ouverture de 40° (20° de part et d'autre de l'axe du vent).



Remarque: A l'intérieur d'un bâtiment, ces zones peuvent être ramenées respectivement au local touché et à tout ou partie du bâtiment.

**Mesures de protection collective**

- Se présenter et intervenir dos au vent
- Arrêter l'engin avant l'évènement : périmètre d'exclusion
- Périmètre de sécurité public : exclusion + 50 m minimum
- Stopper la circulation (route, trains)
- Evacuer et regrouper les personnes concernées
- Engagement minimum de personnel

**Mesures de protection individuelle**

- Tenue de feu complète + ARI
- Laisser bips, téléphones... dans l'engin (ou au centre !)
- Mise en sécurité / sauvetages

**Mise en sécurité / sauvetages**

**Couper les énergies** (gaz, électricité, caténaies...)

**Remontée d'information**

 <b>Projet 69</b>	<b>MEMENTO RISQUES INDUSTRIELS</b>	24/02/19
	<b>ZONAGE : ZONAGE REFLECHI</b>	<b>Z.2.1</b>

### Zonage réfléchi

Il est mis en place, par l'équipe de reconnaissance, dès que les caractéristiques de l'accident potentiel sont connues ou soupçonnées, que les effets sont évaluables et que les effectifs sur les lieux le permettent. Son verrouillage est assuré par les forces de l'ordre.

Il doit intégrer les données circonstancielle :

- **Météorologie** : les conditions météorologiques modifient certaines caractéristiques de l'agent agresseur et de son transport :
  - le froid limite le transfert atmosphérique d'agents chimiques peu volatiles et accroît la durée de la contamination des surfaces
  - le vent déplace l'agent agresseur mais le dilue également dans un volume plus grand.
- **Topographie** : la nature du terrain modifie le déplacement de l'agent agresseur :
  - le couvert végétal retient un nuage de vapeurs, la pente favorise l'écoulement ou accroît l'accumulation des liquides...
  - les constructions représentent un abri mais aussi un danger en tant qu'espaces clos. Dans certains cas le danger est limité à un local.
  - l'habitat urbain est une cible à prioriser par sa densité de population, qui le rend difficile à zoner.

Le zonage réfléchi comprend les différentes zones suivantes :

- une zone d'exclusion
- une zone de soutien ou zone saine
- une zone contrôlée implantée entre les deux précédentes

### La Zone d'exclusion

Encore appelée zone chaude ou zone rouge, elle correspond au territoire où les intervenants sont susceptibles de se trouver en contact direct avec le ou les agents(s) agresseur(s). Dans le cas d'une agression de faible ampleur, dans une construction ou une structure non endommagée telle qu'un tunnel, la zone d'exclusion pourra se limiter aux locaux eux-mêmes. Elle sera plus difficile à établir si l'agression est plus importante ou située en plein air. Cette zone n'est accessible qu'aux intervenants autorisés, préalablement équipés de façon adaptée (**voir Fiche P.1**) et parfaitement identifiés, dont la mission porte en priorité sur :

- le diagnostic,
- le secours à personnes,
- les actions sur les causes (neutralisation éventuelle des auteurs) et les effets secondaires du sinistre,
- la lutte contre le transfert de contamination,
- la sécurité publique,
- la police judiciaire.

 <b>Projet 69</b>	<b>MEMENTO NRBC</b>	24/02/19
	<b>ZONAGE : ZONAGE REFLECHI</b>	<b>Z.2.2</b>

### **La Zone de soutien ou zone saine**

Le risque d'exposition s'y trouve nul ou très faible. Néanmoins, il faut prévoir la possibilité de contamination par des impactés paniqués fuyant la zone d'exclusion, ou d'autres types de transferts de contamination.

Opposée au vent, elle accueille, dans un périmètre faisant l'objet d'un bouclage par les forces de l'ordre, les services de secours pour leur permettre d'assurer en sécurité sans protection corporelle particulière :

- la préparation des intervenants avant engagement,
- le soutien sanitaire des intervenants,
- les secrétariats de sortie de zone des victimes,
- le(s) centre(s) de regroupement des moyens (CRM),
- les postes de commandement de tous les services impliqués.

Plus loin, elle comprend :

- le Poste Médical Avancé et le Point de Répartition des Évacuations,
- la grande noria d'évacuation,
- les établissements de soins (ETS),
- Le soutien psychologique assuré par les cellules d'urgence médico psychologique (CUMP), lorsqu'elles existent,
- les Centres d'Accueil des Impliqués (CADI) destinés à la prise en charge des impliqués, l'hébergement temporaire de ceux qui se trouvent dans l'impossibilité de regagner leur domicile situé en zone impactée.

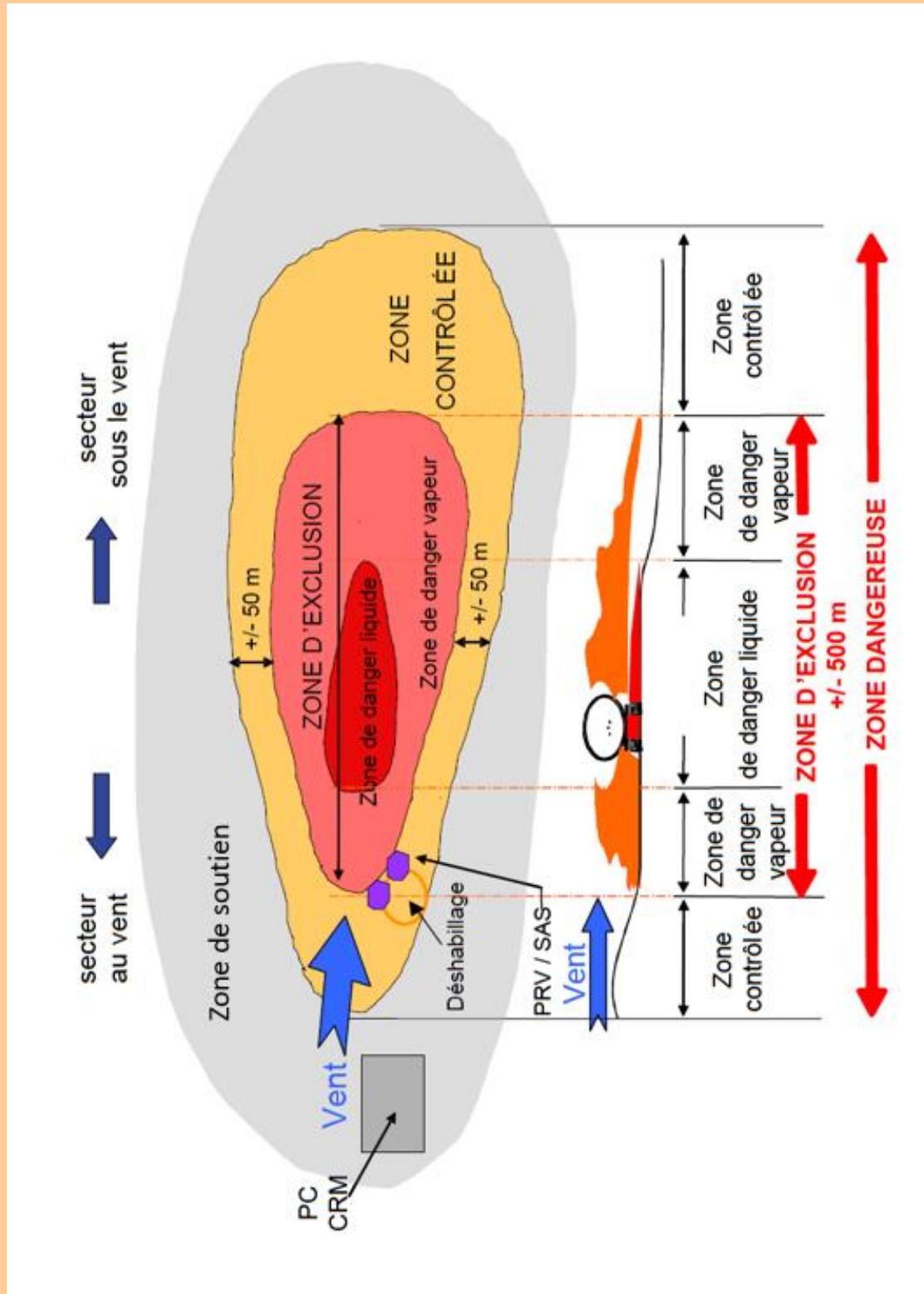
L'identification et l'aménagement prévisionnel de structures bâtementaires désaffectées du type casernes, hôpitaux, bâtiments publics ou privés, faciliterait de façon déterminante l'action des secours.

### **La Zone contrôlée**

Elle s'étend entre la zone d'exclusion et la zone de soutien. Elle correspond à la zone où le risque d'exposition à l'agent agresseur est plus faible mais où le risque de transfert de contamination nécessite une vigilance constante. Les intervenants et personnes prises en charge peuvent se trouver soumis à une exposition aérienne (variations météorologiques, ...) ou de transfert (victimes, matériel, ...). Le port de la tenue de protection y est obligatoire jusqu'à la sortie en zone de soutien.

La zone contrôlée est le siège des premiers éléments de prise en charge et de décontamination éventuelle des victimes après leur passage en un Point de Regroupement des Victimes (PRV initial), lieu de repli, de catégorisation et d'attente (plein air ou locaux ventilés) implanté entre la zone d'exclusion et la zone contrôlée. Il doit permettre aux personnes valides, si nécessaire, d'ôter leurs vêtements de dessus.

**Schéma de principe**



L'emploi délibéré d'agents NRBC sur une population, provoque l'exposition du public à des effets vulnérants ou létaux, associés à des réactions psychologiques incontrôlées et un environnement hostile.

Ils ajoutent des différences fondamentales à ces difficultés techniques:

- le caractère potentiellement insidieux éventuel de l'agent agresseur (effet retardé...)
- la caractérisation difficile de l'agent, voire tardive (cas du transport de matières dangereuses...),
- l'implication éventuelle d'un mélange d'agents,
- le repérage secouriste des victimes selon trois critères :
  - contaminé apparent ou non,
  - blessé ou non,
  - intoxiqué ou non
- des principes stratégiques opposés :
  - la réanimation précède la décontamination dans le risque radiologique,
  - la décontamination précède la réanimation dans le risque chimique.

Ceci justifie l'organisation d'une réponse spécifique et complémentaire aux dispositions des éventuels plans rédigés en vue de faire face à de nombreuses victimes comme l'illustre le tableau ci-dessous :

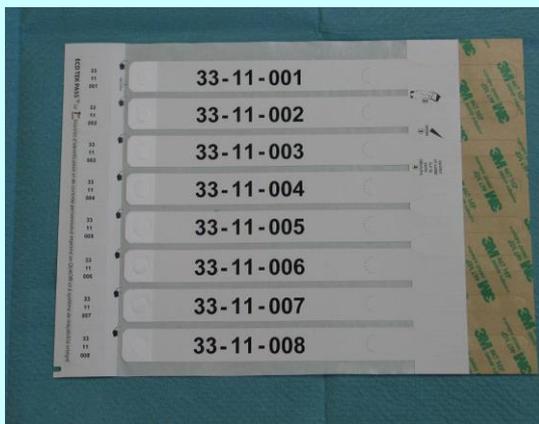
Spécificité	PLAN nombreuses victimes	Dispositions à mettre en place dans la gestion des personnes exposées	Lieu
X		Catégorisation / Priorité de prise en charge des victimes	Zone EXCLUSION + PRV
X		Gestion des décédés	Toutes zones
	X	Intervention de l'équipe médicale de l'Avant	Zone CONTROLEE site déshabillage
X		Déshabillage / Décontamination des victimes et intervenants Petite NORIA si nécessaire	Zone CONTROLEE
	X	Tri médical et soins de survie (PMA) Evacuation (PRE, CME, grande NORIA) Soutien psychologique (CUMP)	Zone SAINE
	X	Prise en charge des victimes décontaminées (ETS) Prise en charge des impliqués (CADI)	Zone SAINE
X		Gestion hospitalière des victimes contaminées (UDH ou MDPH) fuyards ou invalides non décontaminés	Zone CONTROLEE site hospitalier
X		Sécurité publique	Toutes zones
X		Police judiciaire	Toutes zones

Remarque: La prise en charge médicale au sein de ce dispositif global est organisée sous la responsabilité d'un médecin désigné par les autorités en tant que Directeur des Secours Médicaux (DSM). Elle est basée sur des soins de survie, simples, rapides et successifs tout au long de la chaîne des secours. Elle tient compte en permanence du nombre de victimes et de la nature des lésions, afin d'accorder les meilleures chances de survie : "les soins les plus simples au profit du plus grand nombre".

Dans un plan destiné à porter secours à de nombreuses victimes, le terme **Victimes** concerne l'ensemble des personnes présentes dans la zone impactée au moment de l'agression.

Afin d'en faciliter le dénombrement et la catégorisation, il est souhaitable d'apposer

- d'une part, un bracelet numéroté unique à chaque personne présente dans la zone impactée (à défaut, un numéro pourra être inscrit au marqueur indélébile sur le revers de la main droite)
- d'autre part un second bracelet de couleur reprenant le code retenu dans les catastrophes à effets limités afin de permettre le triage des victimes :



Dans le cas particulier d'un accident industriel majeur avec de nombreuses victimes, le repérage secouriste peut aboutir à la catégorisation suivante:

- **Les impliqués (I) (couleur repérage secouriste = vert):** personnes exposées ne présentant pas (ou pas encore) de signes pathologiques. Toute personne valide non contaminée apparente : c'est-à-dire ne présentant ni trace d'agent agresseur, ni détection positive, sera classée dans cette catégorie.
- **Les victimes symptomatiques :** personnes présentant des signes pathologiques. Par mesure de sécurité, toute personne **contaminée apparente**, c'est-à-dire présentant des traces susceptibles de provenir d'agents agresseurs (gouttelettes, particules, tâches, ...) sur les vêtements et/ou sur la peau et/ou se révélant positive à la détection instrumentale, sera classée dans cette catégorie.

Au sein des symptomatiques, seront distingués pour une prise en charge adaptée :

1. **Les Symptomatiques Valides (SV) (couleur repérage secouriste = jaune):** personnes capables de se tenir debout et de se déplacer de façon autonome.
  2. **Les Symptomatiques Invalides (SI) (couleur repérage secouriste = rouge) :** personnes incapables de se tenir debout et nécessitant un brancardage.
- **Les décédés (couleur repérage secouriste = noir).**

Remarque: Les victimes ayant quitté les lieux, par leurs propres moyens, avant la mise en place du dispositif et donc non régulées sont appelées les « **fuyards** ».

 <b>Projet 69</b>	<b>MEMENTO RISQUES INDUSTRIELS</b>	24/02/19
	<b>TRIAGE ET CATEGORISATION</b>	<b>V.2.2</b>

Une équipe médicale de l'avant pourra affiner ce premier repérage secouriste visuel en fonction des symptômes présentés par les victimes aux différentes étapes de leur prise en charge. S'il s'avère nécessaire de changer de catégorie une personne, un nouveau bracelet de couleur adaptée sera accroché au premier, permettant ainsi de visualiser l'évolution des symptômes.

Dans son examen clinique, cette équipe est sensibilisée à la recherche de lésions liées à l'agent agresseur. Par exemple, dans le cas d'un agent chimique, elle recherche les signes neuro-sensoriels et comportementaux (vertiges, hallucinations, convulsions...), les signes neurotoxiques (crampes, tremblements...), les troubles ventilatoires (irritatifs...), les troubles oculaires (larmoiements, myosis, mydriase...), les altérations de la fonction cardiaque (hyper ou hypotension...) et les signes digestifs (nausées, vomissements...).

Seuls sont envisageables des gestes médicaux de base : soins oculaires, oxygénothérapie, voire ventilation assistée, administration d'antidotes.

En l'absence de personnel médical à l'Avant, cet affinage ne sera réalisé qu'en sortie de décontamination, lors de la prise en charge des victimes au PMA, selon les règles de médecine de catastrophe ci-dessous :

- **Victime** : TOUTE PERSONNE QUI A DIRECTEMENT ETE SOUMISE AUX EFFETS DIRECTS DE L'ACCIDENT
- **décédée** : personne sans vie
- **UD : urgence dépassée** : victime au-delà de toute ressource thérapeutique
- **UA : urgence absolue** : victime très grave devant être prise en charge et évacuée sans délai
- **UR : urgence relative** : victime moins gravement atteinte
- **Impliquée** : personne non exposée donc indemne sur le plan physique mais suspecte d'atteinte psychique.

Ces mentions seront portées au PMA par le médecin responsable du triage sur la fiche médicale de l'avant qui se substitue aux bracelets de couleur. Les bracelets de comptage seront conservés jusqu'à la fin de la chaîne de prise en charge des victimes.

 <p><b>Projet 69</b></p>	<b>MEMENTO RISQUES INDUSTRIELS</b>	24/02/19
	<b>DECONTAMINATION DES VICTIMES</b>	<b>V.3</b>

### ***Décontamination***

C'est un procédé mécanique, physique ou chimique destiné à réduire et prévenir la dispersion des agents agresseurs sur les surfaces (personnes, équipements, environnement) et/ou à réduire voire supprimer leur pouvoir pathogène.

Effectuée **précocement**, elle évite le transfert de l'agent agresseur et permet la prise en charge des victimes.

Les techniques utilisées reposent sur :

- le déplacement avec le support (déchabillage, coupe des cheveux, de la barbe...),
- l'élimination mécanique par voie sèche (gant poudreux...) ou humide (douche, tensioactif...),
- l'inactivation chimique (hypochlorite...).

Le matériel de détection permet un contrôle du résultat pour le chimique et le radiologique.

Ces différentes techniques ont pour objectif, outre la sauvegarde des victimes, d'assurer la protection du dispositif aval et des établissements de soins.

### **Décontamination de la population et des intervenants**

Dans la prise en charge de nombreuses victimes, on distingue classiquement :

- **la Décontamination d'urgence:**

Encore appelée grossière, réflexe, de sauvetage,... : c'est une procédure physique de réduction immédiate de la contamination des individus (population et 1ers intervenants) dans des situations où leur vie est en danger. Elle consiste, si possible, en une application de gant poudreux (décontamination sèche), suivie d'un déshabillage le plus complet possible avec stockage des effets personnels dans un sac étanche (**voir Fiche V.4**).

Si le nombre de victimes ne permet pas de poursuivre cette étape par une décontamination approfondie, il sera procédé à un rhabillage immédiat des victimes. Le seuil de déclenchement de la procédure de décontamination approfondie sera laissé à l'appréciation de l'autorité, étant entendu que la première évaluation du nombre de victimes pourra être effectuée par les intervenants de terrain qui reçoivent l'alerte (Police, Gendarmerie, Sapeurs-Pompiers, service de secours médicaux, ...).

- **La Décontamination approfondie:**

Faisant suite au déshabillage (décontamination d'urgence), elle consiste en une douche utilisant une solution de décontamination, suivie d'un rhabillage avant le transfert des victimes au PMA. Lorsqu'elle est réalisée au sein des UDH ou MDPH, elle prend le nom de décontamination pré-hospitalière.

Elle s'applique également dans une chaîne dédiée aux intervenants protégés sous l'appellation de décontamination technique. Celle-ci intervient systématiquement au SAS interservices, en sortie de zone d'exclusion, PRV, zone contrôlée via le couloir interservices. Face au déficit de moyens à prévoir, elle contribue à la bonne gestion des équipes engagées et du matériel utilisé.

Elle met en œuvre des moyens improvisés, des installations fixes (stade, gymnase, piscine,...) ou des unités mobiles de renfort (**voir Fiches V.5.1 à V.5.3**).

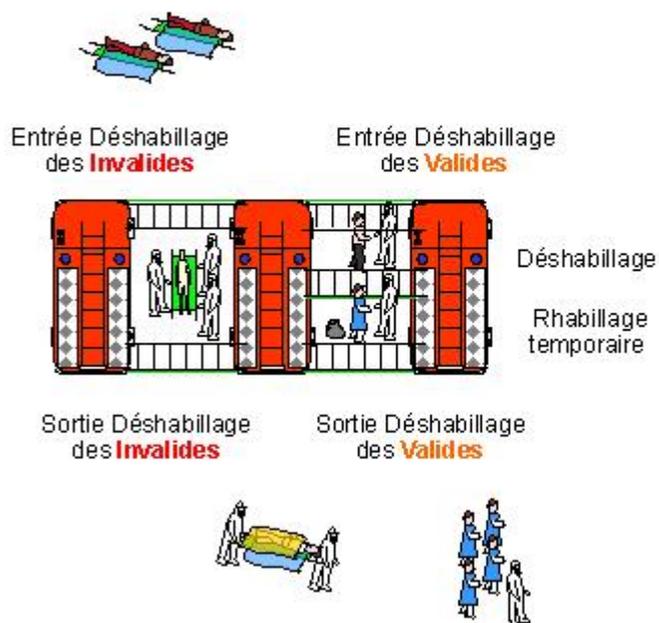
Le déshabillage soigneux des vêtements contaminés réduit très efficacement le niveau de contamination ; il doit donc être prioritaire et constitue la première étape de la décontamination.

L'enlèvement des vêtements doit s'effectuer dans le sens tête/pieds, couche par couche, afin de limiter autant que possible les risques d'inhalation du contaminant. Les vêtements sont roulés sur eux-mêmes vers l'extérieur (dans le cas d'une contamination biologique ou radiologique, la victime peut, si possible, être protégée par un masque filtrant et ses vêtements légèrement humidifiés, afin de réduire au maximum les risques d'inhalation de poussières et de spores, etc.).

Ce déshabillage peut être réalisé dans des locaux en dur mais largement ventilés, des bus de ville avec tout ou partie des vitres ouvertes, ou à l'air libre à l'aide de dispositifs basés sur des véhicules de secours, des échelles et des bâches.



*Exemple d'aménagement de l'espace déshabillage des victimes*



La décontamination approfondie des victimes nécessite l'aménagement de la zone contrôlée « site décontamination », en complément de la zone contrôlée « site déshabillage ». En fonction de la localisation des structures ressources réquisitionnables, différentes situations opérationnelles peuvent être rencontrées :

- En cas de présence d'infrastructures possédant des douches utilisables dans un rayon maximum de 10 km autour de la zone impactée (douches de piscine, camping, stade, gymnase), il y a de nombreux avantages à faire réquisitionner par l'autorité, ces structures ainsi que les moyens de transports destinés à la noria des valides (bus de ville par exemple).

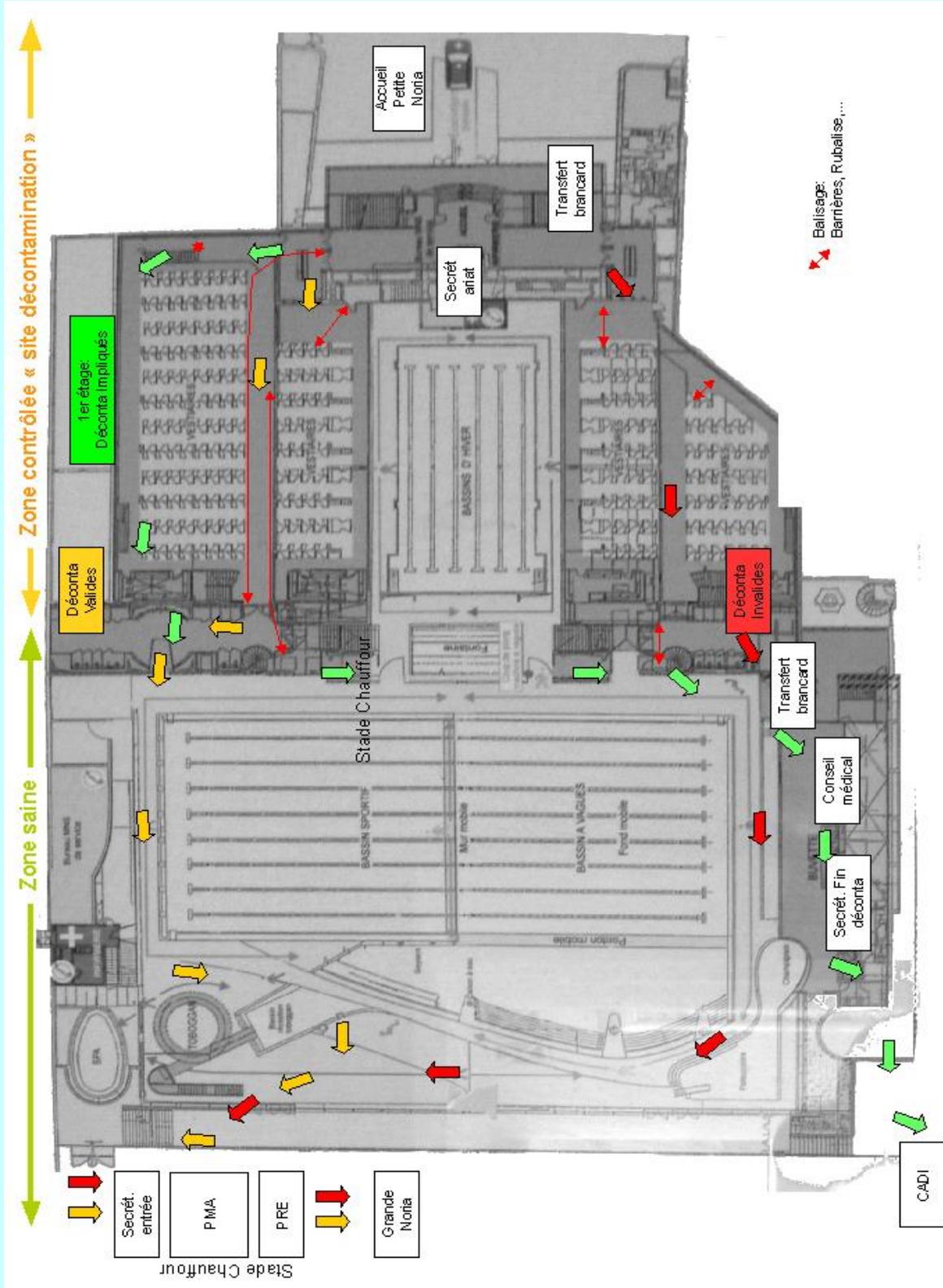
Par contre, l'inconvénient de ce transfert est de délocaliser autant de zones contrôlées au sein du dispositif implanté en zone PMA, que d'infrastructures activées (douches ...).

Il y a tout intérêt à faire recenser préalablement les sites répondant au besoin, afin de connaître leur capacité, les coordonnées des responsables en tout temps, et de préparer des modèles de réquisitions.

- En cas d'absence totale d'infrastructures possédant des douches utilisables à proximité immédiate de la zone impactée, la réponse repose sur :
  - des moyens propres aux premiers engins dépêchés sur les lieux (par exemple : engins pompes mis en œuvre selon la technique anglaise),
  - des moyens mobiles réquisitionnables rapidement (par exemple : bus de ville mis en œuvre selon la technique canadienne : 1 bus « déshabillage », 1 bus « douche » par jets de lances à travers les fenêtres ouvertes et 1 bus « rhabillage provisoire »),
  - des moyens de renfort (M.M.D., douches de campagne de l'armée....).

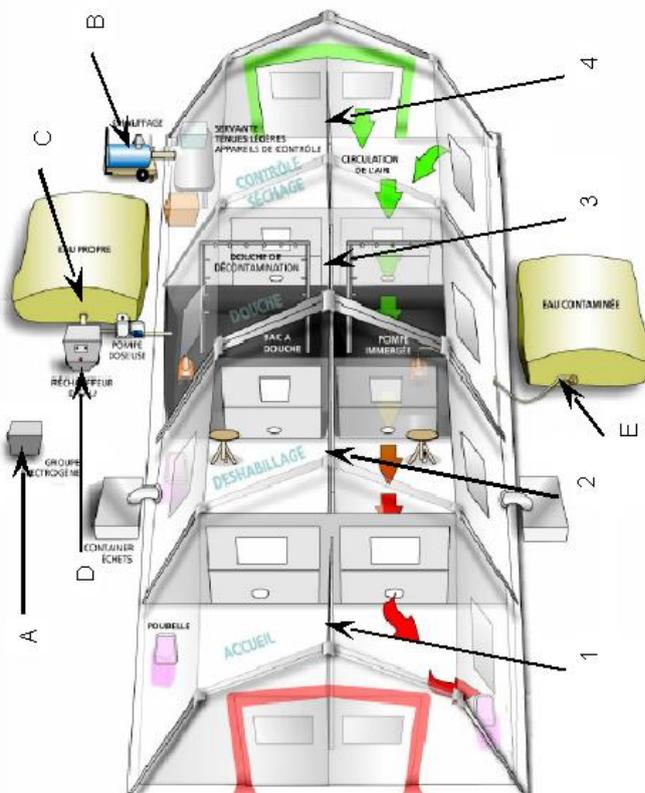
Remarque : Afin de limiter les risques de transfert de contamination, il y a avantage à regrouper sur une zone géographique restreinte, l'ensemble des structures (PMA, CUMP, CADI, douches, conseil médical, structures sociales destinées à l'orientation vers des centres d'accueil et d'hébergement).

Exemple d'aménagement d'une piscine en tant que structure ressource pour la décontamination des victimes et l'implantation du PMA au niveau du stade voisin :





Modules Mobiles de Décontamination (Utilis®)



Intérieurement, il est scindé longitudinalement en deux chaînes de traitement identiques comprenant:

- 1 - Une zone d'accueil
- 2 - Une zone de déshabillage
- 3 - Une zone de douche
- 4 - Une zone de rhabillage et sortie

Il est desservi par:

- A - Un groupe électrogène
- B - Un chauffage par soufflage d'air chaud
- C - Un circuit d'eau propre froide
- D - Un circuit d'eau chaude
- E - Un circuit d'évacuation des eaux contaminées

Compte tenu des délais d'acheminement des renforts régionaux et a fortiori internationaux, l'efficacité du dispositif repose en premier lieu sur la préparation, la formation et l'équipement des premiers intervenants. De ce fait :

- les véhicules de première intervention doivent être dotés d'un matériel de base suffisant pour permettre la mise en œuvre au plus tôt d'une réponse adaptée.
- la totalité des intervenants doit être entraînée aux techniques d'intervention face à un accident industriel et équipée en conséquence.
- cette réponse doit être aussi structurée que possible et permettre une montée en puissance du dispositif initial en cas d'afflux massif de victimes, qui seraient progressivement prises en charge par des équipes venues en renfort du niveau régional, voire international.

Le choix de l'équipement de protection individuelle adapté est dépendant de la phase d'engagement et de la zone d'intervention.

		Zone EXCLUSION	PRV	Zone CONTROLÉE site déshabillage	Zone CONTROLÉE site décontamination	Zone de SOUTIEN ou Zone SAINE
PHASE 1		Tenue d'intervention classique + ARI	Tenue d'intervention classique + ARI			
P H A S E 2	Risque NRBC suspecté	Scaphandre anti-gaz +ARI	TOM ou TLD + ARF	Douche intervenants : TLD+ ARF		
	Risque NRBC identifié	R et B : Tenue anti-poussière ou TLD + ARF C : TOM ou TLD+ ARF	R et B : Tenue anti-poussière ou TLD + ARF C : TOM ou TLD+ ARF	Douche intervenants : TLD+ ARF		
PHASE 3		R et B : Tenue anti-poussière ou TLD + ARF C : TOM ou TLD+ ARF	R et B : Tenue anti-poussière ou TLD + ARF C : TOM ou TLD+ ARF (Douche intervenants : TLD+ ARF)	R et B : Tenue anti-poussière ou TLD + ARF C : TOM ou TLD+ ARF	TLD+ ARF	Tenue d'intervention classique
PHASE 4		R et B : Tenue anti-poussière ou TLD + ARF C : TOM ou TLD+ ARF	R et B : Tenue anti-poussière ou TLD + ARF C : TOM ou TLD+ ARF (Douche intervenants : TLD+ ARF)	R et B : Tenue anti-poussière ou TLD + ARF C : TOM ou TLD+ ARF	TLD+ ARF	Tenue d'intervention classique

Pour le risque chimique, elles font l'objet d'un classement en 6 types et 6 classes résumées dans le tableau ci-dessous :

TYPE	CARACTERISTIQUES	EXEMPLES	CLASSES
Type 1	Étanche aux gaz.	Scaphandre antigaz	Classes : 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6 selon la durée d'exposition
Type 2	Étanchéité limitée aux gaz		Classes : 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6
Type 3	Étanche aux liquides.	TLD P. Boyé® TYCHEM C et F®	Classes : 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6
Type 4	Étanche aux aérosols, à la vaporisation.		Classes : 1 - 2 - 3 - 4 - 5 - 6
Type 5	Étanche aux particules, aux poussières	TYVEK®	
Type 6	Étanchéité limitée contre les projections, les éclaboussures		

Les tenues sont complétées en fonction des besoins par des accessoires qui renforcent la protection (gants, sous gants, tabliers, manchettes, sur bottes, bandes adhésives, ...)

N.B. : Le port de tenues étanches ou de type TLD, induit des contraintes physiologiques élevées, notamment thermiques, qui nécessitent une gestion des personnels engagés et éventuellement, une surveillance médicale.

Par ailleurs, la faible résistance de ces tenues à une exposition thermique, doit être prise en compte lors de l'engagement opérationnel.

TYPE 1 : Étanche aux gaz.	ILLUSTRATION
<p>Scaphandre étanche (risque chimique) :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Ce sont des tenues constituées d'élastomères (butyle, hypalon, viton...) ou de polymères multicouches, utilisées par les sapeurs-pompiers et l'industrie.</li> <li>• Ces tenues ne résistent pas aux flammes</li> </ul>	<div data-bbox="775 517 1369 900" data-label="Image"> </div> <p data-bbox="756 927 1391 999">Exemples de scaphandres anti-gaz ARI intérieur en tissu laminé</p> <div data-bbox="971 1032 1222 1525" data-label="Image"> </div>

**TYPE 3: Étanche aux liquides (ex:TOM)**

**ILLUSTRATION**

Ce sont des tenues dérivées de modèles militaires, conçues pour la protection contre les armes chimiques en phase liquide et / ou gazeuse:

- tenue filtrante constituée d'un tissu respirant, traité déperlant, d'une face intérieure non tissée en mousse polyuréthane carbonée, associée à un pare vapeur
- destinée au risque chimique en phase liquide, vapeurs
- durée maximale d'utilisation en zone non contaminée de un mois et de 24 h minimum en zone contaminée
- durée de stockage: dix ans sous vide, pas décontaminable
- peut être portée pendant une longue période avec une contrainte thermique bien inférieure aux tenues étanches
- adaptée aux zones chaudes
- l'étanchéité aux liquides peut être renforcée par le port de manchettes et d'un tablier (matériau TLD)
- couleurs selon service (cf photos)

Remarque : la tenue TOM ne fait pas l'objet d'un classement par type comme vu ci-dessus, car il s'agit d'une tenue militaire non assujettie aux textes relatifs aux EPI.



TOM du SAMU



TOM des forces de l'ordre

**TYPE 3: Étanche aux liquides (ex:TLD ou TYCHEM)**

**ILLUSTRATION**

Tenue TLD (Tenue Légère de Décontamination) ou TYCHEM :

- tenue légère, à usage unique, bonne ergonomie, étanche
- équipe les personnels des chaînes de décontamination (ambiance liquide) et les personnels du service d'ordre
- imperméable aux toxiques chimiques de guerre (liquides et gazeux) et aux acides mais résiste peu aux solvants organiques
- protège contre les agents biologiques et les poussières radiologiques ou de retombées nucléaires
- limiter le port à 30 à 45 minutes en raison des contraintes thermiques
- ne résistent pas à la flamme (les TYCHEM fondent à 98°C)
- les TYCHEM C sont étanches aux substances chimiques inorganiques concentrées; elles sont généralement jaunes ou vertes.
- les TYCHEM F sont étanches aux substances chimiques inorganiques très concentrées et aux substances chimiques organiques. Elles sont généralement grises ou orange.



Exemple de TLD



Exemple de TYCHEM F

**TYPE 5 : Étanche aux particules et poussières (ex: TYVEK)**

**ILLUSTRATION**

- Les produits TYVEK protègent contre diverses substances chimiques inorganiques peu concentrées, ainsi que les poussières et les particules
- les tenues TYVEK sont généralement de couleur blanche
- Les tenues TYVEK ne résistent pas à la flamme (elles fondent à 135°C)



Exemple de Tenue TYVEK

Il existe plusieurs types de protection respiratoires comportant les caractéristiques détaillées ci-dessous.

### Les Appareils Respiratoires :

Ils sont constitués d'un masque facial étanche, relié à :

- une source d'air respirable comprimé détendu pour l'Appareil Respiratoire Isolant à Circuit Ouvert (ARICO),
- une source d'air respirable retraité par injection d'O<sub>2</sub> et absorption de CO<sub>2</sub> pour l'Appareil Respiratoire Isolant à circuit fermé (ARICF),
- une cartouche filtrante « large spectre » A2B2E2K2P3 pour l'Appareil Respiratoire Filtrant (ARF).

	ARF	ARICF	ARICO
<b>Principe</b>	Filtre l'air ambiant pour en retenir les composants néfastes pour le porteur.	Épure et régénère l'air expiré par le porteur.	Délivre de l'air comprimé frais après détente.
<b>Protection</b>	Protège des aérosols, des poussières, des particules et de certains gaz et vapeurs en fonction de classes.	Protège <b>totalem</b> ent les voies respiratoires en ambiance toxique (poussières, agents biologiques, toxiques chimiques sous forme gazeuse ou aérosol, poussières radioactives, fumées).	
<b>Autonomie</b>	Définie par le modèle de la cartouche et sa vitesse de saturation.	De <b>90 minutes à 4 heures</b> selon le modèle.	<b>45 minutes au maximum</b> (plutôt 20 à 30 mn en réel).
<b>Points forts</b>	Légèreté et facilité de mise en œuvre.	Autonomie.	Renouvellement permanent de l'air.
<b>Points faibles</b>	Nécessite au minimum 17% d'O <sub>2</sub> dans l'air. Inutilisable si toxique inconnu. Ne filtre pas le CO. Pas de visualisation de l'autonomie restante.	Volume constant. Échauffement de l'air par ses passages répétés dans le circuit.	Poids.

N.B. : L'ARI peut être porté à l'extérieur de la tenue, ou à l'intérieur. Dans le premier cas, le changement de bouteille est facilité, dans le second l'appareil est protégé de l'agression chimique.

TYPE D'ARI	ILLUSTRATION
<ul style="list-style-type: none"> <li>• ARI à circuit ouvert : air comprimé détendu               <ul style="list-style-type: none"> <li>• Protection totale des voies respiratoires en ambiance toxique (poussières radioactives, agents biologiques, toxiques chimiques sous forme gazeuse ou aérosol, fumées).</li> <li>• Autonomie maxi : 45 mn mais plutôt 20 à 30 mn en réel.</li> <li>• Contrainte importante due à son poids.</li> </ul> </li> <li>• ARI à circuit fermé : Air retraité par injection d'O<sub>2</sub> et absorption de CO<sub>2</sub> <ul style="list-style-type: none"> <li>• autonomie de 90 mn à 4 h selon le modèle</li> <li>• gêne respiratoire due à la chaleur de l'air retraité</li> </ul> </li> </ul>	<div style="text-align: center;">  <p>ARI à circuit ouvert</p> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  <p>ARI à circuit fermé</p> </div>

**EQUIPEMENT DE L'ARF**

Le masque et la cartouche filtrante :

- protection contre les aérosols, les particules et certains gaz et vapeurs en fonction de classes
- ne protège pas du **monoxyde de carbone**, vapeurs nitrées, vapeurs d'iode, vapeurs de mercure
- ne protège pas contre le PFIB (perfluoro isobutylène)
- conçue pour fonctionner **à l'air libre**
- avec pourcentage d'O<sub>2</sub> minimum > 17% d'oxygène
- ne doit pas être utilisée si toxique inconnu
- aucun moyen de savoir si la cartouche est saturée ou « claquée »

**ILLUSTRATION**



L'appareil normal de protection à vision panoramique : ANP-VP



**A2 + B2 + E2 + K2 + P3 (Normes européennes)**



	<b>A</b>	<b>Gaz &amp; vapeurs organiques à point d'ébullition &gt; 65°</b>
	<b>B</b>	<b>Gaz &amp; vapeurs inorganiques</b>
	<b>E</b>	<b>Anhydride sulfureux Acide chlorhydrique</b>
	<b>K</b>	<b>Ammoniac</b>
	<b>P</b>	<b>Particules en suspension</b>

Même pouvoir de filtration que la CF de dotation

+

**E** Dioxyde de soufre  
**K** Ammoniac

**DUREE LIMITE DE STOCKAGE D'UNE SPECTRE LARGE 4 ANS**

**Les cagoules filtrantes soufflantes de protection de la population :**

Pour la protection des voies respiratoires du public pendant l'évacuation et durant les opérations de décontamination, il existe les cagoules qui peuvent être utilisées au profit des blessés intoxiqués et contaminés pour permettre leur évacuation en ambiance toxique.

N.B. : Il peut être utile de mettre en œuvre ces cagoules filtrantes soufflantes :

- pour les intervenants, afin d'améliorer le confort,
- pour les victimes ayant des difficultés à respirer. Lors de lésions plus étendues, il peut être mis en œuvre des housses ventilées protégeant le corps entier.

**LES CAGOULES FILTRANTES SOUFLANTES DE PROTECTION DE LA POPULATION :**

**ILLUSTRATION**

Les lots commercialisés comportent le plus souvent :

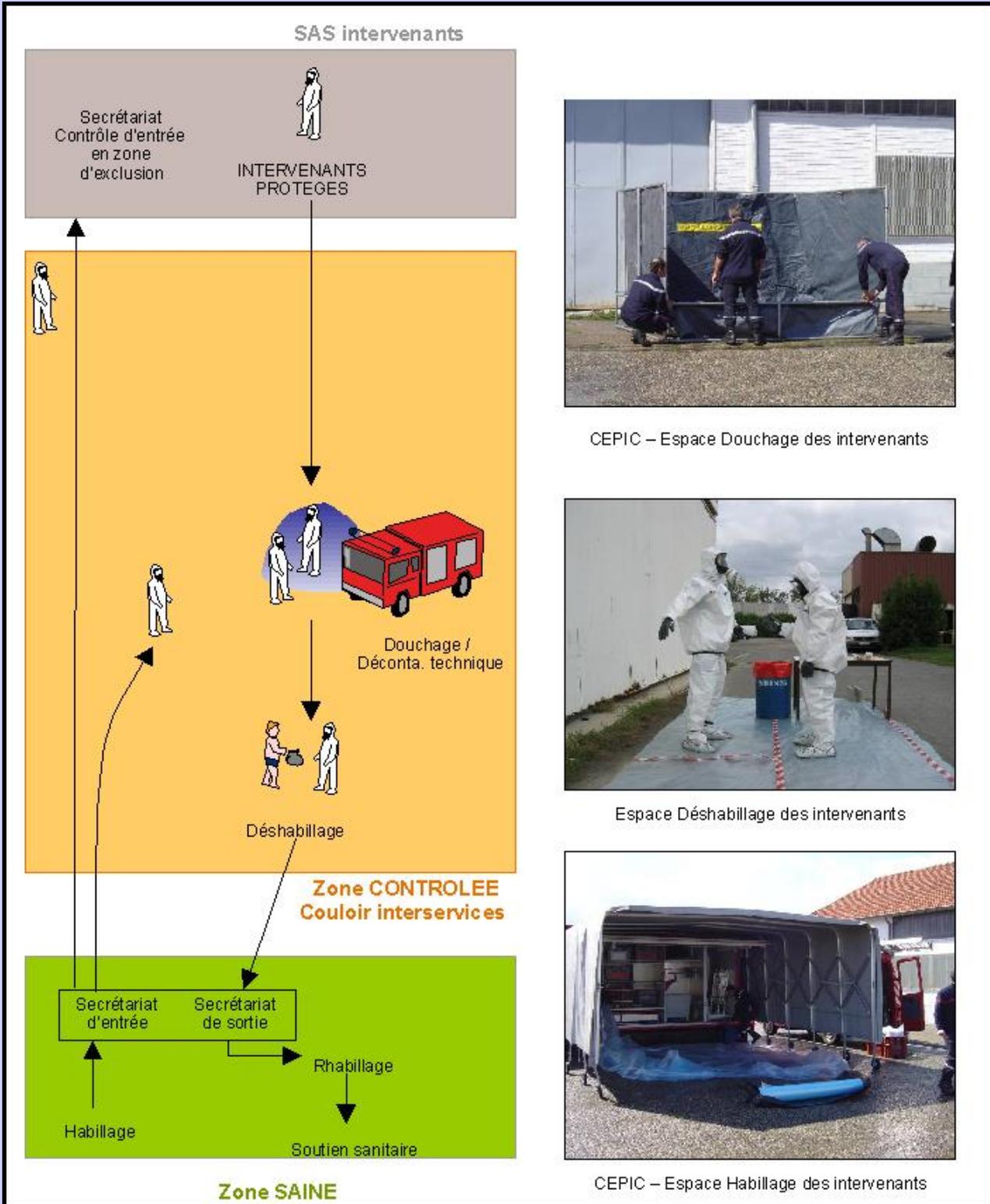
- 1 sac cagoule
- 1 ou 2 cartouches filtrantes
- 1 ventilateur de surpression et d'aide à la respiration

*Exemple de Cagoule*

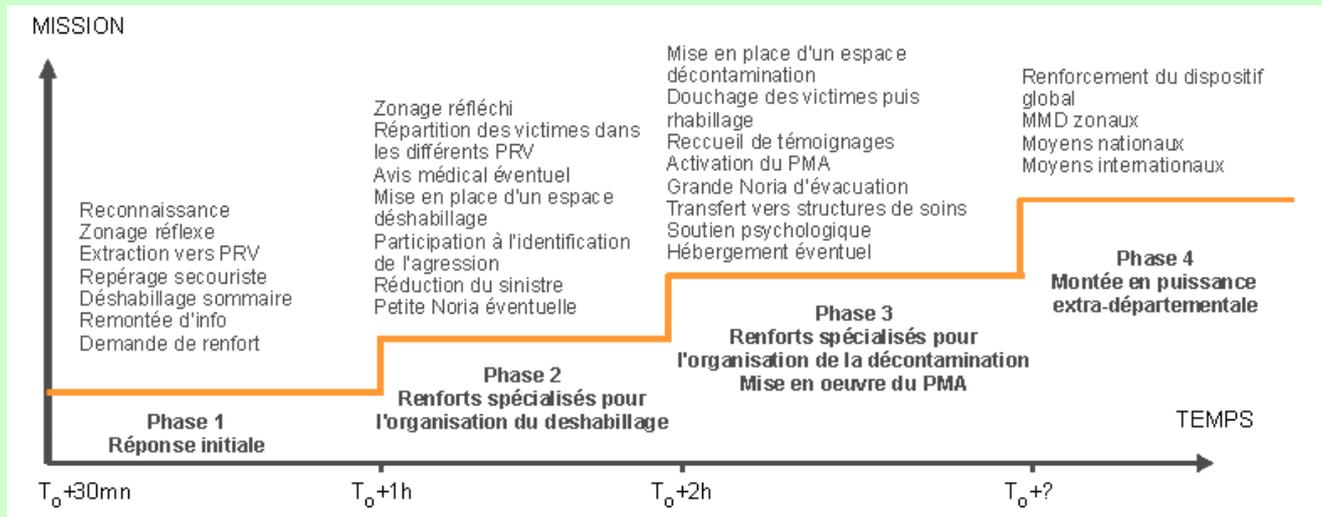


*Exemple de conditionnement de Lot*





Une fois les formations des Projets P41 et P69 suivies, les différents services impliqués face à un accident industriel majeur pourront décliner, dans un document spécifique, sous forme de Fiches d'Actions Réflexes (F.A.R.), les missions attendues de leur part. Les principales tâches à accomplir sont toutefois rappelées ci-dessous de façon chronologique.



Les interventions sont dirigées par le Directeur des Opérations de Secours (D.O.S.), représentant des autorités. Le commandement sur le terrain est assuré par le Commandant des Opérations de Secours (C.O.S.). Les missions de sécurité publique et de police judiciaire sont coordonnées par le Commandant des Opérations de Police ou de Gendarmerie (C.O.P.G.) qui est en relation étroite avec le COS.

- **En phases 1 et 2 :**

La coordination des intervenants sera assurée en zone saine par les véhicules de commandement de chaque service rassemblés en un point unique.

- **En phases 3 et 4 :**

La montée en puissance du dispositif peut amener à activer une zone contrôlée répartie sur 3 sites (**voir fiche Z.4.2**) et à mettre en place une structure de commandement plus conséquente.

Les véhicules PC précédemment implantés en phases 1 et 2 conservent la gestion technique de la zone d'exclusion et de la zone contrôlée « site déshabillage » en tant que PC Avancés.

Le commandement général des opérations sera organisé en zone saine (au plus près de la zone contrôlée « site décontamination » et du PMA) par la mise en place d'un PCO dans une structure en dur, relais sur le terrain du poste de commandement général activé en parallèle par les autorités.

Les services d'urgence (Urgence Médicale, Sapeurs-Pompiers, Police et de Gendarmerie, ....) peuvent intervenir sans avoir connaissance au préalable de la nature de l'agent agresseur, et sans disposer d'équipements de protection individuelle adaptés:

**En zone d'exclusion :**

- reconnaissance qui permet de suspecter une intervention impliquant des substances dangereuses.
- zonage réflexe, bouclage du périmètre avec les moyens disponibles et en s'appuyant sur les structures existantes.
- extraction des victimes valides et des premiers intervenants de la zone d'exclusion vers le PRV.

Remarques : Les contraintes et mesures de précaution sont telles qu'une victime en détresse vitale, peut ne pas être prioritaire (**voir Fiche V.2.2**).

**Au PRV initial :**

- matérialisation d'un espace PRV (exemple: bâche au sol) pouvant accueillir l'ensemble des victimes valides encadrées par les premiers intervenants
- dénombrement des victimes par un numéro inscrit sur le revers de la main ou la pose d'un bracelet de comptage.
- si possible, séparation des impliqués et des symptomatiques apparents par la création du PRI et du PRV valides (**voir Fiche Z.5**).
- déshabillage sommaire (vêtements de dessus) si l'agent agresseur le permet.

Il convient d'encourager au maximum les personnes valides à se déshabiller, elles-mêmes, sous le contrôle et l'aide des premiers intervenants (qui pourront montrer l'exemple).

- remontées d'informations (Régulation par le service d'urgence médicale, Poste de commandement propre à chaque service, autorités) et demandes de renforts en personnel des différents services en tenues de protection adaptées.
- actions sur les causes et les effets secondaires du sinistre (lutte contre la dispersion du produit en cause ou l'effondrement d'une structure suite à une explosion,...)

Remarques : Compte tenu des circonstances et mises à part l'urgence et la priorité que constitue le secours à personnes, l'intervention des Sapeurs-Pompiers sur le sinistre en lui-même peut être jugée « inutile et superflue » au regard des risques pris par ces personnels. Les mesures conservatoires appliquées au feu ou à une fuite (effets secondaires potentiels) doivent par conséquent se limiter à des actions simples visant à limiter la dispersion de la substance impliquée.

A leur arrivée sur les lieux, les intervenants en renfort, avertis du contexte de l'événement, ont à conduire deux missions en parallèle:

- matérialiser et activer les différentes zones: zone d'exclusion (zonage réfléchi), 4 PRV spécifiques, zone contrôlée « site déshabillage » et zone de soutien (dispositifs pouvant être mis en place sans protection particulière tant qu'ils peuvent être réalisés à distance des victimes)
- sous protection adaptée, prendre en charge des victimes en relais des premiers intervenants non spécifiquement protégés (ceux-ci étant traités au sein des mêmes chaînes) jusqu'à leur transfert par la petite Noria.

Une équipe médicale de l'Avant peut être nécessaire (à condition que celle-ci soit formée et entraînée au port des tenues de protection) pour:

- remonter les données, notamment cliniques, utiles à l'identification des circonstances et à l'organisation de la chaîne des secours.
- conseiller les intervenants sur la catégorisation des victimes (**voir Fiche V.2.3**), la décontamination par déshabillage, le découpage des vêtements, ...
- apporter assistance aux intervenants avant, pendant et après leur engagement.

#### **En zone saine :**

- création d'un espace « intervenants » permettant leur habillage, leur rhabillage après engagement et le soutien sanitaire
- regroupement des Postes de Commandement des différents services permettant l'organisation du commandement et la remontée d'informations
- Implantation du CRM (Centre de Regroupement des Moyens).

#### **En limite de zone saine et de zone contrôlée :**

- délimitation d'un couloir d'entrée/sortie permettant aux intervenants de tous les services d'accéder aux différentes zones via un secrétariat unique
- organisation d'un secrétariat unique de sortie des victimes prises en charge par la petite Noria.

#### **En limite de zone d'exclusion et de zone contrôlée:**

- matérialisation des 4 PRV spécifiques (PRI, PRV valides, PRV invalides et PRD)
- mise en œuvre du repérage secouriste en appliquant les critères de catégorisation des victimes avec pose des bracelets de couleur (**voir Fiche V.2.1**)

 <b>Projet 69</b>	<b>MEMENTO RISQUES INDUSTRIELS</b>	24/02/19
	<b>PHASE 2: RENFORTS SPECIALISES ZONAGE REFLECHI ET DESHABILLAGE</b>	<b>O.3.2</b>

**En zone d'exclusion :**

- zonage réfléchi et bouclage de la zone,
- extraction des victimes invalides de la zone d'exclusion avec transfert de brancard au PRV invalides (ou vers les MDPH ou UDH sur avis du responsable des secours médicaux),
- lutte contre les causes et les conséquences,
- participation à l'identification de la substance impliquée.

**En zone contrôlée « site déshabillage »:**

- prise en charge prioritaire des impliqués en fonction des effectifs à traiter (**voir Fiche V.2.3**)
- organisation et activation des chaînes de déshabillage des valides et invalides (**voir Fiche V.4.2**)
- gestion des effets personnels
- récupération de tenues de rhabillage provisoires pour les valides et de couvertures de survie pour les invalides
- si possible, mise en place par l'équipe médicale de l'avant:
  - d'aide aux intervenants de l'espace déshabillage sur les précautions et techniques à employer pour éviter le transfert de contamination
  - d'un espace de prise en charge médicale et/ou de conditionnement des victimes
- si nécessaire, organisation d'une petite Noria à partir du secrétariat de sortie de zone contrôlée « site déshabillage » vers la zone contrôlée « site décontamination ».

Cette deuxième phase de renforts spécialisés est dédiée à l'activation:

- d'un deuxième site qui peut être géographiquement éloigné de la zone impactée et qui doit permettre:
  - l'activation de la zone contrôlée « site décontamination » à partir de structures ressources
  - en zone saine, l'armement du PCO et la mise en œuvre des structures spécifiques au Plan destiné à porter secours en cas de « nombreuses victimes », s'il existe : PMA, PRE, Grande Noria d'évacuation, CADI, CUMP,...
- d'un troisième site pour la prise en charge hospitalière:
  - des victimes décontaminées en provenance du PMA et transférée par la Noria d'évacuation,
  - des fuyards et invalides non décontaminés au niveau d'une zone contrôlée « site hospitalier » dans des structures type MDPH ou UDH.

***En zone contrôlée « site décontamination »:***

- Identification des capacités de la structure ressource (piscine, gymnase,...) et organisation des espaces de façon à créer les différentes chaînes de décontamination, l'implantation du PMA, la Grande Noria,... (**voir Fiche V.5.2**)
- création du couloir inter-services pour l'entrée / sortie des intervenants et leur décontamination
- mise en place d'un secrétariat pour l'accueil des victimes issues de la petite Noria
- activation des chaînes de douches pour symptomatiques (valides et invalides) et impliqués (si effectif inférieur à 100)

***En zone saine (limite de zone contrôlée « site décontamination »):***

- mise en place du PMA, du soutien psychologique (CUMP), de la surveillance et du conseil médical
- organisation de la noria d'évacuation sous régulation du service d'urgence médicale (PRE), du retour à domicile ou de l'orientation vers des structures d'accueil collectif
- maintien de l'ordre

 <b>Projet 69</b>	<b>MEMENTO RISQUES INDUSTRIELS</b>	24/02/19
	<b>PHASE 3: RENFORTS SPECIALISES DECONTAMINATION ET PMA</b>	<b>O.4.2</b>

***En zone contrôlée « site hospitalier » :***

- mise en place du MDPH ou UDH
- accueil et prise en charge systématique des personnes non décontaminées sur le terrain, dans le but de poursuivre une stratégie de protection des établissements de soins, dès l'agression confirmée (fuyards et invalides issus de la zone contrôlée « site déshabillage » sur demande du responsable des secours médicaux, DSM).

***En zone saine (limite de zone contrôlée « site hospitalier »):***

- mise en œuvre de l'accueil hospitalier (le transfert vers le milieu hospitalier s'opère au moyen de la Grande Noria d'évacuation dans les conditions classiques de régulation entre le service d'urgence médicale et les structures d'accueil hospitalier).
- déclenchement du Plan d'accueil hospitalier, s'il existe
- activation des points d'hébergement temporaires
- information du public
- maintien de l'ordre autour de l'hôpital

 <b>Projet 69</b>	<b>MEMENTO RISQUES INDUSTRIELS</b>	24/02/19
	<b>ABREVIATIONS</b>	<b>A.1.1</b>

<b>A.R.F.</b>	<b>Appareil Respiratoire Filtrant</b>
<b>A.R.I.</b>	<b>Appareil Respiratoire Isolant</b>
<b>A.R.I.C.F.</b>	<b>Appareil Respiratoire Isolant à Circuit Fermé</b>
<b>A.R.I.C.O.</b>	<b>Appareil Respiratoire Isolant à Circuit Ouvert</b>
<b>B.A.L.</b>	<b>British Anti Lewisite</b>
<b>C.A.D.I.</b>	<b>Centre d' Accueil Des Impliqués</b>
<b>C.H.R.</b>	<b>Centre Hospitalier Régional</b>
<b>C.O.P.G.</b>	<b>Commandant des Opérations de Police et de Gendarmerie</b>
<b>C.T.B.R.C.</b>	<b>Centre de Traitement des Blessés RadioContaminés</b>
<b>C.U.M.P.</b>	<b>Cellule d'Urgence Médico – Psychologique</b>
<b>D.S.M.</b>	<b>Directeur des Secours Médicaux</b>
<b>D.S.V.</b>	<b>Direction des Services Vétérinaires</b>
<b>E.P.I.</b>	<b>Equipement de Protection Individuelle</b>
<b>E.T.S.</b>	<b>Etablissement de Santé</b>
<b>EVATOX</b>	<b>Evacuation en ambiance Toxique</b>
<b>F.A.R.</b>	<b>Fiche d' Actions Réflexes</b>
<b>F.F.P.</b>	<b>Filtering Face-piece Particles</b>
<b>I.C.P.E.</b>	<b>Installation Classée pour la Protection de l'Environnement</b>
<b>LABIC</b>	<b>Lot d'Assistance des Blessés Intoxiqués et Contaminés</b>
<b>L.I.E.</b>	<b>Limite Inférieure d'Explosivité</b>
<b>L.S.E.</b>	<b>Limite Supérieure d'Explosivité</b>
<b>M.D.P.H.</b>	<b>Module de Décontamination Pré-Hospitalière</b>
<b>M.I.C.</b>	<b>Monitoring and Information Center (centre de surveillance et d'information)</b>
<b>M.M.D.</b>	<b>Module Mobile de Décontamination</b>

 <small>CBRN</small> <b>Centres of Excellence</b> <small>An initiative of the European Union</small>	<b>MEMENTO RISQUES INDUSTRIELS</b>	24/02/19
	<b>ABREVIATIONS</b>	<b>A.1.2</b>

<b>N.R.B.C.</b>	<b>Nucléaire, Radiologique, Biologique, Chimique</b>
<b>P.C.A.</b>	<b>Poste de Commandement Avancé</b>
<b>P.C.F.</b>	<b>Poste de Commandement Fixe</b>
<b>P.C.O.</b>	<b>Poste de Commandement Opérationnel</b>
<b>P.M.A.</b>	<b>Poste Médical Avancé</b>
<b>P.R.E.</b>	<b>Point de Répartition des Evacuations</b>
<b>P.R.D.</b>	<b>Point de Regroupement des personnes Décédées</b>
<b>P.R.I.</b>	<b>Point de Regroupement des personnes Impliquées</b>
<b>P.R.V.</b>	<b>Point de Regroupement des Victimes</b>
<b>S.A.M.U.</b>	<b>Service d'Aide Médicale Urgente</b>
<b>S.E.I.</b>	<b>Seuil d'Effet Irréversibles</b>
<b>S.E.L.(1%)</b>	<b>Seuil d'Effet Létaux (1%)</b>
<b>S.E.L.S.(5%)</b>	<b>Seuil d'Effet Létaux Significatifs (5%)</b>
<b>S.I.</b>	<b>Symptomatiques Invalides</b>
<b>S.V.</b>	<b>Symptomatiques Valides</b>
<b>T.3P</b>	<b>Tenue de Protection à Port Permanent</b>
<b>T.L.D.</b>	<b>Tenue Légère de Décontamination</b>
<b>T.O.M.</b>	<b>Tenue de Protection Outre Mer</b>
<b>U.A.</b>	<b>Urgence Absolue</b>
<b>U.D.</b>	<b>Urgence Dépassée</b>
<b>U.D.H.</b>	<b>Unité de Décontamination Hospitalière</b>
<b>U.R.</b>	<b>Urgence Relative</b>
<b>Z.D.I.</b>	<b>Zone de Danger Immédiat</b>
<b>Z.D.V.</b>	<b>Zone de Danger sous le Vent</b>

 <b>Projet 69</b>	<b>MEMENTO RISQUES INDUSTRIELS</b>	24/02/19
	<b>CONCLUSION</b>	<b>A.2</b>

L'actualité internationale rend compte régulièrement d'accidents industriels majeurs impliquant les populations environnantes, les infrastructures et le milieu naturel.

Ces événements sont ressentis comme une menace par des populations qui réclament protection et sécurité. Les accidents impliquant des populations civiles, non protégées, sont en effet, de nature à générer des victimes en masse, ce qui déstabilise l'équilibre social et le fonctionnement des institutions.

Pour organiser une réponse appropriée à ce type de risques, l'Union Européenne propose différents projets dans le cadre des Centres d'Excellence NRBC afin de permettre aux pays partenaires de mieux appréhender les scénarios d'accidents potentiels, créer des plans de secours adaptés, et renforcer les connaissances des services opérationnels et leurs moyens d'intervention.

Les experts en charge des Projets P41 et P69 ont proposé à travers ce guide, une démarche intégrant :

- la description des scénarios considérés comme représentatifs des accidents majeurs industriels,
- le dimensionnement de leurs effets pour des valeurs seuils de référence,
- la gestion opérationnelle spécifique et interservices qui en découle.

Destiné aux inspecteurs chargés d'instruire les dossiers des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement, et aux responsables opérationnels, le contenu de ce guide, devrait permettre de réduire les effets potentiels des accidents par une meilleure connaissance des phénomènes et une réponse mieux adaptée à ce type de situation, s'il peut être appliqué.

---

Afin de faciliter la mise en place de la procédure présentée, ce guide, consacré au protocole d'intervention, sera avantageusement complété par des Fiches d'Actions Réflexes (F.A.R.), et des fiches opérationnelles spécifiques à chaque service.

Ces documents ont pour objectifs de :

- formaliser le cadre structurel et organisationnel d'opérations complexes, de longue durée et nécessitant de très nombreux intervenants, de différents services pour gérer un accident industriel à effets majeurs,
- décliner dans chaque zone les fonctions de chacun au sein du dispositif global.

La mise en œuvre de ces principes opérationnels doit s'appuyer sur une logistique adaptée et être validée par l'organisation régulière d'actions de formation, de manœuvres et d'exercices inter-services.