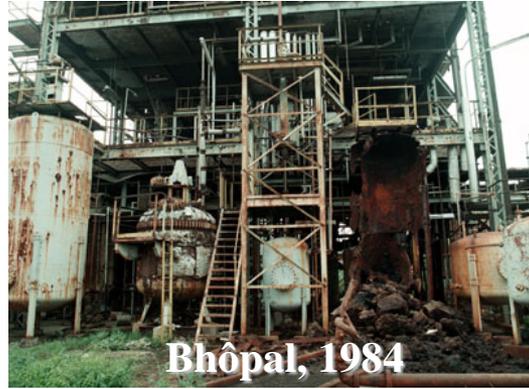


CIV6205 - Impacts des projets sur l'environnement



Seveso, 1976

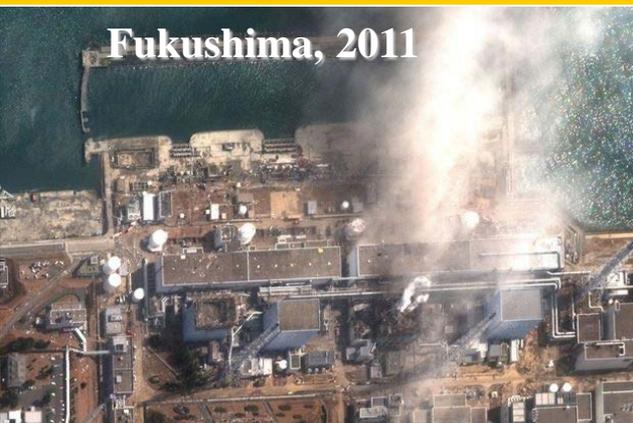


Bhopal, 1984

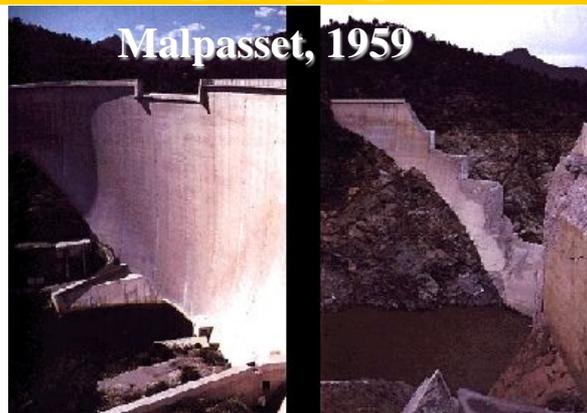


AZF, 2001

La gestion des risques Partie 1



Fukushima, 2011



Malpasset, 1959



Mégantic, 2013

Seveso

- 10 juillet 1976
- Usine de produits chimiques Icmesa de Meda, Italie
- Propagation d'un nuage blanc de dioxine toxique
- Information des maires que le lendemain
- 10 jours plus tard l'entreprise reconnaît que c'était de la dioxine
- À la fin du mois évacuation de 730 personnes
- Conséquences : sept communes touchées dont quatre sévèrement, 358 hectares contaminés, des récoltes brûlées et des activités agricoles interrompues, des personnes souffrent d'altération grave de la peau
- Conséquences sur plus long terme de baisse de la fertilité
- Création de la directive Seveso

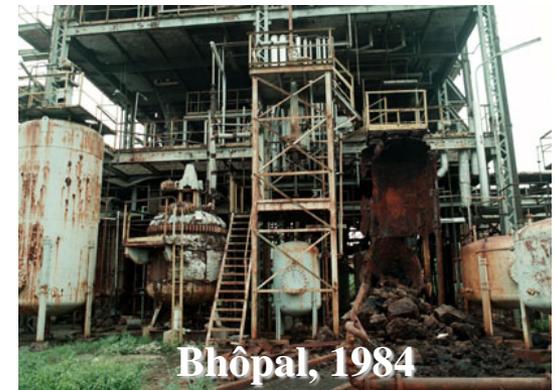


Source : Le Parisien

www.polymtl.ca/crp

Bhôpal

- Nuit du 2 au 3 décembre 1984 en Inde
- Plus de 42 tonnes d'isocyanate de méthyle s'échappent d'un réservoir de l'usine d'Union Carbide
- Entre 4000 et 30000 personnes décédées selon les sources
- Accident produit par une série de négligence dès la conception de l'usine et une réaction en chaîne
- La sirène destinée d'alerte à la population avait été débranchée
- Conséquences long terme : un grand nombre d'enfants naissent avec des malformations congénitales



Source : Radio-Canada

AZF

- 21 septembre 2001
- Explosion de l'usine qui contient du nitrate d'ammonium (engrais chimique) en plein centre-ville de la Ville de Toulouse en France
- 30 morts
- Plus de 2000 blessés
- Bâtiments détruits ou endommagés sur plus de 2km
- Après 18 ans : 15 mois de prison avec sursis de l'ancien directeur de l'usine et une amende de plus de 200 000 euros pour la société grande paroisse



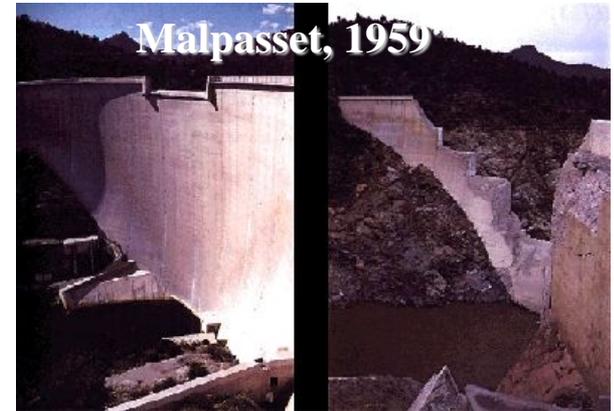
Fukushima

- 11 mars 2011
- Séisme de magnitude 9 et un tsunami géant (vague de 40,5 mètres) au Japon
- Mort de plus de 15 000 personnes
- Destruction de commerces, de maisons et mise à terre de nombreux réseaux essentiels (électricité, transport notamment)
- Le tsunami a frappé une centrale nucléaire et a provoqué des rejets de produits radioactifs dans l'environnement
- 160000 personnes ont dû évacuer la zone d'exclusion de 20 km autour de la centrale
- Durée de démantèlement de la centrale estimée à au moins 40 ans
- Rétablissement très difficile avec notamment le retour à domicile



Malpasset

- 2 décembre 1959 à 21h
- Rupture du barrage de Malpasset à Fréjus en France
- Vague de 50m qui balaie tout dans la vallée en 25 minutes
- 423 morts
- Réseaux d'eau, électricité, télécoms détruits
- Les pluies torrentielles sur la région au début de la semaine, avaient fait monter le niveau d'eau au-dessus de la cote d'alerte du barrage
- " Un arrêt du Conseil d'Etat clôt la procédure en 1971, blâmant "l'imprévisible nature" et une configuration géologique défavorable, pas suffisamment prise en compte "



Source : Paris Match

Mégantic

- Nuit du 5 au 6 juillet 2013
- Déraillement d'un train de 72 wagons transportant du pétrole brut de la compagnie Montreal Maine & Atlantic Railway
- Explosion en plein centre-ville de Lac Mégantic au Québec
- Mort de 47 personnes
- Destruction du centre-ville sur 2km carrés
- Dommages estimés à 1,5 milliard \$
- La population est en attente de la construction d'une voie de détournement du centre-ville
- Aucune accusation de négligence n'a été portée contre la Montreal, Maine & Atlantic



Source : TVA nouvelles

Notion de risque

Qu'est-ce qu'un risque ?

Notion de risque

Classez les risques suivants selon le plus important au moins important au niveau du Québec :

- Inondation
- Glissement de terrain
- Transport de matières dangereuses
- Séisme
- Pandémie

Notion de risque

Sur quels éléments vous êtes-vous basés ?

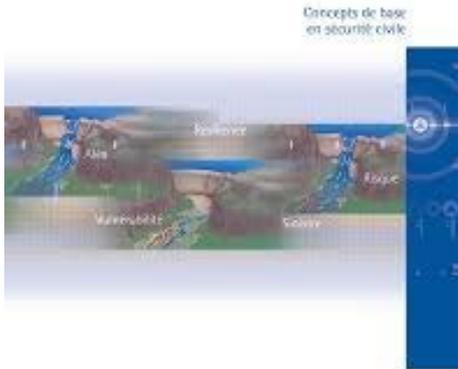
Une question de perception

Perception des risques

Importance que les parties intéressées accordent aux risques. La perception des risques est issue des **besoins**, des intérêts et des préoccupations exprimées par les parties intéressées. (CAN/CSA-Q850-97)

Perception des risques

1.3 LA PERCEPTION DES RISQUES



Québec

La question de la perception des risques représente un aspect indissociable du concept de risque. La façon dont ce concept est abordé variant souvent elle-même d'un individu ou d'un groupe à l'autre, on comprend aisément que la perception associée à un risque donné pourra aussi différer considérablement selon les personnes et les situations en cause. La perception des risques est ainsi empreinte d'un fort caractère subjectif et conditionnée par de nombreux éléments.

- le **sentiment de contrôle** ou de **maîtrise** (capacité que l'on croit avoir de maîtriser le risque);
- la **familiarité** (expérience personnelle en lien avec l'aléa);
- le **temps** (période de temps écoulée depuis le dernier événement de même nature);
- l'**incertitude scientifique** (niveau d'incertitude associé à la connaissance du risque);
- le degré de **confiance** dans les **institutions** (compétence perçue et crédibilité de ou des institutions responsables du risque ou de sa gestion);
- le caractère **involontaire** (risque imposé à un groupe par opposition à un risque subi volontairement);
- l'**injustice** ou l'**iniquité** dans l'**exposition** (risque considéré comme injustement imposé à des groupes particuliers – enfants, personnes âgées, etc.);
- l'**origine** (risque considéré plus dangereux lorsque occasionné par l'activité humaine par opposition à un risque d'origine naturelle);
- l'**attention médiatique** (couverture accordée par les médias des sinistres ou événements découlant du risque);
- l'**effroi** suscité par le risque (fait référence à l'horreur inspirée par la manifestation de l'aléa, son intensité et ses conséquences).

Perception des risques

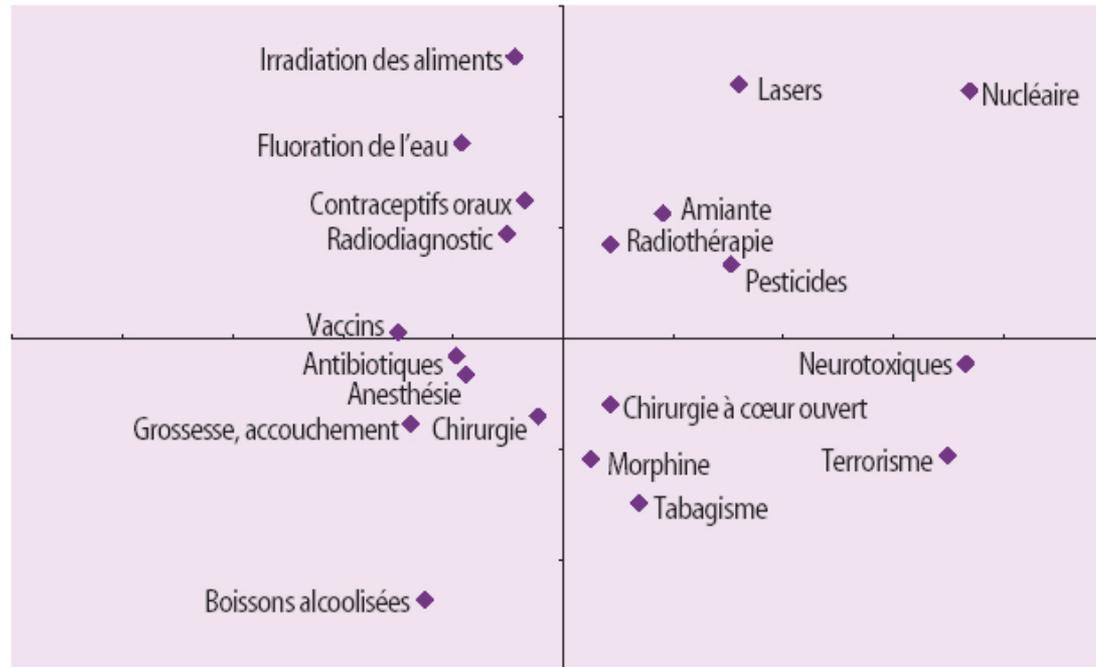
Tableau 3.1 Classification du risque perçu pour 30 activités et technologies*

	Groupe 1 «League of Women Voters»	Groupe 2 Étudiants (collégial)	Groupe 3 Professionnels et gens d'affaires membres du club «Active»	Groupe 4 Experts
Énergie nucléaire	1	1	8	20
Véhicules motorisés	2	5	3	1
Armes à feu	3	2	1	4
Fumer	4	3	4	2
Motocyclettes	5	6	2	6
Boissons alcoolisées	6	7	5	3
Aviation privée	7	15	11	12
Travail de policier	8	8	7	17
Pesticides	9	4	15	8
Chirurgie	10	11	9	5
Lutte contre les incendies	11	10	6	18
Construction imposante	12	14	13	13
Chasse	13	18	10	23
Aérosols	14	13	23	26
Alpinisme	15	22	12	29
Bicyclettes	16	24	14	15
Aviation commerciale	17	16	18	16
Énergie électrique	18	19	19	9
Natation	19	30	17	10
Contraceptifs	20	9	22	11
Ski	21	25	16	30
Rayons X	22	17	24	7
Football étudiant	23	26	21	27
Chemins de fer	24	23	20	19
Agents de conservation alimentaires	25	12	28	14
Colorants alimentaires	26	20	30	21
Tondeuses à gazon motorisées	27	28	25	28
Prescription d'antibiotiques	28	21	26	24
Appareils ménagers	29	27	27	22
Vaccins	30	29	29	25

Perception des risques

Risque inconnu

- pas observable
- inconnu de ceux qui y sont exposés
- à effet retard
- risque nouveau
- risque ignoré de la science



Risque peu craint

- maîtrisable
- non craint
- n'implique pas de catastrophe planétaire
- conséquences non létales
- égal pour tous
- individuel
- faible risque pour les futures générations
- facile à réduire
- décroissant
- volontaire
- ne me concerne pas

Risque fortement craint

- non maîtrisable
- craint
- implique une catastrophe planétaire
- conséquences létales
- inégal
- catastrophique
- risque élevé pour les futures générations
- pas facile à réduire
- risque croissant
- involontaire
- me concerne

Risque connu

- observable
- connu de ceux qui y sont exposés
- à effet immédiat
- risque ancien
- risque inconnu de la science

Perception des risques

Nathalie
DE MARCELLIS-WARIN

Ingrid
PEIGNIER



En général

- Toute situation d'urgence ou crise ou catastrophe provient de la défaillance d'un système
- La défaillance d'un système provient suite à l'apparition d'un événement déclencheur.
- La réponse d'un système face à un élément déclencheur varie selon sa vulnérabilité.

Définition du risque

- "possibilité de blessure ou de perte définie par une mesure de probabilité et de la gravité d'un effet néfaste sur la santé, les biens matériels, l'environnement et les autres valeurs" (Association Canadienne de Normalisation, 1991)
- "... Le risque signifie à la fois l'incertitude et les conséquences de l'incertitudes..." (Hertz, 1983)
- "le risque est égal à la moitié de la variance de la distribution de toutes les conséquences négatives et en regard de certaines valeurs de référence" (Dubois, 1996)
- « Effets de l'incertitude sur l'atteinte des objectifs » (ISO 31000 – 2009)

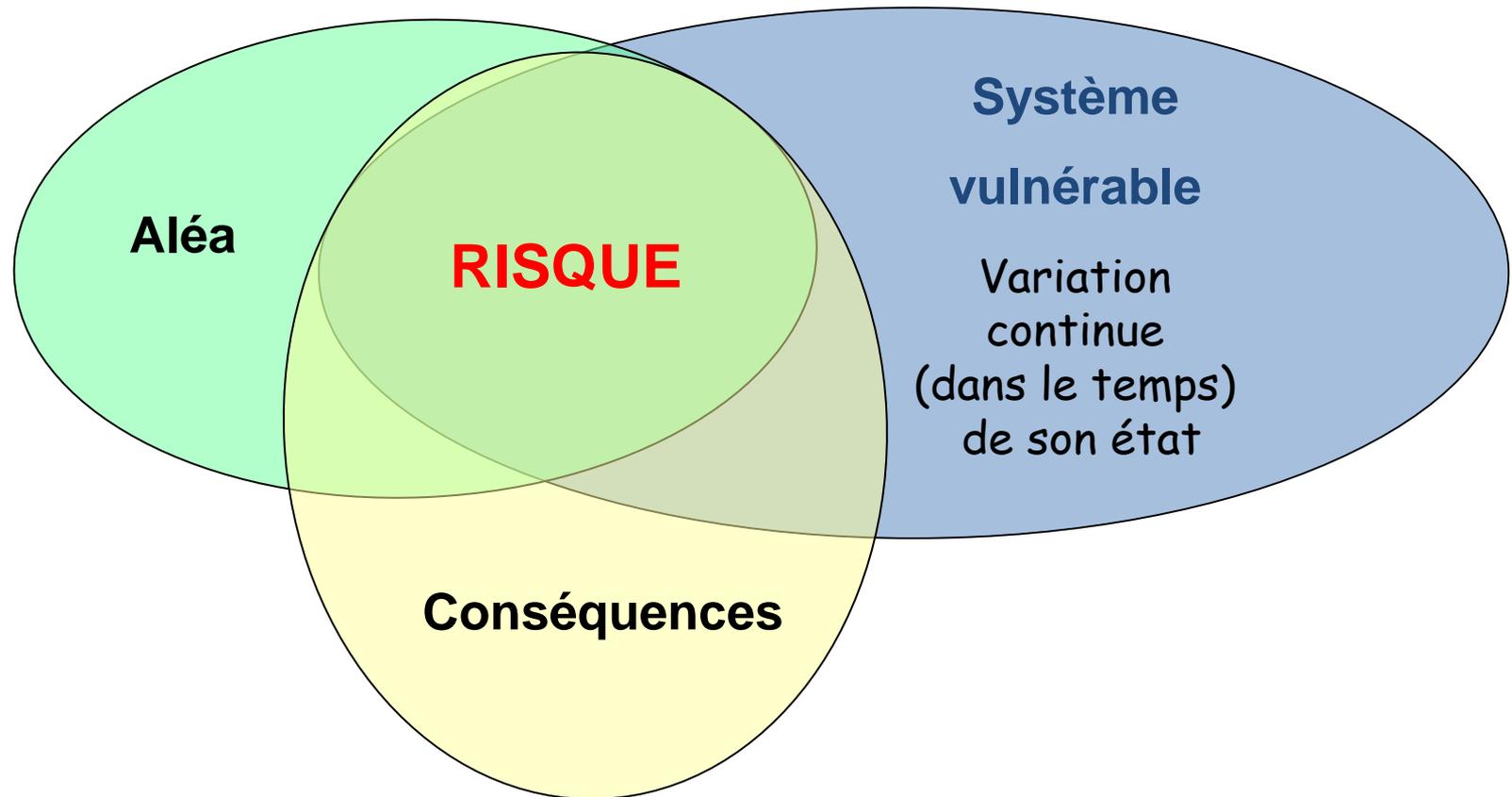
Définition du risque :

Difficultés rencontrées

- **Pas de définition universelle du risque**, donc consensus difficile entre les différents acteurs biaisés :
 - par leur subjectivité (composante culturelle/psychologique);
 - leurs intérêts (composante économique et/ou politique).
- Même en cas d'accord sur la définition, il est difficile de mesurer le risque, car cela implique une modélisation forcément imparfaite du monde réel. Les modèles concurrents du même phénomène peuvent se contredire fortement sur un aspect donné.
- Pas d'unité de mesure reconnue et universelle – Pas de résultat absolu

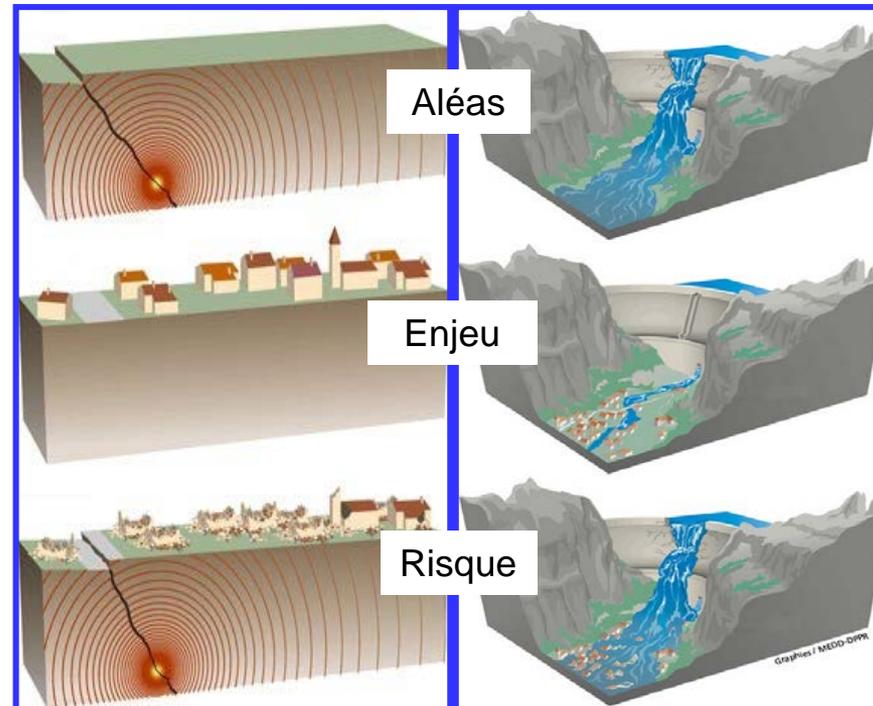
Définition du risque

Risque = combinaison (vulnérabilité ; aléa ; conséquences)



Le risque correspond à la vulnérabilité d'un système face à des aléas et susceptible d'engendrer des conséquences dans le temps.

Définition du risque



Adapté d'un document du ministère français de l'Écologie et du Développement durable

Les dimensions de l'aléa

- Quelles sont les conditions qui peuvent entraîner des dégradations dans la fourniture d'un service (ou ressource) fourni par le système :
 - internes et externes
 - **naturelles** – technologiques – anthropiques
- Partir du fonctionnement global du système pour bien comprendre les sources de défaillances
- De multiples techniques d'analyse disponibles (AMDEC, HAZOP, MEHARI, etc.)
- Attention aux probabilités !!!!

Le concept de vulnérabilité

- Les dimensions de la vulnérabilité :
 - Le système est conçu fondamentalement pour fournir un service ou une ressource
 - La défaillance correspond à la dégradation de ce service fourni (ou ressource fournie)
 - Le système varie dans le temps au niveau :
 - de ses propres besoins
 - des services (ou ressources) qu' il fournit

Comment le système peut-il accepter certaines défaillances ?

Dimensions des conséquences

- Quelles sont les utilisations des services (ou ressources) fournis par le système
- Comment la dégradation de ce service fourni (ou ressource fournie) affecte l'environnement et pourquoi
- Importance de relier pour un même service les dégradations pour le fournisseur et l'utilisateur

Quelques caractéristiques:

- Multiples (en fonction des utilisations variées des ressources fournies par un système)
- Généralement négatives mais peuvent également être positives
- Économiques / sociales / humaines / environnementales
- Directes et indirectes
- Temporaires et permanentes



Processus de gestion des risques



Loi 173

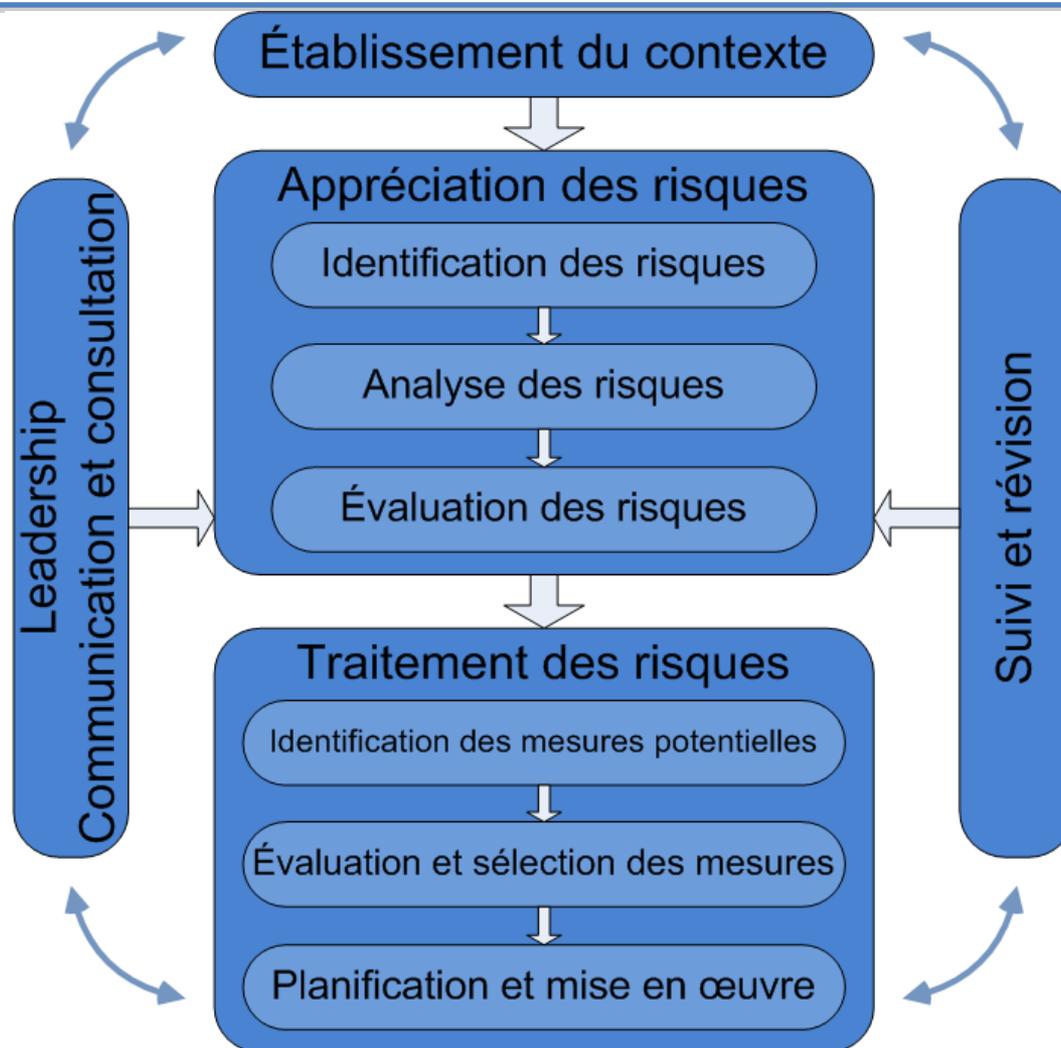
Sinistre majeur

Un événement dû à un phénomène naturel, une défaillance technologique ou un accident découlant ou non de l'intervention humaine, qui cause de **graves préjudices** aux personnes ou d'**importants dommages** aux biens et qui exige de la collectivité affectée des **mesures inhabituelles**, notamment une inondation, une secousse sismique, un mouvement de sol, **une explosion, une émission toxique** ou une pandémie.

Conditions de succès

1. Compter sur un **leadership** fort permettant d'encadrer adéquatement la réalisation des différentes étapes.
2. S'inscrire à l'intérieur des activités de développement de la collectivité ou de l'organisation.
- 3. Processus multidisciplinaire** (équipe multidisciplinaire avec des représentants de différents milieux).
4. Porter une attention particulière sur la perception des risques, les valeurs, les préoccupations et intérêts des divers acteurs qui peuvent être très différents.

Processus de gestion des risques de sinistre



Processus de gestion des risques

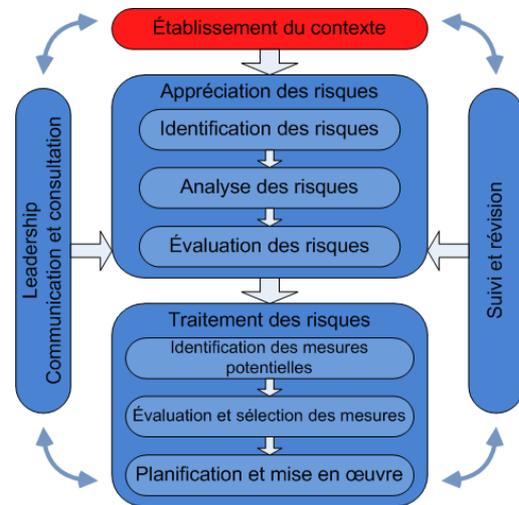
Définition MSP

- L'application systématique de politiques, de procédures et de pratiques aux fins de la communication, de l'établissement du contexte, de l'appréciation du traitement et du suivi des risques de sinistre.

Établissement du contexte

- Trois étapes

1. Identification du contexte interne et externe
2. Établissement du contexte associé à la gestion des risques
3. Détermination de critères d'évaluation des risques



Établissement du contexte

Définir le contexte de l'étude : répondre à quelques questions

Qui doit prendre les décisions concernant la maîtrise des risques ?

Qui est responsable de la gestion des risques ?

Délimitation

- * environnement socio-économique
- * système

Pourquoi veut-on réduire les risques ?

Quelles mesures de maîtrise des risques veut-on étudier ?

Caractérisation de l'environnement socio-économique

Quelles sont les ressources (ou services) essentielles que l'on veut considérer ?

Quelle défaillance veut-on analyser en termes de conséquences ?

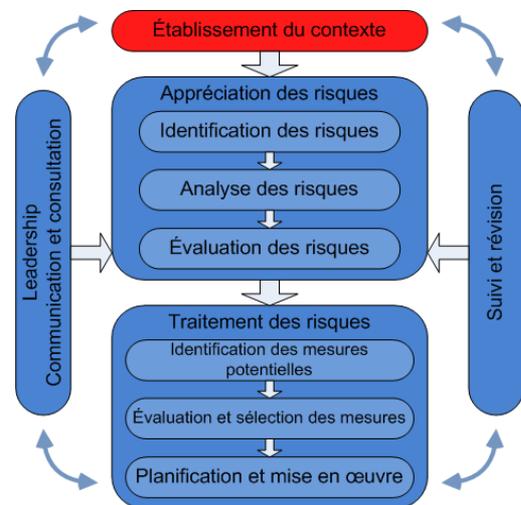
Caractérisation du système

Identification du contexte interne et externe

Identifier les différentes considérations internes et externes susceptibles d'avoir **un impact** sur la réalisation du **processus**

Exemples:

- Lois, règlements et autres cadres législatifs
- Contexte politique (nouvelle élection, négociation de travail, conflits, etc.)
- Contexte social
- Contexte culturel



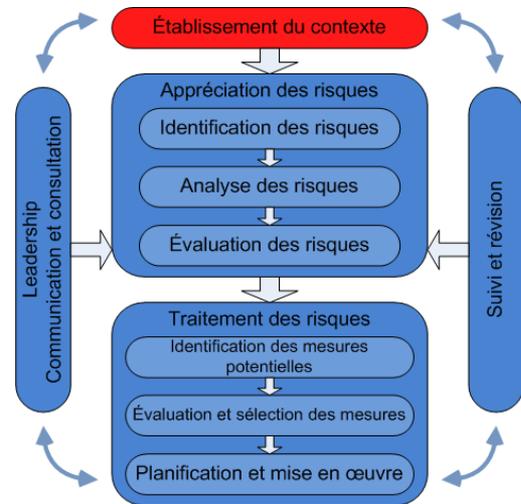
Établissement du contexte associé à la gestion des risques

Que se fait-il en matière de gestion des risques et quelle est la documentation existante ?

Préciser le but et les objectifs de la démarche ainsi que la portée.

- Objet de la démarche et résultats attendus
- Territoire à l'étude
- Portée des risques pris en compte
- Limites et contraintes

S'assurer que tous les acteurs ont la légitimité et l'information nécessaire



Détermination de critères d'évaluation des risques

Établir des seuils qui, pour la collectivité ou l'organisation, distinguent les situations qui sont acceptables de celles qui ne le sont pas.

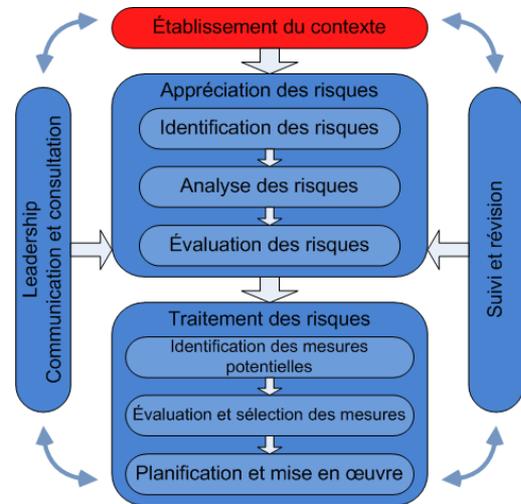
Quelques exemples :

– Impacts potentiels sur la population

– Capacité d'intervenir

– Exposition de populations vulnérables (enfants, personnes âgées)

– Etc.



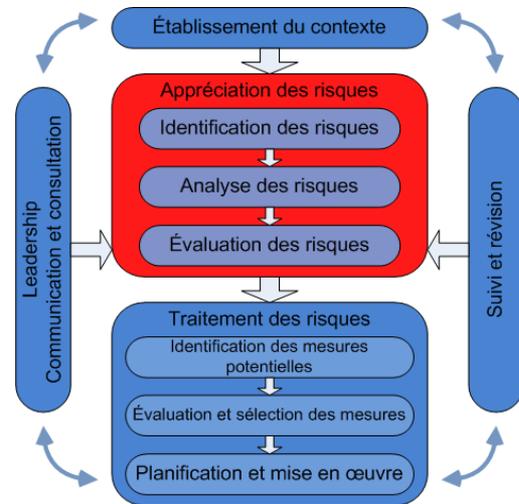
Appréciation des risques

3 étapes :

1. Identification des risques

2. Analyse des risques

3. Évaluation des risques

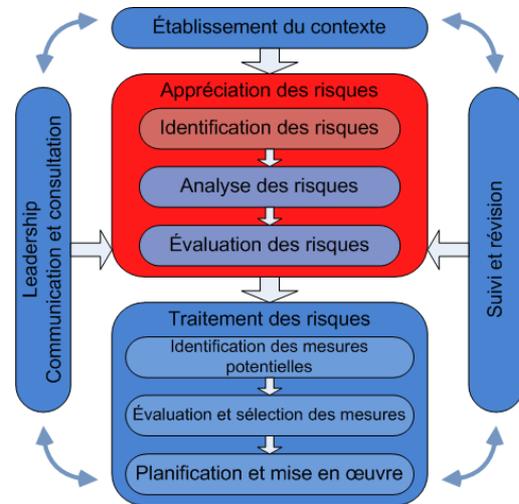


Identification des risques

Processus pour recueillir des informations sur le milieu, les aléas et la vulnérabilité.

4 étapes:

1. Caractérisation du milieu
2. Identification et caractérisation des aléas
3. Établissement du profil de vulnérabilité
4. Détermination des risques considérés



Identification des risques

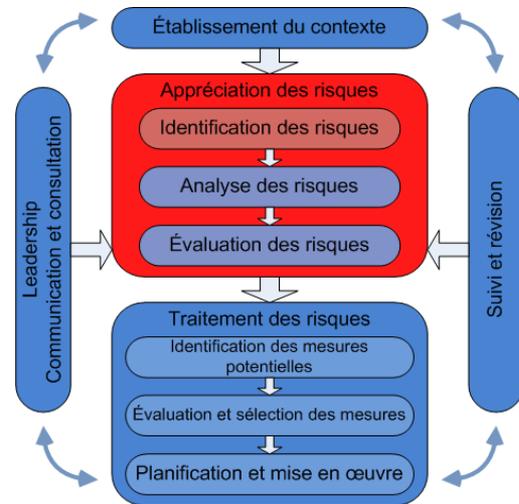
Caractérisation du milieu

Connaissance des caractéristiques physiques, naturelles, humaines, sociales et économiques

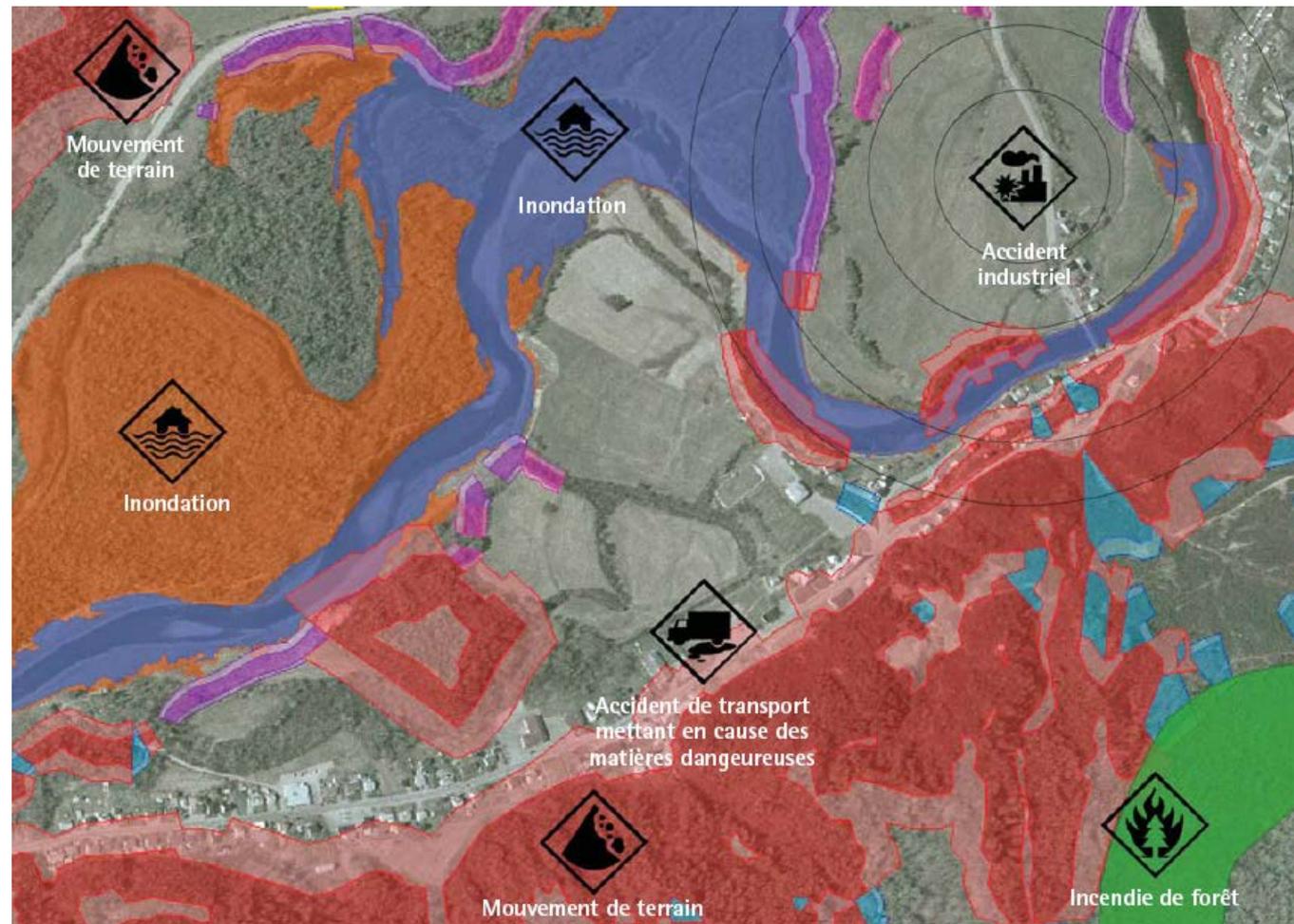
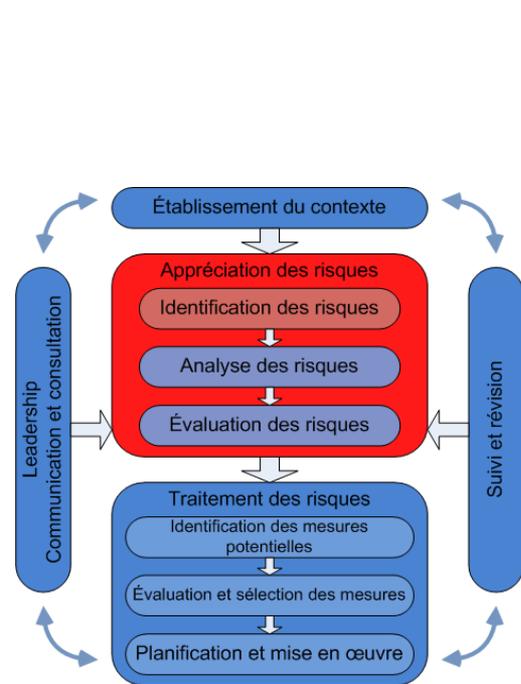
Identification et caractérisation des aléas

Connaître les détails sur les aléas (intensité, nature, moment, évolution, etc.)

Ne pas oublier qu'une organisation peut être touchée par des aléas hors territoire



Identification des risques



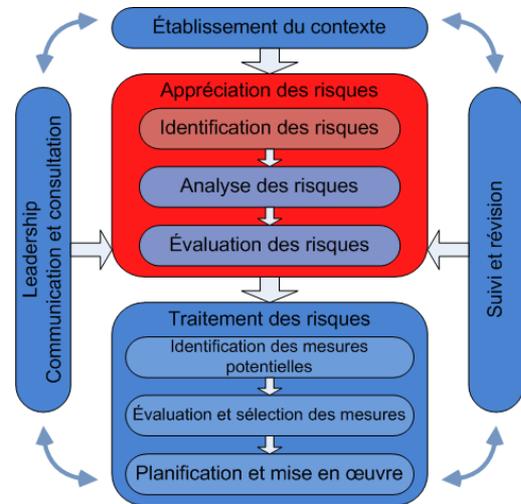
Identification des risques

Établissement du profil de vulnérabilité
–Éléments pouvant être affectés par un aléa de par leur exposition ou leur vulnérabilité.

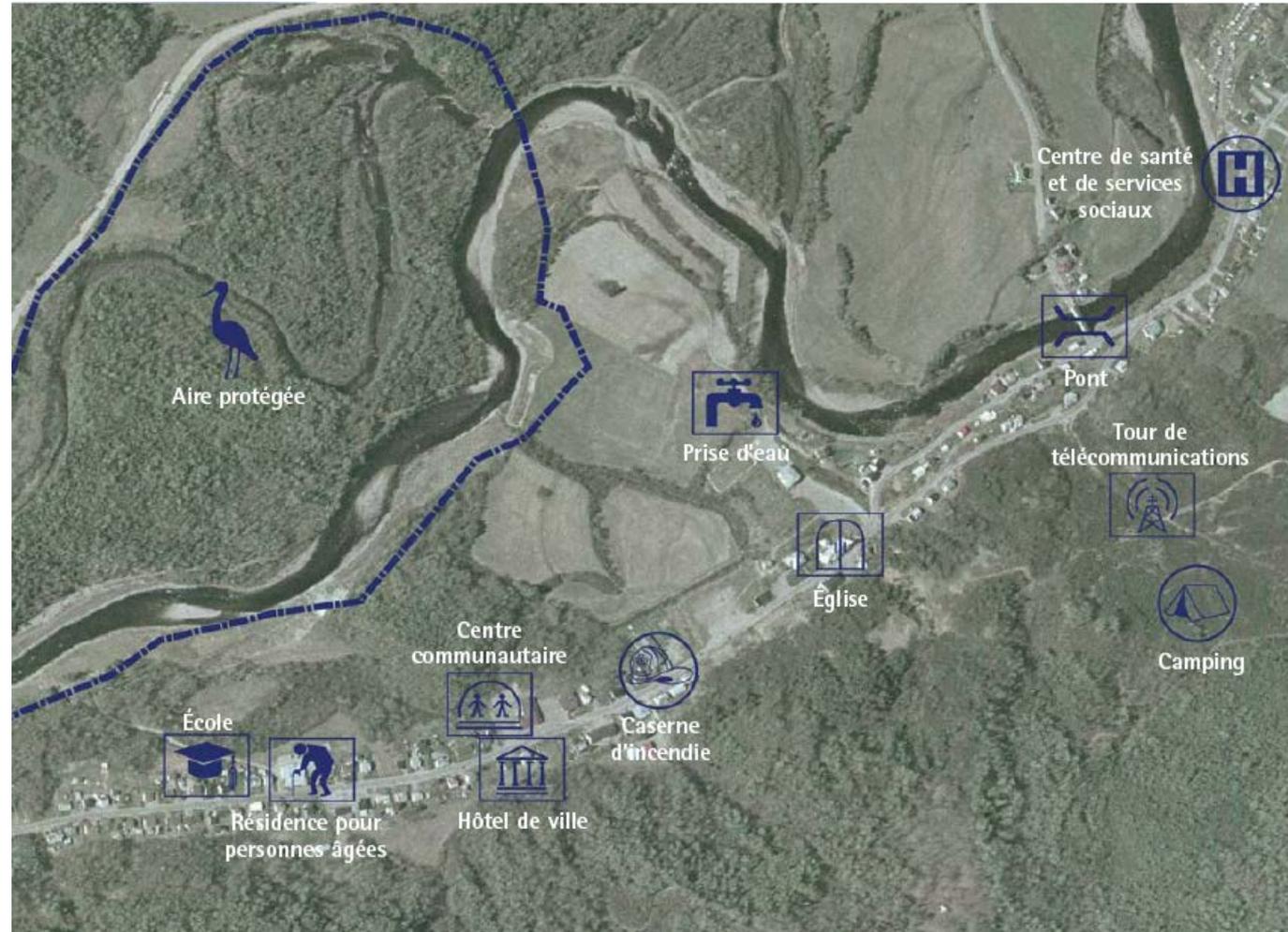
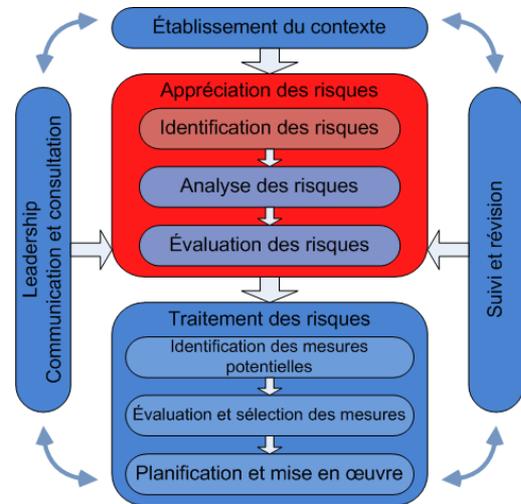
- Personnes, biens, infrastructures, services, éléments patrimoniaux, écosystèmes, etc.
- Il peut y avoir des éléments moins tangibles. Par exemple la réputation d'une organisation.

–Plusieurs considérations

- Âge, proximité de l'aléas, états des infrastructures, capacité de réponses, etc.



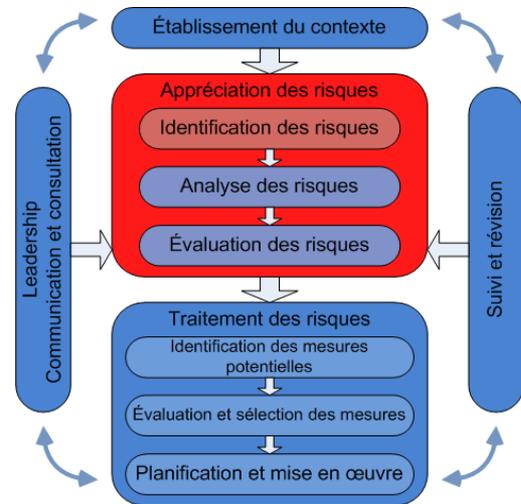
Identification des risques



Identification des risques

Détermination des risques considérés

–Évaluation des interactions entre les aléas et les vulnérabilités déjà identifiés



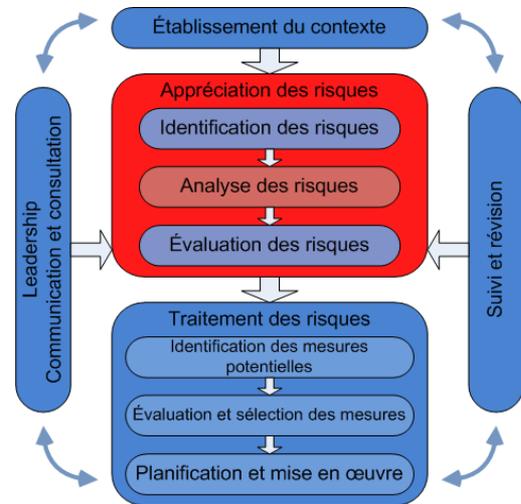
ALÉAS	ÉLÉMENTS EXPOSÉS					
	Personnes	Bâtiments	Infrastructures	Activités économiques	Écosystèmes	Autres
Séisme	X	X	X	X	X	
Incendie de forêt	-	-	-	X	X	
Avalanche	-	-	-	-	-	
Inondation	X	X	X	X	-	
Sécheresse	X	-	X	X	X	
Panne	X	X	X	X	-	
Accident industriel	X	X	X	X	X	
Rupture de barrage	X	X	X	X	X	
Autres						

Analyse des risques

Permet:

- Connaitre précisément la nature des risques
- Distinguer les risques majeurs et mineurs pour établir une liste de priorité
- Choisir les options de traitement les plus appropriées pour réduire les risque

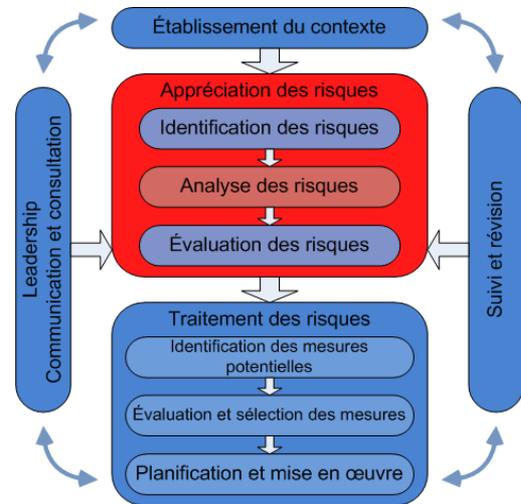
Processus qui vise à estimer le niveau de risque par l'analyse des probabilités d'occurrence des aléas et des conséquences potentielles



Analyse des risques

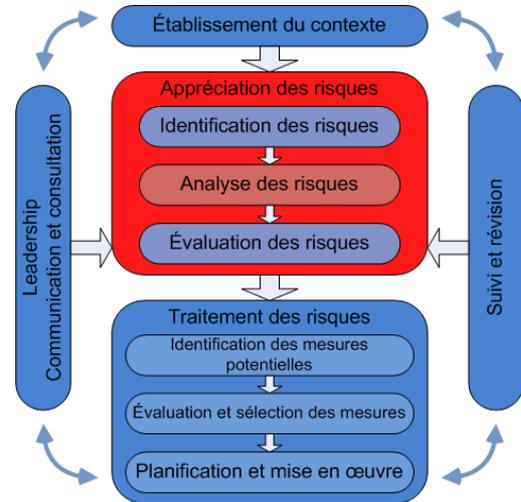
4 étapes:

1. Identification et évaluation des mesures de contrôle existantes
2. Détermination des conséquences potentielles
3. Détermination des probabilités d'occurrence des aléas
4. Estimation du niveau de risque



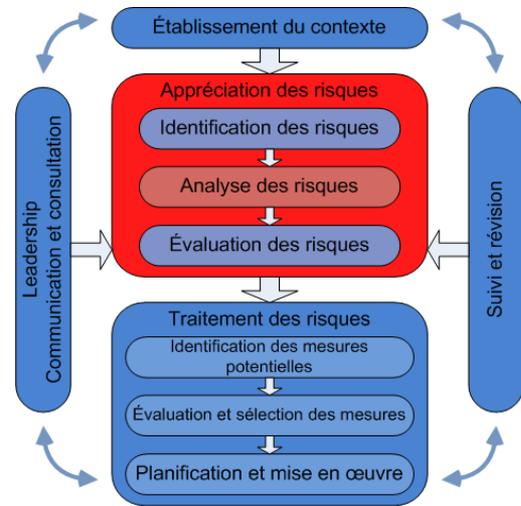
Identification et évaluation des mesures de contrôle existantes

- Lois, règlements
- Normes, codes de construction
- Procédure de travail
- Mécanismes de surveillance
- Formation
- Les alertes
- Les ouvrages et infrastructures de protection
- Etc.

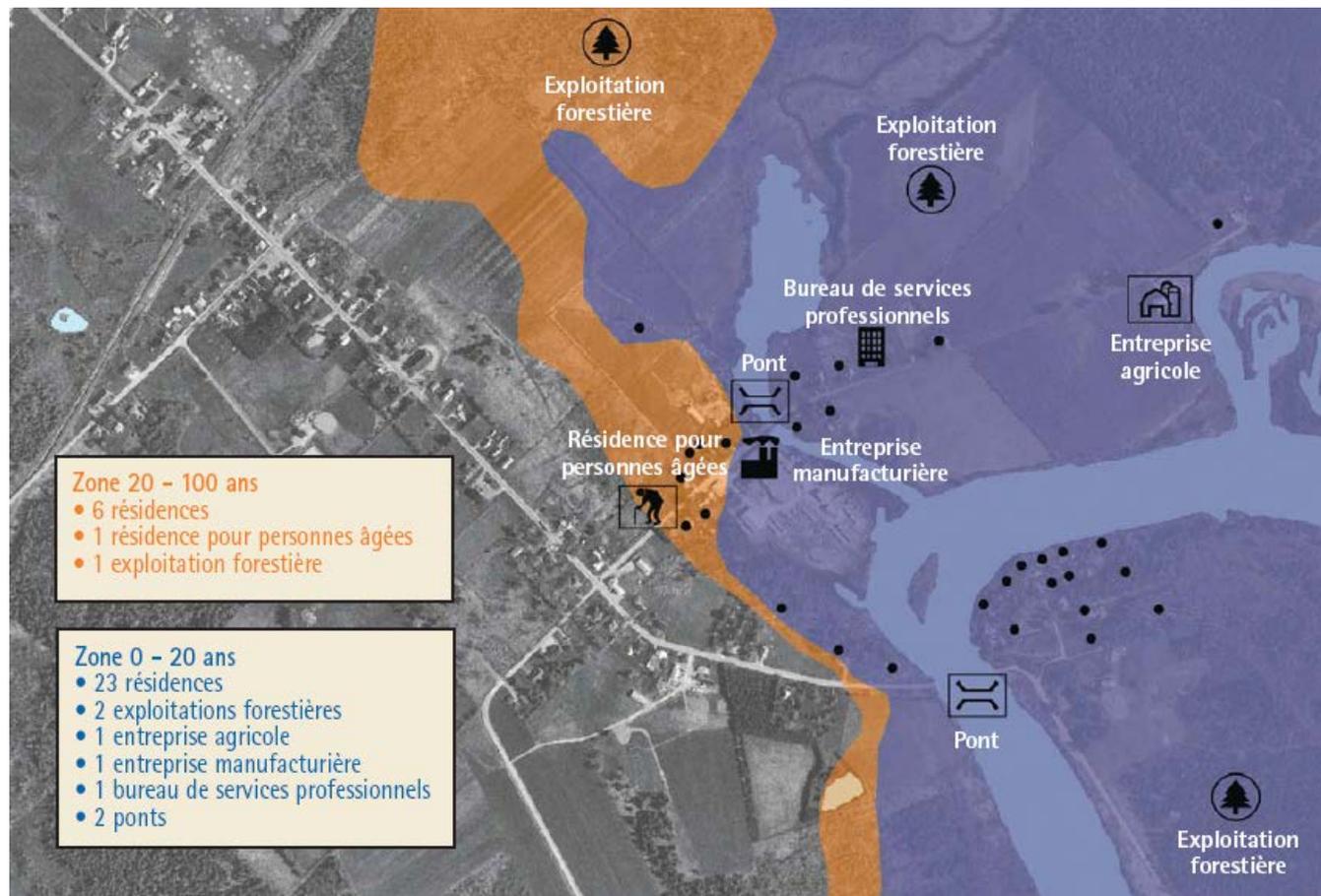
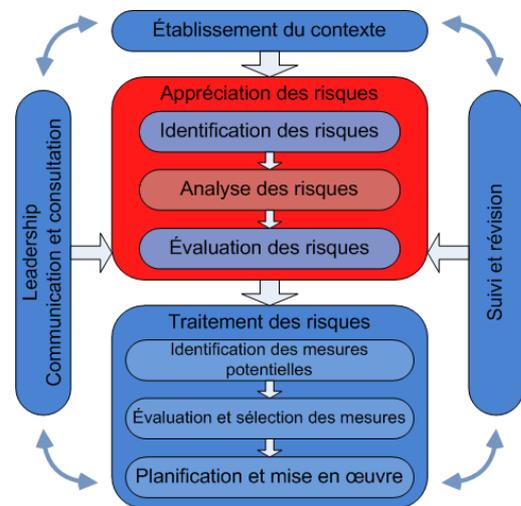


Détermination des conséquences potentielles et des probabilités d'occurrence des aléas

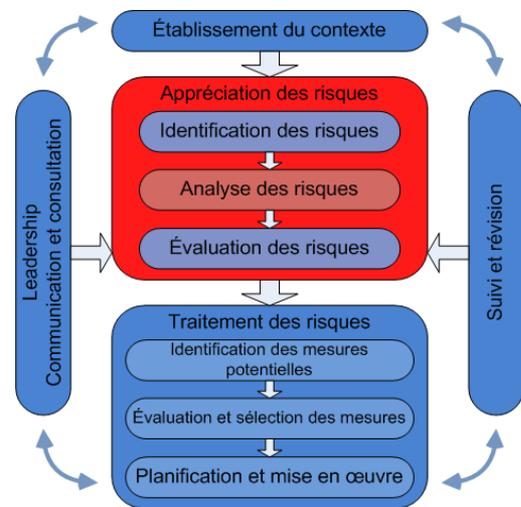
- Axé sur les simulations et la prévision de l'inconnue !!!
- Approche ayant des limites !!!



Détermination des conséquences potentielles et des probabilités d'occurrence des aléas



Estimation du niveau de risque



PROBABILITÉS D'OCCURRENCE	CONSÉQUENCES				
	1 Négligeables	2 Mineures	3 Modérées	4 Majeures	5 Catastrophiques
A Presque certain	M	É	EX	EX	EX
B Probable	M	É	É	EX	EX
C Possible	F	M	É	EX	EX
D Peu probable	F	F	M	É	EX
E Rare	F	F	M	É	É

NIVEAU DE RISQUE

EX : Extrême

É : Élevé

M : Modéré

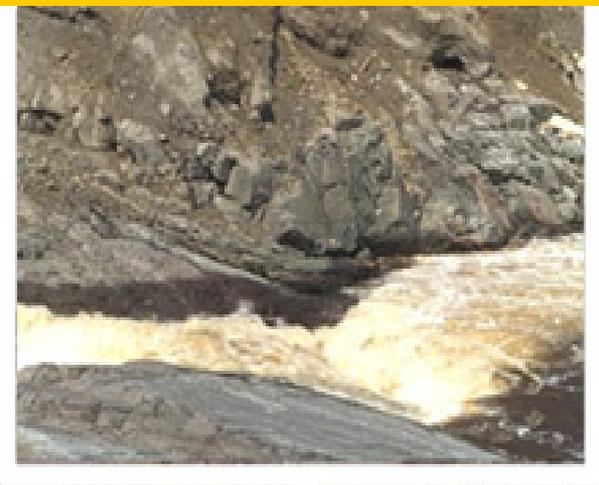
F : Faible

Méthodes d'analyse

- Nombreuses et variées
 - Risques naturels (cartes d'aléas, Watflood, hydrogramme, Markov)
 - Risques « techniques » (scénarios normalisés et alternatifs, Sûreté de fonctionnement)
 - Fiabilité humaine
 - Informatique
 - Gestion de projets technologiques
 - Finance (VAR)
 - Risques barrage (loi 93, USBR-CFR, HQ- Poly-indices, UNSW)
 - Agroalimentaire (HACCP)
 - Etc.



Aléa naturel

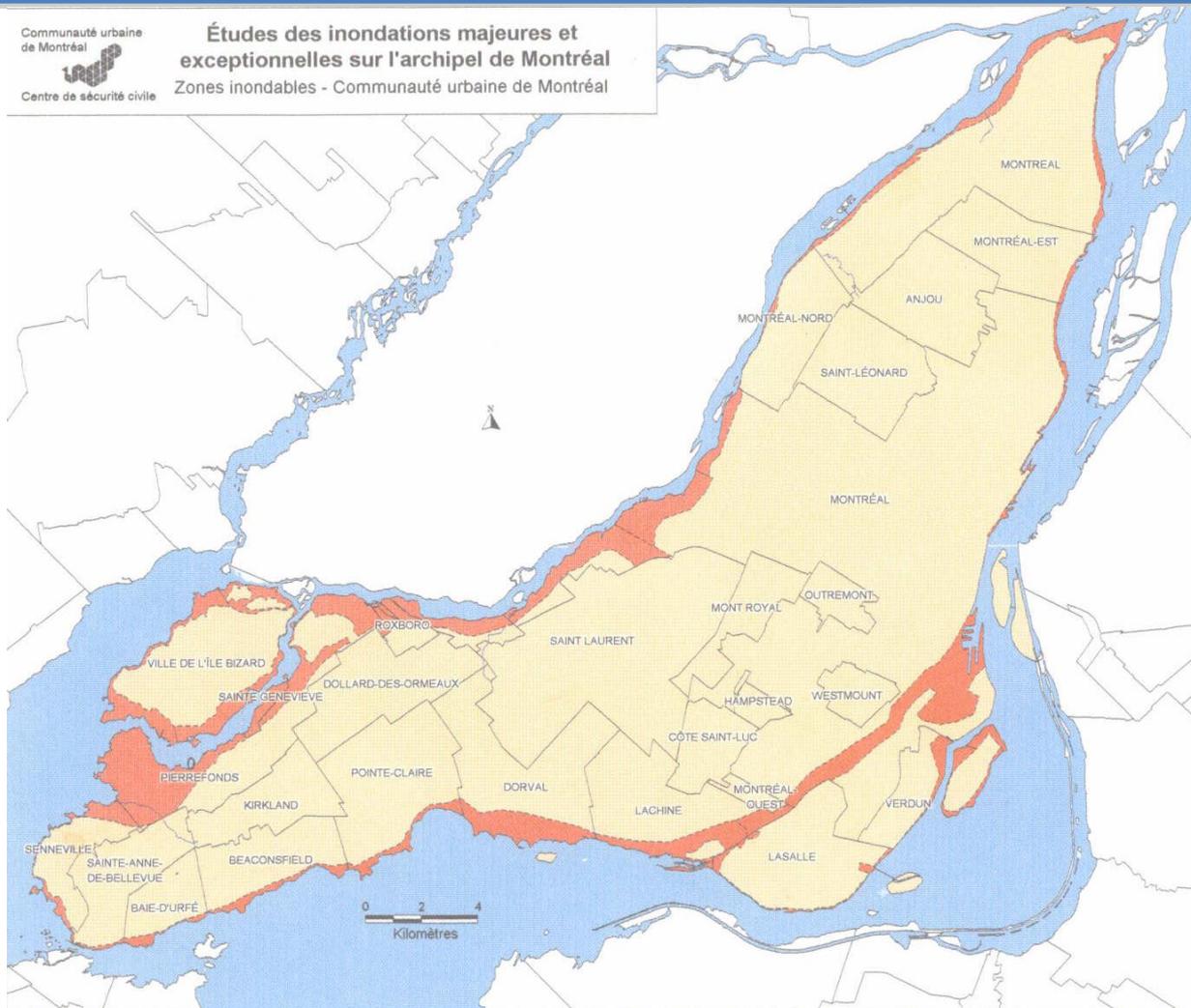


Aléa naturel

- Événement à **prévisibilité faible**
- Méthodes d'évaluation quantitatives et prédictives basées sur des **modélisations statistiques et stochastiques** (scénarios) en utilisant les lois physiques
- Validation à partir de **l'analyse des événements antérieurs**
- Résultats sous forme de **cartes** (fréquence et intensité)

Il s'agit de mieux comprendre les phénomènes de façon à mieux les prévoir

Aléa naturel





Aléa technique



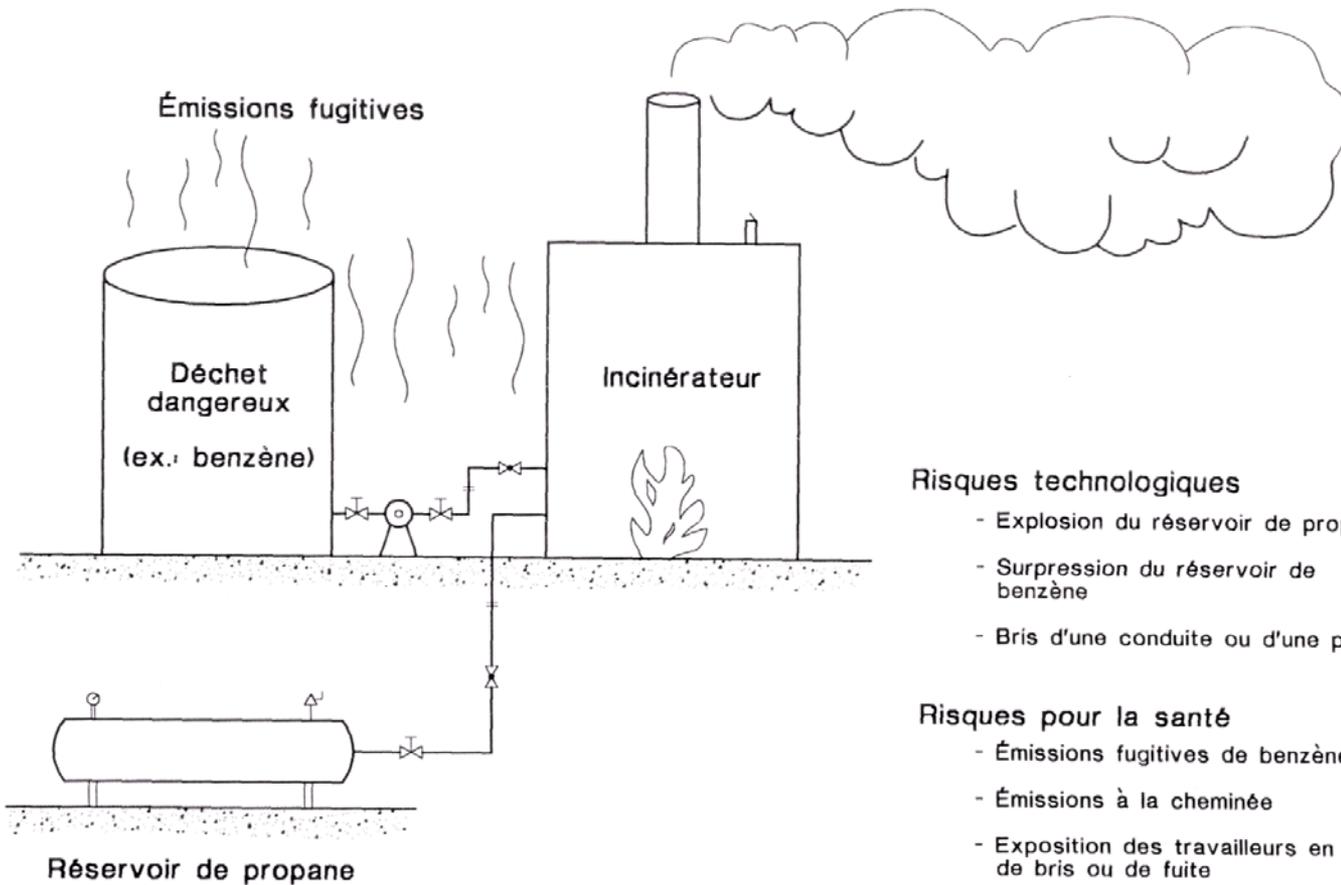


Scénarios



Identification des activités

Types d'analyses de risques



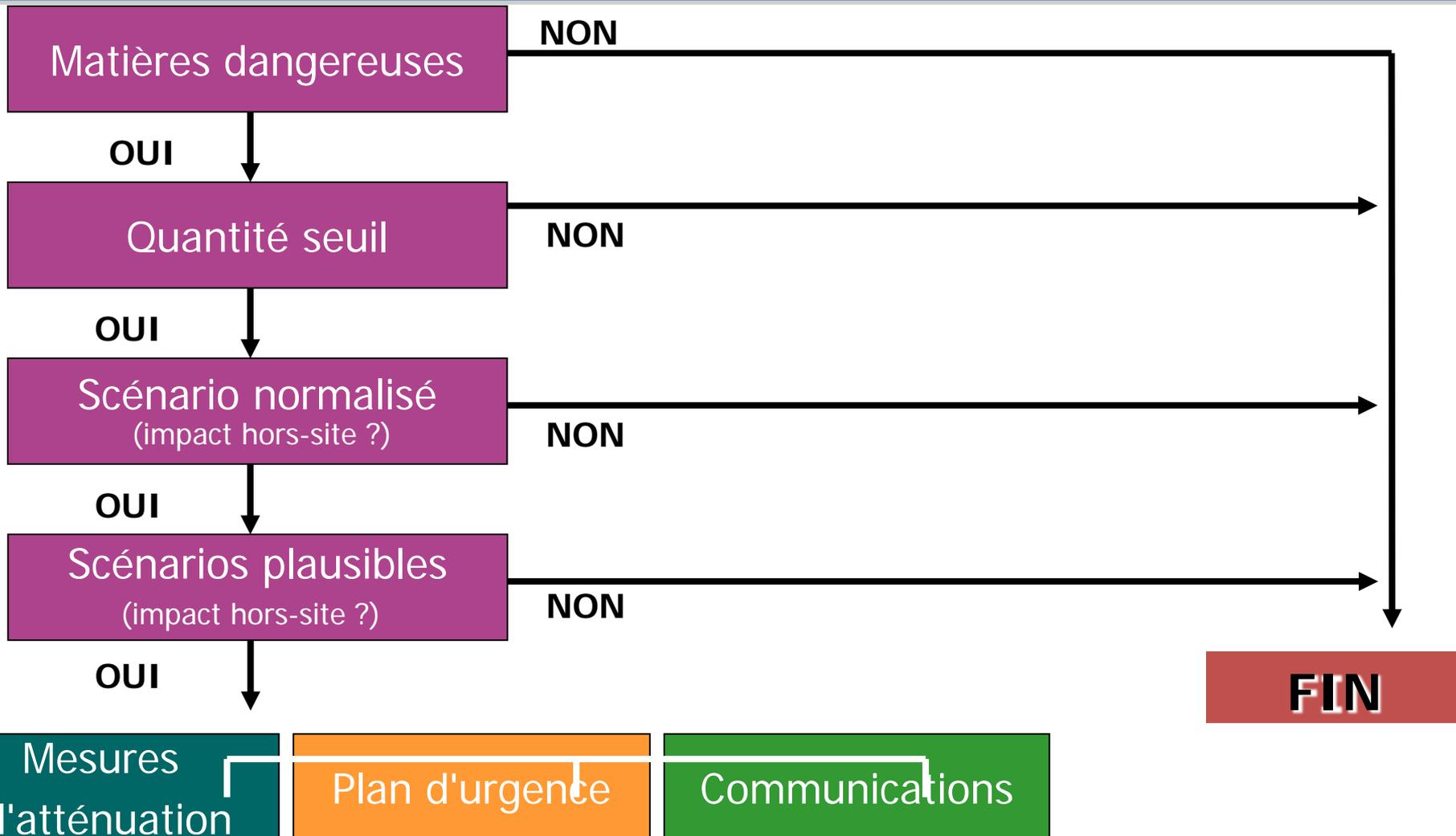
Risques technologiques

- Explosion du réservoir de propane
- Surpression du réservoir de benzène
- Bris d'une conduite ou d'une pompe

Risques pour la santé

- Émissions fugitives de benzène
- Émissions à la cheminée
- Exposition des travailleurs en cas de bris ou de fuite

Méthodologie



Identification des matières

- Pour chaque unité, un **inventaire des matières dangereuses** est produit à partir des **bilans de matières** inclus dans les diagrammes d'écoulement.
- Les **matières dangereuses sont identifiées** en comparant la substances contenues dans liste suivante aux matières contenues dans l'inventaire décrit précédemment:
 - EPA's “Risk Management Program” hazardous and flammable substance list ;
 - OSHA Regulation's (Standards-29 CFR) List of Highly Hazardous chemicals, Toxics and reactive (Appendix A) ;
 - EPA's list of extremely hazardous substances ;
 - NFPA 325 Fire Hazards Properties of Flammable Liquid, Gases and Volatile Solids ;
 - Règlement fédéral sur les urgences environnementales (CRAIM).
- Si une substance est **incluse dans un moins une des 5 listes** elle est considérée comme matière dangereuse

Scénario normalisé

- Le scénario normalisé d'accident est l'émission de **la plus grande quantité** d'une substance dangereuse, détenue dans le **plus gros contenant**, dont la **distance d'impact est la plus grande** en tenant compte des mesures de protection passive mais non active.
- Worst Case scenario, scénario le plus pénalisant
- La conséquence du **scénario normalisé** est évaluée pour **chacune des matières dangereuses** identifiées pour les cas suivants:
 - Effets toxiques
 - Explosions et Incendies

Scénario alternatif

- Un scénario alternatif représente **un autre accident** qui peut se produire pour une matière dangereuse de la liste, détenue en quantité supérieure à la quantité seuil. Ce scénario tient compte de la proximité ou de l'interconnexion des contenants de la substance concernée et des **mesures de protection** passives et actives.
- Scénario possible, scénario probable, scénario plausible, scénario d'évaluation du risque résiduel
- Entre **1 et 10 scénarios alternatifs** sont analysés pour les matières dangereuses pour lesquelles le rayon d'impact du scénario normalisé excède **la limite de propriété**.

Niveaux de danger

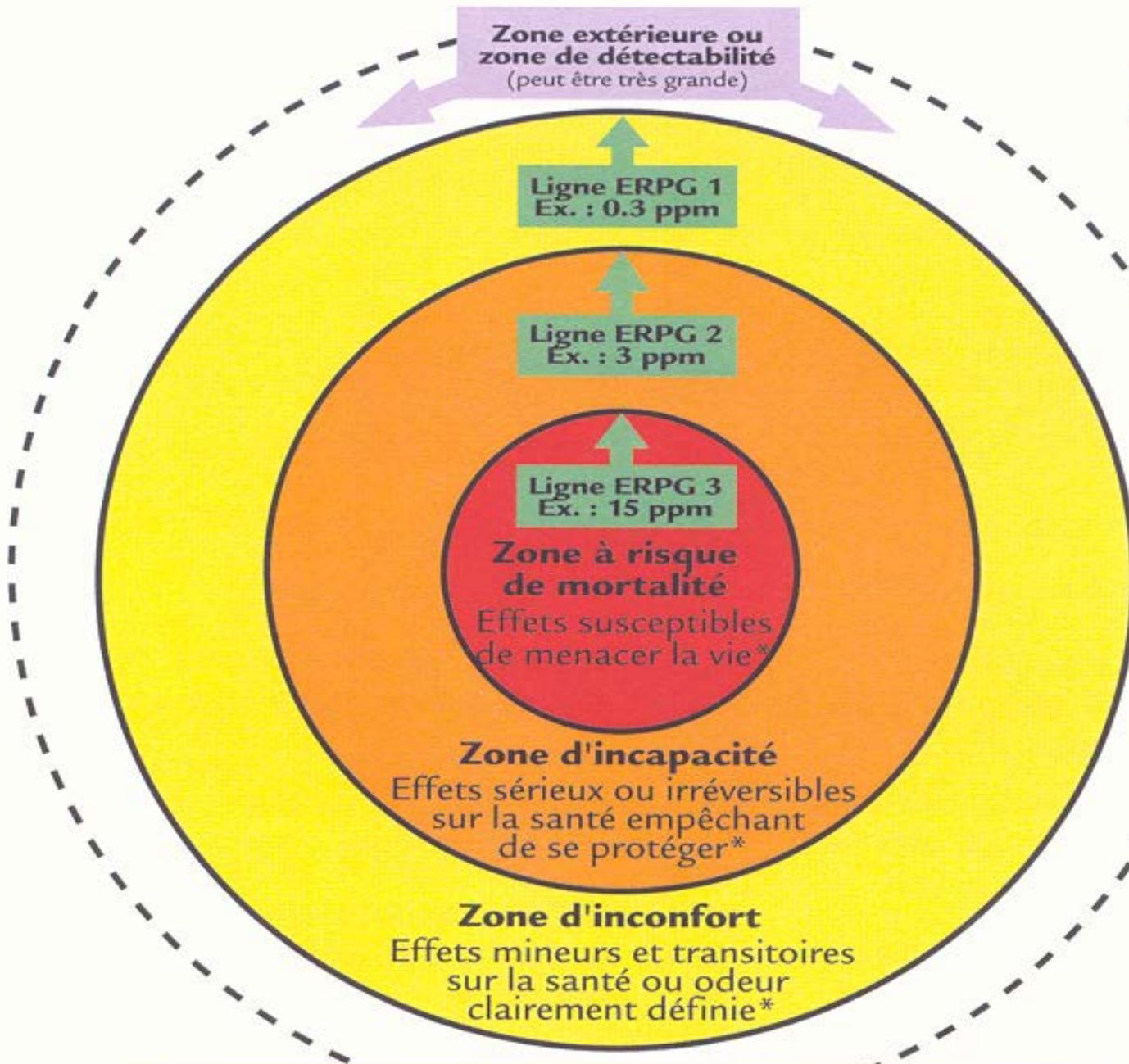
Concentration d'une matière dangereuse dans l'air suite à une émission, à un flux thermique en cas d'incendie et/ou une onde de choc en cas d'explosion à partir desquels il peut y avoir des **dommages sérieux ou irréversibles** à la santé et à la vie.

Niveaux de danger

Substances toxiques

Emergency Response Planning Guideline (ERPG)

- ▶ **ERPG-1** : Concentration sous laquelle presque tous les individus peuvent être **exposés jusqu'à une heure sans que se manifestent d'effets autres que des effets légers**
- ▶ **ERPG-2** : Concentration sous laquelle presque tous les individus peuvent être **exposés jusqu'à une heure sans développer d'effets irréversibles ou d'effets sérieux** qui pourrait les empêcher de se protéger
- ▶ **ERPG-3** : Concentration sous laquelle presque tous les individus peuvent être **exposés jusqu'à une heure sans développer des effets pouvant porter atteinte à leur santé ou à leur vie.**



ERPG

(AIHA, 1992)

—
Emergency Response
Planning Guide

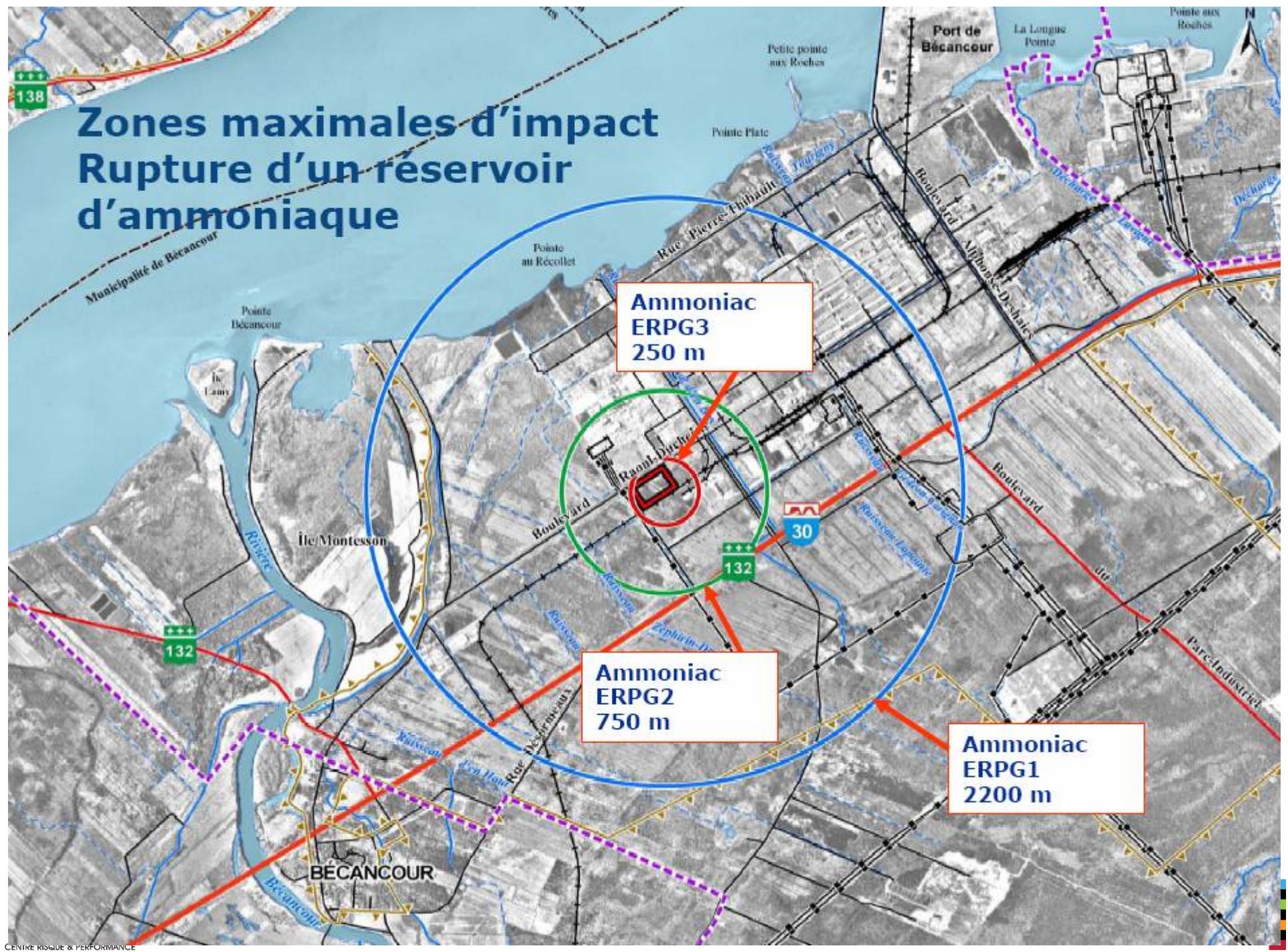
—
Exemple :
émission de SO₂
(dioxyde de soufre)

* Effets d'une exposition d'une heure pour presque tous les individus

Niveaux de danger

Chemical (CAS Number)	Nom français	ERPG-1	ERPG-2	ERPG-3
Acetaldehyde (75-07-0)	Acéaldéhyde	10 ppm	200 ppm	1000 ppm
Acetic Acid (64-19-7)	Acide Acétique	5 ppm	35 ppm	250 ppm
Acrolein (107-02-8)	Acroléine	0.1 ppm	0.5 ppm	3 ppm
Acrylic Acid (79-10-7)	Acide Acrylique	2 ppm	50 ppm	750 ppm
Acrylonitrile (107-13-1)	Acrylonitrile	10 ppm	35 ppm	75 ppm
Allyl Chloride (107-05-1)	Chlorure d'Allyle	3 ppm	40 ppm	300 ppm
Ammonia (7664-41-7)	Ammoniac	25 ppm	150 ppm	750 ppm
Arsine (7784-42-1)	Arsine	NA††	0.5 ppm	1.5 ppm
Benzene (71-43-2)	Benzène	50 ppm	150 ppm	1000 ppm
Benzyl Chloride (100-44-7)	Chlorure de Benzyle	1 ppm	10 ppm	25 ppm
Beryllium (7440-41-7)	Béryllium	NA††	25 µg/m ³	100 µg/m ³

Zones maximales d'impact Rupture d'un réservoir d'ammoniac



Niveaux de danger

Substances inflammables (Radiation)

- ▶ **3 kW/m² : Zone des dangers significatifs pour la vie humaine**
Seuil des effets irréversibles
- ▶ **5 kW/m² : Zone des dangers graves pour la vie humaine**
Peut occasionner des mortalités par brûlures
Brûlures au second degré après 40 secondes
Seuil de destruction significative des vitres
- ▶ **8 kW/m² : Zone des dangers très graves pour la vie humaine**
Seuil des effets létaux
Seuil de dégâts graves sur les structures

Niveaux de danger

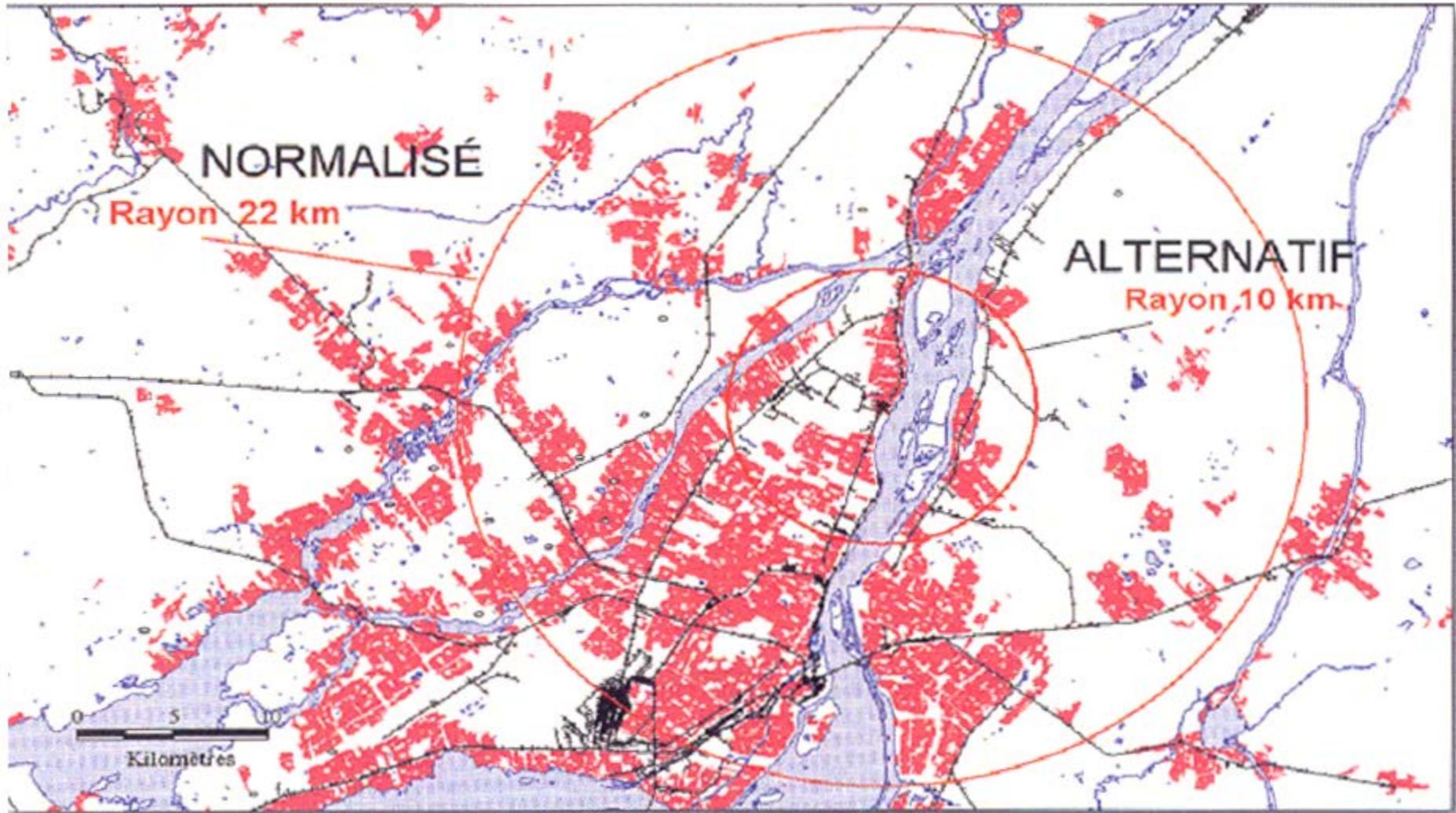
Substances explosives (Surpression)

- ▶ **20,7 mbar : Zone des effets indirects par bris de vitre sur l'homme**
- ▶ **68,9 mbar : Zone des dangers significatifs pour la vie humaine**
 - Seuil des effets irréversibles
 - 90% des vitres brisées
- ▶ **138 mbar : Zone des dangers graves pour la vie humaine**
 - Seuil des effets létaux
 - effondrement partiel des plafonds et des murs
- ▶ **207 mbar : Zone des dangers très graves pour la vie humaine**
 - Seuil des effets significatifs
 - déformation des structures d'acier

Comparaison

Tableau comparatif	
Scénario normalisé	Scénario alternatif
<ul style="list-style-type: none">• Base de comparaison• Très peu probable• Aucune mesure active de protection considérée• Paramètres de météo pénalisants et durée de fuite prescrite• Pas d'interconnexion	<ul style="list-style-type: none">• Cas particulier• Le plus réaliste• Protections actives et passives considérées• Paramètres de météo choisis, pas de durée de fuite prescrite• Interconnexion, proximité et effet domino

Comparaison



Principaux modèles

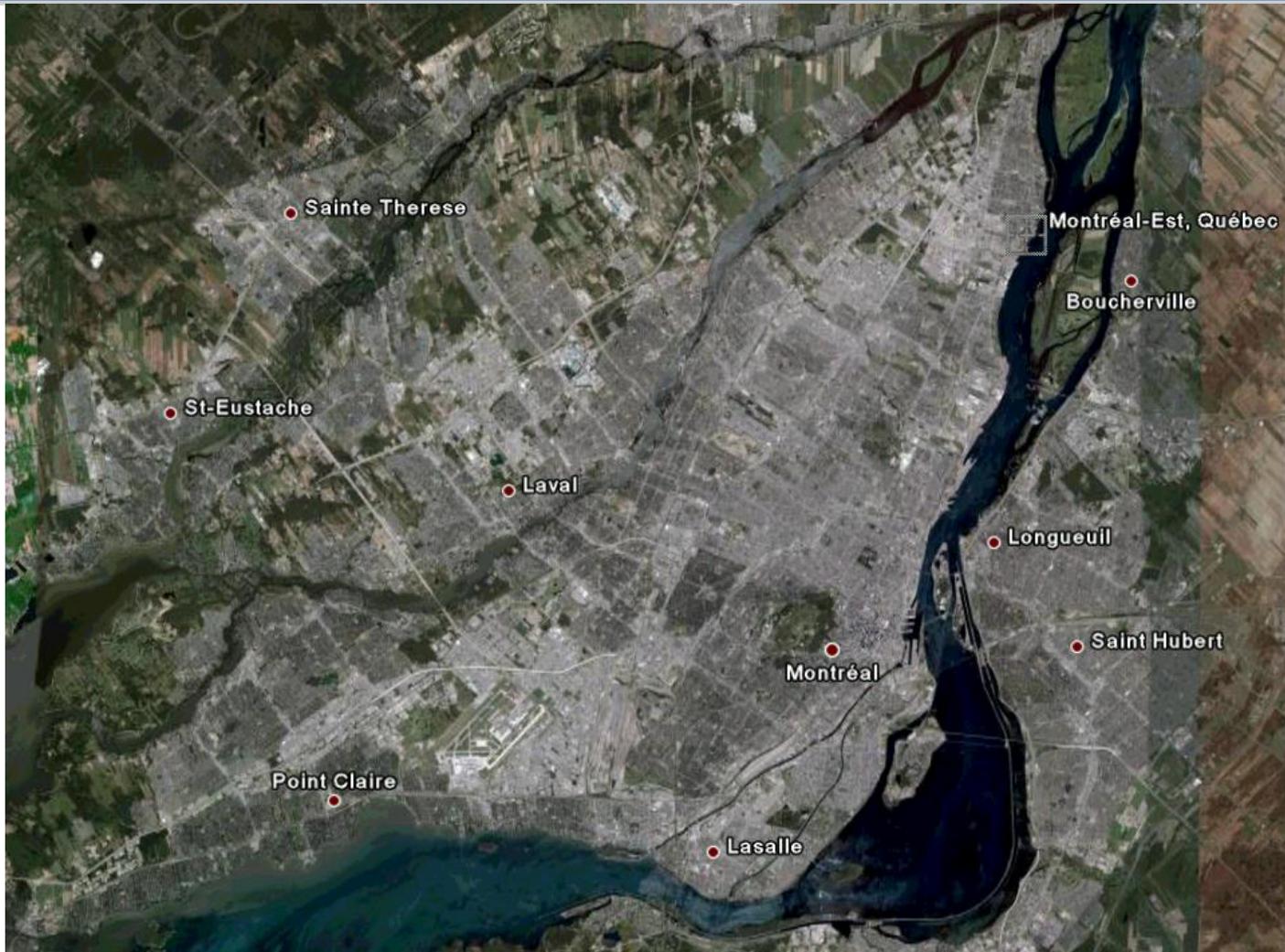
- **ISC3** Modèle de dispersion pour les gaz légers
- **DEGADIS** Modèle de dispersion pour les gaz denses
- **ALOHA** Modèle d'estimation des conséquences pour les effets toxiques
- **PHAST** Modèle d'estimation des conséquences (effets toxiques, incendies et explosions)
- **FRED** Modèle d'estimation des conséquences (incendies et explosions)
- **SAFETY** Modèle d'estimation du risque

Application

BIENVENUE
A LA RAFFINERIE
DE MONTREAL-EST

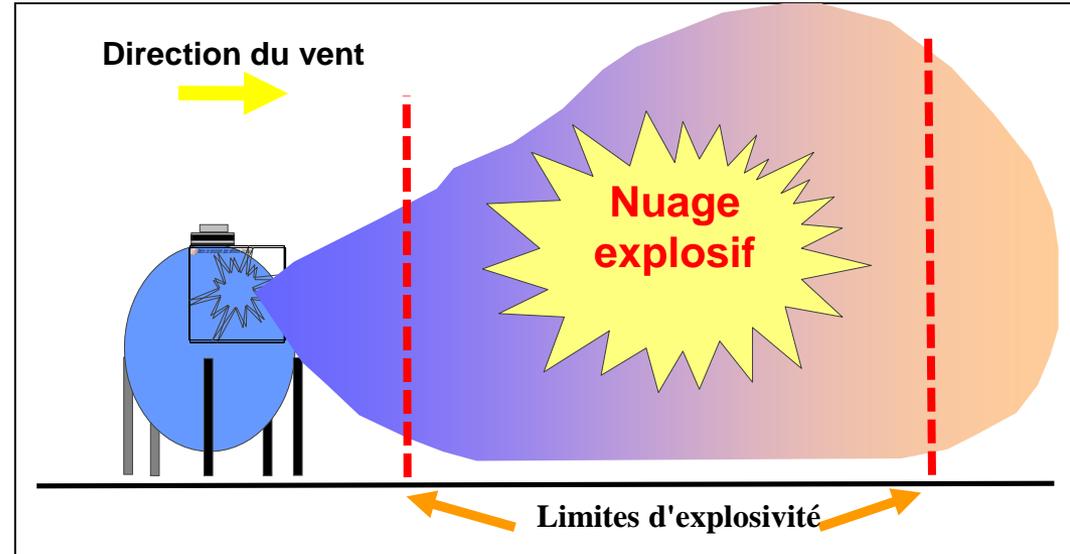
RAFFINERIE ↑
RAMPE DE CHARGEMENT →

Application



Application

- ▶ Raffinerie de Montréal-Est
- ▶ Production de bitume, huiles, carburants, **propane – propylène (2,5%)**, butane, etc.
- ▶ Certifiée ISO 9002 et ISO 14001
- ▶ Stockage de **182 000 Kg** de propane-propylène



CALCUL DU SCÉNARIO NORMALISÉ ?

Application

Matière dangereuses ? Quantité seuil ?

LISTE DE MATIÈRES DANGEREUSES DU CRAIM

(par ordre alphabétique d'appellation française)

Nom des substances		Quantité seuil (tonne métrique)	N° CAS	N° UN	CRAIM Classe	Origine	Remarques
Appellation française	Appellation anglaise						
peroxyde d'hydrogène (concentration 52% ou plus)	hydrogen peroxide (concentration 52% or greater)	3.4	7722-84-1	2015	E	CCAIM Liste #2 et OSHA	oxydant et réactif (explose)
phénol	phenol	9.1	108-95-2	1671 & 2312 & 2821	D	CCAIM Liste #2 et NFPA (H=4)	toxique et poison
phosgène	phosgene	0.22	75-44-5	1076	B	EPA	
phosphine	phosphine	2.27	7803-51-2	2199	B	EPA	
phosphore blanc	phosphorus, white	1	7723-14-0	2447	F	CCAIM Liste #2 et NFPA (F=4)	inflammable et produit de combustion toxique
pipéridine	piperidine	6.8	110-89-4	2401	B	EPA	
plomb tétraéthyle	tetraethyl lead	2.27	78-00-2	1649	D	CCAIM Liste #1	toxique et inflammable
plomb tétraméthyle	tetramethyl lead	4.5	75-74-1	no number	B	EPA	
propadiène	propadiene	4.5	463-49-0	2200	A	EPA	
propane	propane	4.5	74-98-6	1978	A	EPA	
propionitrile	propionitrile	4.5	107-12-0	2404	B	EPA	
propylène	propylene	4.5	115-07-1	1077	A	EPA	
propylèneimine	propyleneimine	4.5	75-55-8	1921	B	EPA	

Application

Calcul du Scénario normalisé

TABLE DE RÉFÉRENCE 6.13 (SUITE ET FIN)

Rayon d'impact se rapportant à une surpression de 1 psi,
pour l'explosion d'un nuage de vapeur de 500 à 2 000 000 de livres d'une
substance inflammable visée. (basé sur un équivalent TNT - facteur de rendement de 10%)

Quantité dans le nuage (livres)		500	2,000	5,000	10,000	20,000	50,000	100,000	200,000	500,000	1,000,000	2,000,000
N° CAS	Nom de la substance chimique	Distance (milles) pour une suppression de un (1) psi										
109-95-5	nitrite d'éthyle	0.05	0.07	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3	0.5	0.6	0.7
109-66-0	n-pentane (pentane)	0.06	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
7791-21-1	oxyde de dichlore	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3
504-60-9	pentadiène-1,3	0.06	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
109-67-1	pentène-1	0.06	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
627-20-3	pentène-2 cis	0.06	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
646-04-8	pentène-2 trans	0.06	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
463 49-0	propadiène	0.06	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
74-98-6	propane	0.06	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
115-07-1	propylène	0.06	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
7803-62-5	silane	0.06	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
463-58-1	sulfure de carbonyle	0.04	0.06	0.08	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6
116-14-3	tétrafluoréthylène	0.02	0.03	0.04	0.05	0.07	0.09	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3
75-76-3	tétraméthylsilane	0.06	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.8	1.0
10025-78-2	trichlorosilane	0.03	0.04	0.06	0.08	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4
79-38-9	trifluorochloréthylène	0.02	0.03	0.05	0.06	0.07	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.3
75-50-3	triméthylamine	0.06	0.1	0.1	0.2	0.2	0.3	0.4	0.4	0.6	0.8	1.0

Application

Calcul du Scénario normalisé

D (milles) = $0,0081 \times (0,1 \times \text{poids}(\text{lb}) \times \text{chaleur de combustion}(\text{KJ}/\text{Kg}) / \text{chaleur explosion du TNT} (4680\text{KJ}/\text{Kg}))^{1/3}$

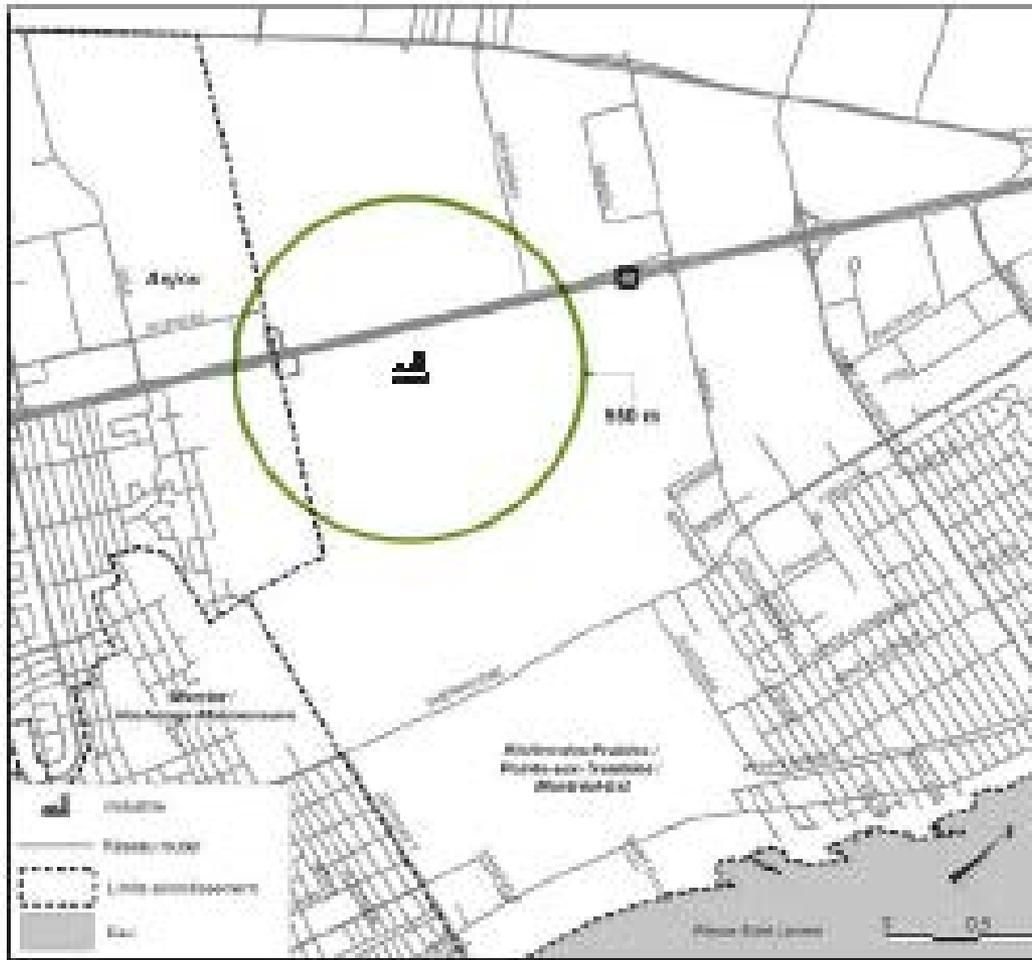
$$D_{mi} = 0,0081 \times \left\{ 0,1 \times W_{lb} \times \frac{HC_f}{HC_{TNT}} \right\}^{\frac{1}{3}}$$

**TABLEAU 6.5 - CHALEUR DE COMBUSTION (SUITE)
DES SUBSTANCES INFLAMMABLES**

N° CAS	Nom de la substance chimique	État physique à 25°C	Chaleur de combustion (Kjoule/kg)
1333-74-0	hydrogène	gaz	119,950
75-28-5	isobutane	gaz	45,576
115-11-7	isobutylène	gaz	44,985
78-78-4	isopentane	liquide	44,911
78-79-5	isoprène	liquide	43,809
75-31-0	isopropylamine	liquide	36,484
7791-21-1	oxyde de dichlore	gaz	1,011*
504-60-9	pentadiène-1,3	liquide	43,834
109-67-1	pentène-1	liquide	44,625
627-20-3	pentène-2 cis	liquide	44,520
646-04-8	pentène-2 trans	liquide	44,458
463-49-0	propadiène	gaz	46,332
74-98-6	propane	gaz	46,333
115-07-1	propylène	gaz	45,762
7803-62-5	silane	gaz	44,307
463-58-1	sulfure de carbonyle	gaz	9,126

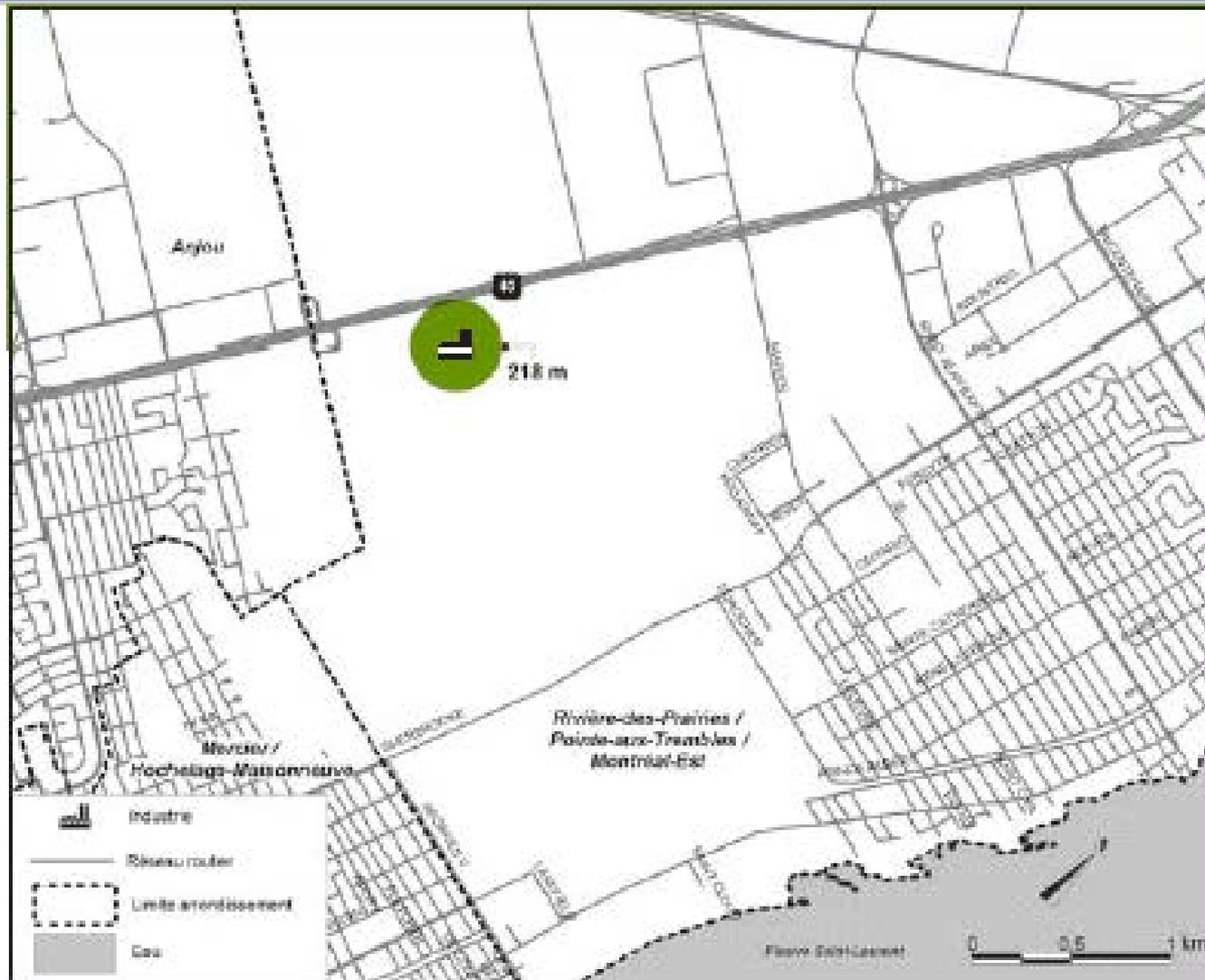
Application

Représentation cartographique



Scénario alternatif ?

Application





Exercice de mise en situation



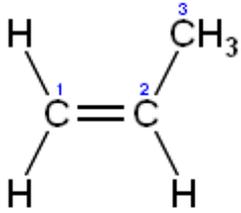
Cas du stockage d'un produit explosif

On souhaite :

- réaliser une étude de danger pour un bureau d'audience publique
- déterminer le rayon d'impact dans des conditions d'étude différentes



Exercice de mise en situation

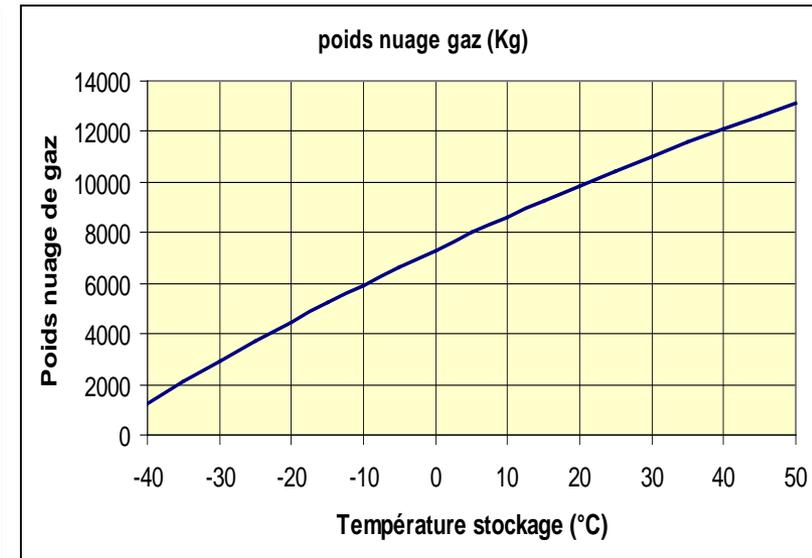
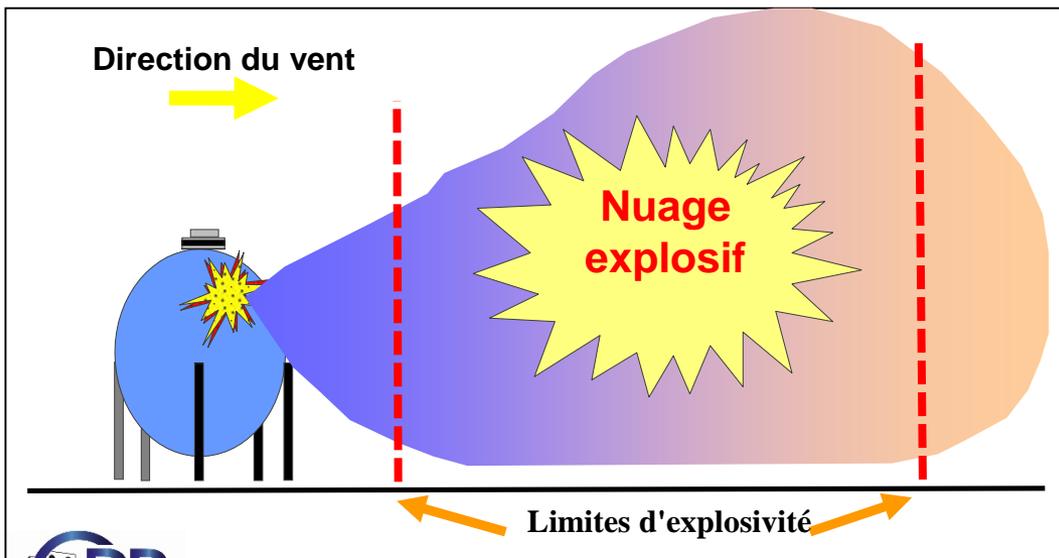


- Étude de la dangerosité du stockage d'une citerne de produits explosifs (propylène)
- Le propylène n'a pas d'utilisation directe, il est souvent transformé en polypropylène que l'on retrouve sous forme d'emballage plastique, de produits électroménagers ou de composants automobile.
- Limitation du cas d'étude à l'explosion



Exercice de mise en situation

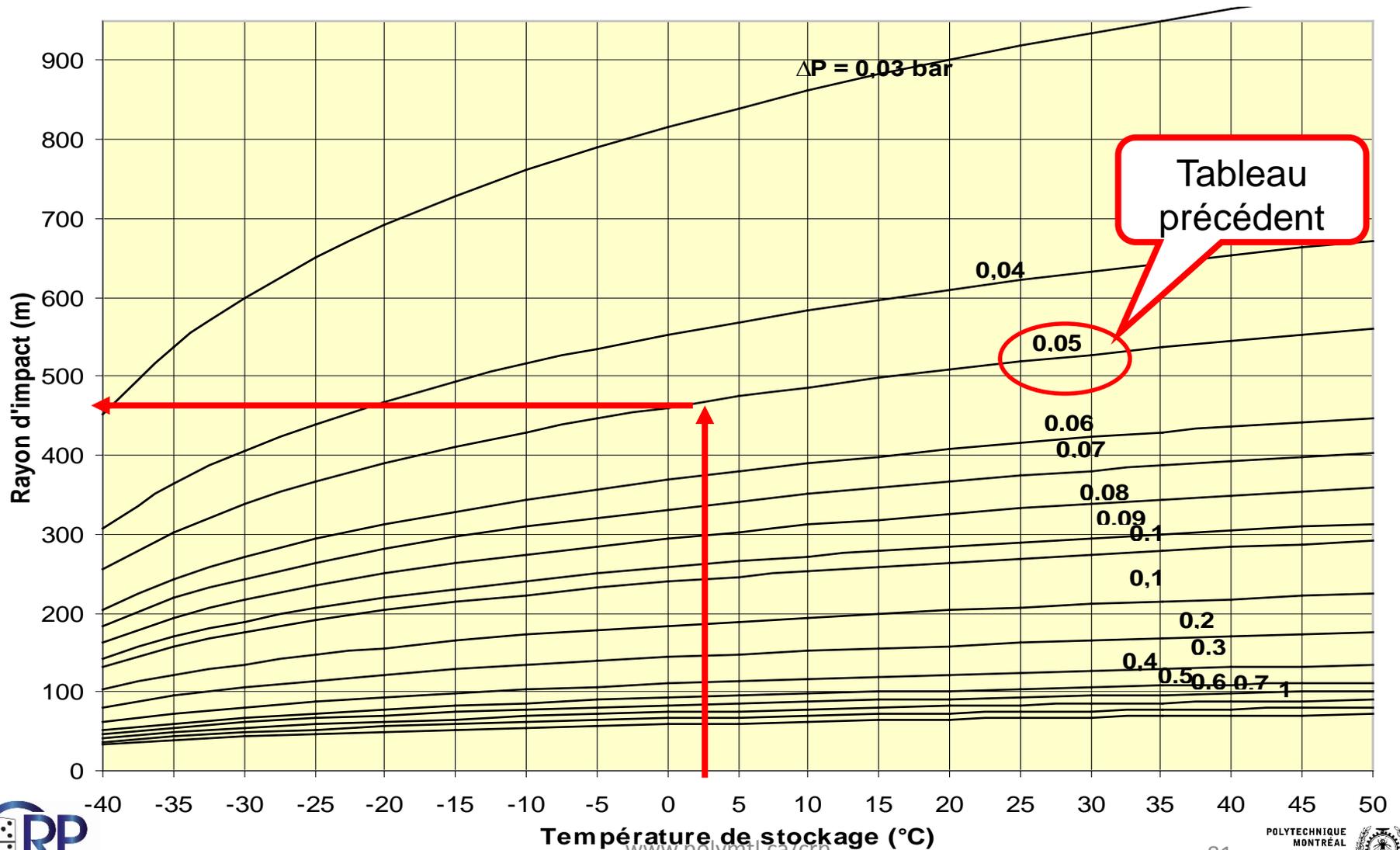
- Hypothèse d'étude :
 - Modèle masse équivalent TNT
 - Néglige le vent
 - Le poids dépend de la température de stockage



Choix d'une surpression d'étude

Pression (bar)	Liste des phénomènes dus à la surpression
0,03	Destruction de vitres > 10%, limite de petits dommages
0,04	Destruction de 75% des vitres, détérioration des tympans
0,05	Destruction occasionnelle de cadres de vitres
0,07	Destruction totale de vitres, partielle des maisons
0,1	Détérioration ou destruction des cadres de vitres
0,15	Effondrement partiel des murs et tuiles de maison, limite inférieure de destruction grave de structures
0,2	Dommages dans les bâtiments industriels
0,3	Rupture des réservoirs de stockage
0,4	Destruction de poteaux, destruction totale de maisons
0,5	Retournement des wagons de chemin de fer
0,7	Destruction des murs en béton armés
1	Éclatement des poumons chez l'homme

Calcul du rayon d'impact



1^{er} cas : explosion du réservoir de Propylène

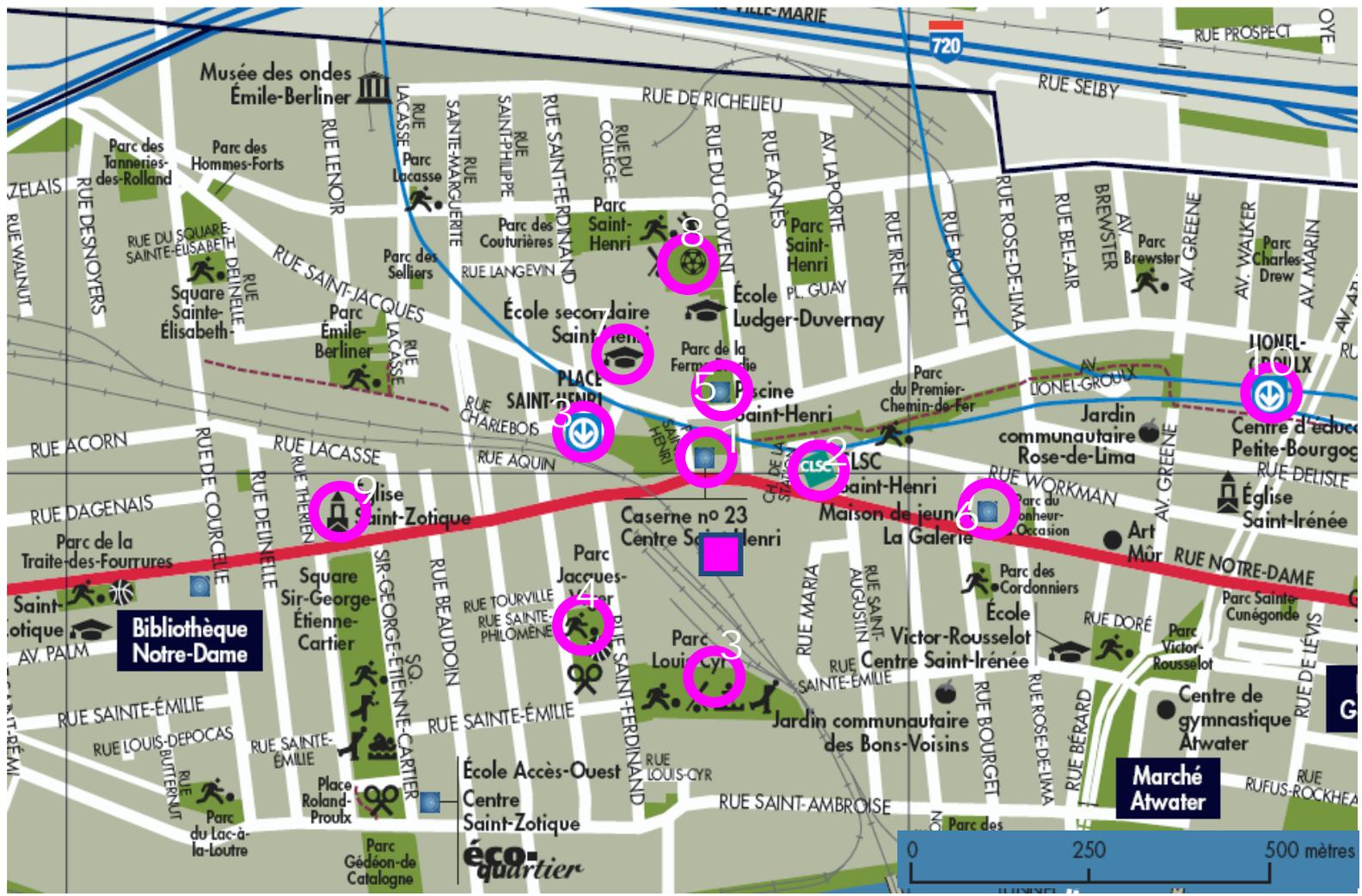
- Réservoir avec des protections
 - Capteurs (efficacité estimée >90%)
 - Arrêts automatiques
 - Vannes de sécurité
 - Dispositif d'arrosage (99%)
 - Formation du personnel (90%)



2^{ème} cas : Calcul du rayon d'impact pour planifier des centres d'hébergement en cas d'évacuation de la population

■ Réservoir
○ Enjeux

	Distance (m)
1	145
2	163
3	173
4	190
5	227
6	310
7	365
8	400
9	545
10	775

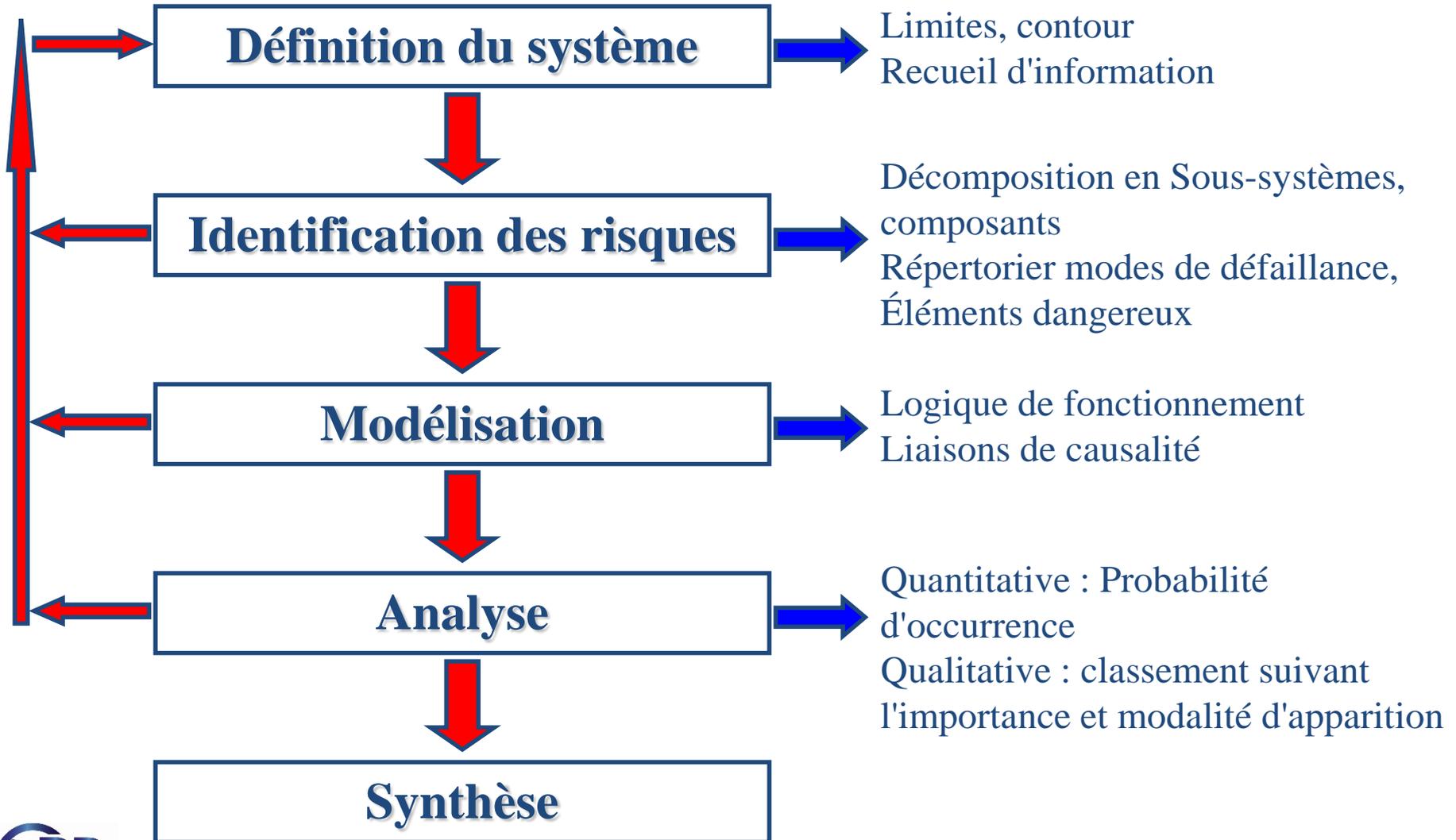




Sûreté de fonctionnement



Sûreté de fonctionnement



Sûreté de fonctionnement

Axe de déroulement
des dysfonctionnements

TEMPS



Méthodes directes inductives

Méthodes inverses déductives

www.polymtl.ca/crp

Aléa technique (Arbres)

Méthodes ayant pour objet de construire des **représentations de la logique de fonctionnement** et d'évolution d'une partie d'un système ou d'un système complet sous formes arborescentes

Deux types :

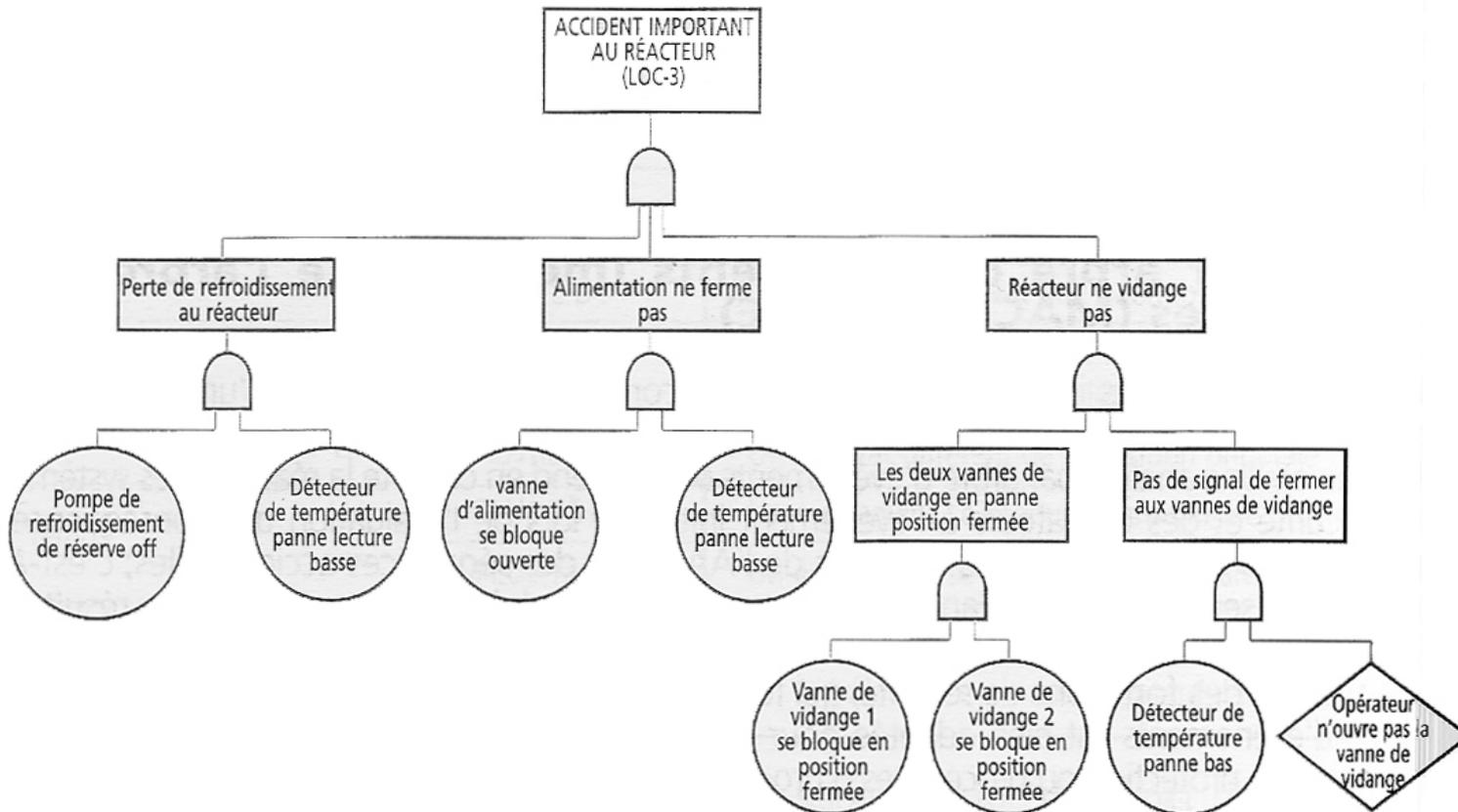
Arbre des causes ou des défaillances ou des défauts ou des fautes

Arbre des événements

Arbres des causes

- Première fois en 1960
- Démarche **déductive**
- Objectifs :
 - Déterminer les diverses combinaisons possibles d'événements entraînant la réalisation d'un **événement unique indésirable**
 - Représenter graphiquement ces combinaisons au moyen d'une structure arborescente

Arbres des causes



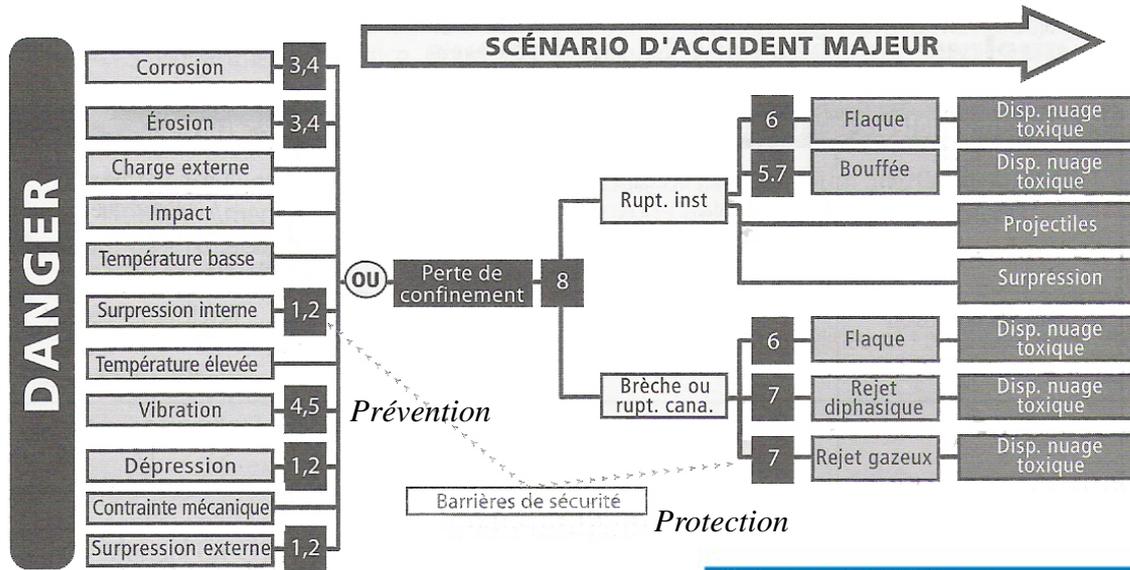
Arbres des événements

- Première fois en 1972-1975 : domaine nucléaire
- Démarche **inductive**
- Objectifs :
 - Analyser l'**évolution d'un système** en décrivant les différentes conséquences résultant d'un événement initiateur fixé a priori
 - Représenter graphiquement des événements susceptibles de se produire en aval de l'événement initiateur

Arbres des événements

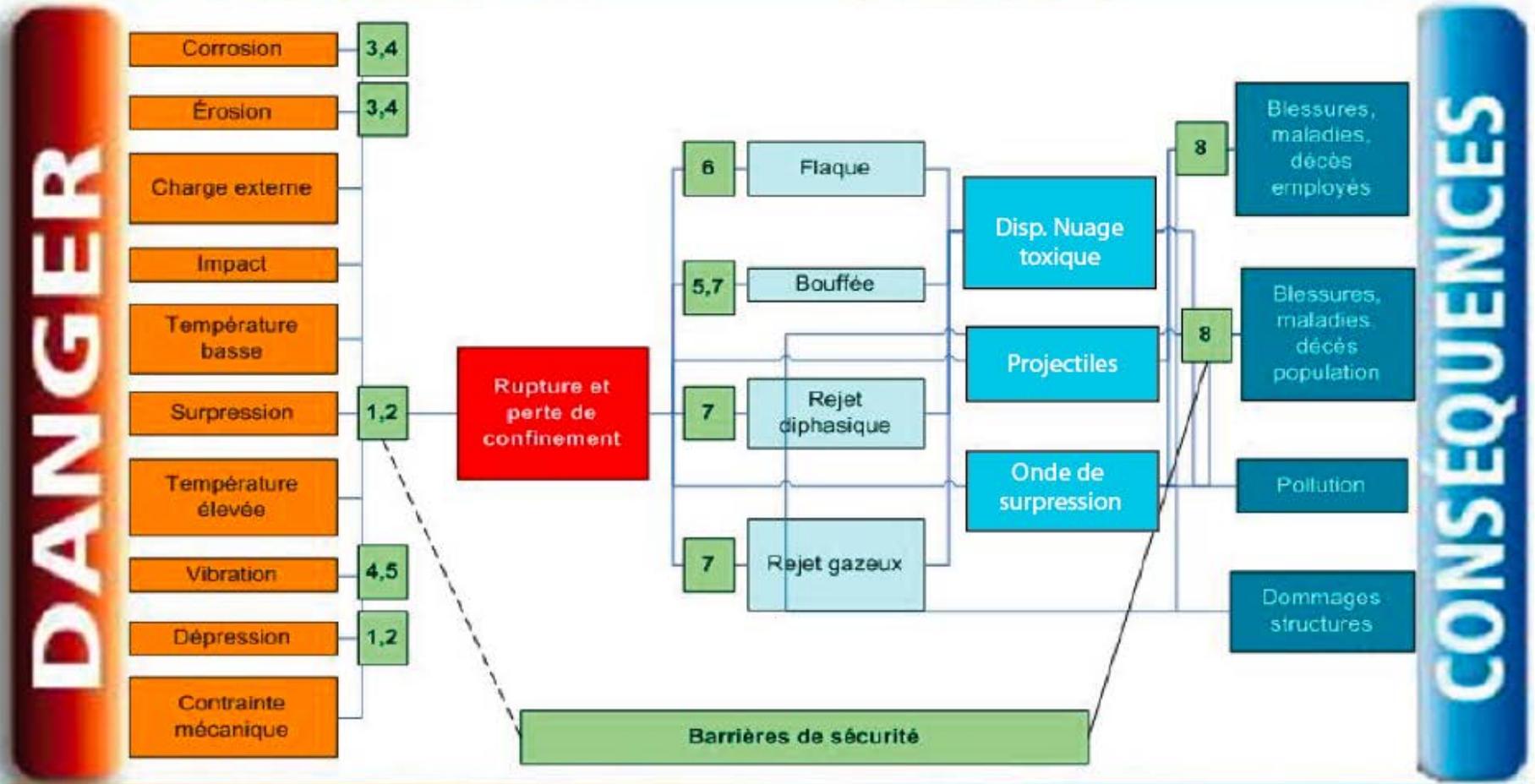
ÉVÉNEMENT INITIATEUR	FERMETURE DE L'ALIMENTATION	VIDANGE DU RÉACTEUR	NUMÉRO DE SÉQUENCE DE L'ACCIDENT	FRÉQUENCE (événement/année)	CONSÉQUENCES (impacts/événements)
PERTE DE REFROIDISSEMENT AU RÉACTEUR (2/a)	0.9 ↑ SUCCÈS ↓ ÉCHEC 0.1		LOC-1	1.8	4 HEURES DE PERTE DE PRODUCTION
	0.95		LOC-2	0.19	2 JOURS DE PERTE DE PRODUCTION
	0.05		LOC-3	0.01	ÉMISSION À L'ATMOSPHÈRE

Nœud papillon



Événements Initiateurs, causes possibles		Barrières de sécurité de prévention
Surpression interne	Soupape de sécurité, disque de rupture (1)	Chaîne de sécurité automatique (détection et asservissement) (2)
Corrosion	Spécification des matériaux de construction, procédures d'inspection (3)	Revêtements spéciaux internes ou externes, protection cathodique (4)
Vibration	(3)	(5)
Événements secondaires		Barrières de sécurité de protection
Flaque	Bassin de rétention (6)	Procédures générales d'urgence (alerte, mobilisation, etc.) (8)
Bouffée	Confinement de protection (5)	(7)(8)
Rejet diphasique	Dispositif d'extraction de traitement des gaz (7)	(8)
Rejet gazeux	(7)	(8)

SCÉNARIO D'ACCIDENT MAJEUR



ARBRE DE DÉFAILLANCES

ARBRE D'ÉVÉNEMENTS

AMDEC

$$C=D*O*S$$

Composante	Fonction	Défaill.	Effet	Cause	Contrôle	D	O	S	C
Arbre de l'alternateur	Faire fonctionner l'alternateur. Produire de l'énergie électrique	Bris	Rupture du lien turbine-alternateur. Arrêt de la production électrique	Usure	Automat.	2	1	10	20
Palier de l'alternateur	Faire fonctionner l'alternateur. Produire de l'énergie électrique	Bris	Jeu dans le système de rotation de l'arbre.	Échauff.	Visuel	6	3	8	144

Des seuils de criticité doivent avoir été définis et pour les valeurs de criticité au-dessus du seuil des mesures doivent être mises en place