

# **Analyse et gestion de risque**

*Risk Analysis and Management*

**Semaine 5 : Conséquences et représentation**

**Chapitre 1/2**

# Point sur le programme

No	Date	Descriptif	Ens.
1	06.11	<b>Introduction et Notions de base</b> Objectifs, organisation générale et évaluation du cours. Introduction au sujet des risques, échanges avec étudiants. Notion de gestion intégrée des risques. Le rôle des ingénieurs face au risque. Les types de risques. Courte histoire de la gestion des risques en ingénierie. Nature aléatoire des phénomènes & sources d'incertitudes. Distributions et rappels de statistique. Approches déterministes et probabilistes. Méthodes de Monte Carlo	RD
2	13.11	<b>Principes de l'analyse de risque</b> Phases de l'analyse et évaluation des risques. Événements et scénarios. Barrières de sécurité. Nécessité de l'analyse de risque (systèmes complexes, systèmes simples). Rôle de l'environnement. Analyse fonctionnelle. Organisation pratique de l'analyse de risque. Quels types de risques faut-il gérer ? Établissement de grilles de cotation. Cotation en fréquence / en gravité. Biais liés aux seuils. Limites et difficultés de l'analyse de risque <i>Intervention de J. Messerli et E. Garin – Gestion des incertitudes dans le Génie Civil</i>	RD
3	20.11	<b>Méthodes d'analyse de risque (partie I)</b> Les familles de méthodes (déductives / inductives, qualitatives / quantitatives). L'Analyse Préliminaire des Risques (APR). Analyse des Modes de Défaillance et de leurs Effets et Criticité (AMDEC). HAZard and OPerability study (HAZOP)	RD
4	27.11	<b>Méthodes d'analyse de risque (partie II) et estimation des conséquences</b> Arbres des causes (Arbre des défaillances). Arbres des événements. Le nœud papillon	RD
		Évaluations des conséquences. Types de pertes. Effets sur : Milieux physiques et infrastructures, Écosystèmes, Santé et société, Économie. Vulnérabilité.	
5	04.12	<b>Quantification et représentation des risques</b> Représentation de l'aléa. Cartes de risque et de danger Risque individuel / collectif. Fatal Accident Rate (FAR). Statistiques des catastrophes et accidents <i>Intervention K. Essyad – Gestion des risques naturels</i>	RD

# Contenu

- **Bilan Analyse de risques**
- **Évaluations des conséquences (Généralités)**
- **Types de pertes**
- **Effet sur :**
  - Milieux physiques et infrastructures
  - Ecosystèmes
  - Santé et société
  - Economie
- **Représentation de l'aléa**
- **Vulnérabilité**
- **Cartes de risque et de danger**
- **(Exercice tunnel routier)**

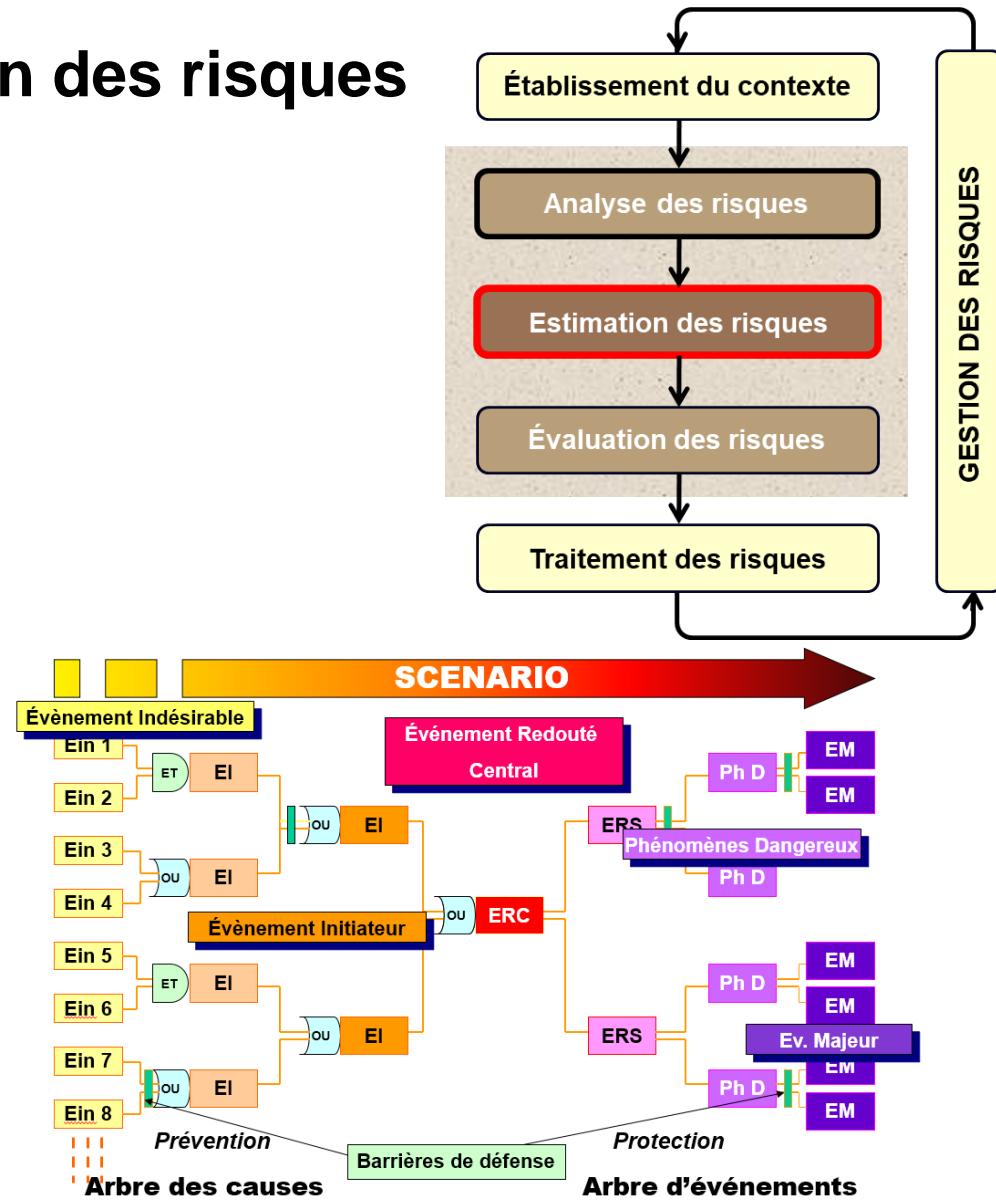
# Analyse de risques → Estimation des risques

# Analyse de risques

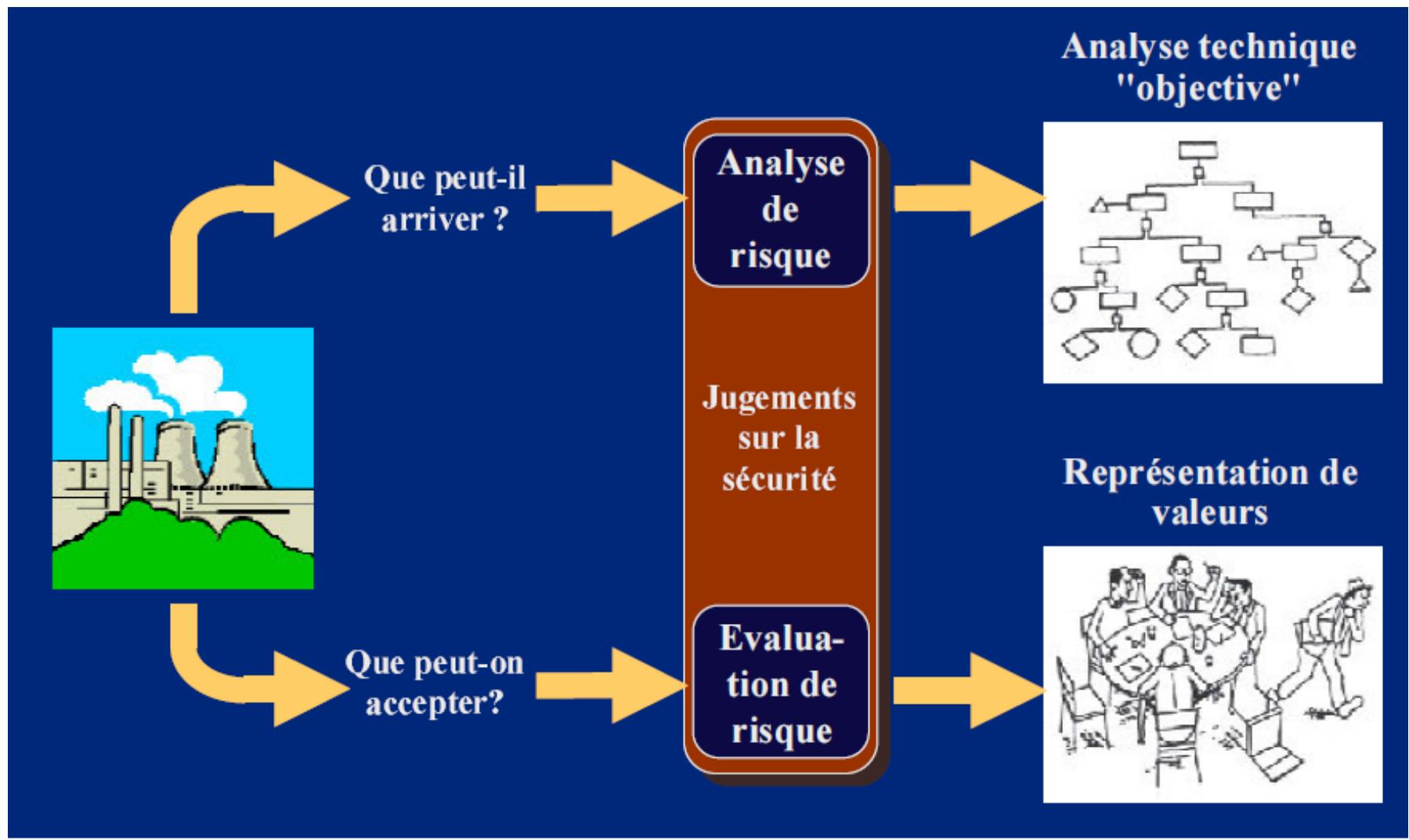
- Scénarios accidentels  
(nœud papillon)
  - Fréquence des scénarios  
accidentels

## Estimation des risques :

→ Scénarios accidentels avec l'estimation des fréquences et des gravités



# Différence entre Estimation (Analyse) et Évaluation des risques



## Généralités Estimation des risques

Arbre des événements → **scénarios accidentels** = enchaînement dynamique d'événements, en interaction avec l'environnement, pour atteindre un état final stabilisé où l'accident est achevé

Ex. : *rupture d'essieu qui engendre un déraillement, causant une fuite sur le wagon d'essence. L'essence déversée s'enflamme au contact d'un point chaud et forme un feu de nappe*

Les conséquences de l'accident peuvent être **plus ou moins importantes**, et dépendent d'un certain nombre de **facteurs de risque**.

Ex. incendie de forêt : la surface brûlée sera d'autant plus grande que l'incendie aura été **détecté tardivement**, que **l'accès des pompiers est difficile**, et qu'un **vent fort** l'aura propagé rapidement



## Généralités - Estimation des risques

Tendance naturelle (humain) : imaginer un **scénario "catastrophe"** où les conséquences sont maximales

Dans le discours nécessaire à la gestion du risque, une **pondération** est nécessaire pour **dédramatiser** les débats, et permettre un examen **objectif** et **"dépassionné"** des scénarios

Elle permet d'identifier sans censure des scénarios **potentiellement tragiques**, mais elle justifie, par ailleurs, qu'ils soient remis à leur place (hypothèses parfois improbables)



## Évaluation des conséquences

Durant le 20<sup>ème</sup> siècle, les pertes en vies humaines les plus élevées enregistrées lors d'un seul événement : **inondations en Chine en 1956 → 2 millions de décès**



Autre événement : en **1931, 1,4 million de personnes** portées disparues durant les **inondations** de la rivière Yangtzé-Kiang

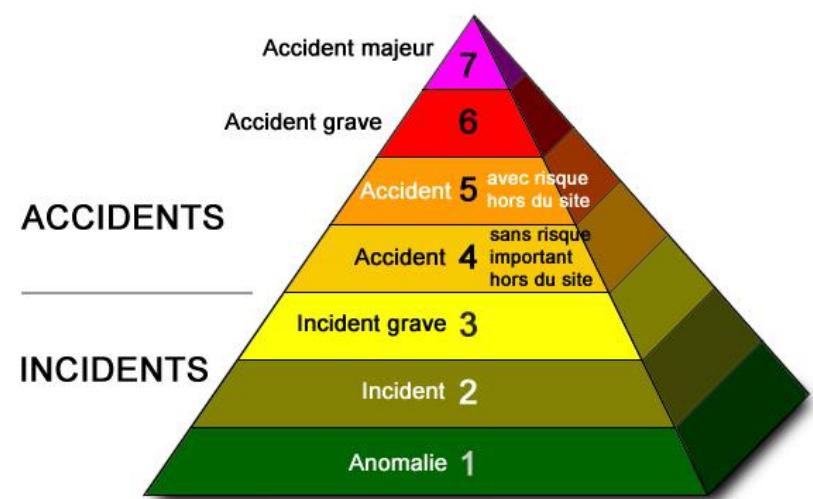
→ Cas **extrêmes** d'aléas sévères, avec des populations denses et des communautés vulnérables (très rares)



## Évaluation des conséquences

Or des situations **moins graves**, correspondant à un moins grand nombre de vies simultanément, sont **plus courantes**

La quantification de la fréquence et de la gravité de **scénarios** accidentels est donc nécessaire pour **hiérarchiser** les risques et structurer une **mitigation** pertinente des accidents / catastrophes



## Évaluation des conséquences

L'estimation des pertes potentielles → intérêt croissant de la part :

- des **pouvoirs publics** en charge de la planification du développement et de l'aménagement du territoire
- des **gestionnaires** d'installations ou infrastructures
- des acteurs et planificateurs **économiques**
- des **propriétaires** ou les gérants de bâtiments
- des **compagnies d'assurance** ou de réassurance
- des responsables de la **protection civile**, des **secours** et des **services d'urgence** (plans d'intervention, moyens à mettre en œuvre, etc.)



## Evaluation des conséquences

### Types de pertes à considérer

Il est généralement admis que **sauver des vies** est la plus urgente priorité de la mitigation des catastrophes. Mais nombreux autres paramètres...



Dans le domaine médical par exemple, la prédiction du **nombre des blessés** est plus utile que celle des décès (dimensionnement des ressources et moyens)



Le paramètre des pertes le plus commun est le **coût économique** → utilisé parfois (assurances) car de nombreux types de pertes peuvent être converties en coût économique = pertes tangibles



## Évaluation des conséquences

### Types de pertes à considérer

Mais d'autres ne peuvent pas être convertis en leur équivalent monétaire → **pertes intangibles**

Qualitatif → impossible de les intégrer sous un **indicateur unique** exprimant **l'impact** de la catastrophe

Ex : la dégradation de l'environnement ne peut pas être comparée avec la destruction de l'ordre social

Pertes intangibles : peuvent être > pertes tangibles.

Néanmoins, à cause de la difficulté de les quantifier, la plupart des procédures d'analyse des risques n'utilisent qu'un ou deux paramètres, tels **les décès** et les **coûts directs**



## Exemples de pertes tangibles / intangibles

Conséquences	Mesures	Pertes tangibles	Pertes intangibles
Morts	Nombre de personnes décédées	Pertes d'individus (économiquement actifs)	Effets psychologiques sur la communauté
Blessures	Nombre et gravité des blessures	Besoins en traitements médicaux, perte d'activité économique	Souffrance sociale et psychologique
Dommages matériels	Inventaire des éléments endommagés	Coût de réparation	Pertes culturelles
Impact économique	Nombre de jours ouvrables perdus	Valeur de la production perdue	Opportunités, concurrence, réputation
Impact social	Nombre de personnes déplacées, sans abris	Logements temporaires	Problèmes psychologiques, contacts sociaux, cohésion
Effets sur l'environnement	Ampleur et gravité	Coût de l'assainissement / réparations	Environnement atteint, écosystème, patrimoine

## Exemples de pertes tangibles (accidents industriels)

	Date	Accident	Dommages	Coût
BP Texas City	2005	Explosion d'une unité d'isomérisation	15 morts 180 blessés	1,5 Milliard \$
Buncefield	2005	Explosion du dépôt d'hydrocarbures		150 Millions €
AZF Toulouse	2001	Explosion stockage de nitrate d'ammonium déclassé	30 morts 2500 blessés	2,3 Milliards €
Piper Alpha	1988	Explosion de la plateforme pétrolière	167 morts	3 Milliards \$
Challenger	1986	Explosion de la navette spatiale	7 astronautes	4 Milliards \$
Bhopal	1984	Fuite d'isocyanate de méthyl	3000 morts	2 Milliards \$
Flixborough	1974	Explosion d'un nuage de cyclo-hexane	28 morts 2500 maisons endommagées	150 Millions \$

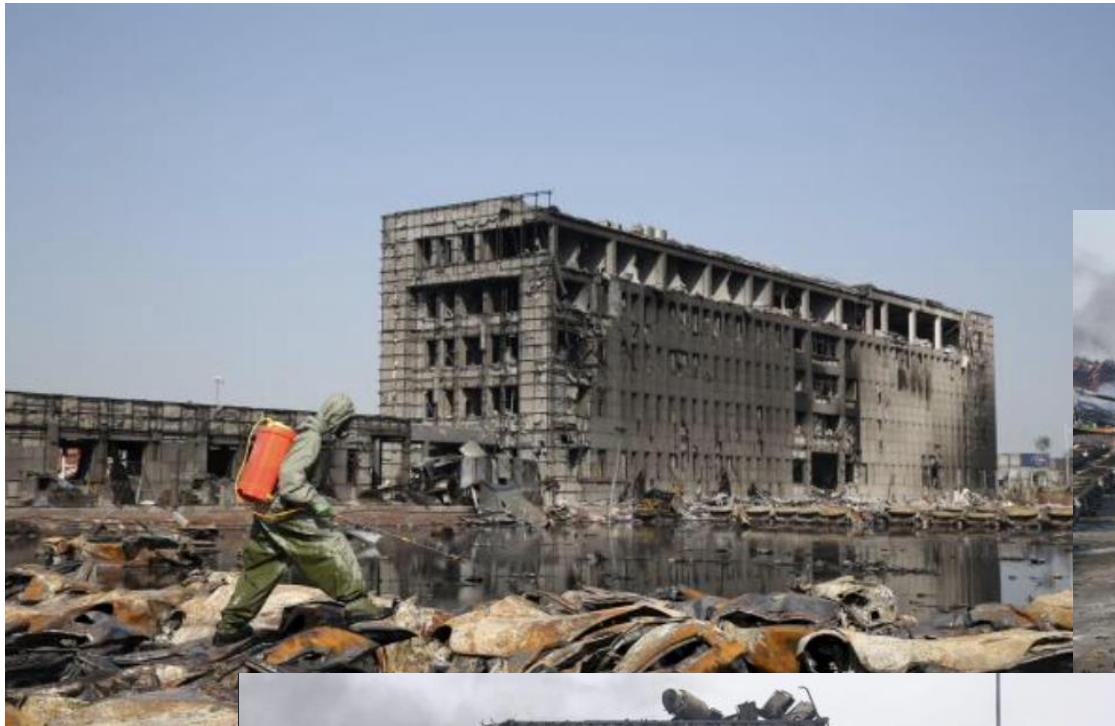
## Conséquences des aléas

### 1. Effets destructifs sur les milieux physiques et les infrastructures

**Séismes, éruptions volcaniques, glissements de terrains ou avalanches** → déplacements en masse de matières solides qui affectent directement les infrastructures et le bâti

**Les explosions, incendies, inondations, feux de forêts, etc.** peuvent avoir également des effets destructifs sur les milieux physiques.





## Conséquences des aléas

### 2. Pollution des milieux physiques

Les milieux physiques peuvent être contaminés, parfois pour des durées longues :

- L'accident de Seveso a entraîné la contamination d'un territoire par de la dioxine, un produit persistant dans l'environnement
- Les "marées noires", du Torrey Canyon à l'Erika, ont entraîné des contaminations par hydrocarbures
- Les "retombées" radioactives de l'accident de Tchernobyl ont marqué de contaminations durables de vastes espaces en Europe



## Conséquences des aléas

### 3. Des conséquences sur les écosystèmes

Fonctionnement des **écosystèmes terrestres et aquatiques** :

- **la modification des habitats des espèces**, par destruction totale ou partielle (érosion des lits des rivières lors des crues torrentielles, tempêtes sur les forêts...)
- **la structure des chaînes alimentaires** : la disparition d'espèces entraîne une régression de celles qui en dépendent alimentairement et une prolifération de celles dont l'alimentation est la plus diversifiée
- **l'exploitation des ressources biologiques** : destruction des cultures terrestres, exploitation forestière, bétail, etc.
- **la fréquentation touristique ou plus généralement la durabilité des attractions des régions concernées**

## Conséquences des aléas

### 4. Conséquences sanitaires et sociales (1/2)

2 grands types de conséquences sur la santé :

- les conséquences **directes**
- les conséquences sur la **santé mentale**

Conséquences directes extrêmement variées, dépendant de :

- Type de catastrophe
- Substances éventuellement rejetées (chimiques, radioactives)
- Voies d'atteintes (inhalation, ingestion, contact cutané...)
- Niveaux d'exposition
- Niveaux de protection pendant et après la catastrophe
- Populations touchées & facteurs de vulnérabilité (âge, sexe, antécédents médicaux, handicaps...)

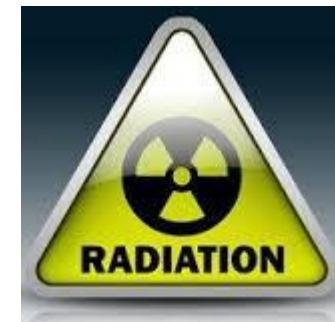


## Conséquences des aléas

### 4. Conséquences sanitaires et sociales (2/2)

#### Exemple :

- Épidémie de cancers de la thyroïde dans les pays les plus exposés à l'accident de Tchernobyl (Biélorussie, Ukraine, Russie) a touché essentiellement **les enfants les plus jeunes** au moment de l'accident mais n'a pas été observée chez les adultes
- La **carence d'apport en iodé** importante dans certaines de ces régions a aggravé cette épidémie



#### Répercussions sur la **santé mentale** :

- Dépressions
- Troubles anxieux, stress aigu
- État de stress post-traumatique, etc.



Ces conséquences surviennent soit **rapidement** après la catastrophe soit de façon **différée** et elles sont parfois observées durant **plusieurs années**

## Conséquences des aléas

### 4. Conséquences sanitaires et sociales

#### Conséquences sociales

- Relogement
- Pertes matérielles, difficultés financières
- Interruption d'activité professionnelle voire perte de travail
- Dissociation familiale
- Fermeture des commerces et services de proximité, fermeture des écoles...



Les personnes touchées sont ainsi placées devant la nécessité de **résoudre de nombreux problèmes en même temps** : retrouver des proches, trouver un point de chute, un emploi, une école, faire valoir ses droits à indemnisation...

## Conséquences des aléas

### 4. Conséquences sanitaires et sociales

#### ***Facteurs de risque et de vulnérabilité liés à l'individu***

A exposition égale, effet sur la santé mentale plus marqué dans les groupes sociaux **défavorisés**

De même, certains groupes de population sont particulièrement vulnérables :

- Personnes **malades ou handicapées**
- Personnes **isolées ou en situation de précarité ou de pauvreté**

→ les catastrophes ont tendance à révéler les **inégalités sociales** préexistantes et les effets les plus élevés : chez les **personnes les plus pauvres ou isolées**



## Conséquences des aléas

### 4. Conséquences sanitaires et sociales

#### ***Secouristes et intervenants particulièrement exposés***

Risques encourus par les **employés** des sites concernés par des accidents industriels : **plus importants et plus graves** que ceux qui affectent la population générale  
Ex. employés de la centrale de Tchernobyl → irradiation aiguë sévère / décès

Les salariés d'un site accidenté peuvent aussi être l'objet **d'attitudes de stigmatisation de la part du public**, des médias, parce qu'ils peuvent être perçus, comme étant en partie **responsables** de la catastrophe (exemple de la catastrophe d'AZF)



## Conséquences des aléas

### 4. Conséquences sanitaires et sociales

#### ***Secouristes et intervenants particulièrement exposés***

Équipes de secouristes : peuvent être confrontées à la **colère et aux questions des victimes**

Leur formation ne les prépare pas à affronter la **réalité émotionnelle et affective** d'une catastrophe

De la même façon, les **travailleurs sociaux** peuvent avoir à gérer le différentiel entre **l'ampleur de la demande** et **l'insuffisance de moyens** dont ils disposent. L'angoisse des victimes peut s'accompagner de **violences**



## Conséquences des aléas

### 5. Conséquences économiques

Pertes économiques majeures : potentiellement un coût global équivalent à quelques % du PIB d'un pays ( $\approx$  sévère récession)

Dans des cas extrêmes comme la catastrophe de **Tchernobyl**, l'économie d'un pays ou d'une région peut être durablement affectée

3 types d'effets économiques peuvent être distingués :

#### **5.1 Les effets économiques directs**

Perte de ressources productives (employés décédés ou blessés), d'équipements (machines, véhicules), d'immeubles, d'infrastructures, de terres, d'écosystèmes (pêche, production forestière)...



## Conséquences des aléas

### 5. Conséquences économiques

#### 5.2 *Les effets économiques indirects*

Effets en chaîne dans le domaine économique :

- **Faillite** de (petites) entreprises : perte de quelques jours de chiffre d'affaires ou rupture de leur chaîne logistique
- **Image** de la région exposée affectée : pénalise ses exportations / recettes touristiques
- Disparition de **logements ou d'emplois** : déséquilibre le marché local de l'immobilier ou du travail
- Répercussions **sociales et politiques** → coûts économiques



#### 5.3 *Les effets économiques à long terme*

Effets d'une catastrophe : parfois ressentis après **plusieurs années, voire décennies**.

Ex. **pollution** grave et persistante, ou lorsqu'un **actif irremplaçable** est détruit (patrimoine culturel, élément de biodiversité, etc.)

L'estimation des conséquences économiques est beaucoup **plus délicate** pour les deux dernières catégories que pour la première....