

Université Mohamed Seddik BENYAHIA.JIJEL
Faculté des sciences et de la technologie
Département Architecture
(Domaine 14 : AUMV ARCHITECTURE, URBANISME ET METIERS DE LA VILLE)
Filière :Gestion des Techniques Urbaines
Spécialité : Génie urbain

Cours n°3 : la gestion des risques

Semestre 4

Unité d'enseignement : UE. Fondamentale 4

Matière : Génie de l'environnement

Coefficient : 2

Crédit : 4

Enseignant : BLIBLI Mustapha

Rappel

QU'EST-CE QU'UN RISQUE MAJEUR ?

Un risque majeur est caractérisé par sa faible fréquence et par sa gravité importante. Il met en jeu un grand nombre de personnes et occasionne des dommages importants.

Le risque majeur est la possibilité d'un événement d'origine naturelle ou anthropique, dont les effets peuvent se répercuter sur un grand nombre de personnes, occasionner des dommages importants et dépasser les capacités de réaction de la Société.

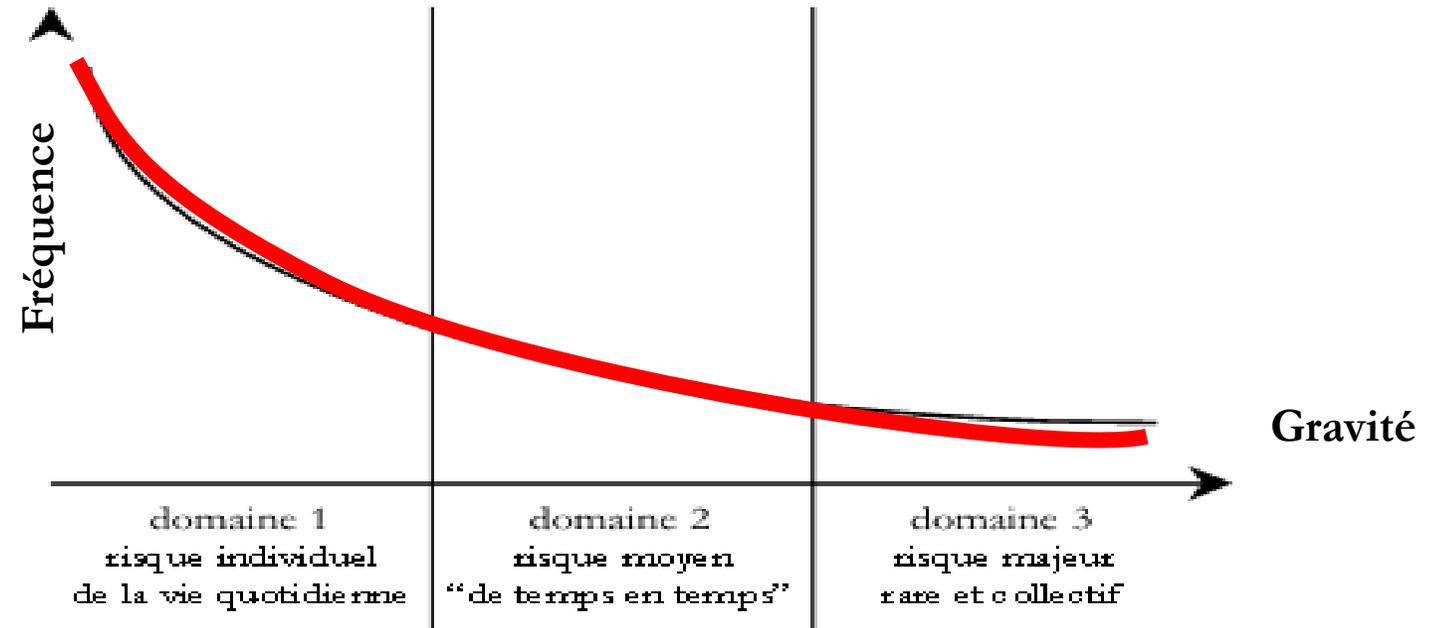


Figure 1 : courbe de Farmer

Les études de risques

Vers une prise en compte accrue des risques

Des études de risques sont de plus en plus fréquemment menées, que ce soit par les collectivités locales et l'État (en particulier lorsqu'il s'agit de risques naturels) ou par les privés (lorsqu'ils sont impliqués dans des activités humaines comportant des dangers). Cette attention récente portée aux risques s'explique par :

- la connaissance relative de leur mécanisme,
- la progression de leur caractère socialement inacceptable.

Une façon d'illustrer ce propos consiste à comparer une avalanche de 1900 avec une avalanche de nos jours [29]. Il y a un siècle, l'avalanche apparaissait comme une fatalité naturelle devant laquelle on devait s'écarter. Aujourd'hui, elle est devenue un risque et c'est donc à elle de s'écarter. Elle implique des travaux de prévision et de prévention (cartographie, modélisation, défense active/passive...). D'un point de vue social, chacun des morts enregistrés à la suite d'une avalanche est perçue comme une défaite humaine et prend des ampleurs de scandales.

Les études de risques

La pluridisciplinarité des études de risques

Prévention, prévision et culture du risque s'articulent autour de quatre "univers" [71] :

- scientifique,
 - sociétal,
 - politico-administratif,
 - judiciaire.
- L'approche scientifique s'attache à estimer et évaluer le risque. Il s'agit d'identifier les facteurs explicatifs de l'événement, de mesurer leur probabilité d'occurrence et leur magnitude. Les estimations peuvent provenir de constatations empiriques ou de modèles issus de relations causales supposées. Les applications de ces recherches s'inscrivent dans les volets "prévention" et "prévision" du risque.
 - L'approche sociétale étudie la construction de la perception sociale du risque, elle évalue l'acceptabilité individuelle et sociale du risque. En ce sens, elle est directement rattachée à l'aspect "culture du risque".
 - L'approche politico-administrative vise, d'une part à mettre en place des actions publiques spécifiques en faveur de la prévention du risque, d'autre part à enclencher des processus de décision adaptés en gestion de crise. Ces deux niveaux d'intervention impliquent différents acteurs, institutions et procédures qui font appel à des organisations particulières.
 - L'approche judiciaire s'efforce d'imputer au mieux les responsabilités dans la gestion du risque mais aussi d'évaluer rétrospectivement l'action publique à travers les différents acteurs extérieurs (media, juges, victimes et experts). Dans ce domaine, la tendance actuelle consiste à assimiler une mort évitable à un crime.

L'analyse de l'aléa des risques urbains

Nous avons pris le parti de considérer séparément ce type de risques, car leur étude est encore très sommaire – ou tout du moins ne fait pas l'objet de méthodologies reposant sur des certitudes quant à leurs causes et effets précis.

De fait, les démarches actuelles réalisées dans plusieurs grandes villes de France consistent à appréhender statistiquement le risque sous sa composante aléatoire, à partir de fichiers d'archives.

L'aléa relatif aux accidents en milieu urbain

L'étude relative aux dangers d'accidents en ville repose sur la caractérisation même de l'accident. Celle-ci regroupe les informations sur le lieu, l'environnement, les véhicules et les usagers impliqués dans l'accident.

Les données utilisées sont ainsi de 3 types [20] :

- données relatives aux personnes impliquées (usager, âge, véhicule, manœuvre...),
- données temporelles (date, heure),
- données spatiales (carrefour, type de voie, obstacle, environnement), afin d'intégrer l'événement local dans un environnement plus large.

Les données "thématiques" sur les accidents sont issues du B.A.A.C. (Bordereau d'Analyse des Accidents Corporels). Elles sont alphanumériques et font l'objet d'un géocodage ainsi que de fréquentes mises à jour (cf Figure 3). Ces opérations s'inscrivent dans le souci d'intégrer dans l'étude les dimensions spatiales et temporelles sans lesquelles une approche de l'accidentologie urbaine n'aurait pas de sens.

L'aléa relatif aux accidents en milieu urbain

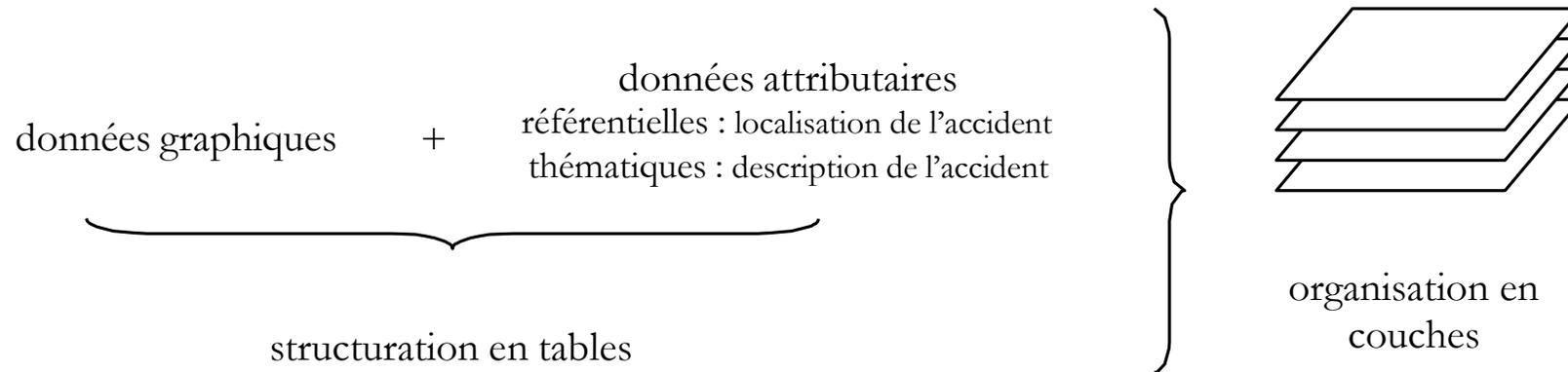


Figure 3 : structuration et organisation des données pour une étude accidentologique (source : [20])

Le traitement des données est typiquement celui offert par un S.I.G. :

- l'accès aux données peut être attributaire ou géographique,
- les requêtes s'effectuent par boîtes de dialogue et sélection graphique.

Au final, le croisement des différents modes d'exploitation permet de cibler et d'obtenir une approche statistique descriptive de tel ou tel type d'accidents.

L'aléa relatif aux actes délinquants en milieu urbain

L'étude de la délinquance dans les villes se fonde également sur des données d'archives. Celles-ci préjugent de manière plus explicite des causes mêmes de la délinquance.

Concernant précisément ces causes, les avis sont partagés et mettent en avant de manière plus ou moins prononcée l'aspect "situationnel" de la délinquance, favorisé par [17] :

- la défectuosité des contrôles de police ou du voisinage,
- l'existence de cibles particulièrement vulnérables,
- la présence d'auteurs déterminés

Par conséquent, les données exploitées sont celles des fichiers de police, regroupant depuis 1972 les caractéristiques des actes de délinquance regroupés en plusieurs catégories et ciblant au mieux les causes supposées.

De même que pour l'accidentologie urbaine, l'étude de la délinquance se limite à une description sociale et spatiale des différents actes constatés, dont la fréquence empirique donne une première intuition de l'aléa du risque associé.

L'analyse de l'aléa des risques liés aux systèmes hydrologiques

Les barrages

L'incertitude relative à la résistance des barrages repose sur [42] :

- des facteurs naturels : survenance d'une grosse crue, séisme, glissement de terrain,
- des facteurs humains : défauts de conception, de construction, de surveillance ou d'entretien manifestés lors de la première mise en eau ou au fil des ans.

Les aléas naturels sont considérés comme exceptionnels. Cependant, le rôle premier des barrages étant de réguler le fonctionnement des cours d'eau, il est nécessaire d'avoir une bonne connaissance des crues et de leur fréquence d'occurrence. Dans cette optique, E.D.F. propose une méthode d'évaluation des crues intéressante en termes d'analyse de l'aléa.

La vulnérabilité du risque de rupture de barrage étant trop importante, la politique adoptée recherche à neutraliser l'aléa en visant à la "sécurité absolue" : il s'agit ainsi de se protéger contre l'événement "maximal". Il demeure cependant que le calcul déterministe de la limite supérieure du phénomène est difficile, comme nous avons pu le pressentir dans les exemples cités quelques lignes plus haut.

L'analyse de l'aléa des risques liés aux systèmes hydrologiques

Les barrages

La volonté de se prémunir contre l'événement qualifié d'"extrême" revient ainsi à déterminer la crue de projet, c'est-à-dire la crue à laquelle doit pouvoir résister le barrage dans des conditions de sécurité convenables.

Parmi les méthodes de détermination de la crue de projet, citons :

- **la méthode du coefficient de sécurité CS**
- **la méthode de la crue maximale probable P.M.F. (Probable Maximum Flood)**
- **le recours aux méthodes probabilistes**

L'analyse de l'aléa des risques liés aux systèmes hydrologiques

Les inondations

L'analyse de l'aléa en matière d'inondations fait l'objet de plusieurs méthodes, très fluctuantes selon l'objectif de l'étude (étude prévisionnelle de crue, règlementations locales, etc.):

- **L'analyse de l'aléa d'inondation dans une perspective prévisionnelle**

Il s'agit ici d'améliorer les connaissances des facteurs provoquant les inondations (neige, pluie, terrain...). Les paramètres mesurant l'aléa d'inondation se divisent en deux catégories :

- informations relatives à la morphologie et à la topographie :
- informations relatives au type de couverture :

L'analyse de l'aléa d'inondation dans une perspective décisionnelle

La notion d'aléa dans la méthode Inondabilité (cf Annexe 1) actuellement en vigueur dans les P.P.R. est perçue de manière tout à fait différente car elle est orientée vers l'élaboration de règlementations locales et nationales et de fait, elle est directement liée à la notion de vulnérabilité.

L'analyse de l'aléa des risques liés au domaine forestier

L'aléa des risques naturels menaçant les peuplements forestiers

Les forêts possèdent un rôle de protection vis-à-vis de nombreux risques naturels, tels les avalanches, les chutes de pierres, les laves torrentielles, etc. Cette fonction de certains peuplements forestiers se ressent d'autant plus qu'elle s'amenuise avec un abandon généralisé de la sylviculture. La réhabilitation de ces zones exige une étude de risques intégrant l'analyse de l'aléa et de la vulnérabilité [6].

Le niveau de protection des peuplements forestiers n'est cependant appréciable qu'a posteriori, c'est-à-dire uniquement lorsque le peuplement a disparu. Ainsi, l'étude de risques consiste en l'élaboration d'une méthodologie de zonage de forêts à fonction de protection vis-à-vis des risques naturels, prenant en compte :

- les données relatives aux phénomènes naturels \Leftrightarrow l'aléa,
- les enjeux menacés \Leftrightarrow la vulnérabilité.

L'analyse de l'aléa des risques liés au domaine forestier

L'aléa des risques naturels menaçant les peuplements forestiers

Nous nous intéressons ici à la manière dont est appréhendé l'aléa et plus particulièrement à la forme prise par cet aléa.

Il s'agit, en définitive, de quantifier précisément la nature aléatoire des phénomènes localisés dans l'espace. Les aléas naturels vont donc être synthétisés sur une carte, résultant du croisement :

- des Cartes de Localisation Probable des Avalanches (C.L.P.A.),
- des cartes recensant les autres phénomènes naturels (chutes de pierres, laves torrentielles, etc.) et donnant des informations sur la fréquence et l'intensité des phénomènes, mais aussi le type de phénomène (actif / potentiel) afin de distinguer les phénomènes déclarés de ceux susceptibles de survenir, étant données les conditions relevées localement.

Cette notion de “phénomènes potentiels” et “phénomènes actifs” ne remet pas en cause la notion de l'aléa telle que nous l'avons présentée auparavant. Elle est particulièrement de mise dans les phénomènes d'avalanches pour lesquels on surveille les zones d'avalanches déclarées ainsi que les zones potentiellement avalancheuses en regard des conditions locales. Les facteurs en faveur d'un départ d'avalanche sont repérés à partir d'un M.N.T. et sont, entre autre :

- les pentes comprises entre 28° et 55°,
- les zones convexes,
- les zones au-delà de 1000 mètres.

L'analyse de l'aléa des risques liés au domaine forestier

L'aléa des risques de feux de forêt

L'étude des risques de feux de forêt s'inscrit naturellement dans une politique de prévention. Ainsi, de la même manière que dans l'analyse des risques naturels menaçant les peuplements forestiers à rôle de protection, l'aléa nécessite d'être quantifié et localisé sur la zone d'étude [63]. L'étude du caractère "aléatoire" des feux de forêt intègre chacun de ces deux aspects. Il s'agit en effet de :

- prendre en compte les aléas d'éclosion et de propagation des feux,
- cartographier les zones d'égale sensibilité au feu.

Les problèmes relatifs à la démarche concernent :

- la pertinence d'une séparation éclosion / propagation,
- la caractérisation des facteurs contribuant à l'aléa,
- le zonage de la carte – par création d'un indice global.

Une pré-analyse conduit à distinguer trois types d'aléa :

- l'aléa de départ de feu,
- l'aléa de propagation initiale du feu,
- l'aléa de propagation libre du feu.

L'analyse de l'aléa des risques liés au domaine forestier

L'aléa des risques de feux de forêt

Les facteurs potentiels sont alors mis en regard de chacun de ces trois types, conformément au Tableau 4.

Facteur	Aléa
Activité humaine	Départs de feux
Combustible	
Relief	Propagation initiale
Direction du vent	
Vitesse du vent	Propagation libre

Tableau 4 : impact des facteurs explicatifs dans les différents niveaux d'aléa de feux de forêt (source : [63])

L'analyse de l'aléa des risques liés au domaine forestier

L'aléa des risques de feux de forêt

Les facteurs explicatifs sont eux-mêmes décrits par un ensemble de paramètres ou découpés en plusieurs classes. En particulier :

- les activités humaines sont zonées autour des lieux fréquentés, des voies de communication et des lignes E.D.F.,
- le combustible est divisé en 4 classes, fonctions de l'essence et du taux de recouvrement du bois,
- le relief est issu d'un M.N.T., son exposition au vent est décrite par la direction du vent ainsi que par la pente et l'orientation du terrain,
- le vent est modélisé par des écoulements réalisés en laboratoire sur un modèle réduit du terrain.

L'aléa de propagation initiale – calculé en chaque point de la grille d'étude à partir de la pente et des conditions d'exposition au vent – est zoné en 3 classes, à partir de valeurs seuils. Ces valeurs seuils sont établies au jugé et en regard de la carte globale obtenue.

On distingue finalement les 3 situations suivantes :

- situation non favorable à la propagation initiale d'un feu,
- situation intermédiaire de par le compromis pente-exposition,
- situation très favorable à la propagation d'un feu naissant.

Synthèse

Les exemples cités précédemment donnent un bon aperçu de la notion d'aléa et de la manière de traiter les aspects probabilistes dans une étude de risques.

- L'aléa peut être abordé de manière brute, selon sa définition première : la probabilité d'occurrence d'un événement donné. C'est notamment le cas pour les études de risque où l'événement est quantifié de manière simple (ex. : le débit d'une rivière). Il est alors plus commode d'exprimer l'aléa en période de retour.
- Il peut arriver que le phénomène considéré ne relève pas de connaissances physiques ni de modélisations bien "rodées". Dans ce cas, l'analyse de l'aléa est descriptive et s'exprime comme une simple fréquence empirique des accidents constatés à partir de fichiers d'archives (ex. : risques urbains d'accident ou de délinquance).
- Lorsque l'ampleur de l'événement est très fluctuante aléatoirement et spatialement, l'aléa peut intégrer à la fois les valeurs de fréquence et d'intensité du phénomène. Les méthodes d'estimation de l'aléa s'apparentent souvent à des classifications spatiales selon plusieurs paramètres. Il peut s'agir d'un simple travail de zonage permettant de localiser des menaces sur une région (ex. : les risques naturels visant les peuplements forestiers) ou d'une vision de la zone, un cliché de la situation fluctuant avec les paramètres (de ce fait, ce type d'étude est avantageux pour les problèmes d'aménagement – ex. : les forêts menacées par des incendies).

Synthèse

- Certains phénomènes naturels dangereux ont des fréquences d'occurrence impossibles à déterminer en l'état actuel des connaissances (ex. : séismes), tout au mieux peut-on les prévoir à court terme (ex. : cyclones, éruptions volcaniques). Bien souvent, la description de leur aléa consiste à ranger leur intensité sur une échelle [27] :
 - l'échelle de Beaufort mesure l'intensité des tempêtes sur mer et sur terre,
 - l'échelle de Richter reflète l'intensité d'un séisme, précisément en son centre,
 - l'échelle de Saffir-Simpson classe les cyclones en fonction de la vitesse du vent et la hauteur des vagues, etc.
- Un autre mode de représentation cartographique peut intégrer fréquence et intensité de l'aléa en faisant apparaître les différentes emprises des phénomènes selon leur fréquence d'occurrence. Cette approche, utilisée dans la méthode Inondabilité, est bien adaptée pour être confrontée à la carte de la vulnérabilité dans une perspective décisionnelle.
- Lorsque l'étude du risque s'articule autour de son volet "prévision", l'aléa se présente comme la conjoncture entre l'existant (le terrain et ses caractéristiques) et les phénomènes aléatoires (pluies, neige) observés en temps réel ou prévus à court terme.

Si la notion d'aléa est assez bien définie, il n'en demeure donc pas moins que la multiplicité des techniques, la diversité des exemples étudiés et la perspective d'approche du risque font de l'analyse de l'aléa une étude au cas par cas.

L'analyse de vulnérabilité

L'analyse de la vulnérabilité a donc pour but d'évaluer les effets et conséquences d'un phénomène donné sur des enjeux.

Formellement, la vulnérabilité est une variable exprimant les impacts d'un phénomène potentiel en fonction [102] :

- des paramètres physiques de l'aléa : amplitude, durée, étendue, rapidité, etc.,
- des ressources disponibles pour limiter les impacts : délais de réponse des autorités locales et des populations, capacité et moyens pour se protéger et restaurer,
- et bien sûr du descriptif de tous les enjeux présents au sol : quantité et nature des biens, occupation du sol, activité, localisation et surface.

L'analyse de vulnérabilité

L'analyse de la vulnérabilité associée à un risque met en œuvre des méthodes déterministes : il s'agit d'évaluer la gravité des conséquences d'un événement donné.

L'analyse de la vulnérabilité nécessite ainsi :

- d'étudier les phénomènes physiques successifs au phénomène survenu (catastrophe, accident...) par le biais de modèles prédictifs issus de calculs théoriques ou de modèles expérimentaux,
- d'évaluer les effets et conséquences du phénomène de manière déterministe (c'est-à-dire sans souci de la probabilité de survenance du phénomène).

L'analyse de vulnérabilité

Les recherches actuellement menées sur les risques dénotent une attention accrue sur la notion de vulnérabilité, dont la complexité de l'étude est directement reliée à la multitude des domaines concernés :

- **les sciences de l'ingénieur, l'expérience et l'expertise des milieux et des risques,**
- **les sciences humaines et sociales : sociologie, histoire, droit, économie**

De fait, l'analyse de la vulnérabilité dépasse les domaines balisés de la théorie pour empiéter sur des notions floues ou tout du moins difficilement quantifiables, telles : les attentes de la société, la prise en compte des risques naturels dans l'aménagement du territoire, l'appréhension du risque par les citoyens et les élus locaux suite à la mise en place d'une politique nationale de prévention des risques, les archives et l'intégration des catastrophes historiques, les enjeux économiques, etc.

Éléments vulnérables

Au terme de l'identification des entités exposées aux risques, on distingue généralement pour l'évaluation de la vulnérabilité :

- l'être humain,
- l'écosystème, l'environnement,
- les richesses économiques, les infrastructures.

L'être humain

Classiquement, les bilans humains consécutifs à une catastrophe se chiffrent en nombre de blessés et de morts [67]. Certaines précisions sont parfois nécessaires :

- lorsque la source de l'accident est humaine (type accident industriel), on distingue parmi les victimes :
 - les personnes présentes à la source du risque (et bien souvent impliquées dans la succession des événements),
 - les personnes "extérieures", c'est-à-dire subissant le risque sans en être partie prenante ;
- lorsque les risques sont échelonnés dans le temps (type accident nucléaire), on distingue les risques à effet immédiat des risques à effet différé.

L'être humain

En termes d'évaluation de vulnérabilité, il s'agit d'apprécier la taille des populations soumises au risque et de nuancer le degré d'exposition de chacun des individus en fonction de sa localisation spatiale, des caractéristiques du phénomène et de la configuration du territoire.

Par exemple, dans le cas du risque de T.M.D., on est amené à distinguer les individus selon qu'ils évoluent plus ou moins loin de la zone sinistrée et dans un milieu ouvert ou confiné.

Les conséquences d'une catastrophe sur une population restent cependant délicates à évaluer, car les effets sont très variés et peuvent s'étaler dans le temps. On distingue à ce titre

[92] :

- les effets immédiats : mortalité, blessures, impacts psychologiques,
- les effets différés : maladies, psychose, etc.

L'écosystème, l'environnement

L'analyse de vulnérabilité environnementale comme “propension à être endommagé” consiste à mesurer la résistance de l'écosystème et de l'environnement à la survenance d'un phénomène catastrophique (comportement d'un peuplement forestier en cas de glissement de terrain, survie d'une espèce animale en cas de pollution, etc.).

Dans une étude de vulnérabilité environnementale intégrant par ailleurs la valeur même des enjeux, la quantification des dommages ne posera pas de problèmes pour [67] :

- les préjudices donnant lieu à des dépenses directes de lutte contre la pollution (qu'elle soit accidentelle ou chronique), de réhabilitation de sites, de remise en état d'installations,
- les préjudices économiques dus à un manque à gagner, ou correspondant à l'annulation d'un investissement passé.

Hélas, ce calcul sera beaucoup plus difficile lorsqu'il s'agira d'évaluer :

- les préjudices représentant une perte (ou une diminution) de jouissance (de pêcheurs amateurs, par ex.),
- les préjudices irréparables au patrimoine naturel (par ex. l'extinction d'une espèce).

Les richesses économiques, les infrastructures

L'évaluation économique classique consiste, d'une part à apprécier le degré d'exposition des richesses réparties sur le territoire pour estimer leur niveau d'endommagement potentiel, d'autre part à quantifier leur masse (valeur des enjeux). Lorsqu'il s'agit de réseaux, la vulnérabilité se cantonne généralement à l'endommagement physique et laisse de côté les perturbations associées.

La vulnérabilité des richesses économiques intègre aussi les dommages potentiels subis par les entreprises privées. Cependant, en termes de réglementations sur la gestion des risques, ce type de dommages n'est pas pris en compte par les collectivités ou l'État, les réparations étant assumées par les assurances. Il n'en demeure pas moins que l'étude réalisée par les assureurs comprend :

- l'identification et la quantification des menaces sur les installations pour la partie aléa,
- l'évaluation des conséquences, concernant entre autre la destruction de matériel (bâtiments, machines, stocks) et la perte d'exploitation (charges fixes + bénéfices nets) pour la partie vulnérabilité.

A titre d'exemple, le Tableau 5 décrit qualitativement la vulnérabilité des richesses au risque d'inondation.

Bien	Vulnérabilité
Sols	plus ou moins vulnérable
Cultures et récoltes	variation suivant la saison
Constructions	gros œuvre : peu sensible ; second œuvre : très sensible ; équipement et mobilier : idem
Véhicules	très sensibles mais mobiles
Machines et moyens de production	forte sensibilité
Stocks	forte sensibilité (eau et dépôts)
Réseaux	très sensibles (lignes et postes de distribution)

Tableau 5 : vulnérabilité des richesses économiques (biens, stocks, infrastructures) au risque d'inondation (source : [92])

Synthèse

La décomposition des entités menacées en ressources humaines, environnementales et économiques est conceptuelle et ne saurait faire l'objet d'une méthode universelle d'évaluation de la vulnérabilité. Les études de vulnérabilité appellent des représentations adaptées au cas par cas, notamment en termes de quantification.

La multiplicité des formes de vulnérabilité rend difficile l'évaluation d'une vulnérabilité totale, qui intégrerait grâce à une même unité les bilans humain, économique et environnemental [27]. Anne-Catherine Chardon propose, par exemple, de définir la vulnérabilité de la ville colombienne de Manizales envers tous les risques naturels en considérant plusieurs critères physiques et socio-économiques, agrégés selon une règle de pondération (cf Figure 4). Si une telle méthode s'avère très opératoire, elle dépend beaucoup du choix des critères et de leur pondération.