

# Risques environnementaux et industriels

## Les composantes du risque

Serge Lhomme

Université Paris-Est Créteil  
Maître de conférences en Géographie  
<http://sergelhomme.fr/>

# Organisation du cours

23/09/2024 Les composantes du risque

30/09/2024 La prévention des risques

07/10/2024 Travail en autonomie

14/10/2024 Les spécificités des risques industriels et technologiques

21/10/2024 Le territoire parisien face aux risques naturels

04/11/2024 Les infrastructures critiques et les outils de simulation pour la gestion des risques

25/11/2024 Encadrement travail en autonomie et évaluation sur les éléments fondamentaux

02/12/2024 Les outils de simulation pour la gestion des risques 1/4 : analyse de réseaux

09/12/2024 Travail en autonomie

06/01/2024 Les outils de simulation pour la gestion des risques 2/4 : analyse de réseaux

13/01/2025 Les outils de simulation pour la gestion des risques 3/4 : SMA

20/01/2025 Les outils de simulation pour la gestion des risques 3/4 : SMA

27/01/2025 Evaluation sur les outils de simulation

- **Sujet 1** : Les acteurs de la gestion des risques d'inondation.
  - ▶ Objectif : Maitriser la législation sur les risques d'inondation et la gestion de l'eau, expliciter les difficultés liées à la multiplication des acteurs concernés.
  
- **Sujet 2** : Les jeux et les exercices comme outil de prévention des risques et de formation.
  - ▶ Objectif : Recenser les pratiques en matière d'exercices dans le domaine de la gestion des risques et explorer en quoi les jeux peuvent contribuer à la formation des professionnels du risque.

- **Sujet 3** : Quand la protection génère des risques : le cas des ruptures de digues.
  - ▶ Objectif : Détailler le fonctionnement des digues et étudier comment modéliser les risques de défaillances de ces systèmes.
  
- **Sujet 4** : La gestion des déchets post-catastrophe.
  - ▶ Objectif : Expliciter les enjeux relatifs à la gestion des déchets post-catastrophe, tout particulièrement ceux relatifs aux méthodes de quantification.

- **Sujet 5** : Le contrôle des ICPE.
  - ▶ Objectif : Connaitre les limites actuelles des mécanismes de contrôle des ICPE. Identifier le rôle essentiel de la société civile dans les mécanismes de contrôle de ces installations.
  
- **Sujet 6** : Le défi des mobilités en période de crise .
  - ▶ Objectif : Être en mesure d'identifier et quantifier les impacts occasionnés par les risques naturels ou technologiques sur les mobilités. Identifier les territoires les plus vulnérables et les aléas les plus problématiques.

- 1 Introduction
- 2 Les composantes "classiques" du risque
  - Aléa
  - Enjeu et Vulnérabilité
  - Risque
- 3 Les limites du cadre théorique "classique"
  - La difficile distinction entre Aléa et Vulnérabilité
  - Une vision analytique plutôt que systémique
- 4 Evaluer les risques
  - La modélisation économique
  - Les approches fondées sur les catastrophes passées
  - Les méthodes issues de la sûreté de fonctionnement

- 1 Introduction
- 2 Les composantes "classiques" du risque
- 3 Les limites du cadre théorique "classique"
- 4 Evaluer les risques

# Le risque une notion difficile à appréhender

Qu'est-ce que le risque ?

- Une notion complexe (on parle de risques naturels, de populations à risques, le risque dépendance. . .) qui se complexifie reflétant l'évolution de nos modes de vie et de nos pratiques
- Souvent lié à la notion d'insécurité  $\Rightarrow$  rendre la société invulnérable
- Directement lié à la notion d'incertitude
- Un terme pour beaucoup négatif et pourtant. . .

# Le risque une notion difficile à appréhender

## Définitions :

- Possibilité, probabilité d'un fait, d'un événement considéré comme un mal ou un dommage. **Larousse**
- Fait de s'engager dans une action qui pourrait apporter un avantage, mais qui comporte l'éventualité d'un danger. **Larousse**
- Danger éventuel, plus ou moins prévisible, inhérent à une situation ou à une activité. **TLFI**
- Possibilité hasardeuse d'encourir un mal, avec l'espoir d'obtenir un bien. **TLFI**

# Le risque une notion difficile à appréhender

Une dilution du mot risque :

- Le thème des risques s'est imposé dans toutes les disciplines ce qui a entraîné une dilution sémantique du mot risque et parfois une dilution de son sens
- Un courant de la sociologie soutient que le risque est inhérent à l'émergence de la modernité (Rossiaud, Beck)
- La médiatisation colporte des peurs collectives autant de feux de paille médiatiques, parfois justifiés, mais aux conséquences souvent exagérées
- Quand le facteur de risque est pris pour le risque, tout devient risque

## A retenir

Il existe néanmoins un cadre théorique permettant d'étudier cette notion autour des notions d'aléa, d'enjeu, de vulnérabilité et de résilience

# Le risque une notion difficile à appréhender

Une dilution du mot risque :

- Le thème des risques s'est imposé dans toutes les disciplines ce qui a entraîné une dilution sémantique du mot risque et parfois une dilution de son sens
- Un courant de la sociologie soutient que le risque est inhérent à l'émergence de la modernité (Rossiaud, Beck)
- La médiatisation colporte des peurs collectives autant de feux de paille médiatiques, parfois justifiés, mais aux conséquences souvent exagérées
- Quand le facteur de risque est pris pour le risque, tout devient risque

## A retenir

Il existe néanmoins un cadre théorique permettant d'étudier cette notion autour des notions d'aléa, d'enjeu, de vulnérabilité et de résilience

- 1 Introduction
- 2 Les composantes "classiques" du risque
  - Aléa
  - Enjeu et Vulnérabilité
  - Risque
- 3 Les limites du cadre théorique "classique"
- 4 Evaluer les risques

# L'aléa

Définition :

- Phénomène auquel on peut attribuer une probabilité de survenance et une intensité (souvent considéré comme la source d'un danger)

Problématiques :

- Quand ?
- Où ?
- Que faire ?

Les caractéristiques de l'aléa :

- L'amplitude
- La probabilité d'occurrence

Quelles sont les causes :

- Anthropiques
- Naturelles

## Exemple : l'aléa sismique

### ➤ *L'amplitude*

- *La magnitude*
- *L'intensité*

### ➤ *La probabilité d'occurrence*

- *La sismicité historique*

## Exemple : l'aléa industriel

### ➤ *L'amplitude*

- *La nature du produit*
- *La quantité de produit*

### ➤ *La probabilité d'occurrence*

*La probabilité d'accident*

## NATURAL DISASTERS

### Biological

- **Epidemic**
  - *Viral Infectious Disease*
  - *Bacterial Infectious Disease*
  - *Parasitic Infectious Disease*
  - *Fungal Infectious Disease*
  - *Prion Infectious Disease*
- **Insect Infestation**
- **Animal Stampede**

### Geophysical

- **Earthquake**
- **Volcano**
- **Mass Movement (Dry)**
  - *Rockfall*
  - *Landslide*
  - *Avalanche*
  - *Subsidence*

Disasters used in this publication

### Hydrological

- **Flood**
  - *General Flood*
  - *Flash Flood*
  - *Storm Surge / Coastal Flood*
- **Mass Movement (Wet)**
  - *Rockfall*
  - *Landslide*
  - *Avalanche*
  - *Subsidence*

Hydro-Meteorological

### Meteorological

- **Storm**
  - *Tropical Cyclone*
  - *Extra-Tropical Cyclone*
  - *Local Storm*

### Climatological

- **Extreme Temperature**
  - *Heat Wave*
  - *Cold Wave*
  - *Extreme Winter Condition*
- **Drought**
- **Wildfire**
  - *Forest Fire*
  - *Land Fire*

## A retenir

L'aléa n'est pas le risque ce n'est seulement qu'une composante du risque

# L'aléa

Déterminer un zonage de l'aléa comporte des incertitudes :

- La mesure de la probabilité d'occurrence est toujours incertaine
- La mesure de l'amplitude comporte aussi des incertitudes

Différents types d'incertitudes :

- Incertitudes sur les données
  - ▶ A court terme (les mesures, la cartographie...)
  - ▶ A long terme (manque de données, le changement climatique...)
- Incertitudes sur les processus
  - ▶ Processus complexes
  - ▶ Processus ignorés

## Enjeu et vulnérabilité

Rousseau répondant à Voltaire à propos du séisme de Lisbonne :

*« Je ne vois pas que l'on puisse chercher la source du mal moral ailleurs que dans l'homme libre, perfectionné, partant corrompu ; [...] »*

*Sans quitter votre sujet de Lisbonne, convenez, que par exemple, que la nature n'avait point rassemblé là vingt mille maisons de six à sept étages, et que si les habitants de cette grande ville eussent été dispersés plus également et plus légèrement logés, le dégât eut été beaucoup moindre, et peut-être nul. [...]*

*Vous auriez voulu, et qui ne l'eut pas voulu ! que le tremblement se fut fait au fond d'un désert plutôt qu'à Lisbonne. Peut-on douter qu'il ne s'en forme aussi dans les déserts ? [...]*

*Serait-ce à dire que l'ordre du monde doit changer selon nos caprices, que la nature doit être soumise à nos lois, et que pour lui interdire un tremblement de terre en quelque lieu, nous n'avons qu'à bâtir une ville ? »*

# Enjeu et vulnérabilité

Les enjeux, définitions :

- C'est l'ensemble des personnes et des biens susceptibles d'être affectés par un aléa
- Attention à ne pas oublier les enjeux environnementaux

La typologie des enjeux :

- La population
- L'habitat
- Les activités économiques
- Les infrastructures (publiques, réseaux)
- L'agriculture...

# Enjeu et vulnérabilité

La vulnérabilité, définitions :

- Il en existe de nombreuses
- La vulnérabilité exprime le niveau d'effet (l'impact) d'un aléa (un phénomène) sur des enjeux
- Il y aurait donc autant de vulnérabilités que d'enjeux

Dans les faits, on peut distinguer deux grandes familles de vulnérabilité :

- La vulnérabilité « physique »
- La vulnérabilité « sociale »

# Enjeu et vulnérabilité

La vulnérabilité physique, définitions :

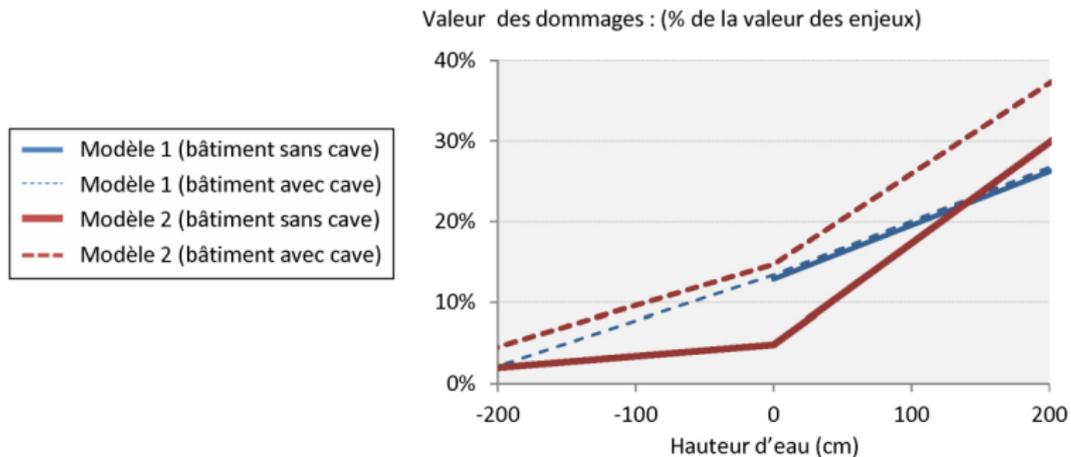
- La vulnérabilité physique est liée à la notion d'endommagement.
- La vulnérabilité physique peut être définie comme la propension d'un enjeu à subir des dommages.
- Cette vulnérabilité est alors fonction de l'exposition à l'aléa et de la sensibilité de l'enjeu à cette exposition.

Désormais, il convient de distinguer deux types de dommages :

- Les dommages « directs » : Ils sont dus au contact immédiat de l'aléa avec les enjeux.
- Les dommages « indirects » : Ils sont dus à des dysfonctionnements divers faisant suite à des dommages directs.

# Enjeu et vulnérabilité

L'évaluation des dommages directs s'appuie sur des fonctions d'endommagement :



# Enjeu et vulnérabilité

Appréhender les dommages indirects est souvent plus complexe, par exemple pour une entreprise suite à une inondation :

- Les dommages directs :
  - ▶ Dommages physiques aux personnes
  - ▶ Dégradations des bâtiments
  - ▶ Dégâts matériels (machines, réservoirs, réseaux, bureaux...)
  - ▶ Pertes de stocks (matières premières, produits finis...)
  
- Les dommages indirects :
  - ▶ Jours chômés liés au temps de réparation
  - ▶ Pertes d'exploitation liées à l'indisponibilité du réseau électrique qui ne permet plus de faire fonctionner les machines, les ordinateurs...
  - ▶ L'augmentation des coûts de transport liée aux détours engendrés par la fermeture de certains ponts
  - ▶ Le déficit d'image lié au retard ou à la dégradation de service durant cette période

# Enjeu et vulnérabilité

La vulnérabilité sociale s'interroge sur les facteurs structurels de vulnérabilité des sociétés devant faire face à de multiples aléas :

- Socio-démographiques et économiques (croissance urbaine, mode d'occupation des sols)
- Socio-culturels
- Fonctionnels et techniques
- Institutionnels et politico-administratifs

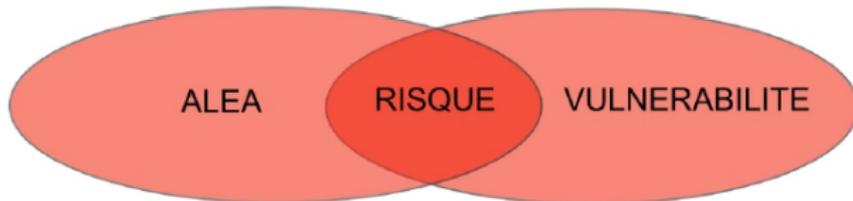
Les facteurs géographiques et conjecturels de la vulnérabilité :

- Spatio-temporels
- Dysfonctionnements contingents (temporaires et imprévisibles)

# Le risque

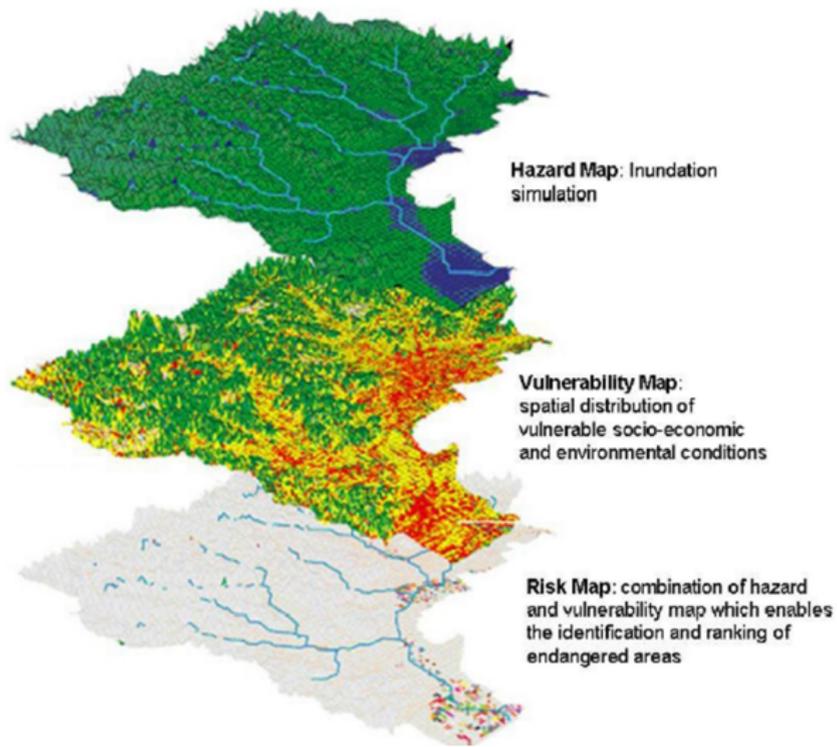
Le risque d'un point de vue scientifique :

- Le risque a longtemps été considéré comme synonyme de l'aléa. Ce qui limite la gestion des risques aux seules mesures de protection.
- Ainsi, la caractérisation du risque, comme étant le croisement de l'aléa et des enjeux, ces derniers étant caractérisés par leur vulnérabilité, est un progrès indéniable



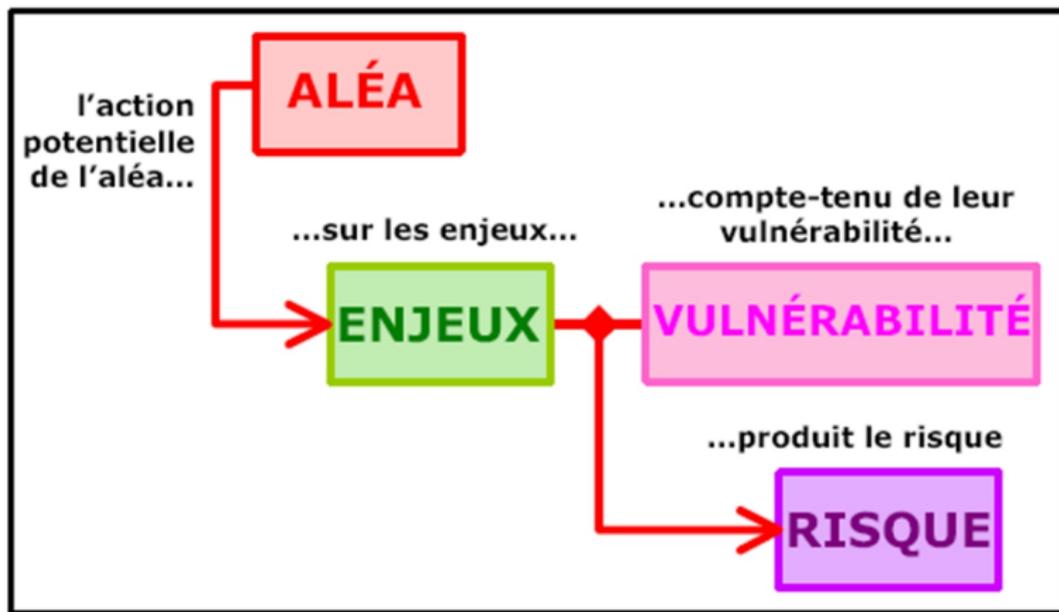
$$\text{Risque} = \text{Aléa} \times \text{Vulnérabilité}$$

# Le risque



# Le risque

A retenir, la vision classique peut se résumer ainsi :



Mais attention, la vulnérabilité est un concept qui révèle une certaine complexité.

1 Introduction

2 Les composantes "classiques" du risque

3 Les limites du cadre théorique "classique"

- La difficile distinction entre Aléa et Vulnérabilité
- Une vision analytique plutôt que systémique

4 Evaluer les risques

## La difficile distinction entre Aléa et Vulnérabilité

Pour comprendre ce qu'est le risque, il peut sembler pertinent d'étudier sa réalisation. En effet, si le risque est quelque chose d'abstrait et de latent, une catastrophe ou un accident est quelque chose de concret, par conséquent plus facilement appréhendable.

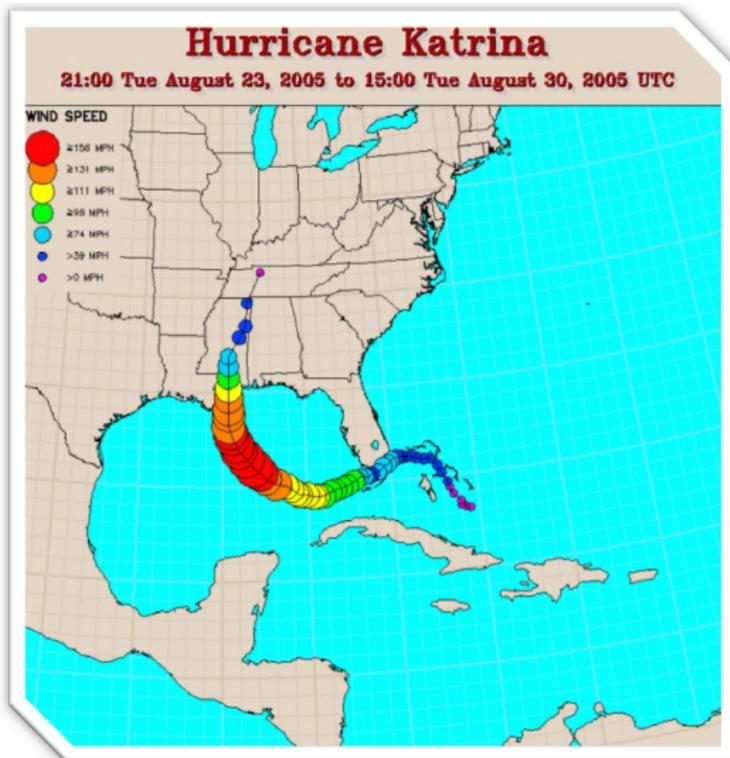
Le 29 août 2005, l'ouragan Katrina, prédit et suivi par les services de météo s'abat sur les côtes de Louisiane aux États-Unis. Le 30 août 2005, un jour après le passage de l'ouragan Katrina, 80% de la ville de La Nouvelle-Orléans est inondée.

Le bilan est de plus de 1000 morts et d'environ 150 000 sinistrés. Les dégâts sont évalués à plus de 100 milliards de dollars.

Cette catastrophe choque tout le monde occidental en rappelant la vulnérabilité de cette société face aux aléas naturels.

# La difficile distinction entre Aléa et Vulnérabilité

L'ouragan Katrina comme aléa d'origine.



# La difficile distinction entre Aléa et Vulnérabilité

Néanmoins, la catastrophe de la Nouvelle-Orléans est davantage provoquée par une inondation.



# La difficile distinction entre Aléa et Vulnérabilité

Et ce qui choque c'est la gestion de l'événement.



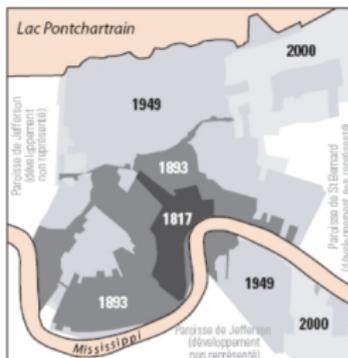
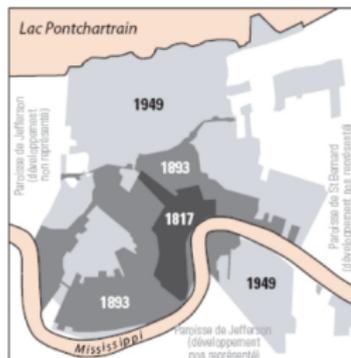
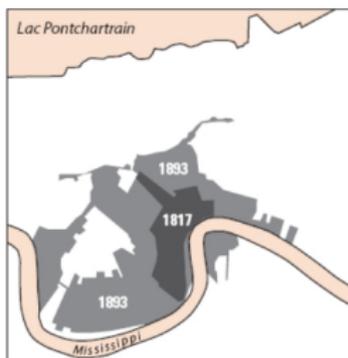
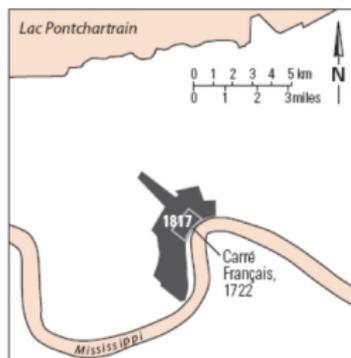
# La difficile distinction entre Aléa et Vulnérabilité

Et ce qui choque c'est la gestion de l'événement.



# La difficile distinction entre Aléa et Vulnérabilité

La catastrophe de la Nouvelle-Orléans se déroule sur un territoire.



Croissance de la Nouvelle-Orléans, 1708-2000

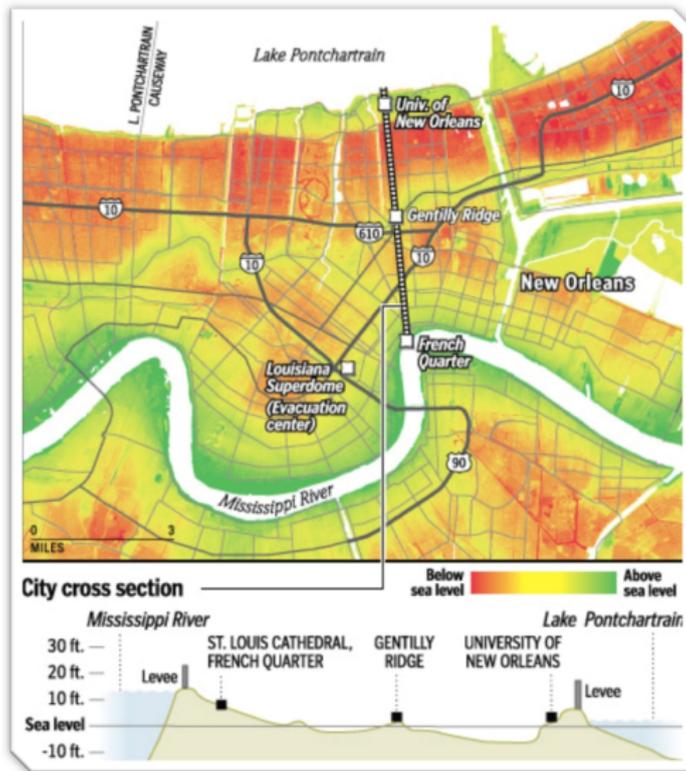
Les zones foncées montrent la croissance approximative des zones subdivisées/développées par année donnée.



Adapté avec la permission de l'éditeur, de l'ouvrage de Richard Campanella : *Time and Place in New Orleans: past Geographies in the present city*, Pelican Publishing Company, 2002.

# La difficile distinction entre Aléa et Vulnérabilité

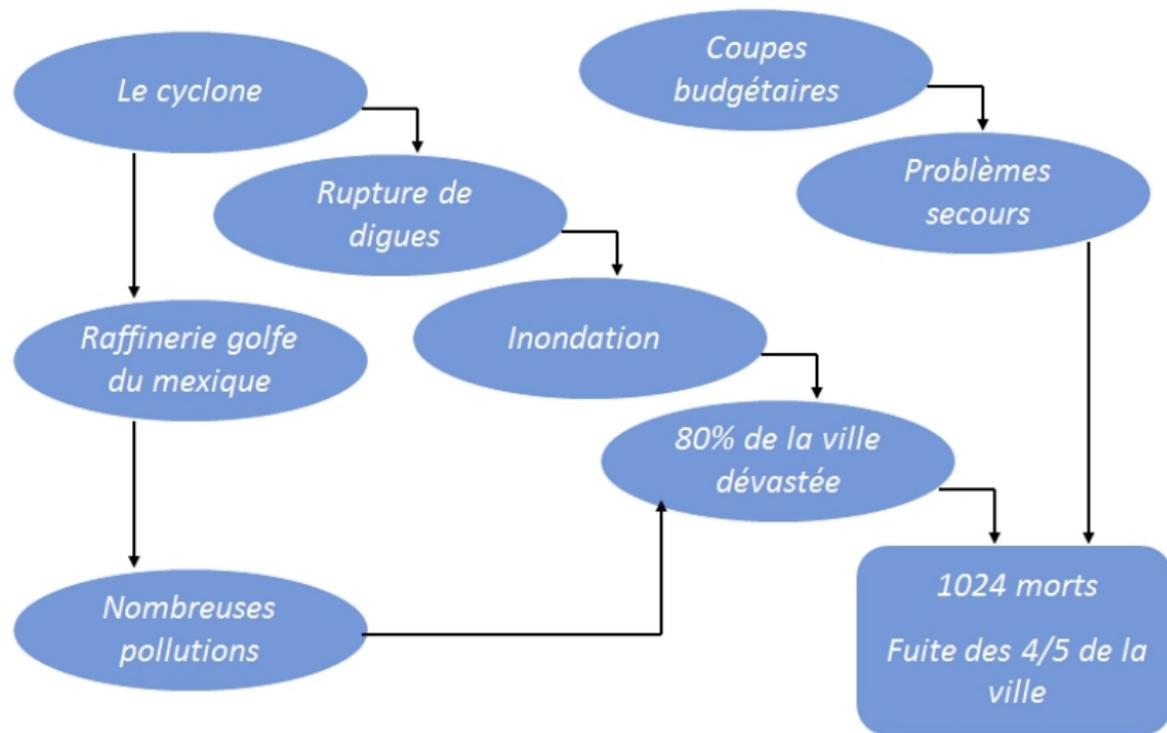
Un territoire exposé.





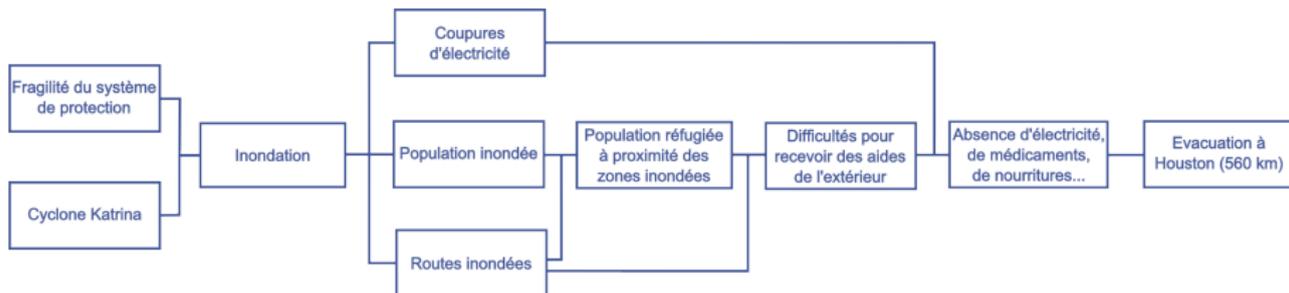
# La difficile distinction entre Aléa et Vulnérabilité

Une catastrophe liée à un cyclone, une inondation, des décisions politiques.



# La difficile distinction entre Aléa et Vulnérabilité

Les vulnérabilités peuvent être des sources d'aléa, comme l'exposition à un aléa peut être considérée comme une source ou un marqueur d'une certaine vulnérabilité.



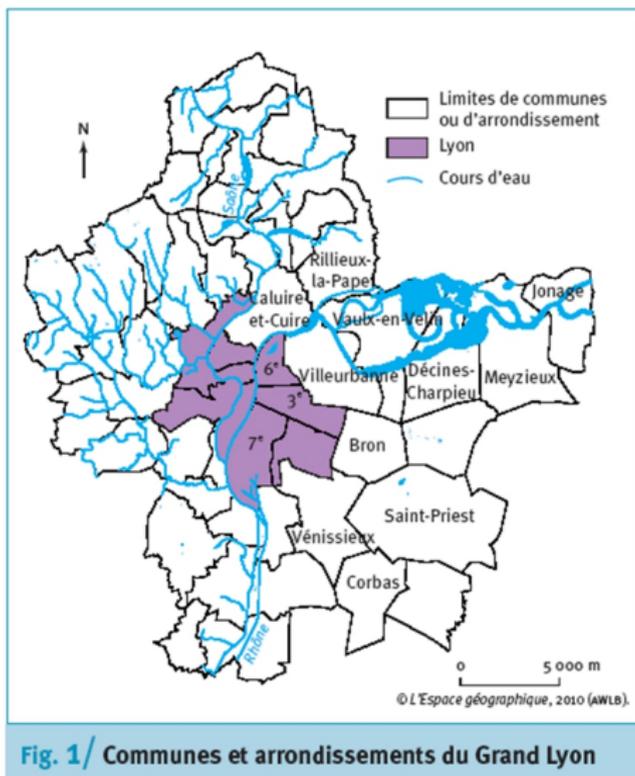
Le terme de catastrophe naturelle peut donc être jugé comme trompeur.

# Une vision analytique plutôt que systémique

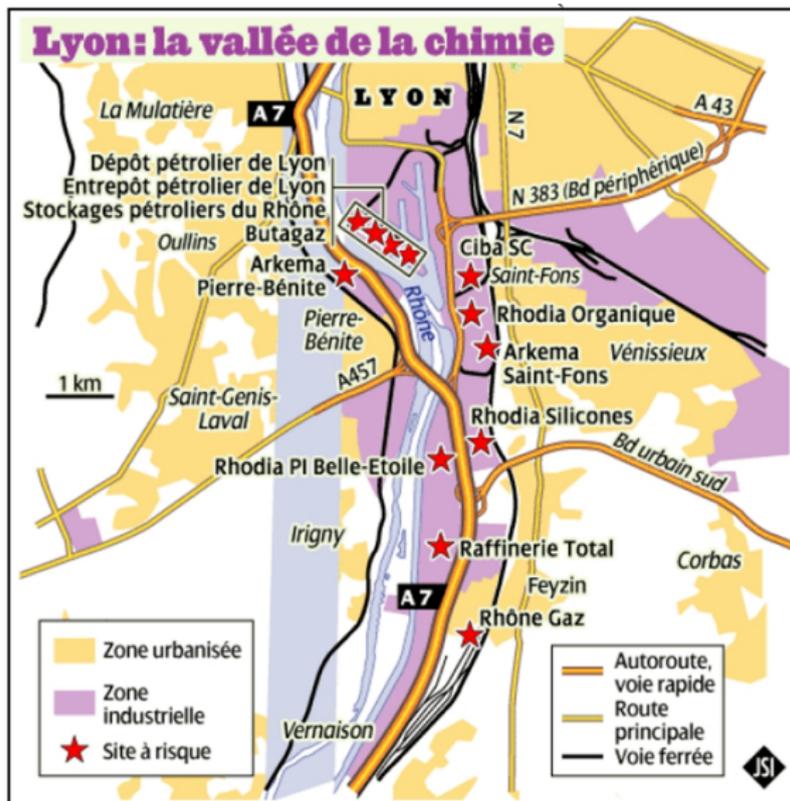
Des chercheurs travaillent sur la vulnérabilité du territoire lyonnais. En effet, le contexte lyonnais est problématique en termes de risque :

- 1,3 million d'habitants (Le territoire du Grand Lyon) et de nombreux enjeux
- Implantation massive dans les années 1960 des industries chimiques et pétrochimiques (nucléaire)
- Une exposition multiple aux aléas hydrologiques, géologiques ou technologiques
- Lyon (carrefour de l'Europe) est soumis au risque de transport de matières dangereuses

# Une vision analytique plutôt que systémique



# Une vision analytique plutôt que systémique



# Une vision analytique plutôt que systémique

Pour analyser la vulnérabilité, les chercheurs vont décomposer le territoire en pixels.

Puis, ils vont décomposer progressivement et hiérarchiquement les enjeux jusqu'à obtenir des groupes d'enjeux relativement fins : population résidente, écoles, maisons, parcs...

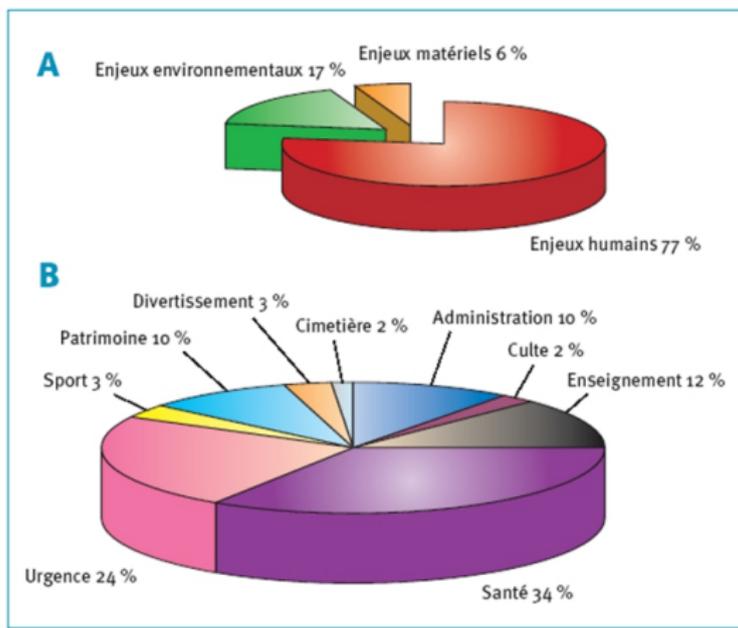
Chacun de ces éléments est alors caractérisé par des facteurs de vulnérabilité : l'âge pour la population, la résistance pour les maisons...

Au sein de chaque pixel, on peut alors quantifier le nombre d'enjeux concernés par ces facteurs de vulnérabilité : le nombre de personnes âgées, le nombre de maisons fragiles...

Les chercheurs obtiennent donc beaucoup de cartes de vulnérabilité. Pour obtenir une carte synthétique, les chercheurs doivent donc les agréger.

# Une vision analytique plutôt que systémique

Comme la détermination des coefficients de cette agrégation est très subjective, il est possible de s'appuyer sur des experts en leur demandant de définir les enjeux les plus importants et les plus sensibles :



# Une vision analytique plutôt que systémique

Pour Lyon, on obtient ces résultats en matière de vulnérabilité :

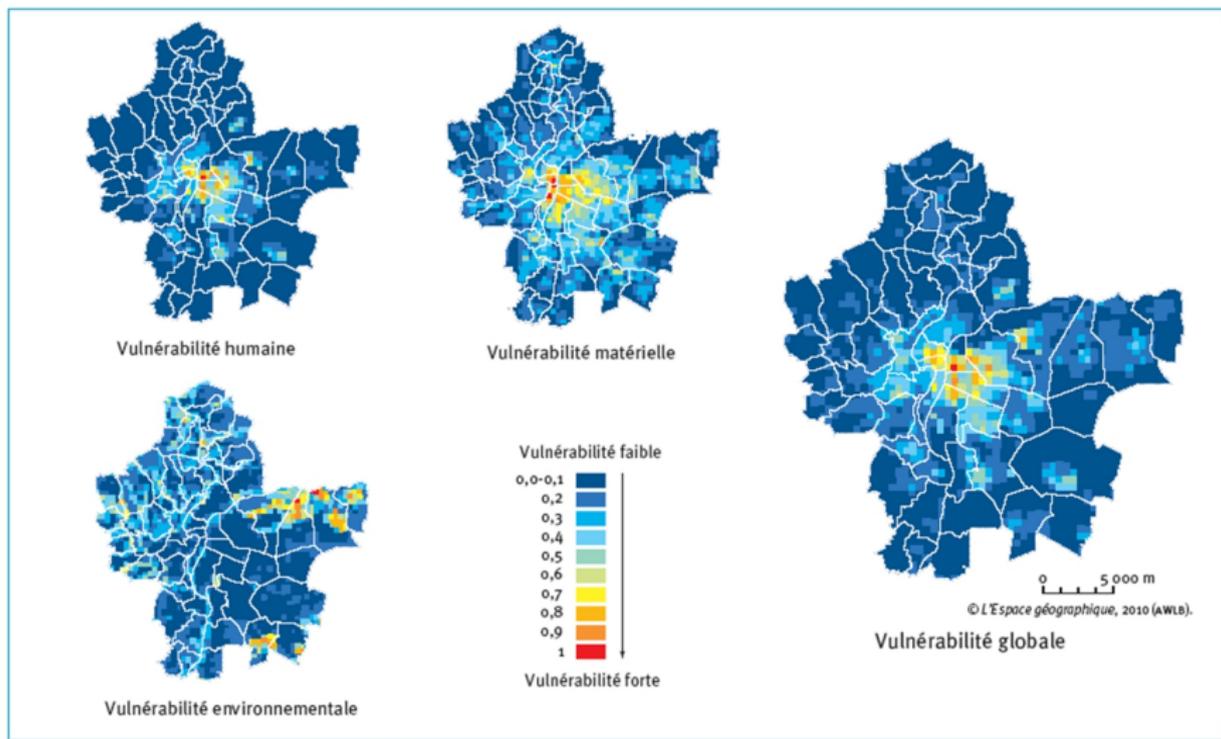
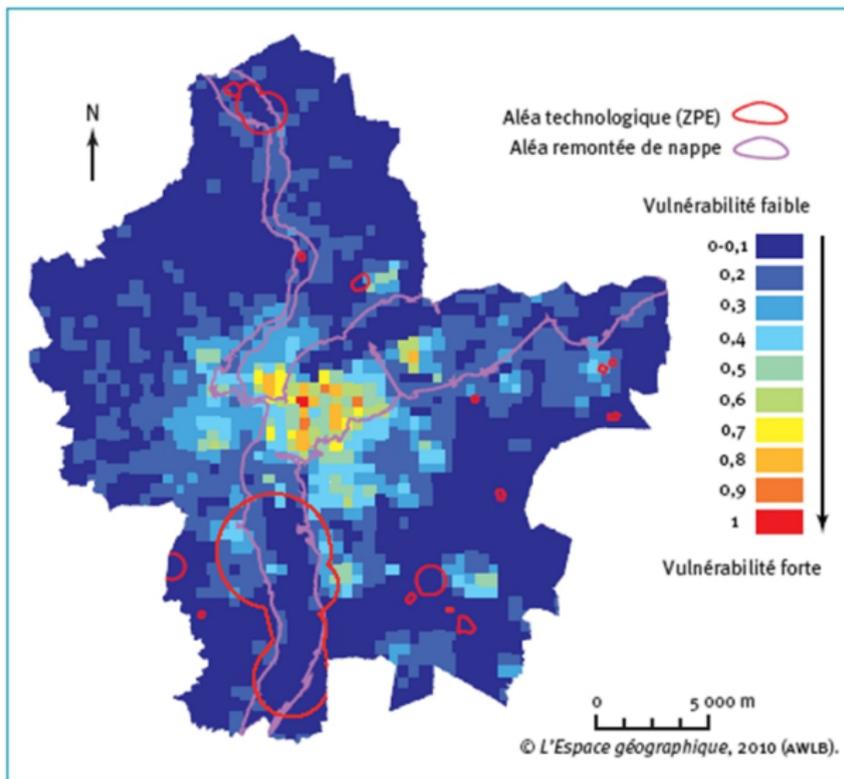


Fig. 4/ Cartographie des vulnérabilités du Grand Lyon

# Une vision analytique plutôt que systémique

Et pour évaluer le risque, il faut alors introduire la composante aléa :



# Une vision analytique plutôt que systémique

La décomposition entre aléa et vulnérabilité a favorisé une vision analytique des risques en séparant les spécialistes des sciences de la nature, des sciences de l'ingénieur et des sciences sociales.

Chaque spécialité a développé des modèles de plus en plus précis qu'il est ensuite difficile de synthétiser.

Les décompositions de plus en plus fines en matière de vulnérabilité mettent alors en exergue le caractère douteux des agrégations nécessaires à une vision synthétique (globale) du risque.

Cette vision peut conduire à des aberrations : il n'y a pas de risque en dehors des zones d'aléa d'origine.

## A retenir

Si le binôme aléa-vulnérabilité est très pertinent pour définir le risque, il ne résout pas la problématique de l'évaluation du risque. Il peut même se révéler nuisible.

1 Introduction

2 Les composantes "classiques" du risque

3 Les limites du cadre théorique "classique"

4 Evaluer les risques

- La modélisation économique
- Les approches fondées sur les catastrophes passées
- Les méthodes issues de la sûreté de fonctionnement

# La modélisation économique

Devant le manque de pertinence du couple aléa-vulnérabilité, par simplification l'évaluation des risques se résume souvent à une évaluation économique des dommages potentiels directs.

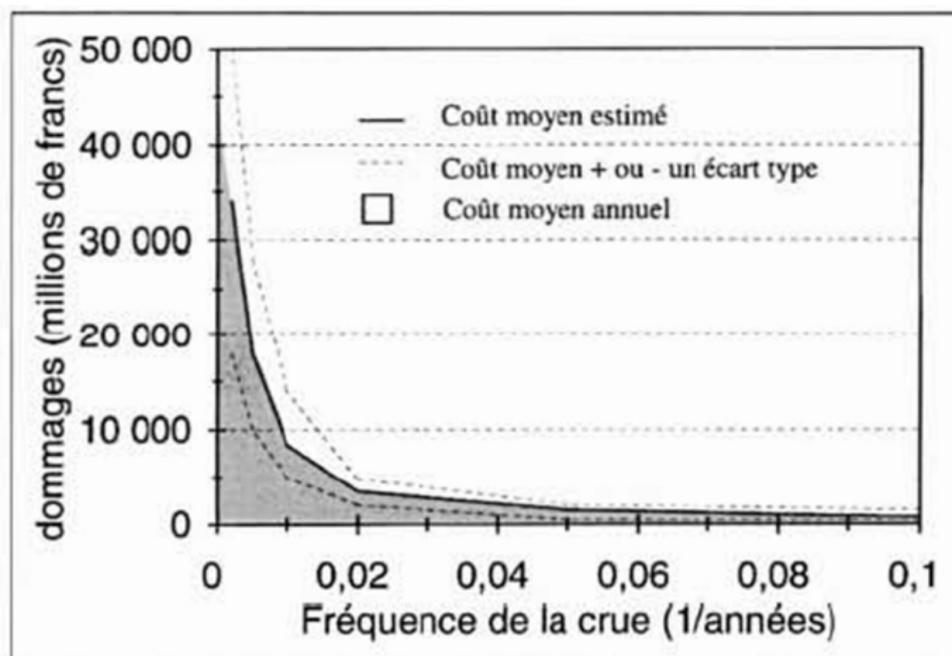
Pour ce calcul, il faut :

- Une bonne modélisation de l'aléa (avec cartographie)
- Une bonne connaissance des enjeux (typologie) et de leur vulnérabilité (des fonctions d'endommagement)
- Pour automatiser le tout, un bon SIG

Pour évaluer les dommages économiques indirects, c'est plus compliqué.

Si l'évaluation économique est importante, elle reste contestable pour certains enjeux (les enjeux environnementaux).

# La modélisation économique



**1. Exemple de résultats de calcul de coût des dommages pour des crues de fréquences variées et calcul du coût moyen annuel. Cas de la Loire moyenne.**

# La modélisation économique

période de retour	espérance du coût régional	écart type	intervalle de confiance centré à 70%		premier paramètre de la loi gamma	second paramètre de la loi gamma	intervalle de confiance de la gamma théorique	
2	19	10	9	28	3,61	5,26	9	29
5	131	91	53	213	2,07	63,2	46	219
10	459	348	131	834	1,74	263,8	140	792
20	872	549	298	1423	2,52	345,6	349	1411
50	2515	1455	1008	4017	2,98	841,8	1108	3953
1 0 0	8668	4361	4415	13369	3,95	2194,0	4394	13054
2 0 0	18194	8448	9562	27169	4,64	3922,6	9858	26749
5 0 0	33732	15345	18173	49801	4,83	6980,6	18542	49254
CMA	398	163	234	576	5,96	66,7	235	563

**Tableau 1 :** Coût des dommages exprimé en millions de francs au troisième trimestre 1991 pour la Loire centrale. 500 simulations. Comparaison des distributions obtenues avec des distributions de type gamma. (CMA : Coût moyen annuel).



# Approches fondées sur les catastrophes passées

Country	Disaster distribution	No. of deaths	Country	Disaster distribution	Deaths per 100,000
China, P. Rep.		1441	Solomon Isl.		7.71
India		1037	Vanuatu		4.50
Nepal		588	Nepal		1.90
Afghanistan		575	Peru		1.84
Peru		554	Afghanistan		1.81
Pakistan		522	Sri Lanka		1.41
Philippines		331	Bolivia		1.05
Sri Lanka		309	Tonga		0.94
Japan		289	Burundi		0.92
Indonesia		243	Serbia		0.78

# Approches fondées sur les catastrophes passées

Country	Disaster distribution	No.victims (millions)	Country	Disaster distribution	Victims/ pop. (%)
China P Rep		159.3	Somalia		42.9
India		12.8	Lesotho		23.9
Philippines		11.7	Cambodia		23.2
Thailand		11.2	Djibouti		22.5
Pakistan		5.4	Namibia		21.9
Ethiopia		4.8	Niger		19.6
Kenya		4.4	Thailand		16.2
Somalia		4.0	Philippines		12.6
Brazil		3.7	Burkina Faso		12.1
Mexico		3.7	China P Rep		11.9

# Approches fondées sur les catastrophes passées

Country	Disaster distribution	No. Victims (millions)	Country	Disaster distribution	Victims/pop. (%)
China, P. Rep.		64.96	Bosnia-Herzegovina		25.84
Brazil		27.62	Serbia		22.37
Philippines		13.27	Burkina Faso		21.78
India		5.66	Sri Lanka		13.75
Burkina Faso		4.00	Brazil		13.63
Sri Lanka		3.01	Philippines		13.36
Bangladesh		2.81	Honduras		11.10
Pakistan		2.47	Guatemala		9.23
Malaysia		2.43	Nicaragua		9.11
Serbia		1.61	Solomon Isl.		8.53

# Approches fondées sur les catastrophes passées

Country	Disaster distribution	Damages (US\$ Bn.)	Country	Disaster distribution	% of GDP
China, P. Rep.		28.95	Tonga		7.14
India		23.26	Serbia		4.95
United States		16.78	Bosnia-Herzegovina		2.38
Japan		6.58	Solomon Isl.		2.07
Brazil		5.20	Bulgaria		1.67
Mexico		2.54	India		1.13
Serbia		2.17	Pakistan		0.82
Pakistan		2.02	Bolivia		0.59
United Kingdom		1.47	Philippines		0.37
Indonesia		1.11	Reunion		0.36

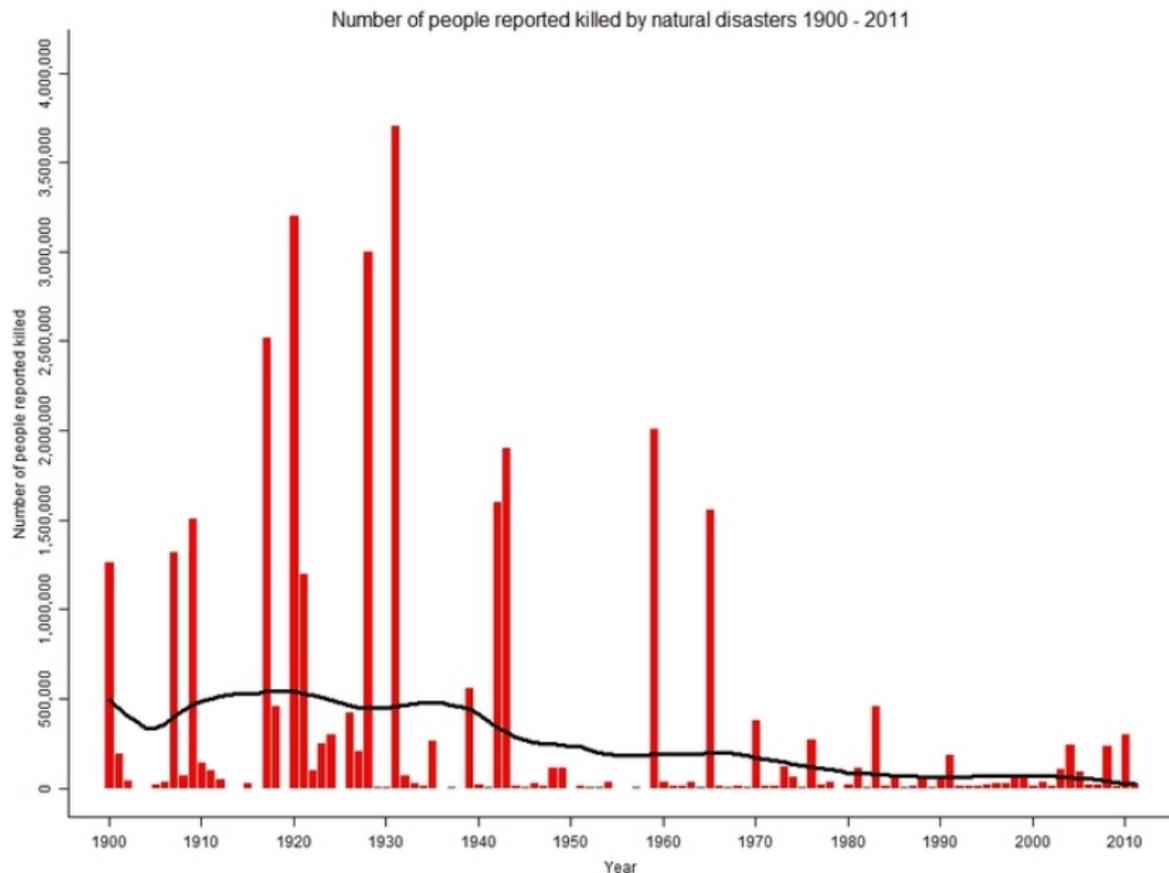
# Approches fondées sur les catastrophes passées

ISO	Country name	Occurrence	Total deat...	Injured	Affected	Homeless	Total affected	Total damage ('000 \$)
HTI	Haiti	74	237827	580838	8709644	210752	9501234	8586620
IDN	Indonesia	302	189512	418326	18362231	1593718	20374275	27730639
BGD	Bangladesh	201	160318	279929	165985452	2984263	169249644	13841800
MMR	Myanmar	35	139501	20562	3977457	135508	4133527	4709113
CHN	China P Rep	637	139415	1411216	2817962143	57860345	2877233704	431402837
IND	India	382	123448	233794	956069242	13931530	970234566	72471763
PAK	Pakistan	141	89727	142399	65696779	8253190	74092368	27113814
IRN	Iran Islam Rep	125	73301	145736	41381813	329510	41857059	19978696
RUS	Russia	155	61579	15755	4594599	94824	4705178	11295176
PHL	Philippines	368	37630	185700	152520659	2517020	155223379	21046099
LKA	Sri Lanka	63	37214	23345	13689300	3480065	17192710	2323630
VEN	Venezuela	36	30587	4325	778249	174858	957432	3578500
JPN	Japan	154	28023	174404	2970744	308263	3453411	426417100
SOM	Somalia	65	26596	315	14262887	476200	14739402	100020
NGA	Nigeria	96	22784	1883	9658318	569802	10230003	614422
FRA	France	104	21530	590	4095647	1066	4097303	35342200
ITA	Italy	76	21025	2063	112604	136219	250886	57489463
TUR	Turkey	90	31034	67614	4048343	1002551	6105517	26317300
		<b>9477</b>	<b>1798259</b>	<b>5892025</b>	<b>5023843509</b>	<b>111459538</b>	<b>5141195072</b>	<b>2476921937</b>

# Approches fondées sur les catastrophes passées

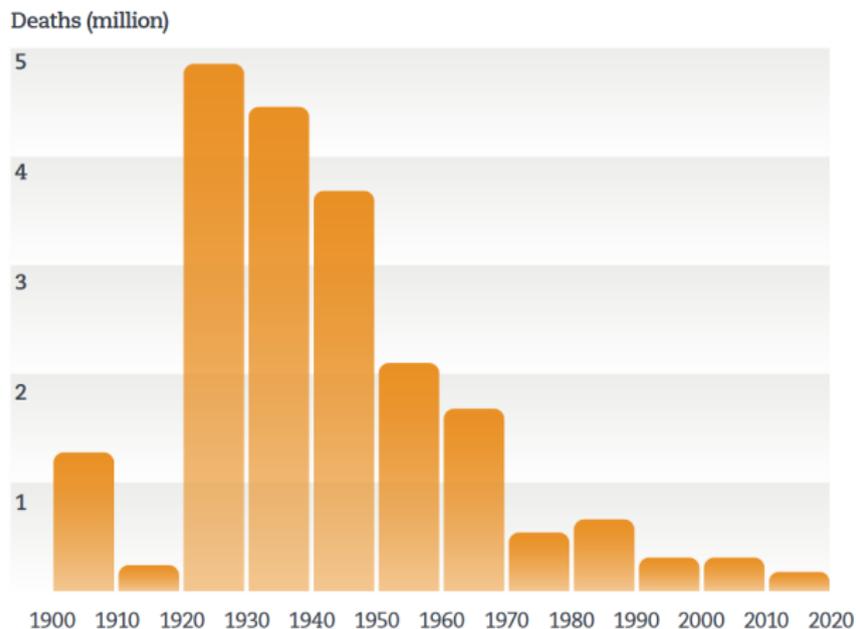
ISO	Country name	Occurrence	Total deaths	Injured	Affected	Homeless	Total affected	Total damage ('000 \$..)
USA	United States	622	9791	20446	26040078	437634	26498158	706762840
CHN	China P Rep	637	139415	1411216	2817962143	57860345	2877233704	431402837
JPN	Japan	154	28023	174404	2970744	308263	3453411	426417100
IND	India	382	123448	233794	956069242	13931530	970234566	72471763
ITA	Italy	76	21025	2063	112604	136219	250886	57489463
DEU	Germany	70	9691	767	575259	0	576026	54402130
THA	Thailand	112	11714	10096	81605107	273478	81888681	46213101
MEX	Mexico	173	4546	3154	14159839	709685	14872678	38115610
FRA	France	104	21530	590	4095647	1066	4097303	35342200
AUS	Australia	139	937	4099	16002114	17231	16023444	35246147
GBR	United Kingdom	71	1405	60	672899	30000	702959	33290180
CHL	Chile	64	1251	11546	3631927	953080	4596553	32991060
IDN	Indonesia	302	189512	418326	18362231	1593718	20374275	27730639
PAK	Pakistan	141	89727	142399	65696779	8253190	74092368	27113814
TUR	Turkey	90	21024	63614	4948242	1093561	6105417	26717300
NZL	New Zealand	33	195	1558	625302	700	627560	26245100
PRK	Korea Dem P Rep	33	1856	2737	14772262	1282227	16057226	23653310
BLU	Blue	9477	1798259	5892025	5023843509	111459538	5141195072	2476921937

# Approches fondées sur les catastrophes passées



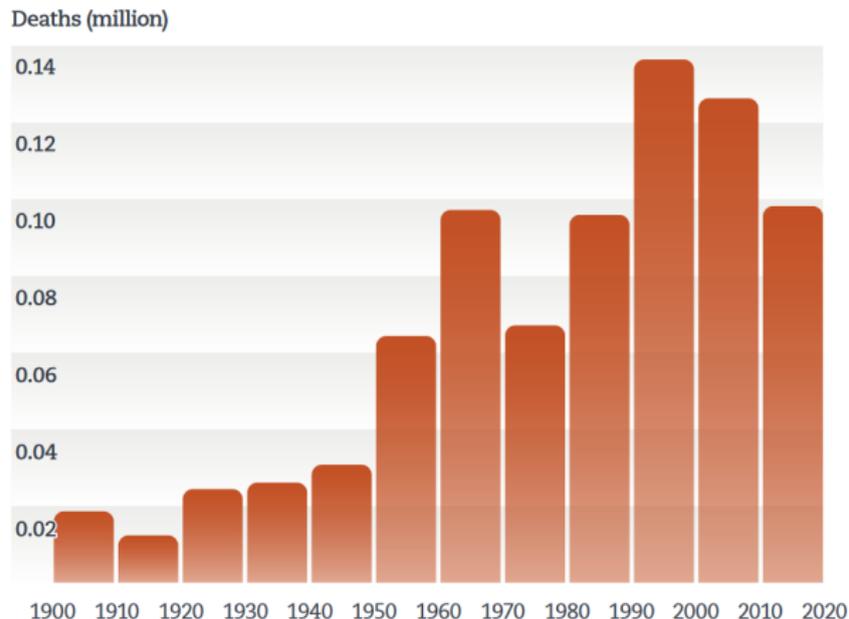
# Approches fondées sur les catastrophes passées

Figure A. Total deaths per decade (1900-2020)



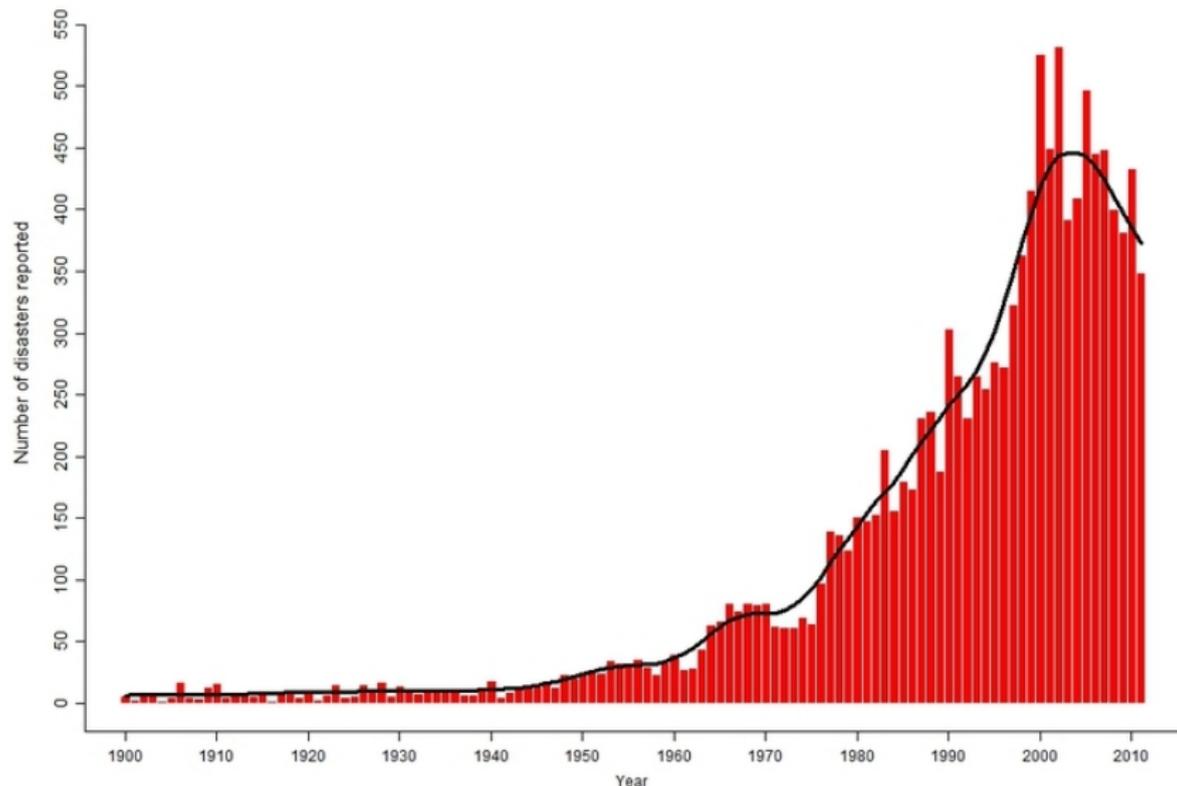
# Approches fondées sur les catastrophes passées

**Figure B. Total deaths per decade (1900-2020)  
– excluding top-50**

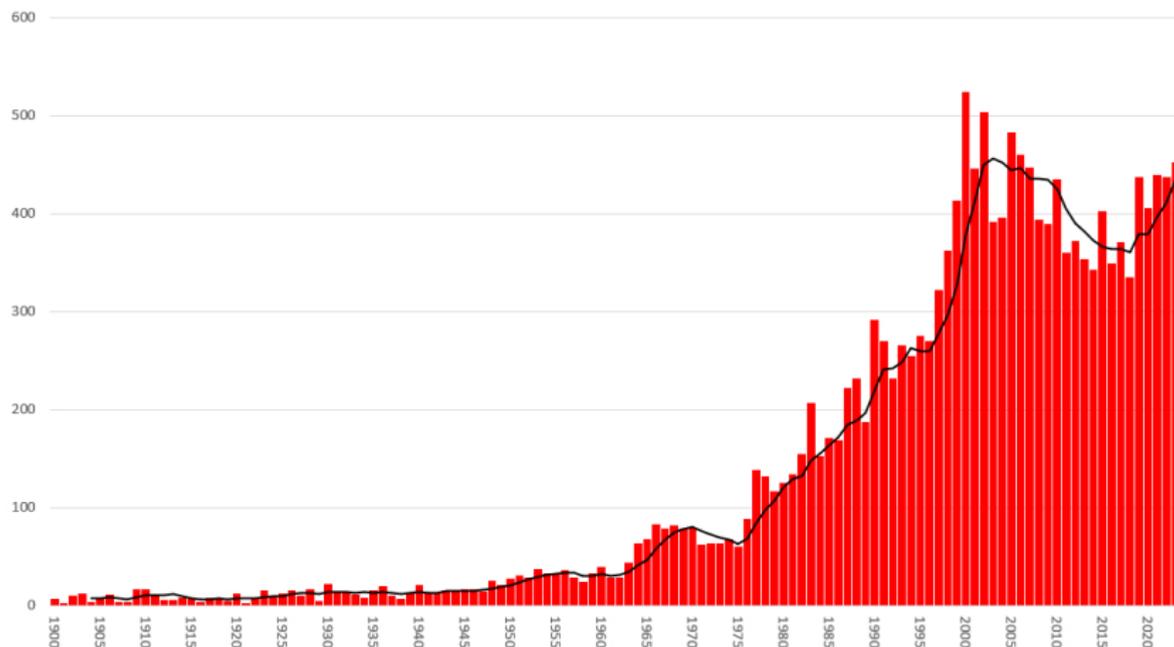


# Approches fondées sur les catastrophes passées

Natural disasters reported 1900 - 2011

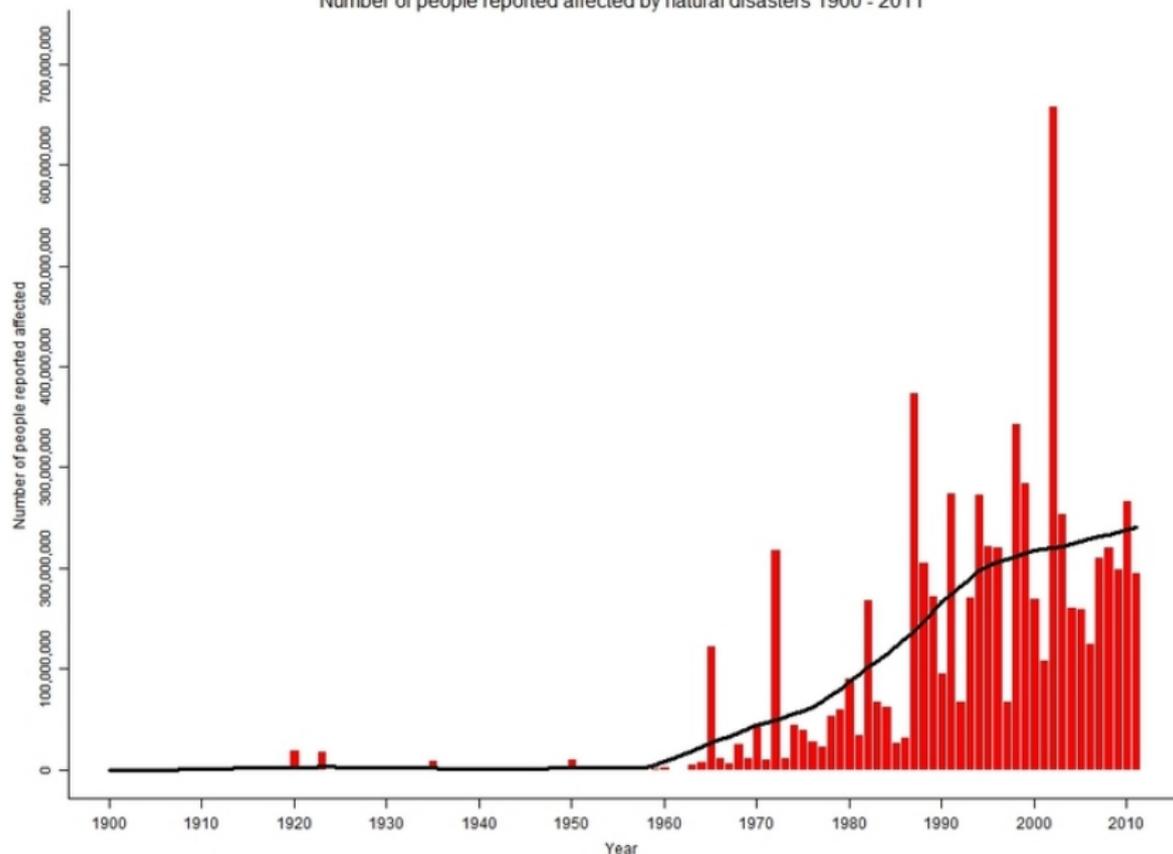


# Approches fondées sur les catastrophes passées



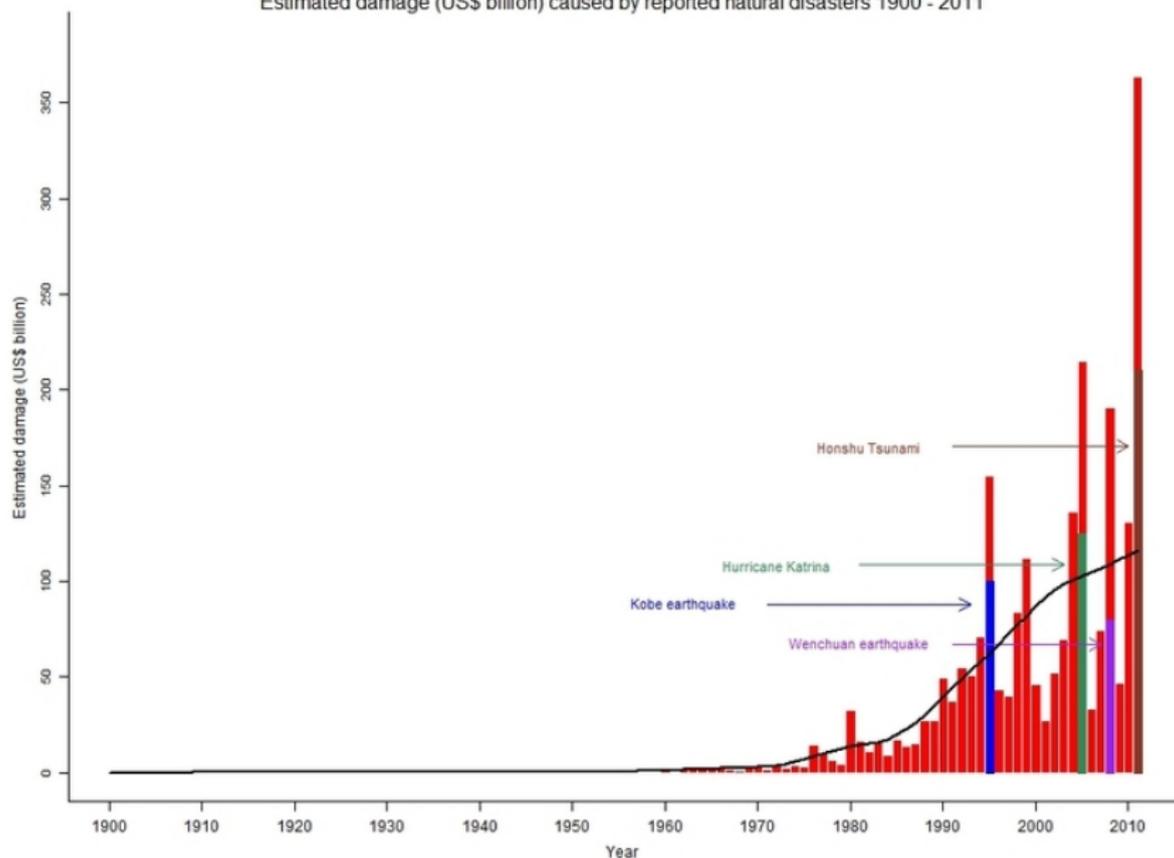
# Approches fondées sur les catastrophes passées

Number of people reported affected by natural disasters 1900 - 2011

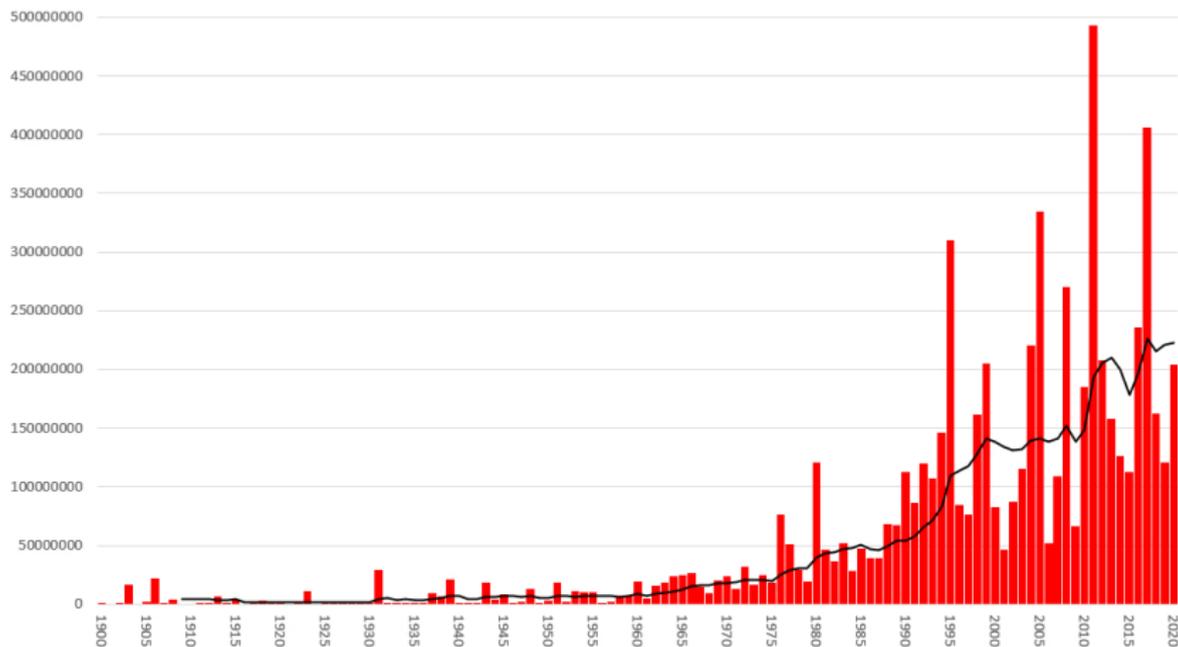


# Approches fondées sur les catastrophes passées

Estimated damage (US\$ billion) caused by reported natural disasters 1900 - 2011

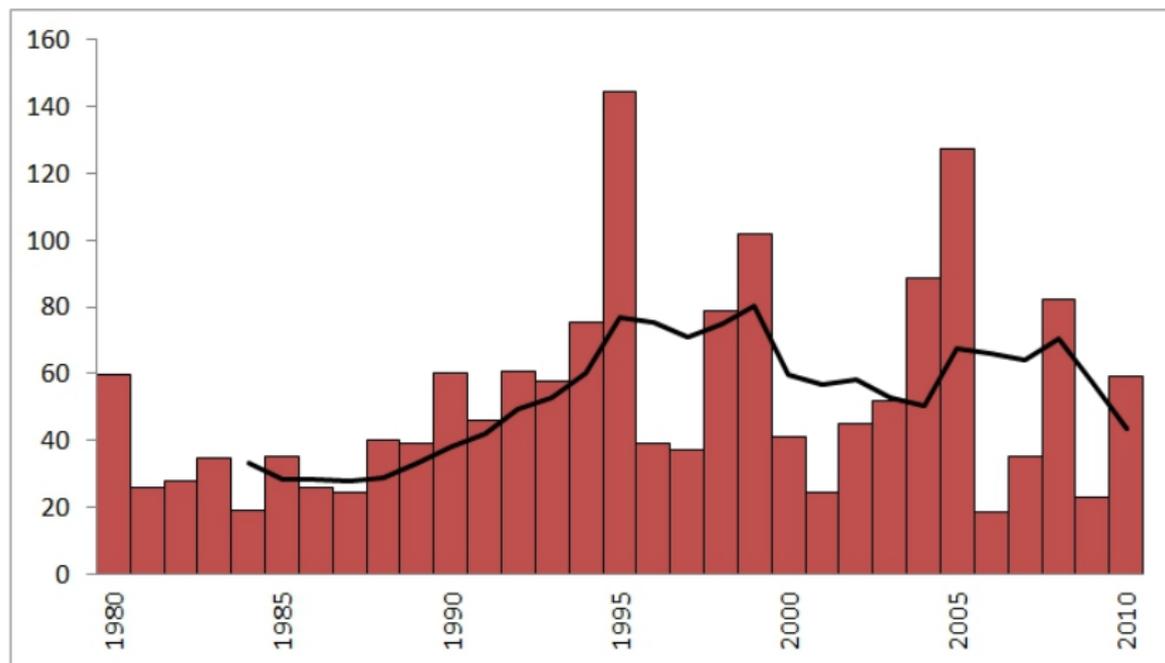


# Approches fondées sur les catastrophes passées



# Approches fondées sur les catastrophes passées

Le coût économique des catastrophes en rapport avec l'augmentation du PIB



# La sûreté de fonctionnement

La sûreté de fonctionnement est une riche palette de méthodes et de concepts au service de la maîtrise des risques.

La sûreté de fonctionnement n'est pas un but en soi, mais un moyen ou un ensemble de moyens : des démarches, des méthodes, des outils et un vocabulaire.

L'objectif de ces méthodes n'est pas d'aboutir à un risque zéro, mais plutôt de prendre des décisions en toute connaissance de cause et justifiées. La sûreté de fonctionnement n'est que du bon sens organisé et systématisé.

Pour cela, les méthodes font le choix de ne pas chercher à reproduire le fonctionnement des systèmes complexes étudiés, mais de reproduire les interactions entre les différents composants.

L'intérêt est alors de limiter le nombre d'équations complexes à résoudre, pour se centrer sur la création de scénarios dommageables. Ainsi, la sûreté de fonctionnement tend à « tout prévoir » et à prendre en considération toute information accessible.

# La sûreté de fonctionnement

Qualitative

AMDE

Ou

Quantitative

AMDEC

Déductive

Arbre d'événements

Ou

Inductive

Arbre de défaillance

Statique

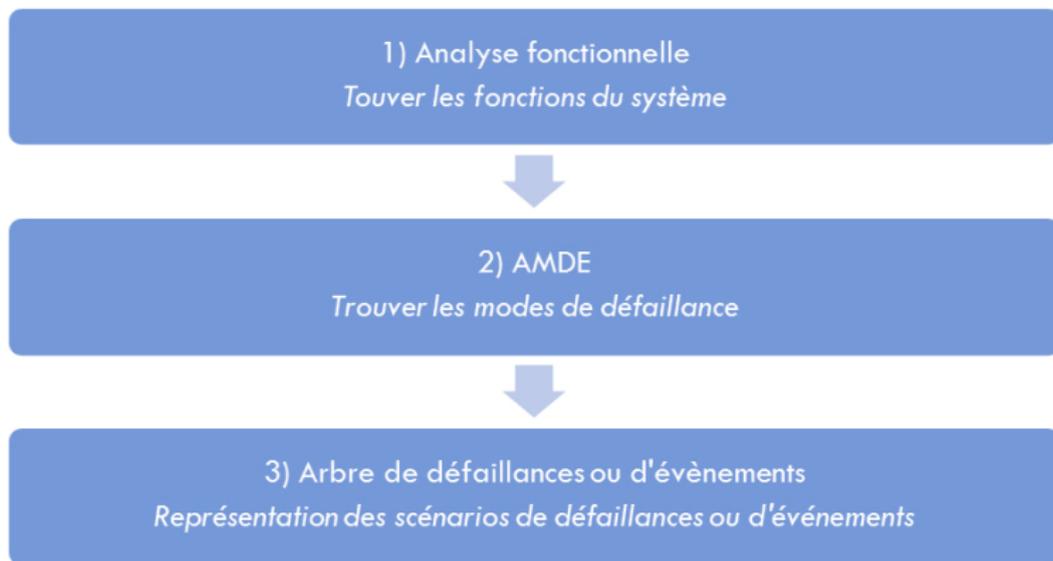
Nœud de papillon

Ou

Dynamique

Réseau de Pétri

# La sûreté de fonctionnement



# La sûreté de fonctionnement

Réseau	Composant	Fonction	Défaillance	Causes	Effets
Energie	Ligne MT enterré	<b>Assurer la continuité du service (1)</b> Assurer le transport d'électricité	<b>La fonction</b>	Rupture de la ligne Endommagement de la ligne	Perturbation alimentation interruption alimentation
		<b>Résister aux flux hydrauliques (2)</b> Limiter les flux d'infiltration provenant de la galerie	<b>La fonction</b>	court-circuit ennoiemet de la ligne problème étanchéité	court-circuit
		<b>Résister aux sollicitations mécaniques (3)</b> Résister aux pressions mécaniques des autres réseaux de la galerie Résister aux pressions mécaniques du réseau de transport	<b>La fonction</b>	déformation d'une canalisation voisine déformation de la chaussée	Rupture de la ligne Endommagement de la ligne
	Ligne BT enterré	<b>Assurer la continuité du service (4)</b> Assurer la distribution d'électricité	<b>La fonction</b>	Rupture de la ligne Endommagement de la ligne	Perturbation alimentation interruption alimentation
		<b>Résister aux flux hydrauliques (5)</b> Limiter les flux d'infiltration provenant de la galerie	<b>La fonction</b>	court-circuit ennoiemet de la ligne problème étanchéité	court-circuit
		<b>Résister aux sollicitations mécaniques (6)</b> Résister aux pressions mécaniques des autres réseaux de la galerie Résister aux pressions mécaniques du réseau de transport	<b>La fonction</b>	déformation d'une canalisation voisine déformation de la chaussée	Rupture de la ligne Endommagement de la ligne
		<b>Permettre le bon fonctionnement des autres composants urbains (7)</b> Fournir l'énergie aux autres composants urbains	<b>La fonction</b>	Perturbation alimentation interruption alimentation	Perturbation vie des usagers Perturbation activité économique Perturbation des autres réseaux

# La sûreté de fonctionnement

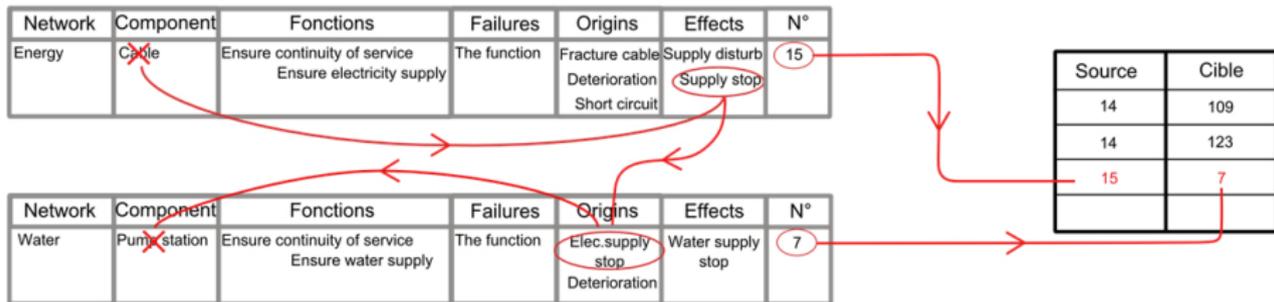
AMDE

Network	Component	Fonctions	Failures	Origins	Effects	N°
Energy	<del>Cable</del>	Ensure continuity of service Ensure electricity supply	The function	Fracture cable Deterioration Short circuit	Supply disturb Supply stop	15

Network	Component	Fonctions	Failures	Origins	Effects	N°
Water	<del>Pump station</del>	Ensure continuity of service Ensure water supply	The function	Elec.supply stop Deterioration	Water supply stop	7

Base de données

Source	Cible
14	109
14	123
15	7



# La sûreté de fonctionnement

