

# **Analyse et gestion de risque**

*Risk Analysis and Management*

## **Semaine 7: Gestion intégrée des risques II**

# Contenu

## 1. Introduction

- Coût des catastrophes en Suisse et dans le monde

## 2. Structure des coûts des accidents

## 3. Etudes de cas

- Coût des avalanches à Davos
- Coût du réchauffement climatique
- Coût de la pandémie Covid-19

## 4. Les assurances

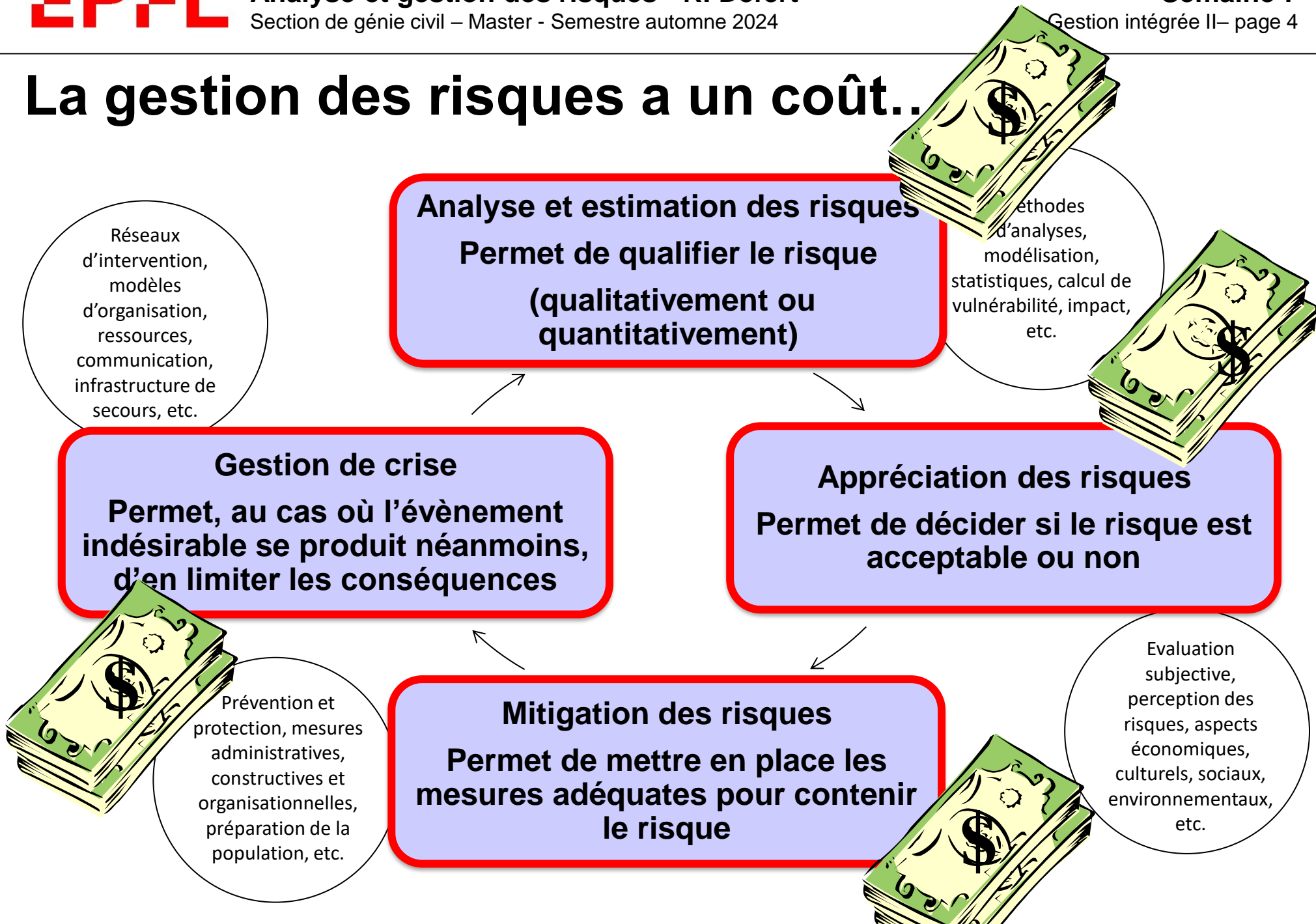
## 5. Coût de la vie humaine

- Définitions, exemples
- Méthode du coût par vie épargnée

## 6. Conclusion

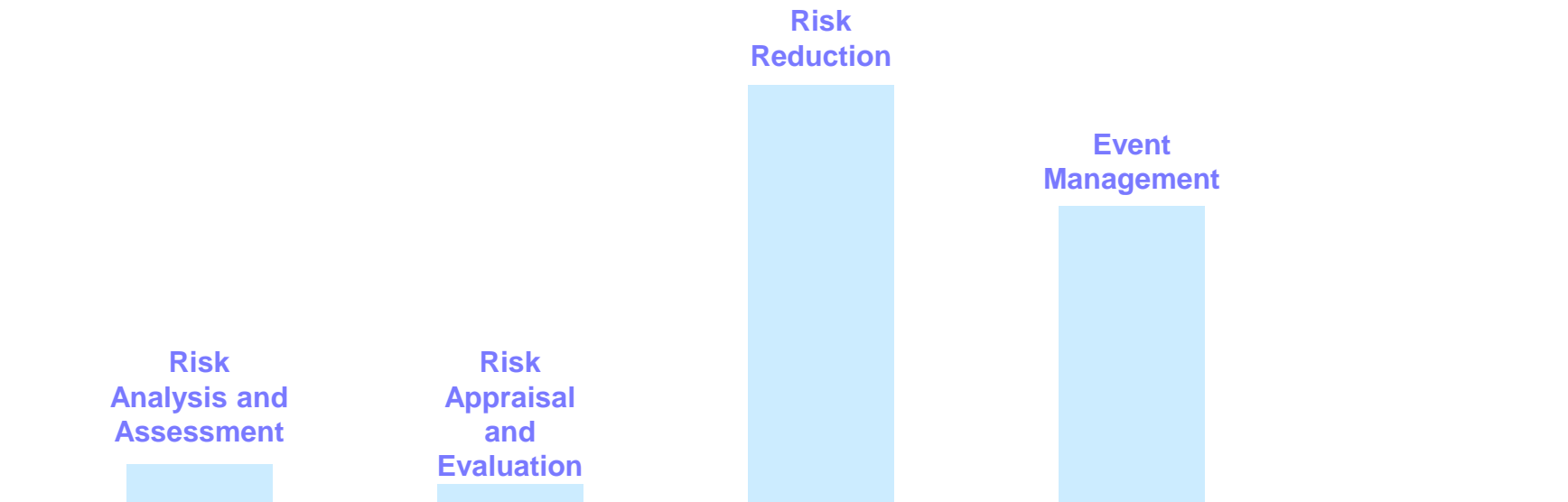
# 1. INTRODUCTION

# La gestion des risques a un coût..



# Répartition des coûts dans le cycle de vie de la gestion intégrée

- Il n'existe pas à notre connaissance d'étude complète montrant les dépenses selon les quatre catégories de la figure précédente.
- Une estimation<sup>1)</sup> serait schématiquement la suivante:

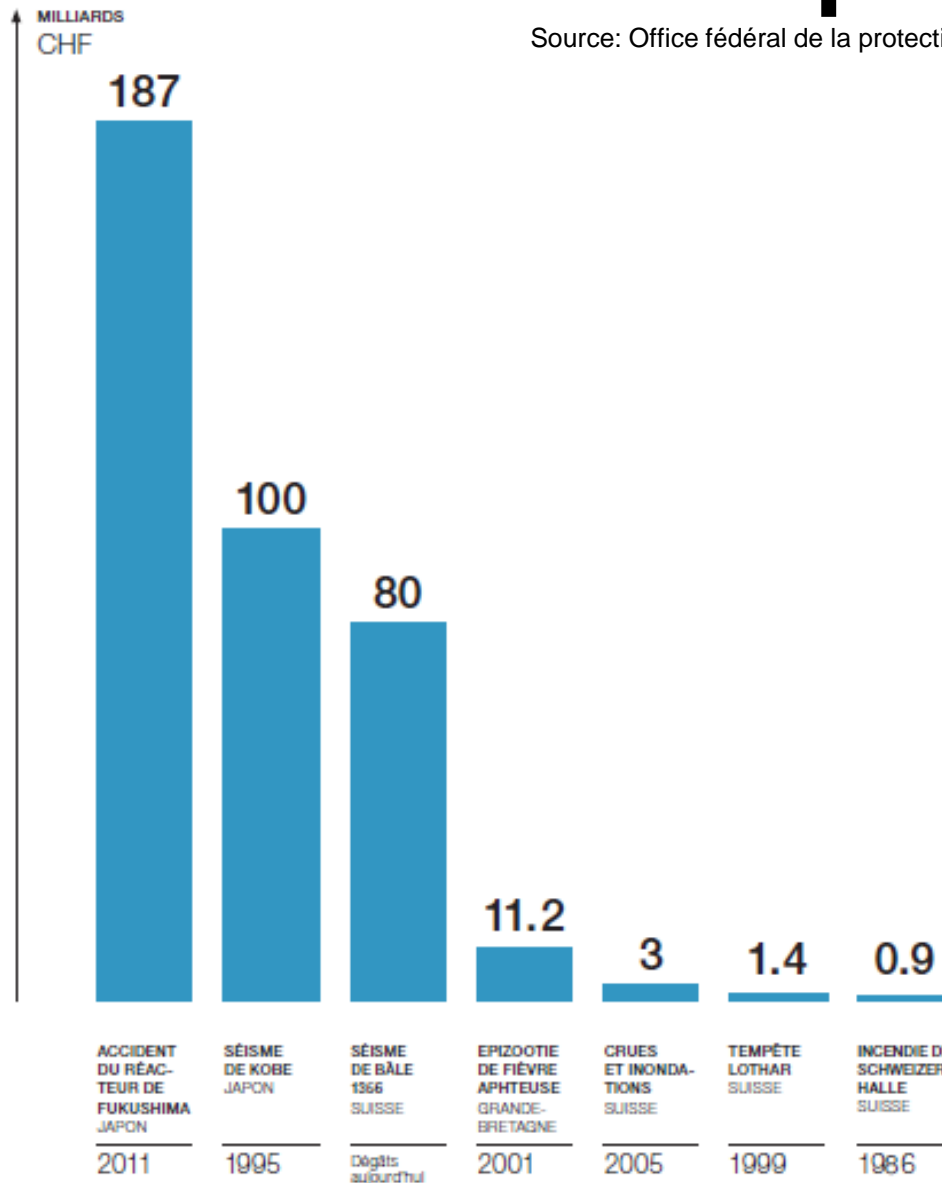


<sup>1)</sup> L. Vulliet

LE COÛT DES CATASTROPHES  
MONTANTS ESTIMÉS DES DOMMAGES

# Exemples de coûts

Source: Office fédéral de la protection de la population (OFPP), 2015



# COÛT DES RISQUES MAJEURS EN SUISSE

## IMPRESSUM

### Éditeur

Office fédéral de la protection de la population OFPP  
Guisanplatz 1B, CH3003 Berne

### Rédaction et conception

EBP Schweiz AG  
[www.ebp-kommunikation.ch](http://www.ebp-kommunikation.ch)

### Impression, tirage

Office fédéral des constructions et de la logistique,  
Division Production  
500 exemplaires

Les rapports et autres dossiers sont disponibles  
sous le lien suivant : [www.riskch.ch](http://www.riskch.ch)

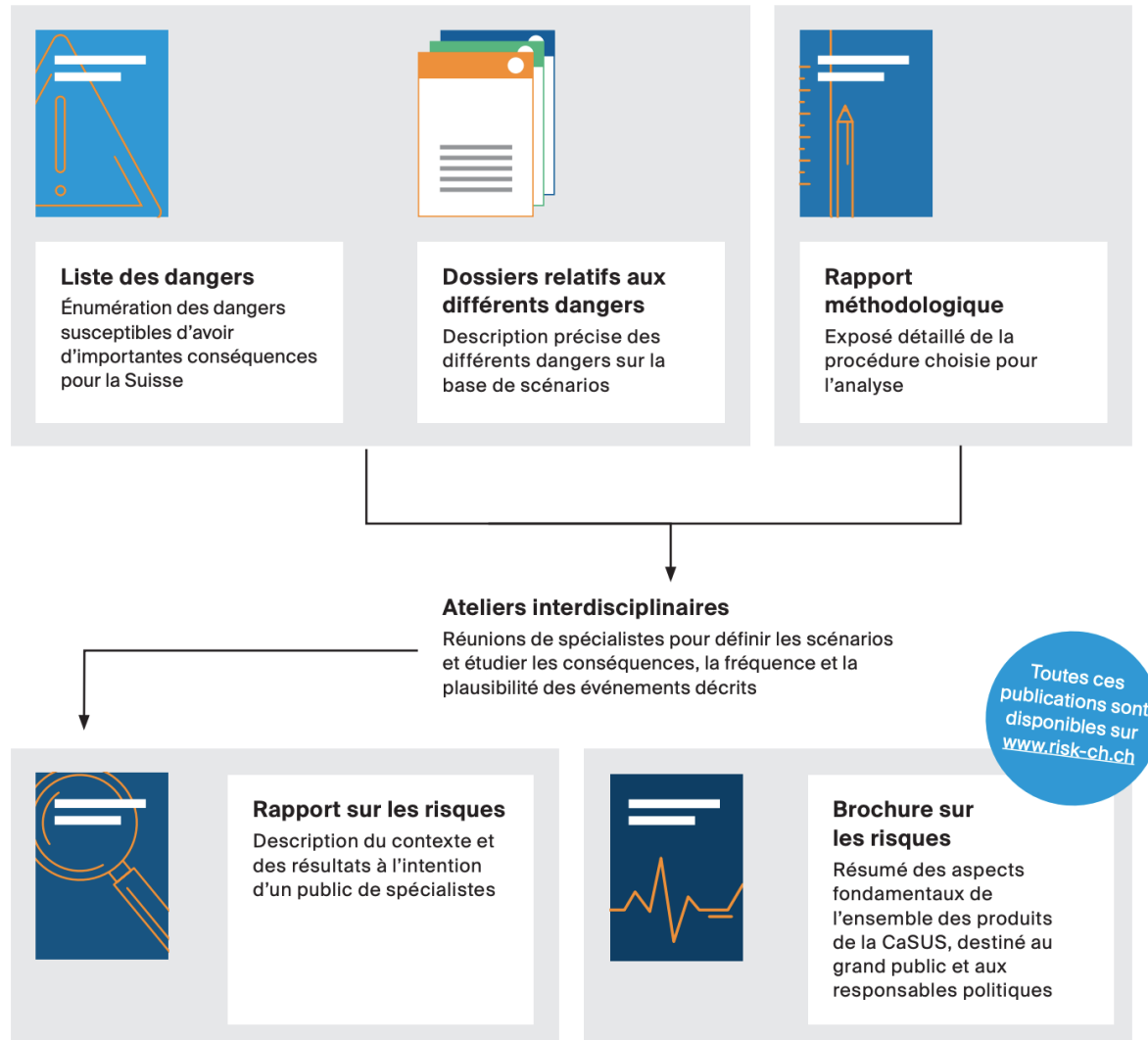
Novembre 2020

### Proposition de citation

Office fédéral de la protection de la population (OFPP) (2020) :  
À quels risques la Suisse est-elle exposée ?  
Catastrophes et situations d'urgence en Suisse 2020.  
OFPP, Berne.



# Les produits de l'analyse nationale des risques



L'analyse est focalisée sur les événements et les dangers concernant la protection de la population et la gestion des catastrophes. Les risques du quotidien (p.ex. accidents sportifs ou domestiques), les crises financières, les risques liés à l'espionnage ou au crime organisé ne sont pas traités par cette analyse

# CATASTROPHES ET SITUATIONS D'URGENCE EN SUISSE 2020

## Scénarios: **Domaine Nature (1/2)**

### Dangers naturels hydrologiques / météorologiques



#### **Intempéries**

Grave orage touchant plusieurs régions, accompagné de fortes pluies, de foudre et de grêle



#### **Vague de froid**

Températures moyennes de  $-10\text{ °C}$  pendant plusieurs semaines



#### **Grêle**

Dommages dus à la grêle sur une surface de  $100\text{ km}^2$



#### **Canicule**

Températures moyennes  $> 35\text{ °C}$  pendant plusieurs semaines



#### **Forte chute de neige**

70 à 80 cm de neige fraîche sur le Plateau



#### **Sécheresse**

Sécheresse dans tout le pays durant plusieurs mois



#### **Tempête**

Forte tempête avec des vents atteignant une vitesse de  $140\text{ km/h}$  sur un vaste périmètre pendant plusieurs jours



#### **Incendie de forêt**

Incendie détruisant plusieurs kilomètres carrés de forêt, dont une partie de forêt protectrice

### Dangers naturels gravitationnels



#### **Crue**

Crue tricentennale affectant plusieurs cours d'eau



#### **Avalanches**

Nombreuses avalanches pendant plusieurs semaines dans les Alpes suite à de fortes chutes de neige

# CATASTROPHES ET SITUATIONS D'URGENCE EN SUISSE 2020

## Scénarios: **Domaine Nature (2/2)**

### Dangers naturels sismiques et volcanologiques

**Tremblement de terre**

Fort tremblement de terre ayant des effets dévastateurs

**Éruption volcanique à l'étranger**

Éruption volcanique perturbant le trafic aérien pendant plusieurs semaines

### Dissémination d'organismes dommageables

**Dissémination d'espèces invasives**

Dissémination à grande échelle d'une espèce de plante invasive ayant un potentiel de dommage élevé

### Autres dangers naturels

**Chute de météorite**

Explosion d'une météorite au-dessus d'une zone habitée

**Tempête solaire**

Tempête solaire causant une défaillance partielle de réseaux de communication et de l'approvisionnement électrique

# CATASTROPHES ET SITUATIONS D'URGENCE EN SUISSE 2020

## Scénarios: **Domaine Technique (1/2)**

### Accidents de transport de personnes

**Chute d'aéronef**

Chute d'un avion de passagers complètement rempli sur une zone habitée

### Accidents de transport de marchandise dangereuses

**Accident de transport ferroviaire de marchandises dangereuses**

Dissémination d'une grande quantité de chlore gazeux dans une zone habitée

**Accident de transport routier de marchandises dangereuses**

Dissémination d'une grande quantité de gaz toxiques dans une zone habitée

### Accidents dans des installations de production, de distribution et de stockage

**Accident dans une installation B**

Dissémination d'agents pathogènes dangereux hors d'un laboratoire

**Accident dans une centrale nucléaire**

Panne accompagnée d'une libération de radioactivité non filtrée

**Accident dans une installation C**

Dissémination de substances chimiques en quantités dangereuses

**Accident dans un ouvrage d'accumulation**

Inondation d'une zone habitée située en aval d'un ouvrage d'accumulation

# CATASTROPHES ET SITUATIONS D'URGENCE EN SUISSE 2020

## Scénarios: **Domaine Technique (2/2)**

### Pannes et perturbations d'infrastructures critiques



#### Défaillance d'approvisionnement en gaz naturel

Panne d'une conduite centrale à haute pression avec pénuries de courte durée



#### Panne dans un centre de calcul

Pannes affectant plusieurs fournisseurs et se répercutant sur des secteurs critiques



#### Défaillance d'approvisionnement en pétrole

Réduction de 15 % de l'approvisionnement en produits pétroliers pendant plusieurs mois



#### Panne d'un réseau de téléphonie mobile

Panne du réseau de téléphonie mobile d'un opérateur durant 3 jours



#### Panne d'électricité

Panne d'électricité régionale à grande échelle pendant plusieurs jours



#### Entrave à la navigation

Inaccessibilité des ports suisses sur le Rhin pendant plusieurs semaines



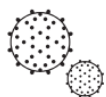
#### Pénurie d'électricité

Baisse de 30 % de l'approvisionnement électrique durant plusieurs mois en hiver

# CATASTROPHES ET SITUATIONS D'URGENCE EN SUISSE 2020

## Scénarios: **Domaine Société (1/2)**

### Maladies humaines et animales



#### **Pandémie de grippe**

25 % de la population est contaminée par un nouveau virus de grippe



#### **Épizootie**

Épizootie à l'échelle nationale avec un taux de mortalité élevé des animaux concernés

### Terrorisme



#### **Attentat conventionnel**

Attentat à l'aide de plusieurs engins explosifs sur un site très fréquenté



#### **Attentat au moyen de toxiques chimiques de combat**

Attentat au sarin dans un aéroport



#### **Attentat au moyen d'une bombe sale**

Attentat dans une ville au moyen d'une bombe radiologique



#### **Attentat au moyen de produits chimiques**

Attentat au moyen d'acide cyanhydrique dans un supermarché



#### **Attentat au moyen de virus**

Attentat avec des virus de la variole lors d'une foire commerciale



#### **Attentat contre un transport ferroviaire de marchandises dangereuses**

Libération de substances toxiques en grande quantité dans une zone habitée



#### **Attentat au moyen de bactéries**

Découverte d'une lettre contenant des spores pathogènes du bacille du charbon dans un centre de distribution du courrier



#### **Attentat contre un transport nucléaire**

Dissémination de substances hautement radioactives dans l'environnement après un attentat

# CATASTROPHES ET SITUATIONS D'URGENCE EN SUISSE 2020

## Scénarios: **Domaine Société (2/2)**



**Attentat au moyen de toxines**  
Empoisonnement à la ricine de participants à un congrès

### Cybermenaces



**Cyberattaque**  
Attaques ciblées sur les infrastructures critiques et vol de données

### Autres dangers



**Afflux de personnes en quête de protection**  
Afflux de plusieurs dizaines de milliers de réfugiés en quelques mois



**Troubles**  
Émeutes dans différentes villes pendant plusieurs semaines



**Conflit armé**  
Attaque armée de portée limitée contre la Suisse

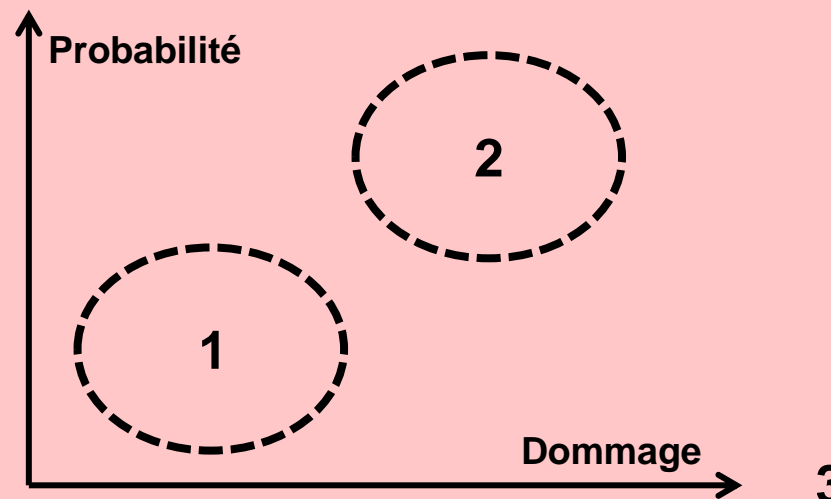
La frontière entre la paix et la guerre est de plus en plus floue. Les conflits modernes se caractérisent par des formes d'attaques hybrides, c'est-à-dire une combinaison de différents types d'attaques utilisés secrètement ou ouvertement. C'est pourquoi divers autres scénarios, tels que les cyberattaques, les attentats conventionnels ou NBC, peuvent s'inscrire dans un conflit armé. Les conflits armés se multiplient aux portes de l'Europe. L'impact d'une attaque directe sur la Suisse serait énorme. En raison des changements intervenus dans la gestion des conflits, il est difficile d'évaluer la plausibilité de ce scénario. En effet, la plausibilité et les conséquences d'une attaque directe contre la Suisse ne peuvent pas être déduites de manière fiable des expériences et des données concernant les conflits à l'étranger. Pour cette raison, la plausibilité d'un conflit armé n'apparaît pas dans le diagramme des risques.

## Exercice 7.10

### Catastrophes et situations d'urgence en Suisse.

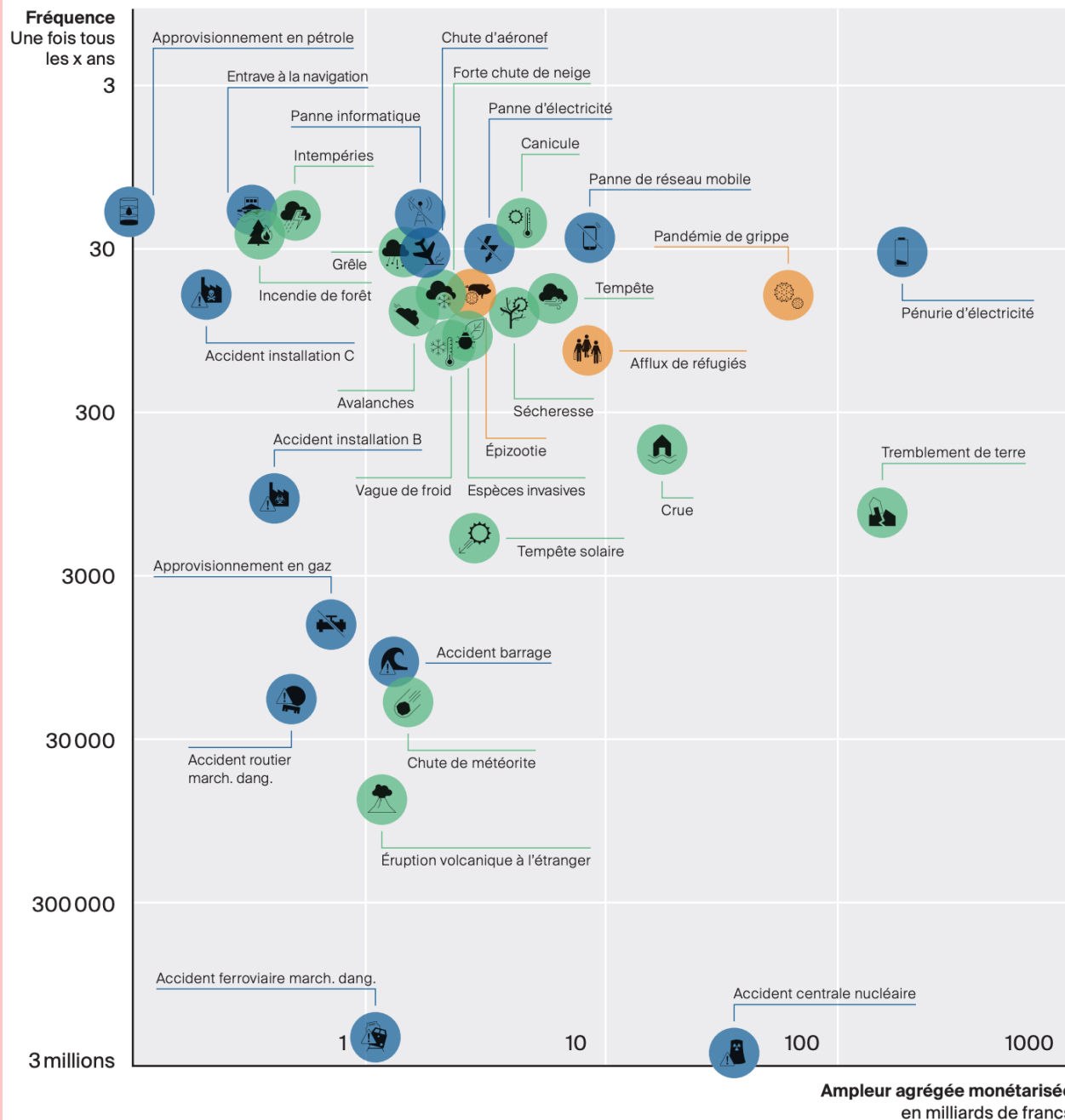
Sur la base des scénarios présentés dans les trois tableaux précédents, évaluer :

1. Les 6 scénarios dont la probabilité d'occurrence ET les dommages sont les plus **faibles**
2. Les 6 scénarios dont la probabilité d'occurrence ET les dommages sont les plus **forts**
3. L'ordre de grandeur des **coûts** des dommages pour ces deux catégories



# Solution de l'exercice 7.10 selon OFPP

## Dommages et fréquence



# Solution de l'exercice 7.10 selon OFPP

## Dommages et plausibilité



Source: Office fédéral de la protection de la population (OFPP) (2020) : À quels risques la Suisse est-elle exposée ? Catastrophes et situations d'urgence en Suisse 2020. OFPP, Berne.

# Une bonne source de données: les sociétés de réassurance

Exemple: SwissRe (Zurich)  
<http://www.swissre.com/>  
Chaque année, publication d'un  
rapport complet et mondial



# Définition de «catastrophe» selon Swiss Re

For the 2020 reporting year, the lower loss thresholds were set as follows:

## Thresholds for insured losses and casualties in 2020

### Insured losses (threshold in USD m)

Maritime disasters	21.5
Aviation	42.9
Other losses	53.3

or Total economic losses (threshold in USD m) 106.7

### or Casualties

Dead or missing	20
Injured	50
Homeless	2 000

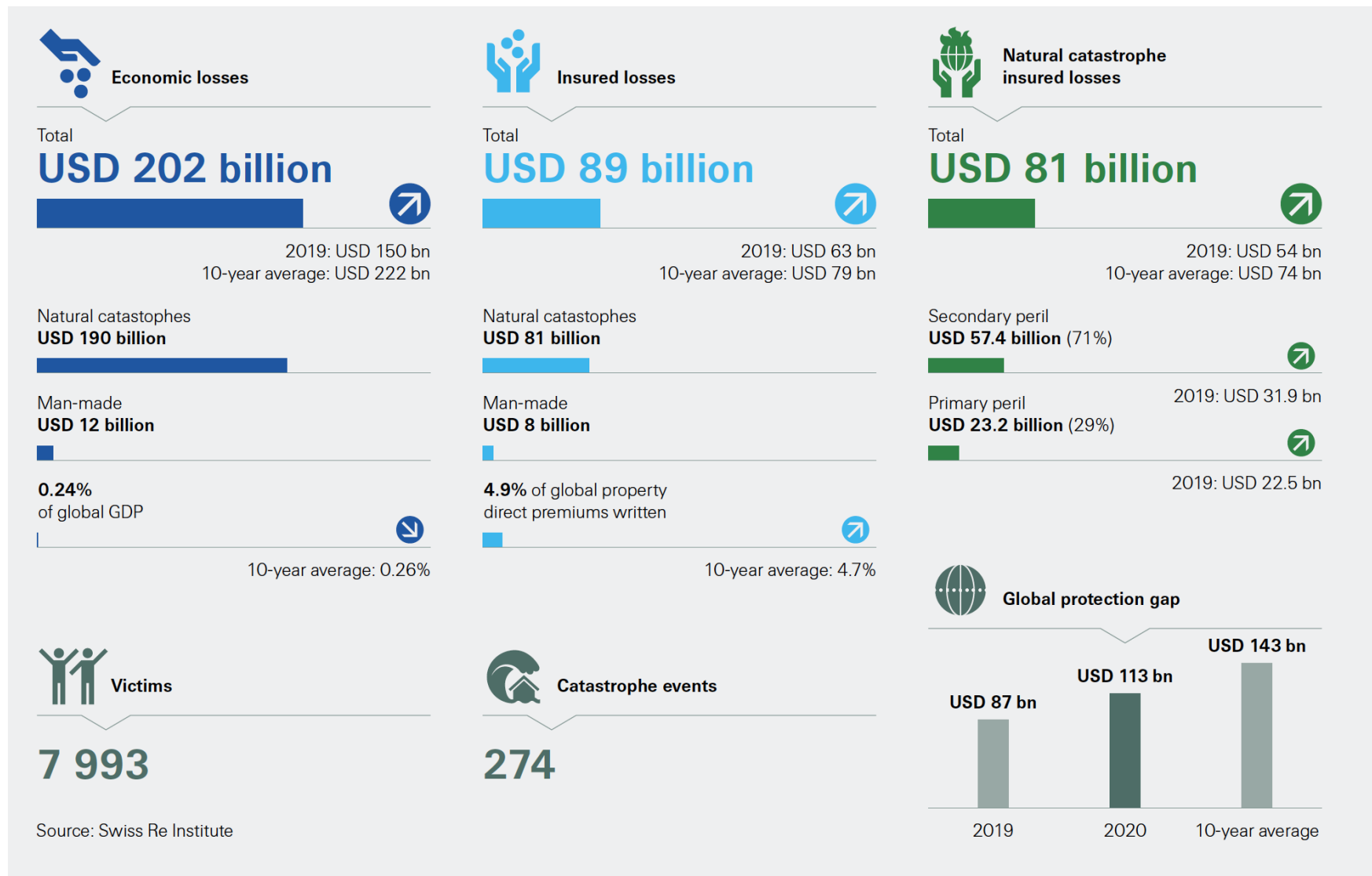
# Une parenthèse explicative: Billions etc...

- La terminologie étant différente en français et en anglais, voici un petit tableau explicatif

Termes français (en référence à l'échelle longue)	Liens	English terms (in reference to the short scale)
<b>million</b> (1 000 000) (10 puissance 6)	ex/nb	<b>million</b> (1,000,000) (10 to the power of 6) (10 to the power 6)
<b>milliard</b> (1 000 000 000) (mille millions) (10 puissance 9)	ex/nb	<b>billion</b> (1,000,000,000) (one thousand million) (10 to the power of 9) (10 to the power 9)
<b>billion</b> (1 000 000 000 000) (un million de millions) (mille milliards) (10 puissance 12)	ex/nb	<b>trillion</b> (1,000,000,000,000) (one million million) (one thousand billion) (10 to the power of 12) (10 to the power 12)
<b>billiard</b> (1 000 000 000 000 000) (un million de milliards) (10 puissance 15)	ex/nb	<b>quadrillion</b> (1,000,000,000,000,000) (one million billion) (10 to the power of 15) (10 to the power 15)
<b>trillion</b> (1 000 000 000 000 000 000) (un milliard de milliards) (10 puissance 18)	ex/nb	<b>quintillion</b> (1,000,000,000,000,000,000) (one billion billion) (10 to the power of 18) (10 to the power 18)

Source: <https://anglais-pratique.fr/index.php/rubriques/faux-amis/72-milliard-billion-trillion>

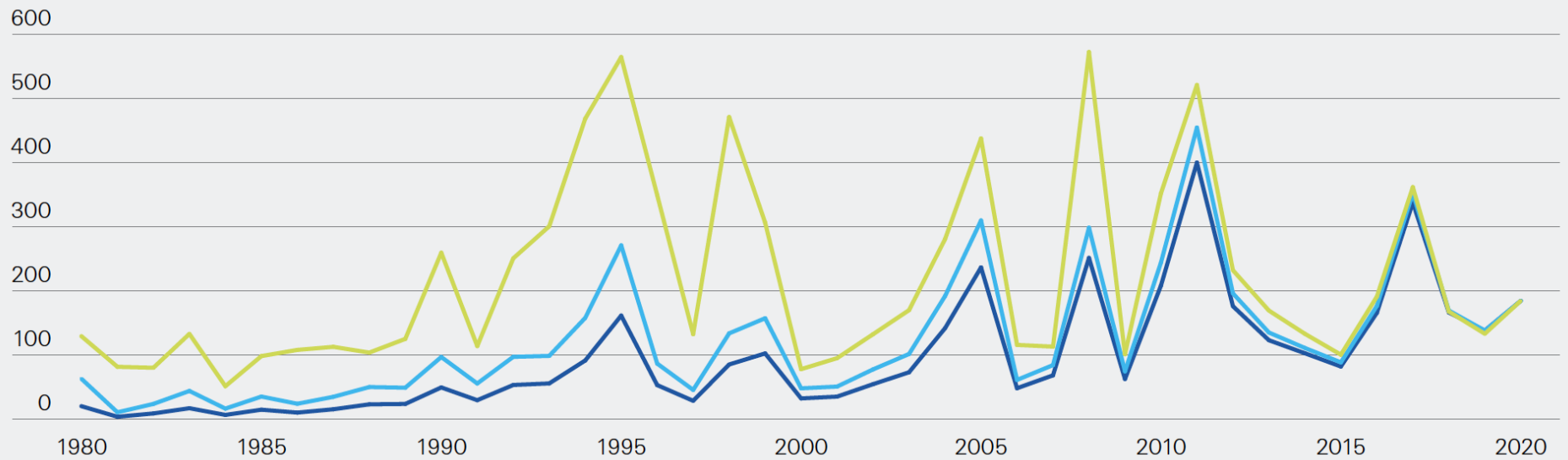
# 2020 in a nutshell



# Economic losses from natural catastrophes

## Uninflated, inflated (2020 prices) and normalised economic losses from natural catastrophes, USD billion

The annual growth rate of normalised losses from natural catastrophes on a 10-year moving average basis between 1970 and 2020 was 1.3%. Normalisation adjusts to show that an event in the past, if it were to occur in today's world of higher levels of asset values, would cause more damage. This is due to the accumulation of human and economic value (physical assets) in the intervening years.



Economic losses: — Uninflated — Inflated — Normalised

Note: normalised by GDP (country real GDP + US inflation); loss-data quality prior to 1990 poor.

Source: Swiss Re Institute

# Total losses 2020: 222 billions US\$

**Table 1**

Economic losses, in USD billion  
and as a % of global GDP, 2020

Regions	in USD bn*	in % of GDP
North America	105	0.46%
Latin America & Caribbean	2	0.05%
Europe	18	0.08%
Africa	1	0.06%
Asia	71	0.22%
Oceania/Australia	5	0.31%
Seas/Space	0	0.00%
<b>Total</b>	<b>202</b>	
World average		0.24%
10-y average**	222	0.26%

\*rounded numbers, \*\*inflation adjusted

Source: Swiss Re Institute.

Note 1: Gross domestic product (GDP) is a monetary measure of the market value of all final goods and services produced in a year

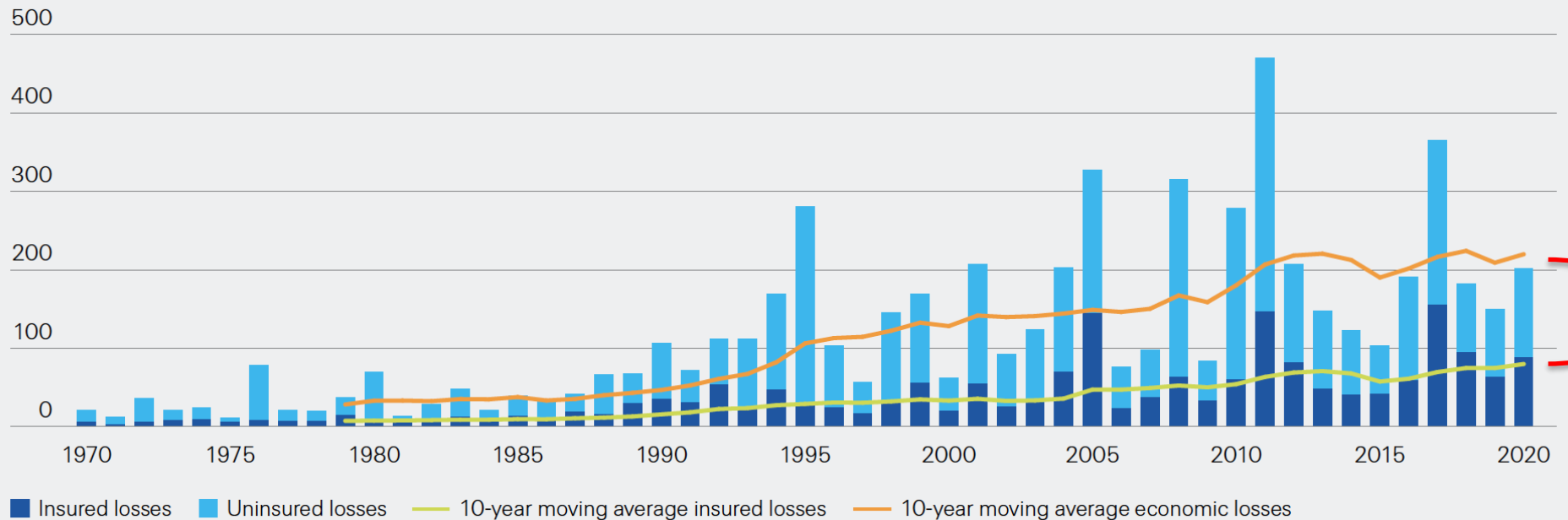
Note 2: Le PIB mondial est estimé à 75 544 milliards de dollars américains en 2016. Soit, pour une population mondiale ayant franchi le cap des 7,442 milliards en 2016, un PIB moyen par habitant de 10 152 \$ par personne (Source: Wikipedia)

Note 3: 1 USD bn = 1 milliard USD

# Insured vs Uninsured Losses

Figure 16

Insured vs uninsured losses, 1970–2020, in USD billion at 2020 prices



Economic losses = insured + uninsured losses

Source: Swiss Re Institute

In 2020, the global protection gap was around USD 113 billion

# Regional loss overview (2020)

Insured and economic losses were highest in North America

**Table 2**

Number of events, victims, economic and insured losses by region, 2020

Region	Number	Victims	in %	in USD bn	Insured losses		Economic losses	
					in %	in USD bn	in %	in USD bn
North America	83	478	6.0%	69.8	78.9%	104.6	51.8%	
Latin America & Caribbean	10	633	7.9%	0.4	0.5%	2.2	1.1%	
Europe	39	336	4.2%	6.0	6.8%	17.9	8.9%	
Africa	37	1 720	21.5%	0.0	0.0%	1.4	0.7%	
Asia	96	4 792	60.0%	8.6	9.8%	70.5	34.9%	
Oceania/Australia	8	34	0.4%	3.6	4.0%	4.9	2.4%	
Seas/Space	1	0	0.0%	0.0	0.0%	0.4	0.2%	
<b>World</b>	<b>274</b>	<b>7 993</b>	<b>100.0%</b>	<b>88.6</b>	<b>100.0%</b>	<b>202.0</b>	<b>100.0%</b>	

Note: some percentages may not add up to 100 due to rounding.

Source: Swiss Re Institute

# Major losses in 2017

	Number	as %	Victims	as %	Indexed to 2017 Insured loss (in USD m)	as %
<b>Natural catastrophes</b>	<b>183</b>	<b>60.8%</b>	<b>8 470</b>	<b>74.3%</b>	<b>138 057</b>	<b>95.7%</b>
Storms	82		1 642		111 475	
Drought, bush fires, heat waves	14		435		14 237	
Hail	8		0		7 549	
Cold, frost	5		153		1 038	
Earthquakes	12		1 184		1 615	
Floods	55		3 515		2 144	
Other natural catastrophes	7		1 541		0	
<b>Man-made disasters</b>	<b>118</b>	<b>39.2%</b>	<b>2 934</b>	<b>25.7%</b>	<b>6 246</b>	<b>4.3%</b>
Major fires, explosions	45	15.0%	477	4.2%	5 439	3.8%
Oil, gas	15		36		3 056	
Industry, warehouses	14		73		1 845	
Other buildings	11		308		382	
Other fires, explosions	3		22		81	
Department stores	2		38		76	
Miscellaneous	21	7.0%	925	8.1%	200	0.1%
Social unrest	1		0		200	
Terrorism	13		731		0	
Other miscellaneous losses	7		194		0	
Aviation disasters	7	2.3%	165	1.4%	410	0.3%
Space	2		0		188	
Crashes	3		165		131	
Damage on ground	2		0		90	
Maritime disasters	33	11.0%	1 163	10.2%	197	0.1%
Drilling platforms	1		0		90	
Freighters	2		22		75	
Tankers	1		0		32	
Passenger ships	27		1 087		0	
Other maritime accidents	2		54		0	
Rail disasters (incl. cableways)	10		140	0.6%	0	
Mining accidents	2		64	1.2%	0	
<b>Total</b>	<b>301</b>	<b>100.0%</b>	<b>11 404</b>	<b>100.0%</b>	<b>144 303</b>	<b>100.0%</b>

# Plus grand nombre de victimes en 2017

**Table 7**  
The 20 worst catastrophes in  
terms of victims 2017

Victims	Insured loss (in USD mn)	Date (start)	Event	Country/region
1 141	–	14.8.2017	Heavy rains trigger flood and massive landslide and debris flow in Babadorie River Valley	Sierra Leone
630	8	12.11.2017	Earthquake Mw 7.3 on the Iran-Iraq border	Iran, Iraq
514	–	12.8.2017	Floods caused by heavy monsoon rains in Bihar – River Gandak burst its banks in 8 points	India
369	1 200	19.9.2017	Earthquake Mw 7.1	Mexico
336	–	31.3.2017	Torrential rains caused Mocoa, Sangoyaco and Mulato to overflow and trigger massive landslide	Colombia
331	–	22.12.2017	Tropical storm Tembin (Vinta) triggers flooding	Philippines
311	–	24.11.2017	Bomb explosion at a mosque	Egypt
293	33	24.5.2017	Torrential rains trigger floods along the Kalu River Basin, landslides	Sri Lanka
264	–	12.4.2017	Heatwave	India
251	–	14.1.2017	Heavy rains exacerbated by remnants of Cyclone Dineo trigger floods	Zimbabwe
224	–	20.7.2017	Floods caused by heavy monsoon rains	India
200	–	16.8.2017	Landslide	Congo, Democratic Republic of (DRC)
184	400	15.1.2017	Severe floods	Peru
172	–	26.6.2017	Monsoon floods	Pakistan
165	–	4.2.2017	Snow storms, avalanches	Afghanistan, Pakistan

# Plus grandes pertes assurées en 2017

**Table 6**  
The 20 most costly insurance  
losses in 2017

Insured loss (in USD mn)	Victims	Date (start)	Event	Country/region
32 000	136	19.9.2017	Hurricane Maria	US, Caribbean
30 000	126	6.9.2017	Hurricane Irma	US, Caribbean
30 000	89	25.8.2017	Hurricane Harvey (Cat 4), severe inland flood in Houston	US
7 710	22	8.10.2017	Wildland fire "Tubbs Fires"	US
2 666	6	8.10.2017	Wildland fire "Atlas fire"	US
2 507	–	8.5.2017	Hailstorm, thunderstorms, tornadoes, severe hail damage in Denver, CO	US
1 967	–	26.3.2017	Hailstorm, thunderstorms, tornadoes	US
1 787	–	4.12.2017	Wildland fire "Thomas Fire"	US
1 600	2	6.3.2017	Thunderstorms, tornadoes, hail	US
1 549	–	11.6.2017	Hailstorm in Minnesota	US
1 370	6	28.2.2017	Thunderstorms, tornadoes, large hail	US
1 306	12	28.3.2017	Cyclone Debbie, storm surge	Australia
1 200	369	19.9.2017	Earthquake Mw 7.1	Mexico
1 131	–	27.6.2017	Thunderstorms, large hail, tornadoes	US
1 107	27	23.8.2017	Typhoon Hato	China, Viet Nam, Hong Kong
930	–	19.4.2017	Cold spell brings frost damage	Europe
ns	–	11.1.2017	Fire at a refinery	United Arab Emirates
888	–	18.10.2017	Typhoon Lan (Paolo)	Philippines, Japan
853	24	18.1.2017	Major tornado outbreak, 1 EF3 tornado	US

# Plus grandes pertes assurées 1970-2017

**Table 10**

The 40 most costly insurance losses (1970–2017)

<b>Insured loss<sup>36</sup></b> (in USD mn, indexed to 2017)	<b>Victims<sup>37</sup></b>	<b>Start date</b>	<b>Event</b>	<b>Country/region</b>
82 394	1 836	25.8.2005	Hurricane Katrina, storm surge, damage to oil rigs	US, Gulf of Mexico
38 128	18 451	11.3.2011	Earthquake (Mw 9.0) triggers tsunami	Japan
32 000	136	19.9.2017	Hurricane Maria	US, Puerto Rico, US Virgin Island, Caribbean
30 774	237	24.10.2012	Hurricane Sandy, storm surge	US, Caribbean, Canada
30 000	126	6.9.2017	Hurricane Irma	US, Puerto Rico, US Virgin Island, Caribbean
30 000	89	25.8.2017	Hurricane Harvey	US
27 943	65	23.8.1992	Hurricane Andrew, storm surge	US, Bahamas
25 991	2 982	11.9.2001	Terror attack on WTC, Pentagon, other buildings	US
25 293	61	17.1.1994	Northridge earthquake (Mw 6.7)	US
23 051	193	6.9.2008	Hurricane Ike, floods, damage to oil rigs	US, Caribbean, Gulf of Mexico
19 070	185	22.2.2011	Earthquake (Mw 6.1), aftershocks	New Zealand
16 762	119	2.9.2004	Hurricane Ivan, damage to oil rigs	US, Caribbean, Venezuela
16 341	815	27.7.2011	Heavy monsoon rains, extreme flooding	Thailand
15 771	53	19.10.2005	Hurricane Wilma, torrential rains, flooding	US, Mexico, Caribbean
13 476	34	20.9.2005	Hurricane Rita, storm surge, damage to oil rigs	US, Gulf of Mexico

# Plus grand nombre de victimes 1970-2017

Table 11

The 40 worst catastrophes in terms of victims (1970–2017)

Victims <sup>38</sup>	Insured loss <sup>39</sup> (in USD mn, indexed to 2017)	Start date	Event	Country/region
300 000	–	11.11.1970	Storm and flood catastrophe	Bangladesh
255 000	–	28.07.1976	Earthquake (Mw 7.6)	China
222 570	112	12.01.2010	Earthquake (Mw 7.0), aftershocks	Haiti
220 000	2 594	26.12.2004	Earthquake (Mw 9) triggers tsunami in Indian Ocean	Indonesia, Thailand, et. al.
138 373	–	02.05.2008	Tropical cyclone Nargis, Irrawaddy Delta flooded	Myanmar, Bay of Bengal
138 000	4	29.04.1991	Tropical cyclone Gorky	Bangladesh
87 449	417	12.05.2008	Earthquake (Mw 7.9) in Sichuan	China
74 310	–	08.10.2005	Earthquake (Mw 7.6); aftershocks, landslides	Pakistan, India, Afghanistan
66 000	–	31.05.1970	Earthquake (Mw 7.9) triggers rock slide and floods	Peru
55 630	–	15.06.2010	Heat wave, temperatures of up to 40°C	Russia, Czech Republic
40 000	216	20.06.1990	Earthquake (Mw 7.4), landslides	Iran
35 000	1 680	01.06.2003	Heat wave and drought in Europe	France, Italy, Germany, et. al.
26 271	–	26.12.2003	Earthquake (Mw 6.5) destroys 85% of Bam	Iran
25 000	–	07.12.1988	Earthquake (Mw 6.8)	Armenia
25 000	–	16.09.1978	Earthquake (Mw 7.7) in Tabas	Iran

# Ratio Natural / Technical

Type	Morts		Dommages assurés	
	Nombre	Ratio	Milliards US\$	Ratio
Catastrophes naturelles	105 000	15	25	6
Catastrophes techniques	7 000	1	4	1

Source: Swiss Re - Sigma no 2/2000 (année 1999)

En conclusion, les catastrophes naturelles conduisent à beaucoup plus de victimes et de dommages que les catastrophes d'origine humaine

## **2. STRUCTURE DES COÛTS DES ACCIDENTS**

# Structure des coûts des accidents

- **Coûts directs**

- Matériels
- Environnementaux
- Corporels

- **Coûts indirects**

- Impacts fonctionnels

- **Coûts tangibles**

- Dommage à des biens pour lesquels un coût de remplacement existe

- **Coûts intangibles**

- Dommage à des biens pour lesquels il n'existe pas de marché *ad hoc* et donc difficilement monétarisables

Figure 1 : Exemples de dommages causés par des catastrophes naturelles

Types de dommages	Tangibles	Intangibles
Directs	Destruction de biens	Perte d'une vie humaine, destruction d'un paysage
Indirects	Pertes d'exploitation, coupure de réseau, relogement des habitants	Augmentation de la vulnérabilité des populations touchées après la crise

## Structure des coûts des accidents (suite)

# Coûts directs

- **Matériels**

- **Interventions d'urgence** (sauvetage, police, ambulance, pompiers, protection civile, armée, etc.)
- **Biens privés** (immobilier et mobilier, terrains, récoltes, forêts, bétail, etc.)
- **Biens publics** (infrastructures, forêts, biens culturels, etc.)

- **Environnementaux**

- Dégradation des écosystèmes, pollution, nuisances, détérioration du paysage, mutations génétiques, rayonnements, modifications des régimes hydrogéologiques, etc.

- **Corporels**

- Blessures, infirmités, décès

## Structure des coûts des accidents (suite)

# Coûts indirects, impacts fonctionnels

- **Sociétaux**

- Migrations, réforme des institutions, instabilités politiques, ...

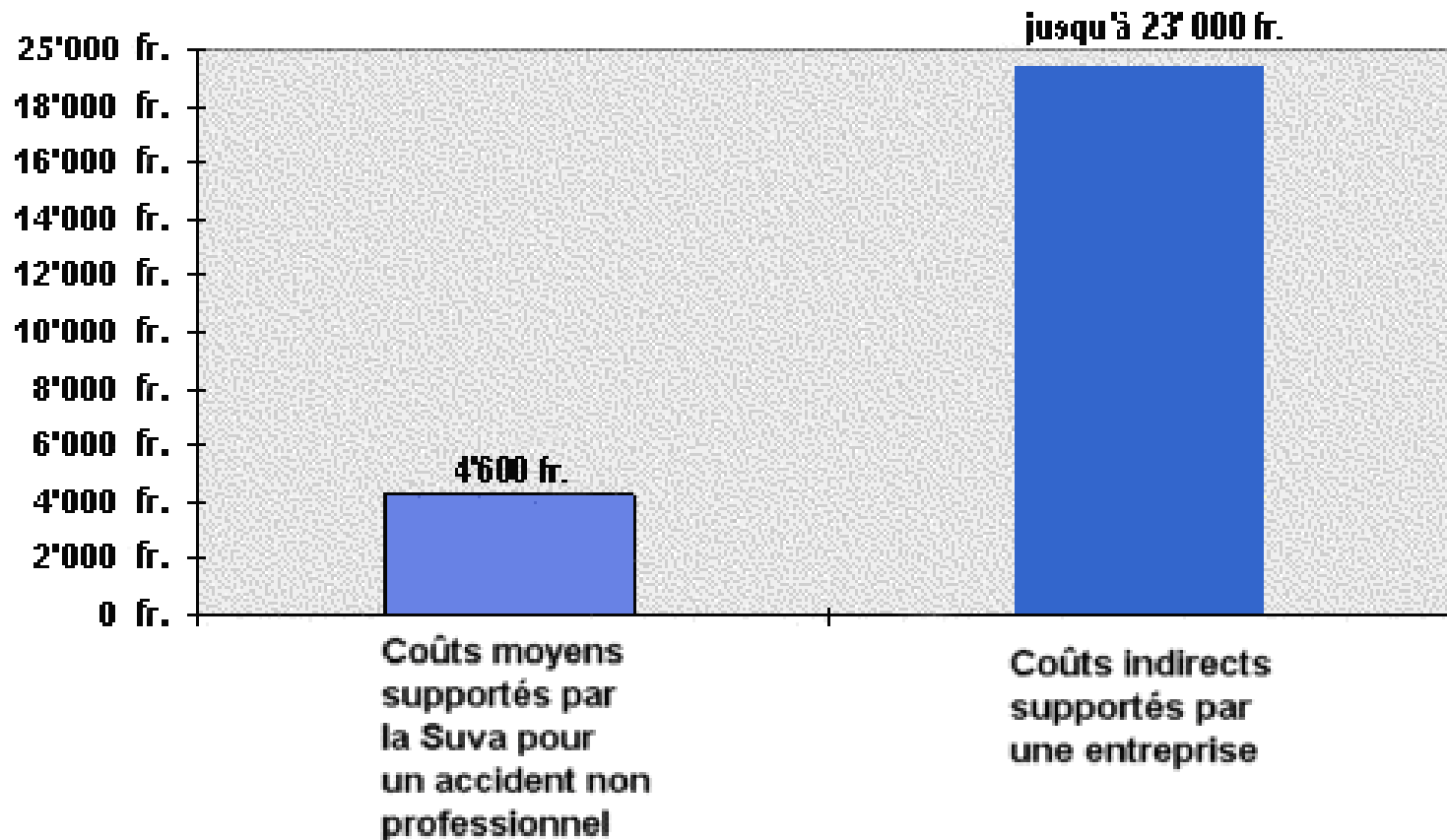
- **Economiques**

- Perte de production industrielle, perte de demande, conséquences sur l'agriculture, l'industrie forestière, le tourisme, ...

- **Psychologiques**

- Problème d'image, de réputation, aversion, ...

# Exemple de coûts directs/indirects: Accidents non professionnels



Source: SUVA. La Suva est une entreprise indépendante de droit public assurant près de 115 000 entreprises, soit 2 millions d'actifs et de chômeurs, contre les conséquences des accidents et des maladies professionnelles. Elle assume également la gestion de l'assurance militaire sur mandat de la Confédération.

# Exercice 7.11

Soit le cas de l'attaque du  
World Trade Center  
(11 septembre 2001):

- Nommer des exemples de coûts dans chaque catégorie



Type de coût	Tangible	Intangible
Matériel		
Environnemental		
Corporel		
Impact fonctionnel		

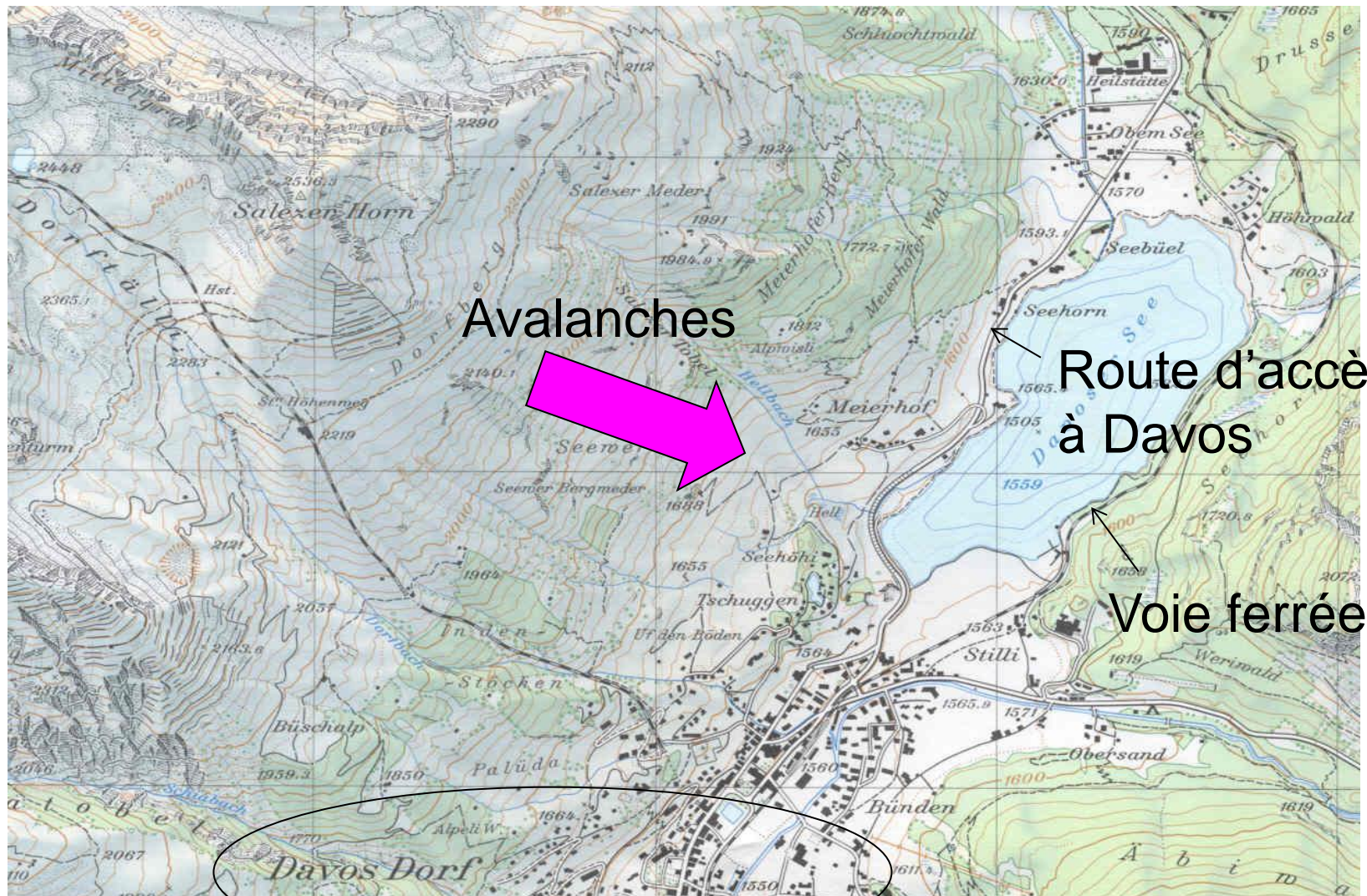
# Exercice 7.11 Restitution

Type de coût	Tangible	Intangible
Matériel	Tours. Avions. Infrastructure voisines. Mobilier. Interventions (pompiers, etc.).	Archives. Œuvres d'art. Valeur architecturale des tours.
Environnemental	Pollution due à poussière (coûts des maladies induites). Traitement des débris.	Changement de skyline (image de New York).
Corporel	Morts et blessés (coûts des soins, assurances vie, etc.)	Pertes pour les proches. Traumatismes pour survivants et témoins. Pertes de compétences professionnelles.
Impact fonctionnel	Activités des sociétés locatrices des tours. Fournisseurs des tours. Impact sur visiteurs touristes. Inaccessibilité des zones voisines. Nouvelles mesures de sécurité dans les aéroports.	Perte de confiance dans la ville de New York (tourisme, industrie). Géopolitique. Changements de législations et d'organisation.

# **3.1 ETUDE DE CAS**

## **Coûts des avalanches à Davos**

# Les avalanches Saletertobel et Dorfberg (Davos)



Source: Dewarrat X. (2001)

# Les avalanches Saletertobel et Dorfberg (Davos)

Type	Coût [CHF]	Remarque	Source
24 h de blocage accès à Davos	4'602'000.-	Basé sur trafic moyen	SLF (2000)
24 h de blocage accès à Davos	4'537'500.- (12.1 Mio en 64 h)	Estimation des pertes de la station lors des avalanches de 1999	Nöthiger (1999)
Trafic pendulaire, 1h interruption trafic	25		SLF (2000)
Trafic loisir, 1 h interruption trafic	10		SLF (2000)
Trafic commercial, 1h interruption trafic	100		SLF (2000)
Trafic denrées alimentaires, 1 h interruption trafic	100		SLF (2000)

Source: Dewarrat X. (2001)

## **3.2 ETUDE DE CAS**

**Coût du réchauffement climatique**

# Rapport de l'OCDE, 2015



## FOR FURTHER INFORMATION

OECD (2015), The Economic Consequences of Climate Change, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264235410-en>.

OECD (2012), OECD Environmental Outlook to 2050: The Consequences of Inaction, OECD Publishing, Paris, <http://dx.doi.org/10.1787/9789264122246-en>.

## THE ECONOMIC CONSEQUENCES OF CLIMATE CHANGE ON THE WEB

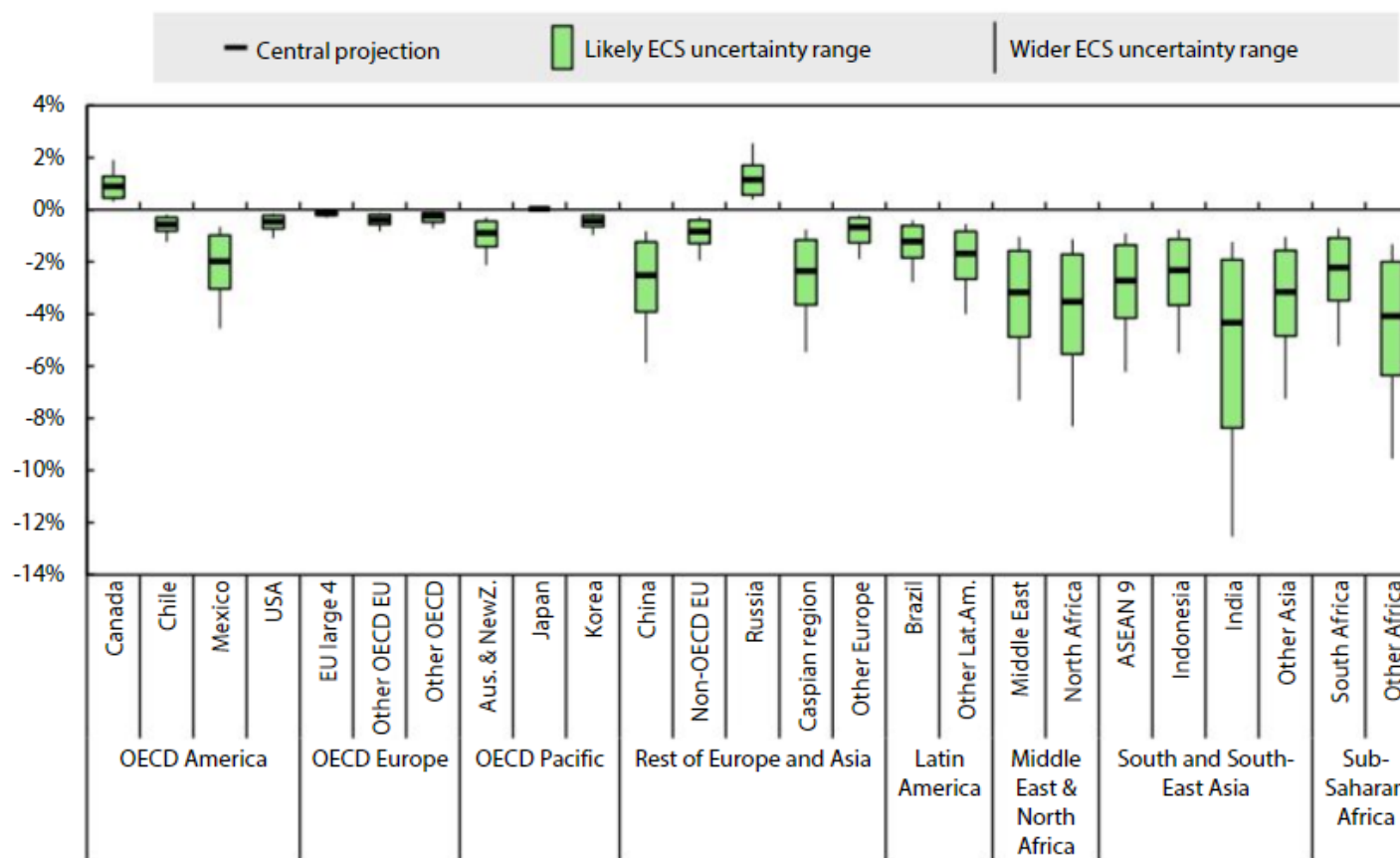
[www.oecd.org/environment/circle.htm](http://www.oecd.org/environment/circle.htm)

[www.oecd.org/environment/modelling.htm](http://www.oecd.org/environment/modelling.htm)

# Impact mondial du réchauffement climatique

- Impacts économiques initialement relativement faibles, puis s'accroîtraient avec l'augmentation des températures jusqu'à atteindre des pertes moyennes à l'échelle du globe de 1 à 5 % du PIB pour 4°C de réchauffement de la température moyenne de surface par rapport aux niveaux de 1980-1999 (GIEC)
- Impacts très inégalement répartis entre les pays selon leur situation géographique et leur niveau de développement économique

Figure 4. **Uncertainty in regional GDP changes in 2060 due to uncertainty in equilibrium climate sensitivity**  
(Percentage change in GDP in 2060 w.r.t. no climate change baseline)

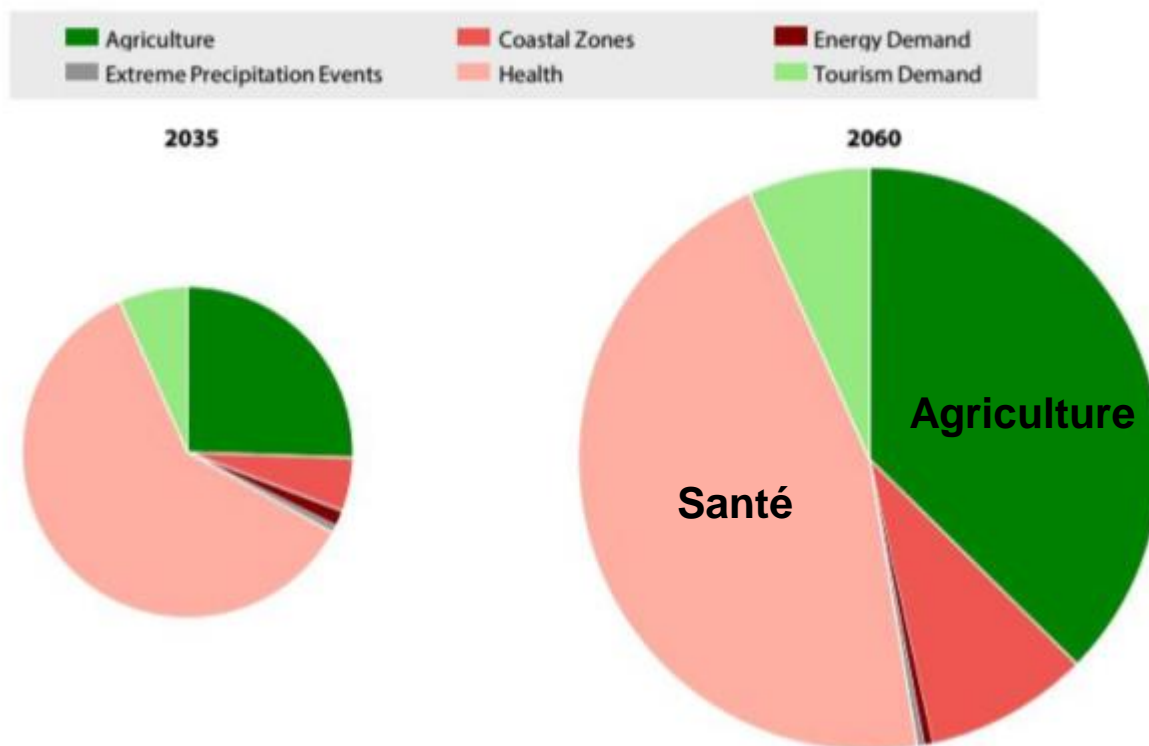


**Note:** Black horizon lines represent central projection; blue bars the likely ECS uncertainty range and the thin vertical lines the wider ECS uncertainty range.

**Source:** ENV-Linkages model.

# Impact par secteur

Figure 5. Attribution of macroeconomic consequences to selected climate change impacts, central projection  
(Percentage change in GDP w.r.t. no climate change baseline)



Source: ENV-Linkages model.

# Impact par secteur

## Agriculture

- Secteur très touché par le réchauffement climatique
- Augmentation du nombre de personnes exposées à la famine et à la malnutrition
- Dans certains pays africains, le rendement de l'agriculture pluviale pourrait chuter de 50 % d'ici 2020
- Mesures d'adaptation et d'atténuation coûteuses:
  - modification des dates de plantation et des variétés cultivées
  - déplacement des cultures
  - lutte contre l'érosion et protection des sols par le boisement
  - etc.

## Santé

- Malnutrition accrue, nombre plus important de décès, de maladies et d'accidents dus à des phénomènes météorologiques extrêmes et aux longues périodes de canicules associées à une dégradation de la qualité de l'air
- Propagation des vecteurs de maladies infectieuses comme le paludisme suite à l'augmentation des températures et de l'humidité dans certaines régions
- De manière générale, les conséquences négatives du réchauffement climatique sur la santé seront plus importantes que les conséquences positives
- Coût très important des mesures d'adaptation

## **Gestion de l'eau et de la demande en énergie**

- Difficultés d'alimentation en eau dans de nombreuses régions (Afrique, Asie):
  - Migrations importantes, de l'ordre de 24 à 700 millions de personnes
  - Investissements importants pour l'installation de réseaux d'aqueduc et d'assainissement à l'échelle de toute la planète
  - Si les investissements sont faibles, le PIB pourrait en être affecté jusqu'à concurrence de 10 %
- En ce qui concerne la demande d'énergie:
  - Conséquences positives pour les pays les plus nordiques
  - Dans les pays plus au sud, léger bénéfice qui pourrait devenir rapidement négatif à mesure que la dépense en climatisation s'accroît
  - Pour les pays tropicaux, les désavantages sont encore plus grands puisque des dépenses supplémentaires seront nécessaires pour la climatisation

## Tourisme

- Impact sur offre et demande touristique internationale et local
  - Menace pour les centres de ski, avantage pour d'autres activités récréatives
  - Dans les Alpes, baisse de chiffre d'affaires de l'ordre de 25 % pour un mois d'activité en moins. Baisse de 50 % lorsque la saison ne dure que deux mois
  - L'impact sur les activités touristiques de chaque pays dépendra à la fois des impacts sur le produit touristique offert et sur l'offre concurrente d'autres pays ou régions, et des effets sur la demande.
  - Stratégies d'adaptation coûteuses

## **Industrie de l'assurance**

- Si le nombre de grandes catastrophes naturelles a triplé depuis 1960, les pertes assurées ont parallèlement explosé pour augmenter de 15 fois en termes réels
- L'augmentation de la fréquence des événements climatiques extrêmes pourrait coûter environ 150 milliards de dollars E-U chaque année au cours de la prochaine décennie

## Erosion côtière et migrations

- Investissements considérables (changement du lieu d'implantation des populations, construction de digues et d'ouvrages de protection, consolidation des dunes, acquisition de terres,...)
- En Afrique par exemple, le coût des mesures d'adaptation contre l'élévation du niveau de la mer affectant les basses terres littorales fortement peuplées pourrait représenter 5 à 10 % du PIB vers la fin du XXIème siècle.
- Les inondations et l'érosion côtières devraient entraîner de fortes migrations, notamment des populations de certaines îles de l'océan Pacifique
- Les basses terres très peuplées des grands deltas d'Asie et d'Afrique seront les plus touchées, les petites îles étant particulièrement vulnérables. Selon le GIEC, on compterait 150 millions de réfugiés climatiques d'ici 2050, soit 1,5 % de la population mondiale estimée à 10 milliards en 2050.

## **Environnement et biodiversité**

- Selon le GIEC, une augmentation des températures à l'échelle du globe de plus de 1,5 à 2,5°C comporterait un risque d'extinction de plus de 20 à 30% des espèces végétales et animales étudiées

## **3.3 ETUDE DE CAS**

**Coût de la pandémie Covid-19**

## Estimated Economic Cost of the COVID-19 Crisis in USA

The total cost is estimated at more than \$16 trillion, or approximately 90% of the annual gross domestic product of the US

Table. Estimated Economic Cost of the COVID-19 Crisis

Category	Cost (billions), US\$
Lost GDP	7592
Health loss	
Premature death	4375
Long-term health impairment	2572
Mental health impairment	1581
Total	16 121
Total for a family of 4	196 475
% of annual GDP	90

Abbreviation: GDP, gross domestic product.

This Viewpoint aggregates mortality, morbidity, mental health conditions, and direct economic losses to estimate the total cost of the pandemic in the US on the **optimistic assumption that it will be substantially contained by the fall of 2021**

With a **conservative value of \$7 million per life**, the economic cost of premature deaths expected through the next year is estimated at \$4.4 trillion.

Output losses of this magnitude are immense. The lost output in the Great Recession was only one-quarter as large. The economic loss is more than twice the total monetary outlay for all the wars the US has fought since September 11, 2001, including those in Afghanistan, Iraq, and Syria. By another metric, this cost is approximately the estimate of damages (such as from decreased agricultural productivity and more frequent severe weather events) from 50 years of climate change.

# **Covid-19: how to fix the economy | The Economist**

- « Governments will have to deal with the economic fallout from the pandemic for decades to come. If they get their response wrong, countries risk economic stagnation and political division.» The Economist, 23 oct. 2020
- Watch the feature story:
  - <https://www.youtube.com/watch?v=p0tCPwyJ6JI>

# **4. LES ASSURANCES**

# Les risques couverts

- En général, l'assurance est un moyen de **protection** du risque, en ce sens qu'il réduit les conséquences de l'évènement indésirable (mais pas la fréquence, donc pas un outil de prévention)
- Pour pouvoir s'assurer, il faut que l'évènement dommageable soit
  - Imprévisible
  - Indépendant de la volonté de l'assuré
  - Licite<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> **Licite** signifie permis par la loi. L'adjectif licite qualifie quelque chose qui est conforme aux diverses règles, textes juridiques et autres lois définies par le système législatif et en vigueur dans un pays.

# Les types d'assurances

- **Assurance de biens matériels**
  - Destruction ou au vol de choses comme les biens mobiliers ou immobiliers
- **Assurance de patrimoine**
  - Responsabilité civile, protection juridique et pertes d'exploitation, assurance grêle pour les cultures
- **Assurance de personnes**
  - Frais de guérison, incapacité de gain temporaire ou définitive, invalidité, vieillesse ou décès

# Assurance facultative / obligatoire

- **Assurance facultative:** chaque particulier décide s'il veut souscrire une assurance pour un risque donné
  - Assurance de responsabilité civile de simple particulier, assurance protection juridique ou assurance-vie
- **Assurance obligatoire:** obligation légale de la souscrire
  - Les assurances obligatoires veulent atteindre des objectifs socio-politiques (assurance maladie, AVS, etc.) ou assurer la protection des lésés (par exemple assurance responsabilité civile pour véhicules automobiles).
  - L'assurance incendie des bâtiments, l'assurance responsabilité des centrales atomiques, qui couvrent des risques majeurs, sont également obligatoires.

# Le cas World Trade Center : deux visions

Swissinfo.ch, 04. MAI 2004 - 09:32

- Le 11 septembre 2001, deux avions détruisaient les tours jumelles du WTC à New York.
- Le magnat de l'immobilier new-yorkais Larry Silverstein est devenu gérant du WTC le 24 juillet 2001, pour 3.6 milliards de dollars, avec un contrat portant sur 99 ans. Le promoteur estimait que les attaques contre les tours jumelles constituaient un double attentat, car il a été perpétré par deux avions lancés contre deux bâtiments.
- Le pool des assureurs – dont Swiss Re est le plus important – prétendait au contraire que ces mêmes attentats constituaient un seul et même événement. Selon les 22 assureurs concernés, les tours du WTC étaient assurées pour 3,5 milliards de dollars.
- Au terme d'un ultime procès qui aura duré treize semaines, le jury a finalement décidé que la destruction des jumelles constituait un événement unique.
  - «Pour nous, dit Jacques Dubois, patron de la branche américaine de Swiss Re, il s'agit d'une question de principe importante. Vous ne pouvez pas changer les termes d'une assurance après un sinistre.»
- Sur les 3,5 milliards de dédommagement, Swiss Re est engagée pour 875 millions de dollars.

# 5. COÛT DE LA VIE HUMAINE

« Une vie ne vaut rien mais rien ne vaut une vie ». André Malraux (Les Conquérants)

# Quelques définitions

- **Coût d'une vie:** c'est la dépense techniquement nécessaire pour sauver une vie humaine.
- **Prix d'une vie :** c'est la dépense que l'on accepte effectivement de consacrer à sauver une vie humaine.
- **Indemnisation d'une mort :** ce sera par exemple l'indemnité ou la pension compensatrice accordée aux proches.
- **Coût d'un être humain:** c'est l'ensemble des dépenses de consommation, investissements, services publics, qui lui sont consacrés.
- **Produit d'un être humain:** c'est la valeur de sa production brute — valeur ajoutée.
- **Perte d'un être humain:** c'est la perte qu'entraîne une mort pour une collectivité.

Voir également une comparaison internationale appliquée au transport routier sous:  
<https://www.erudit.org/livre/aidelf/1996/001143co.pdf>

# Méthode du capital humain

- Ce que coûte à la collectivité la perte d'une vie humaine
- Cette méthode fait la somme des composantes matérielles et immatérielles:
  - Éléments économiques
    - Perte de production de la personne morte, pertes directes (coûts médicaux et sociaux, coûts matériels, dépenses de justice, assurance, etc.)
  - Éléments subjectifs non marchands
    - Préjudice non économique (préjudice moral, compensation de la douleur des survivants par une somme d'argent, etc.)

# Méthode des préférences individuelles

- Le concept de préférence individuelle repose sur le choix pour lequel se prononcerait l'individu entre plusieurs scénarios qui diffèrent par leurs caractéristiques techniques et leurs coûts.
- Cette méthode tente de chiffrer le «coût d'évitement», c'est-à-dire ce que la collectivité est prête à payer pour éviter un mort
- Il s'agit d'un processus de tâtonnement, lié à l'acceptation du risque considéré

# Cost of human life - Examples

- **\$4 million** (\$50 000 per year of quality life in 80 years) (international standard most private and government-run health insurance plans worldwide use to determine whether to cover a new medical procedure)
- **\$10 million** (\$129 000 per year of quality life in 80 years) (based on analysis of kidney dialysis procedures by Stefanos Zenios and colleagues at Stanford Graduate School of Business)
- **\$6.9 million** (US Environmental Protection Agency)
- **\$7.9 million** (US Food and Drug Administration)
- **\$6 million** (US Transportation Department)
- **\$7 million** (US median value for prime aged workers)
- **\$ 1,5 millions - 4,5 millions**, valeur de référence **\$ 3 millions** (OCDE)
- **\$ 1.8 millions – 5.4 millions**, valeur de référence **\$ 3.6 millions** (UE-27)

# Coût par vie épargnée, $CVE$

Coût d'investissement en  
sécurité de la mesure M

Coût de vie  
épargnée par la  
mesure M

$$CVE_M = \frac{CI_M}{\Delta R_M}$$

Réduction du risque par  
la mesure M

# Exercice 7.12 - Coût par vie épargnée

**Un croisement est le lieu de 4 accidents mortels par an.**

**Son remplacement par un pont (investissement CHF 8 millions, amorti sur 10 ans, dont 75% considéré comme mesure de sécurité) réduit le nombre de morts à zéro.**

- **Calculer le coût par vie épargnée.**



## Exercice 13.3 - Coût par vie épargnée

- **Solution:**

$$CVE_M = \frac{0.75 \cdot 800'000 \text{ CHF} / \text{an}}{4 \text{ vies sauvées} / \text{an}} = 150'000 \text{ CHF} / \text{vie sauvée}$$

# Exemples de coûts par vie épargnée

(Schneider, 1994)

Type	Coût [CHF]
Campagne de vaccination au tiers monde	100
Cardiomobile	10'000.-
Prévention de la tuberculose	20'000.-
Sauvetage en hélicoptère	50'000.-
Ceinture de sécurité, assainissement de carrefours	100'000.-
Renforcements parasismiques	500'000.- à 10'000'000.-
Sécurité S-Bahn zurichois	5'000'000.-
Prescription pour gratte-ciel (GB)	100'000'000.-
Assainissement des écoles contenant de l'amiante	1'000'000'000.-

# Influence des coûts d'investissement sur la rentabilité des projets (Wilhelm, 1999)

Coûts annuels par vie épargnée	Constat
> 20 Mio CHF	Peu rentable; renoncer au projet
5 à 20 Mio CHF	Rentabilité importante; poursuivre le projet
< 5 Mio CHF	Rentabilité très importante

## **6. CONCLUSION**

# Conclusion

- Les coûts interviennent dans tout le cycle de vie de la gestion des risques, avec une dominante pour les mesures de mitigation et les coûts d'intervention
- La structuration des coûts des accidents permet une approche rationnelle de l'analyse de risque
- Les assurances permettent de réduire le risque en diminuant les conséquences (mais pas la fréquence) de l'événement
- Le coût de la vie humaine est une question à caractère philosophique, mais qui peut être approchée de plusieurs manières, devenant un outil d'aide à la décision

# Bibliographie

- Bader S. & Kunz P (1998) Climat et risques naturels – La Suisse en mouvement. Georg Editeur & vdf, 311 p.
- Crozet Y, Bagard V. Chevasson G. (2003). Valeur de la vie humaine et sécurité routière: de l'incubation à l'émergence de nouvelles préférences collectives, Transports, no 422, novembre-décembre 2003
- Dewarrat X. (2001) Les avalanches Saletertobel et Dorfberg (Davos) – Gestion des risques. Travail pratique de diplôme EPFL.
- Le Net M. (1980) Le prix de la vie humaine. Notes et études documentaires, n0 4455. La Documentation Française, 3<sup>ème</sup> édition
- Nöthiger C. (1999) Ereignisanalyse Lawinenwinter 1999, Auswertung Umfrage Davos. SLF Davos.
- OFFP (2015) . Catastrophes et situations d'urgence en Suisse. Rapport technique sur la gestion des risques 2015, 50p.
- Schneider J & Schlatter H.P. (1994) Sicherheit und Zuverlässigkeit im Bauwesen. Vdf Zürich. 182 p.
- SLF (2000) Der Lawinenwinter 1999, Ereignisanalyse. SLF Davos
- Swiss Re (2019) Natural catastrophes and man-made disasters in 2018. Sigma No2/2019
- Wilhelm C. (1999) Kosten-Wirksamkeit von Lavinenschutz-Massnahmen an Verkehrsachsen. SLF Davos
- ... et autres références en notes de bas de pages