



---

# L'évolution du risque climatique : état des lieux et conséquences sur l'assurance

---

Geoffroy Enjolras  
Professeur de Finance  
Grenoble IAE, Université Grenoble-Alpes

*[geoffroy.enjolras@iae-grenoble.fr](mailto:geoffroy.enjolras@iae-grenoble.fr)*

# Sommaire

- Le changement climatique
- Risques associés
- Traitement et couverture par les assureurs

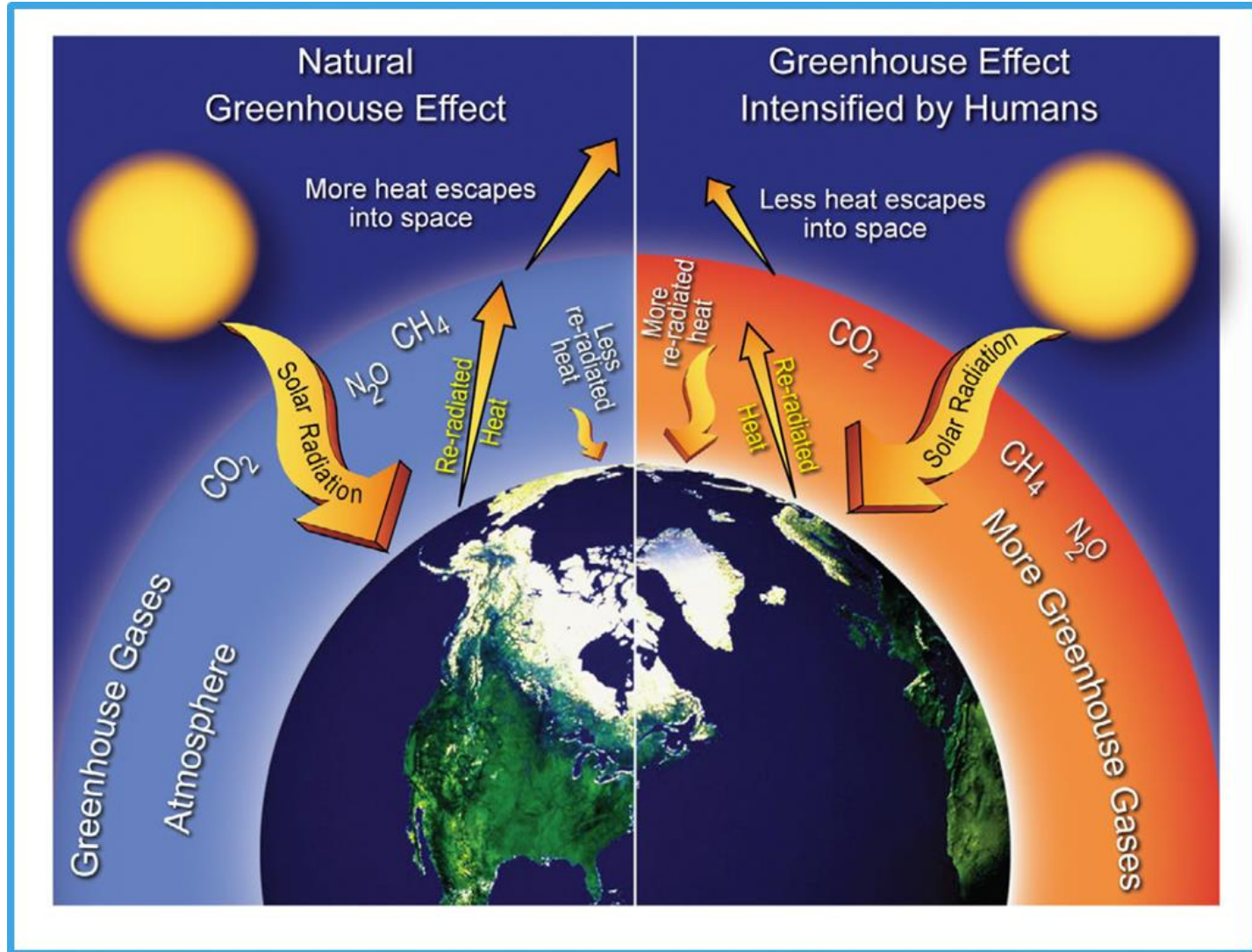


# Le changement climatique

- Un phénomène avéré et très complexe
- Principales causes
  - Intensification des activités humaines émettrices de gaz à effet de serre
  - Processus naturels : activité solaire, volcanisme
  - Résultante : modification accélérée de paramètres climatologiques : températures, précipitations, régimes éoliens, aléas extrêmes...



# Le changement climatique

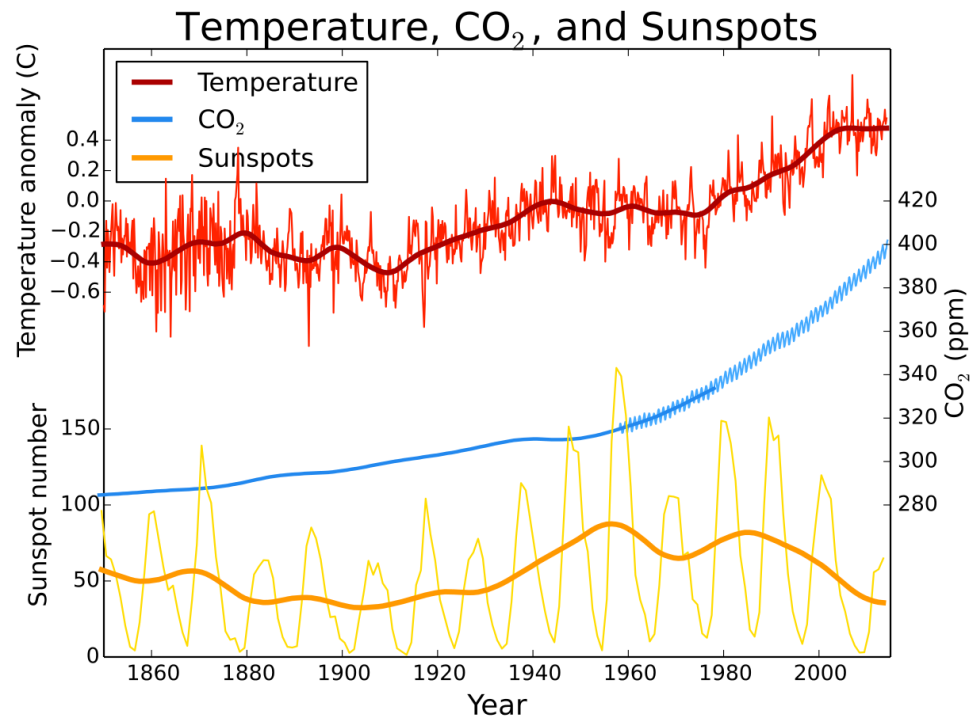


# Le changement climatique

- Acteurs et controverses
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)
  - Consortium scientifique international placé sous l'égide de l'ONU, leader dans l'évaluation du changement climatique
  - IPCC's Fifth Assessment Report (2014)
- « Climatosceptiques »
  - Contestent un réchauffement climatique, le consensus scientifique sur la menace ou les modèles de prévision

# Le changement climatique

- Quelques conclusions de l'IPCC (2014)
  - Les signes d'un changement climatique sont sans équivoque et plusieurs mutations observées depuis les années 1950 sont sans précédent.



# Le changement climatique

- Quelques conclusions de l'IPCC (2014)
  - Les émissions de gaz à effet de serre sont les plus hautes depuis l'ère pré-industrielle
  - Elles sont liées à la croissance de la population et de l'économie
  - Leurs effets sont détectés dans le système climatique et sont très probablement la cause principale du réchauffement observé depuis le milieu du XXème siècle



# Le changement climatique

- Quelques conclusions de l'IPCC (2014)
  - La poursuite des émissions accroîtra le réchauffement et les changements durables du système climatique
  - Elle augmentera la survenance d'événements sévères, invasifs et irréversibles pour les humains et l'écosystème

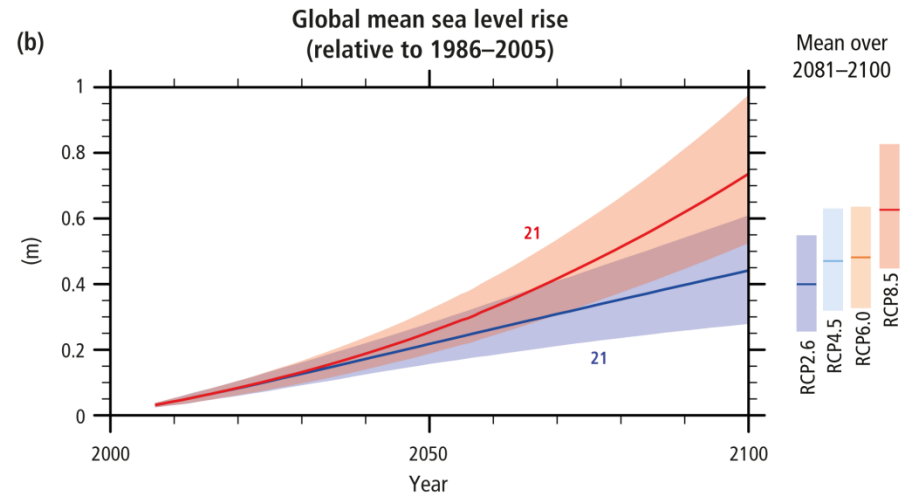
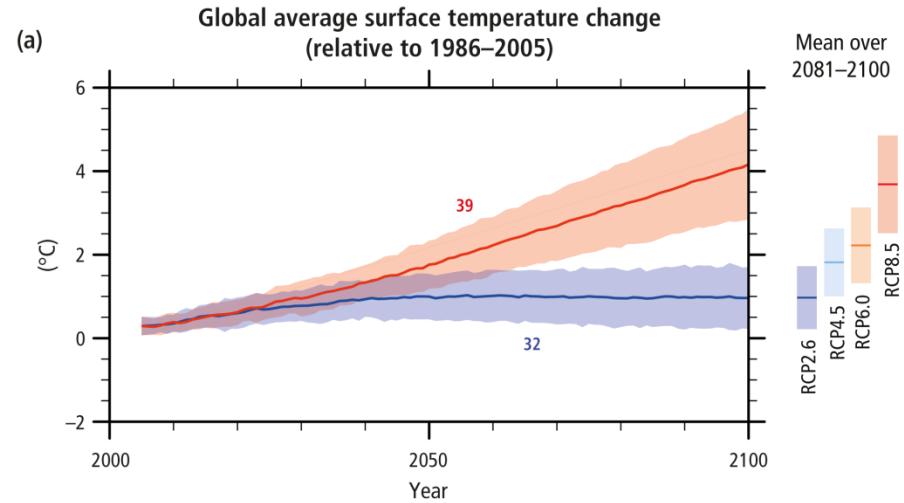
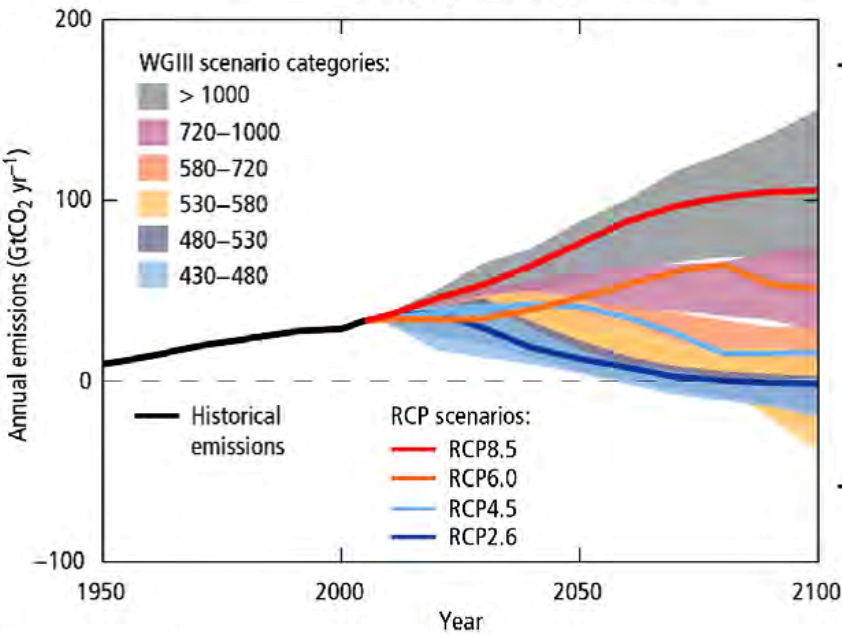




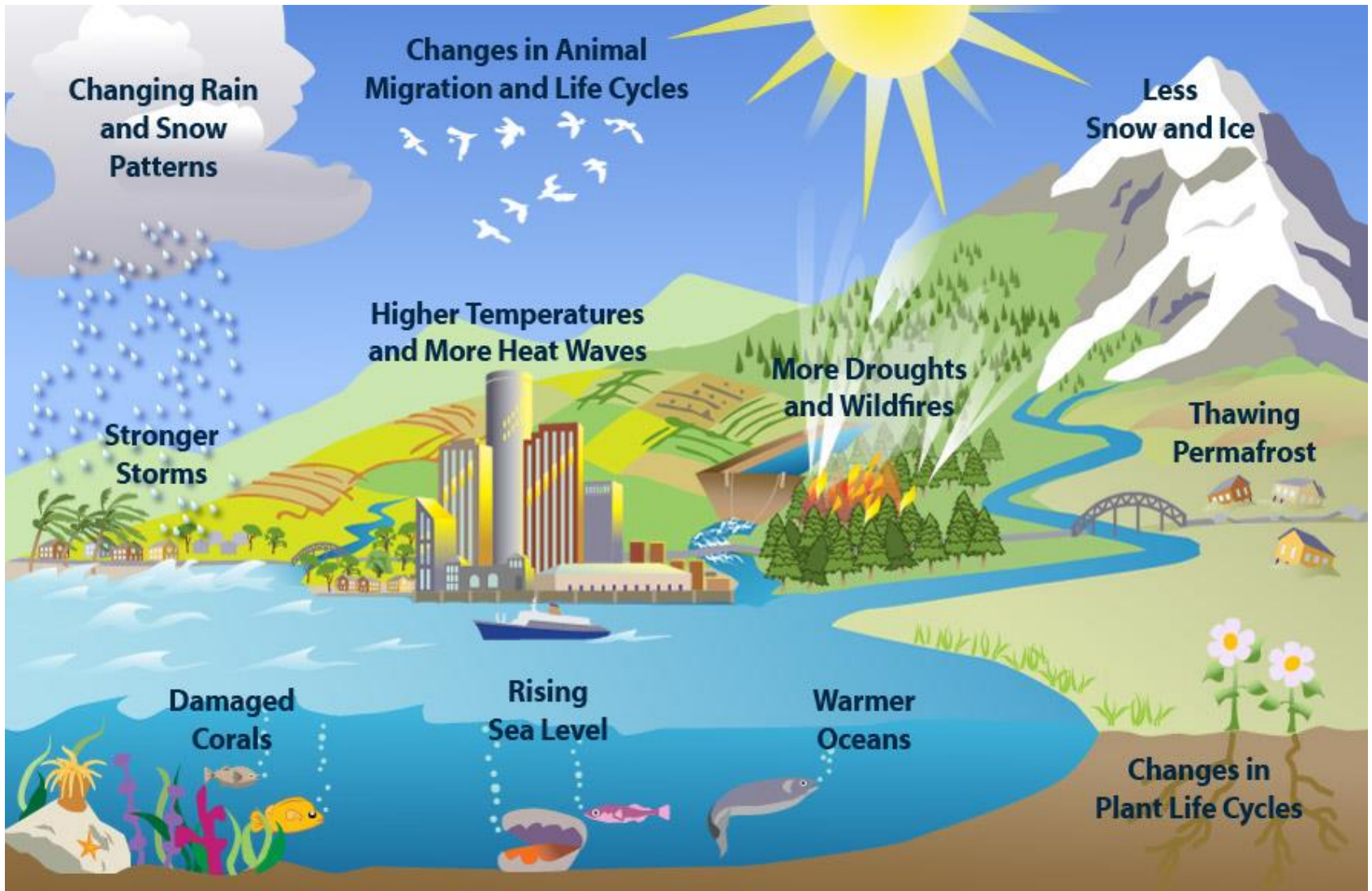
# Le changement climatique

- Scénarios de l'IPCC

Annual anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions



# Le changement climatique

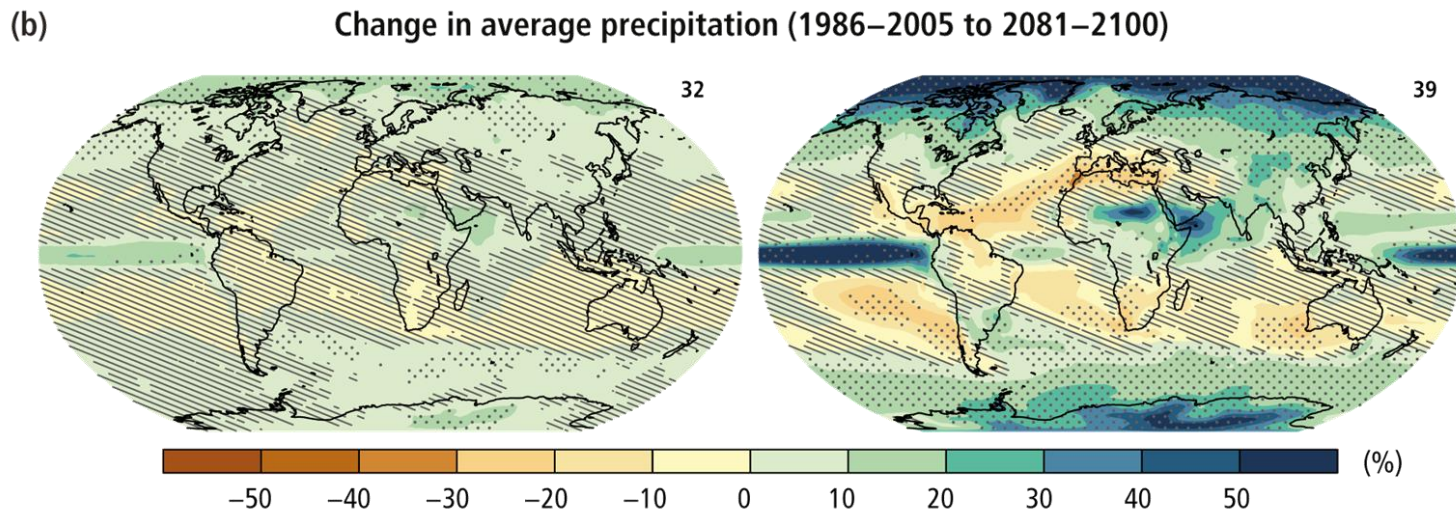
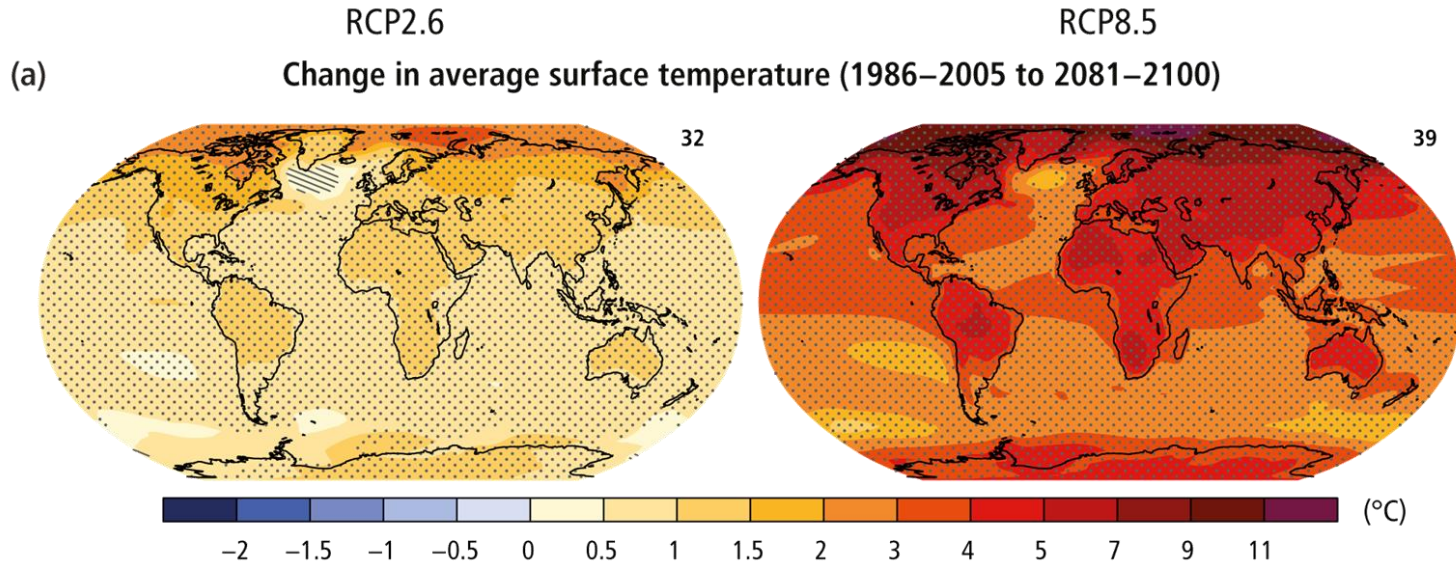


# Risques associés

- Présentation générale
  - 2 risques directs principaux :
    - *Températures : vagues de chaleur*
    - *Précipitations : tempêtes et inondations*



# Risques associés

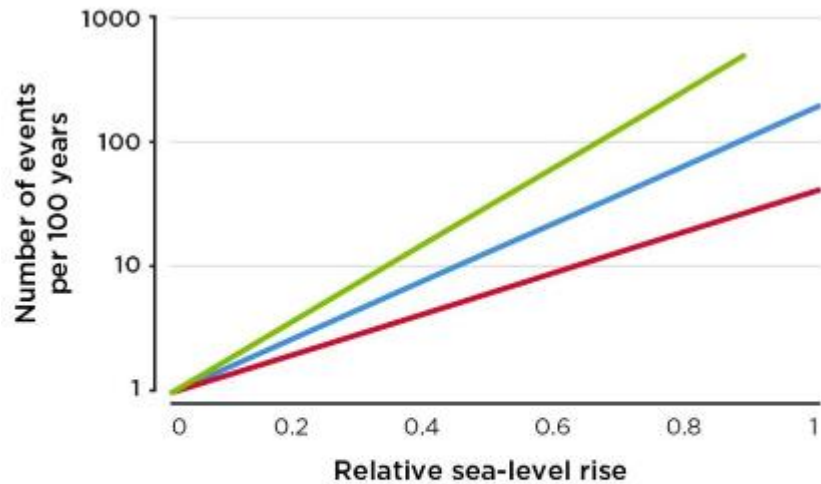


# Risques associés

- Présentation générale
  - Des risques indirects :
    - *Sécheresses plus intenses*
    - *Hausse du niveau des mers*
    - *Tempêtes tropicales moins fréquentes mais plus fortes*
    - *Inondations plus fortes : 700 M. de terriens vivent en zone inondables. De 1980 à 2014, ce risque compte pour 41 % des catastrophes naturelles, 27 % des décès et 32 % des pertes*

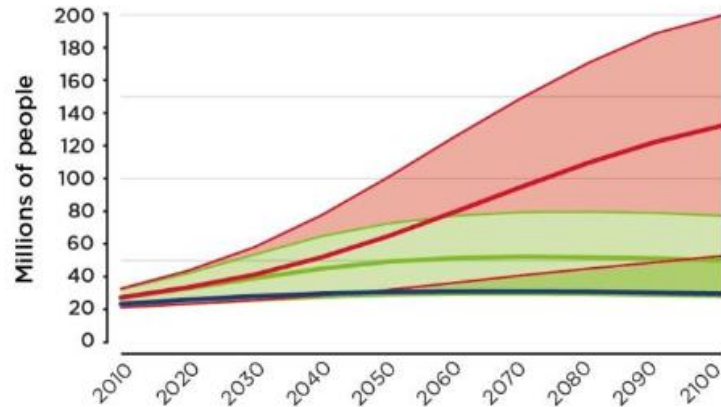
# Risques associés

- Présentation générale
  - Des disparités géographiques fortes
  - Des variations selon les scénarios



■ New York  
■ Shanghai  
■ Kolkata

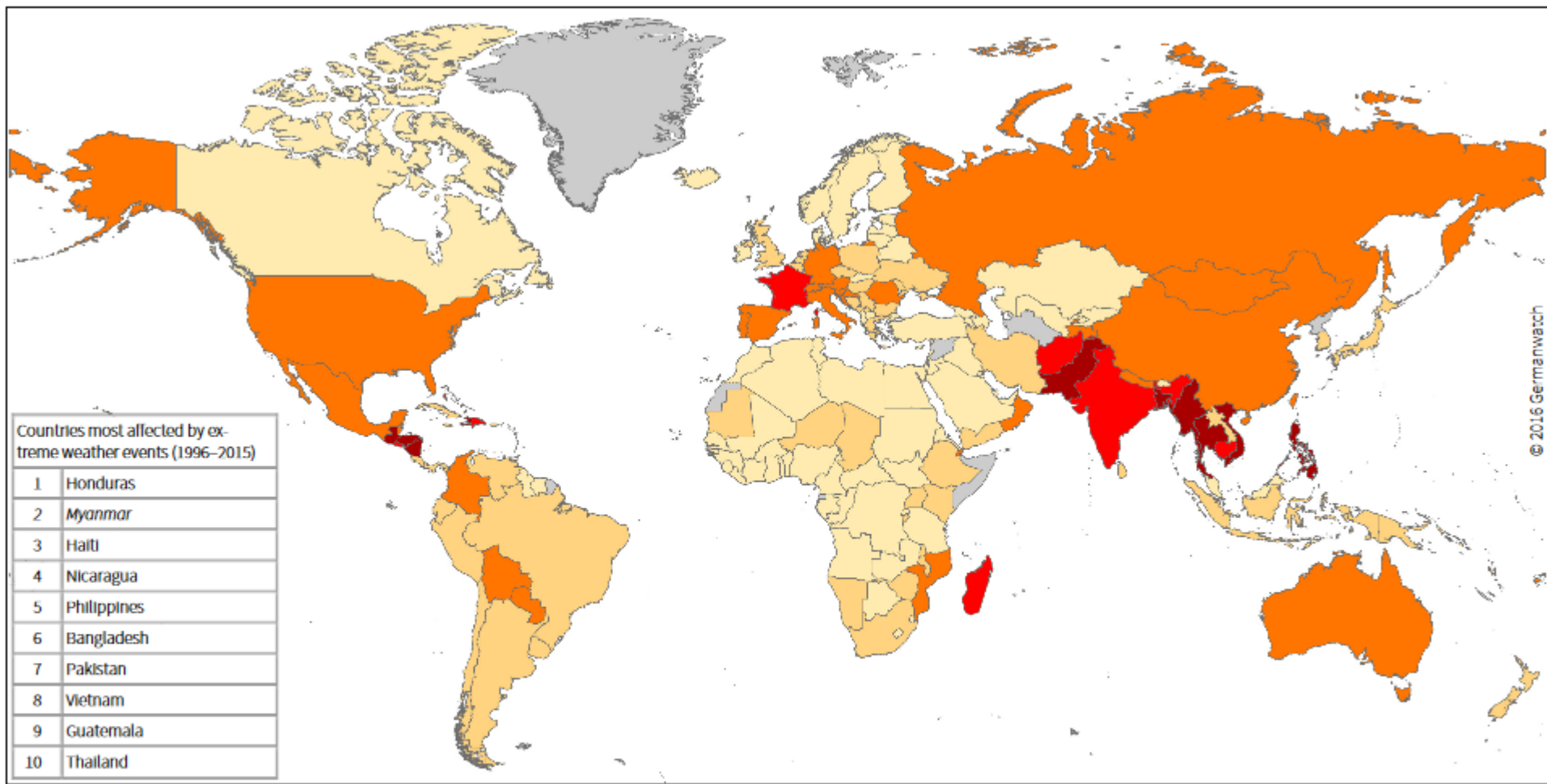
Global: flooded population



■ No climate change  
■ RCP2.6  
■ RCP8.5

The solid line represents the median estimate of impact for each pathway, and the shaded areas show the 10% to 90% range. A medium growth population projection is assumed.

# Risques associés



*Italics: Countries where more than 90% of the losses/deaths occurred in one year/event*

**Climate Risk Index: Ranking 1996–2015**    1–10    11–20    21–50    51–100    >100    No data

**World Map of the Global Climate Risk Index 1996–2015**

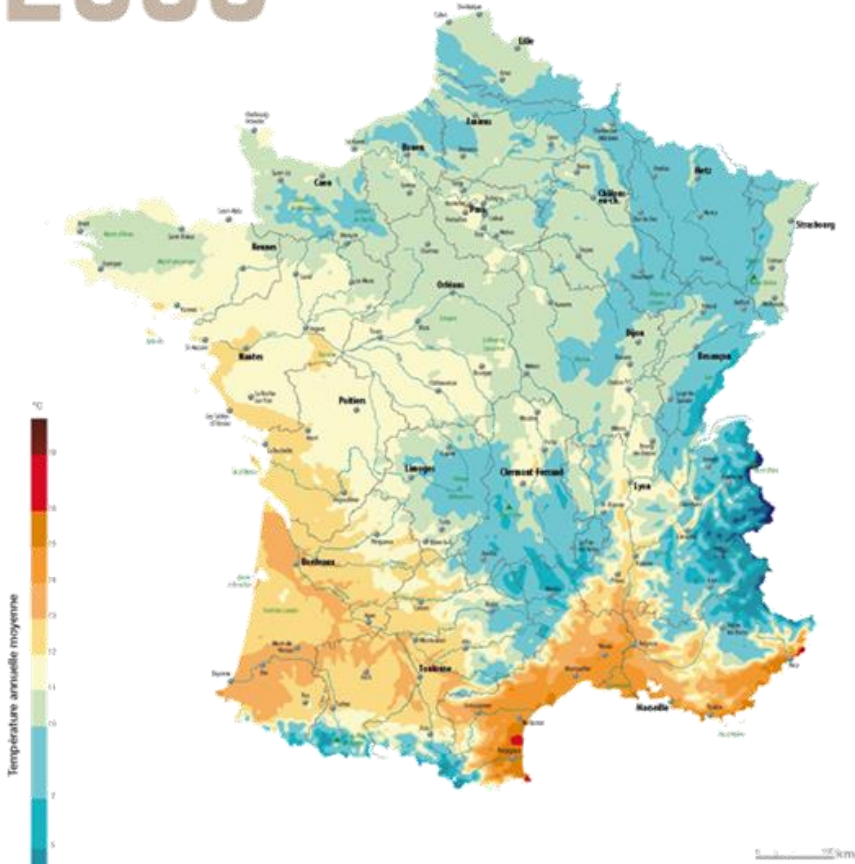
Source: Germanwatch and Munich RE NatCatSERVICE



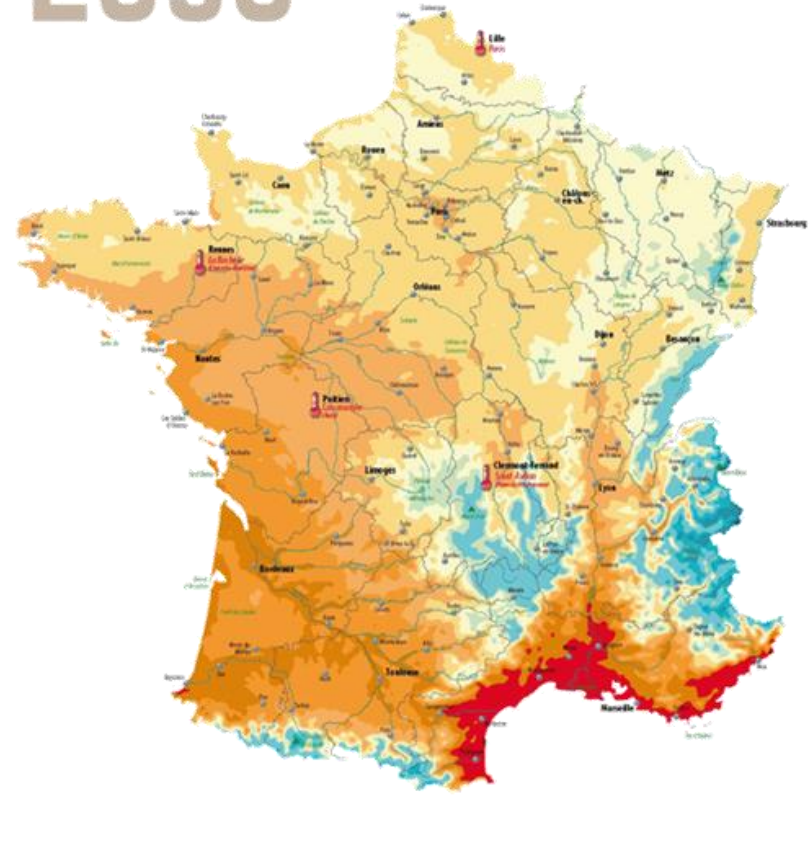
# Risques associés

Les territoires français face au **changement climatique**

2000



2050





# Risques associés

- Enchaînement des risques et impact sur les assureurs
  - 1. Risques directs issus d'événements climatiques
    - Inondations
    - Tempêtes
  - 2. Risques indirects issus d'événements subséquents
    - Ruptures de chaînes d'approvisionnement
    - Manque de ressources
    - Chocs politiques, économiques et sociétaux
    - Actifs et engagements des assureurs en vie et non-vie

# Risques associés

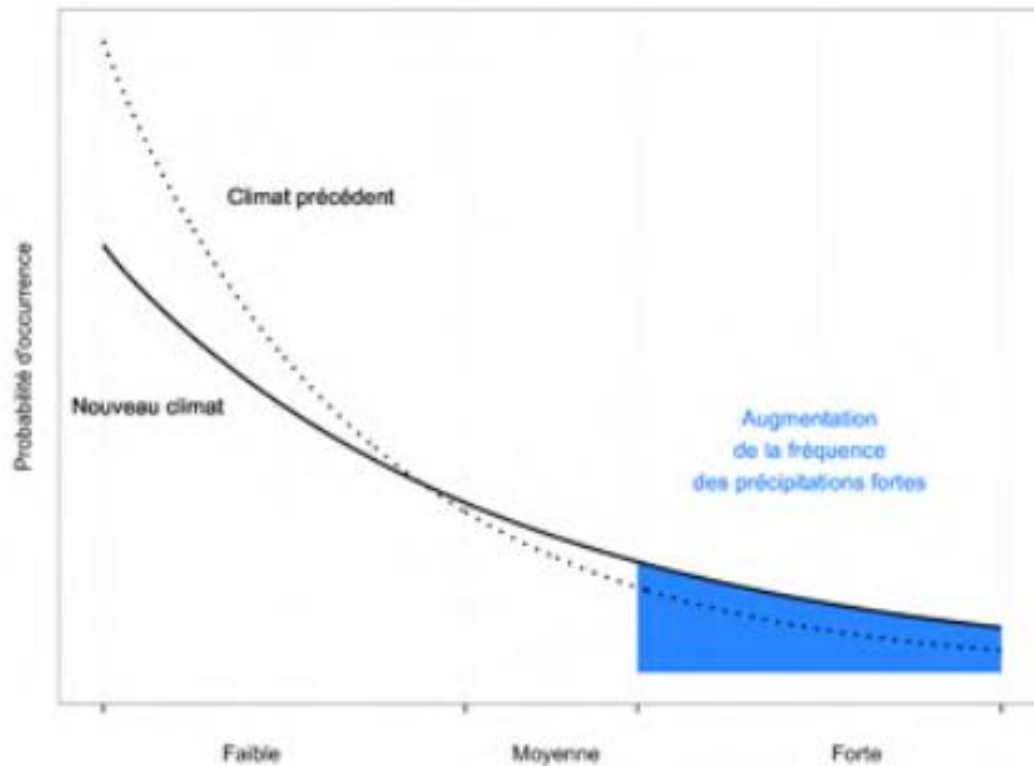
- Des risques connus... et modélisés !
  - 1. Risques directs issus d'événements climatiques
    - Types : Habitation, transport
    - Origine : Connue, dont catastrophes
    - Historique important d'événements et de pertes associées
    - Assurabilité possible

# Risques associés

- Des risques nouveaux... et non modélisés !
  - 2. Risques indirects issus d'événements subséquents
    - Types : Pertes financières, agricoles, risque politique, hausse de la mortalité
    - Origine : Non anticipable ou prévisible
    - Historique non disponible ou non interprétable
    - Assurabilité impossible ou délicate

# Risques associés

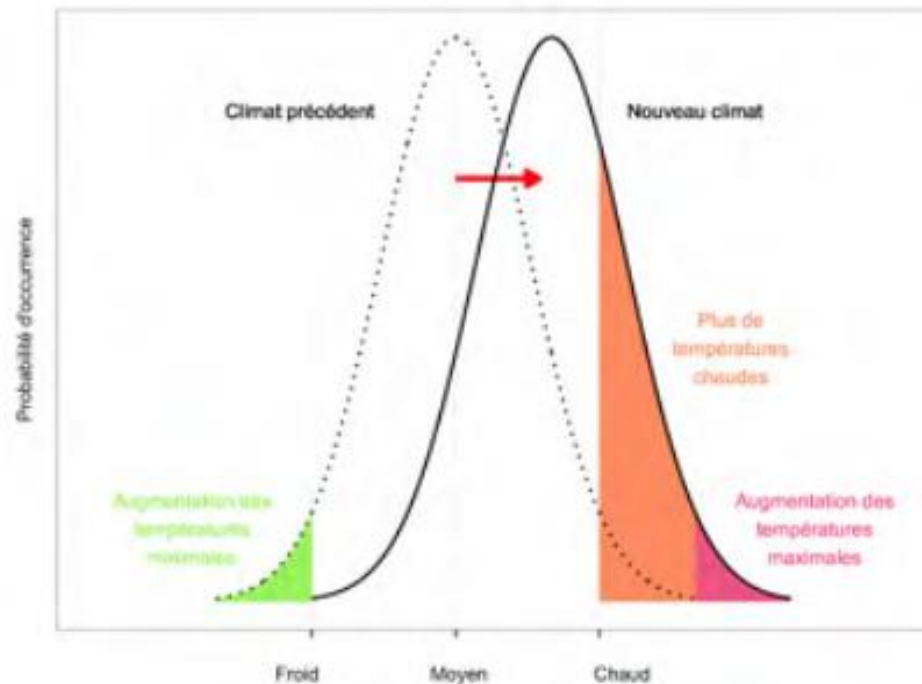
- En figures



Effets d'un changement pour une distribution asymétrique telle que la fréquence des précipitations moyennes. .

# Risques associés

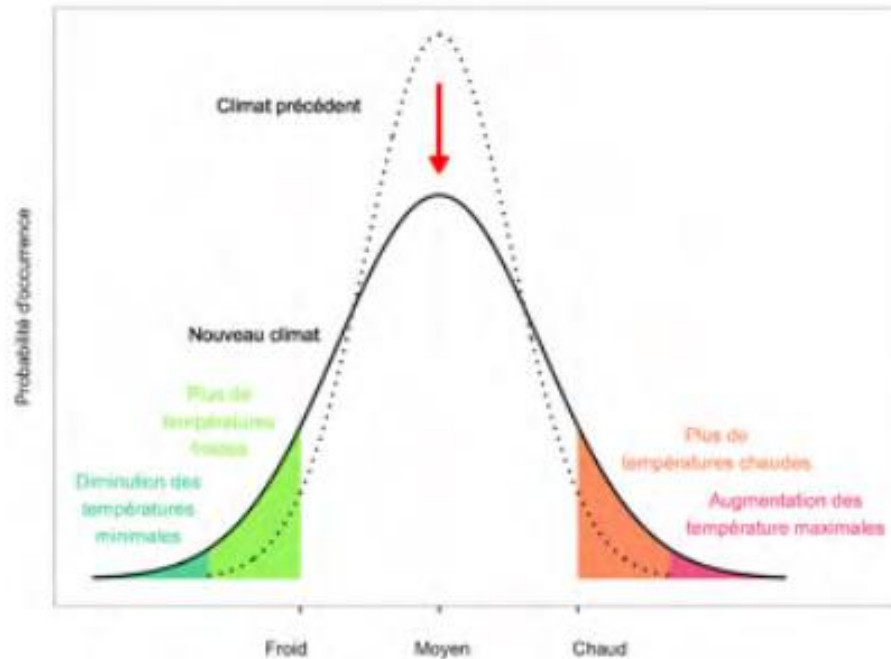
- En figures



Effets d'un simple changement de la totalité de la distribution vers un climat plus chaud.

# Risques associés

- En figures



Effets d'une augmentation de la variabilité des températures sans changement de la moyenne.

# Risques associés

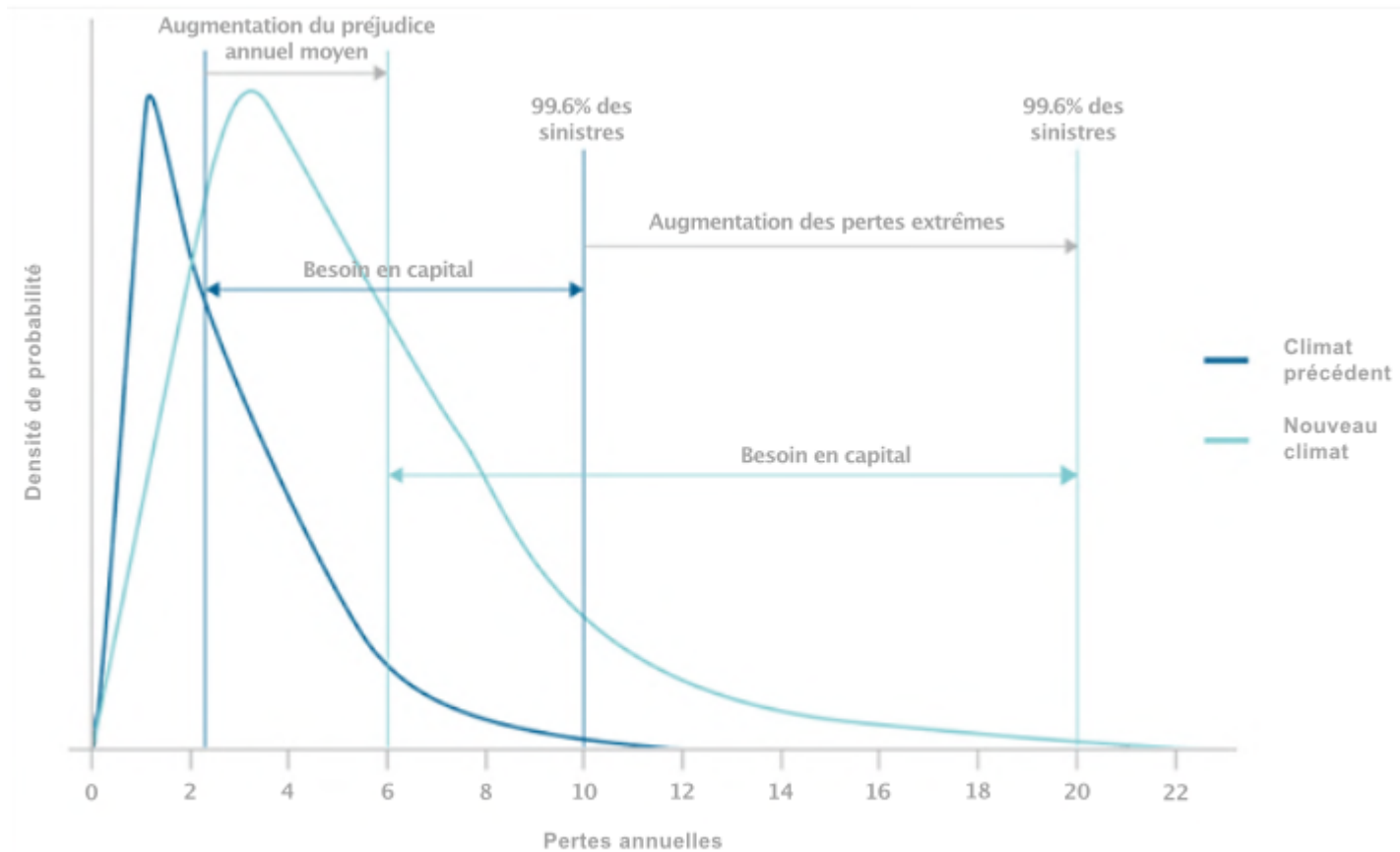
- En figures



Effets d'une augmentation combinée de la moyenne et de la variabilité, dans cet exemple une asymétrie accrue en direction de la partie chaude de la distribution.

# Risques associés

- En figures

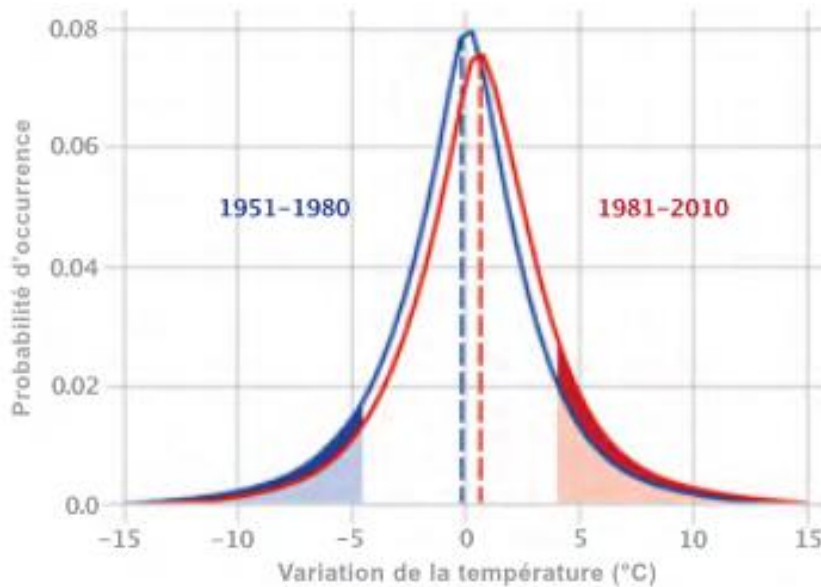


Impact du changement climatique sur les exigences en matière de capital.

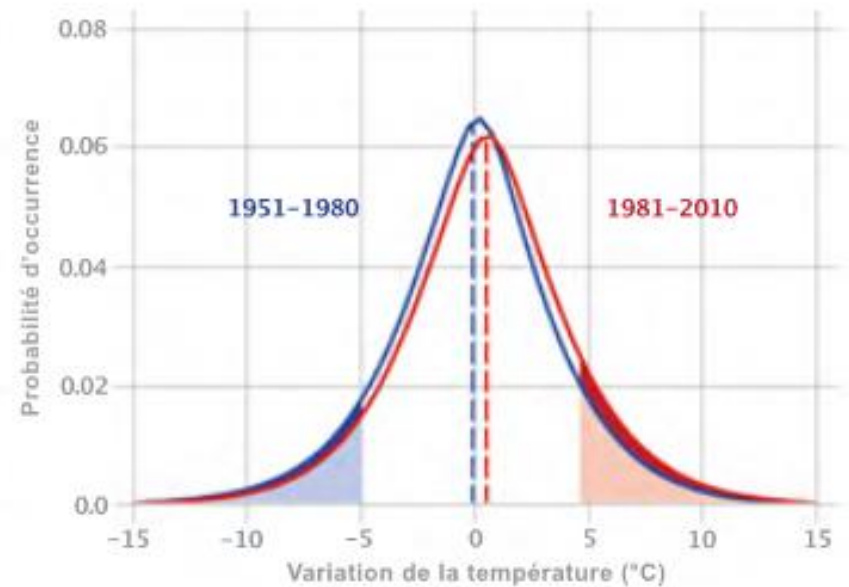


# Risques associés

- En figures



(a) Températures journalières minimum.



(b) Températures journalières maximum.

Distribution des variations de températures journalières  
pour les périodes 1951 – 1980 et 1981 – 2010 relative à 1961 – 1990.

# Risques associés

- Exemple : inondations en Thaïlande en 2011
  - Un risque fréquent mais d'intensité inhabituelle
  - 45 MM\$ de pertes directes dont 12 MM\$ assurées
  - 10 000 usines de matériel électronique fermées
  - Paralysie mondiale : Sony, Nikon, Honda, disques durs...
  - Pertes indirectes multiples

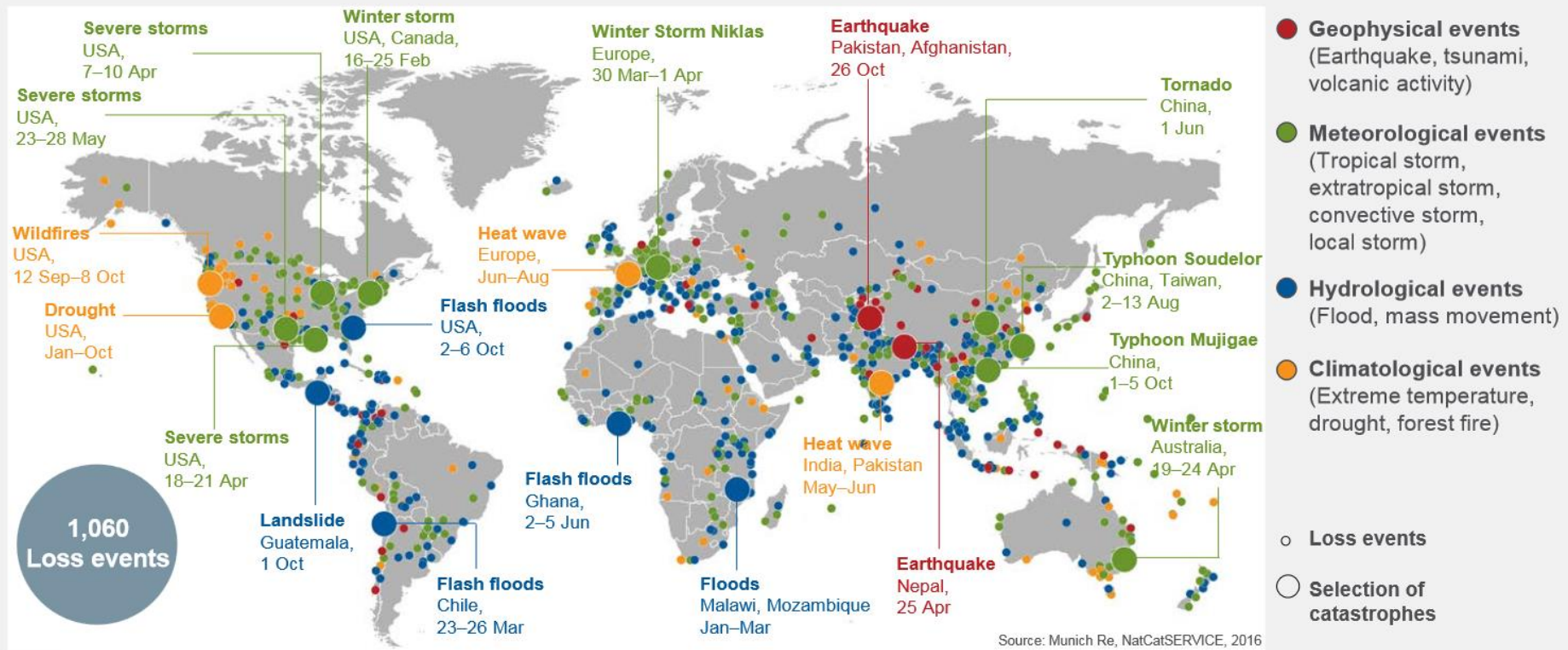
# Les catastrophes

- Enjeux principaux
  - Corrélation des pertes
    - Mutualisation impossible
    - Grand nombre de victimes, biens et activités affectés
  - Ampleur des pertes
    - Sociétés d'assurance et de réassurance dépassées
    - Rôle de l'Etat
      - Coordonne l'aide d'urgence
      - Initie le marché de l'assurance
      - Assureur en dernier ressort

# Les catastrophes

NatCatSERVICE

## Natural loss events worldwide 2015 Geographical overview



# Les catastrophes

## Loss events worldwide 2015 Percentage distribution

Number of events: 1,060



Overall losses: US\$ 100bn



- **Geophysical events**  
(Earthquake, tsunami, volcanic activity)
- **Meteorological events**  
(Tropical storm, extratropical storm, convective storm, local storm)
- **Hydrological events**  
(Flood, mass movement)
- **Climatological events**  
(Extreme temperature, drought, forest fire)

Fatalities: 23,000



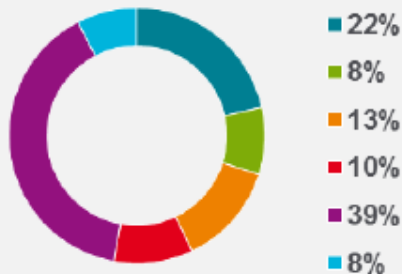
Insured losses: US\$ 30bn



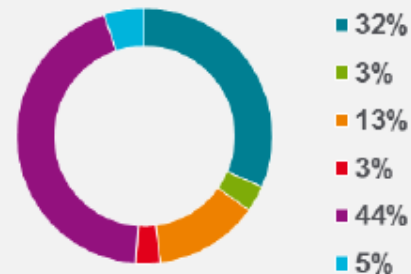
# Les catastrophes

## Loss events worldwide 2015 Percentage distribution by continent

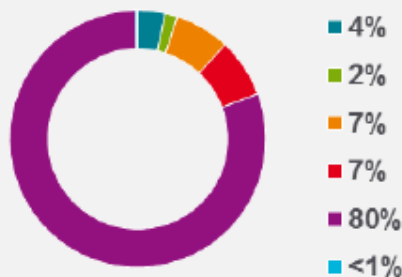
Number of events: 1,060



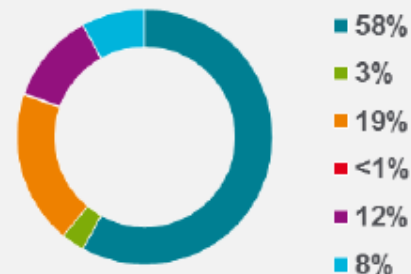
Overall losses: US\$ 100bn



Fatalities: 23,000

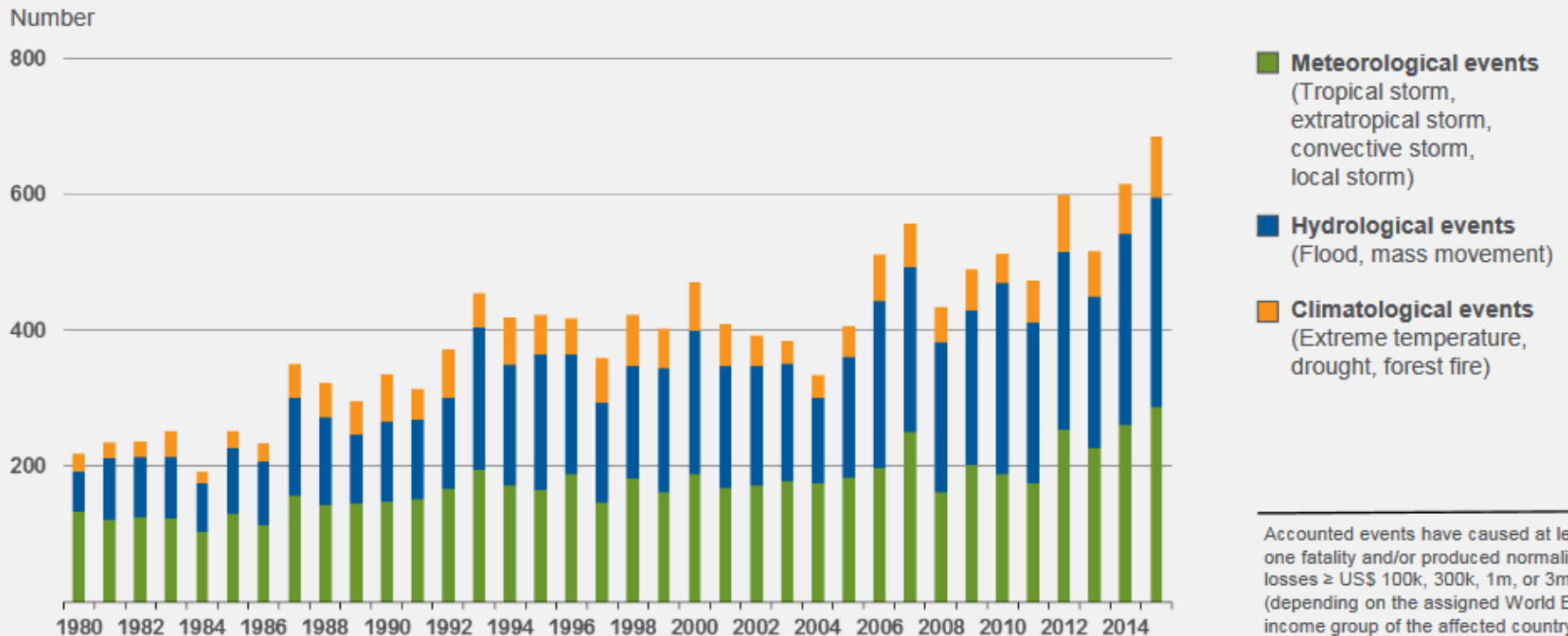


Insured losses: US\$ 30bn



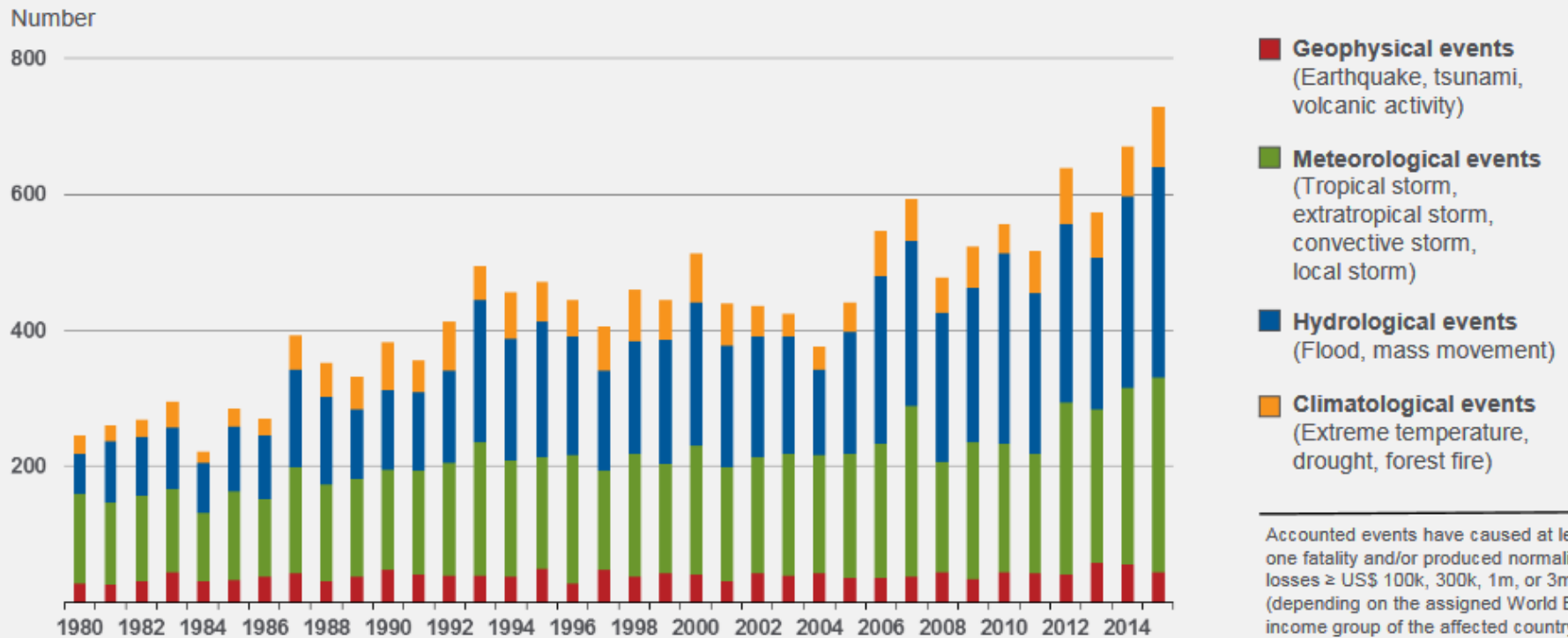
# Les catastrophes

Weather-related loss events worldwide 1980 – 2015  
Number of relevant events by peril



# Les catastrophes

## Loss events worldwide 1980 – 2015 Number of relevant events by peril





# Les catastrophes

## Loss events worldwide 1980 – 2015 Overall and insured losses

US\$ bn

400

300

200

100

1980 1982 1984 1986 1988 1990 1992 1994 1996 1998 2000 2002 2004 2006 2008 2010 2012 2014

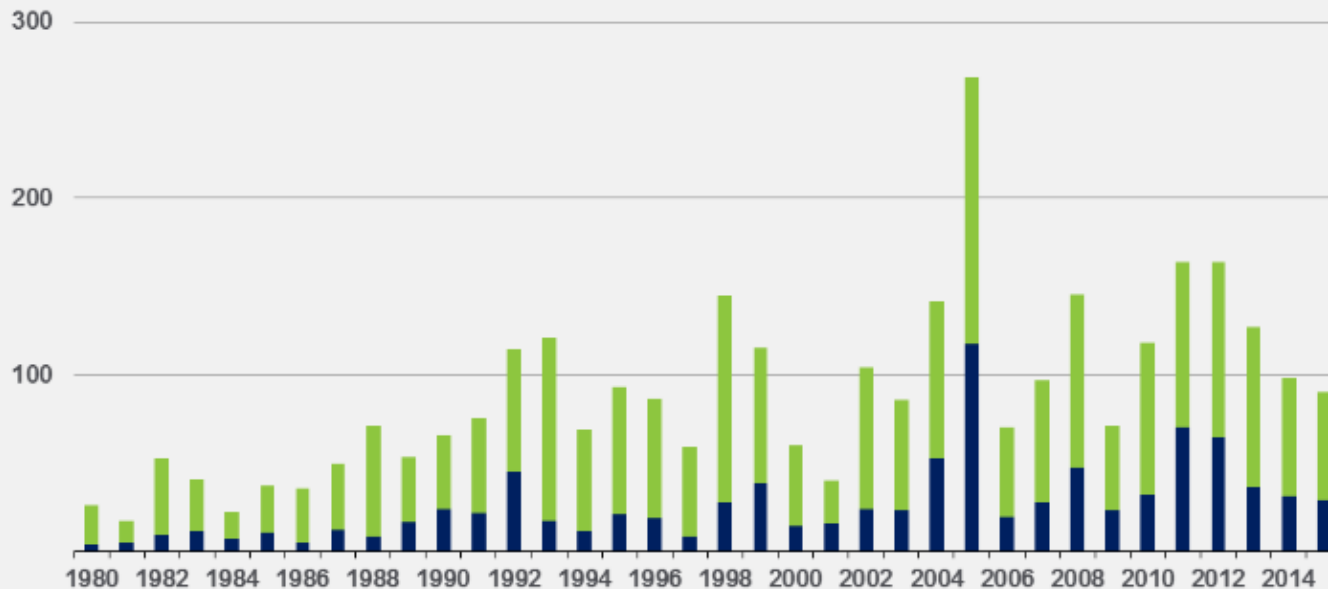
-  Overall losses (in 2015 values)
-  Insured losses (in 2015 values)

Inflation adjusted via country-specific consumer price index and consideration of exchange rate fluctuations between local currency and US\$.

# Les catastrophes

## Weather-related loss events worldwide 1980 – 2015 Overall and insured losses

US\$ bn



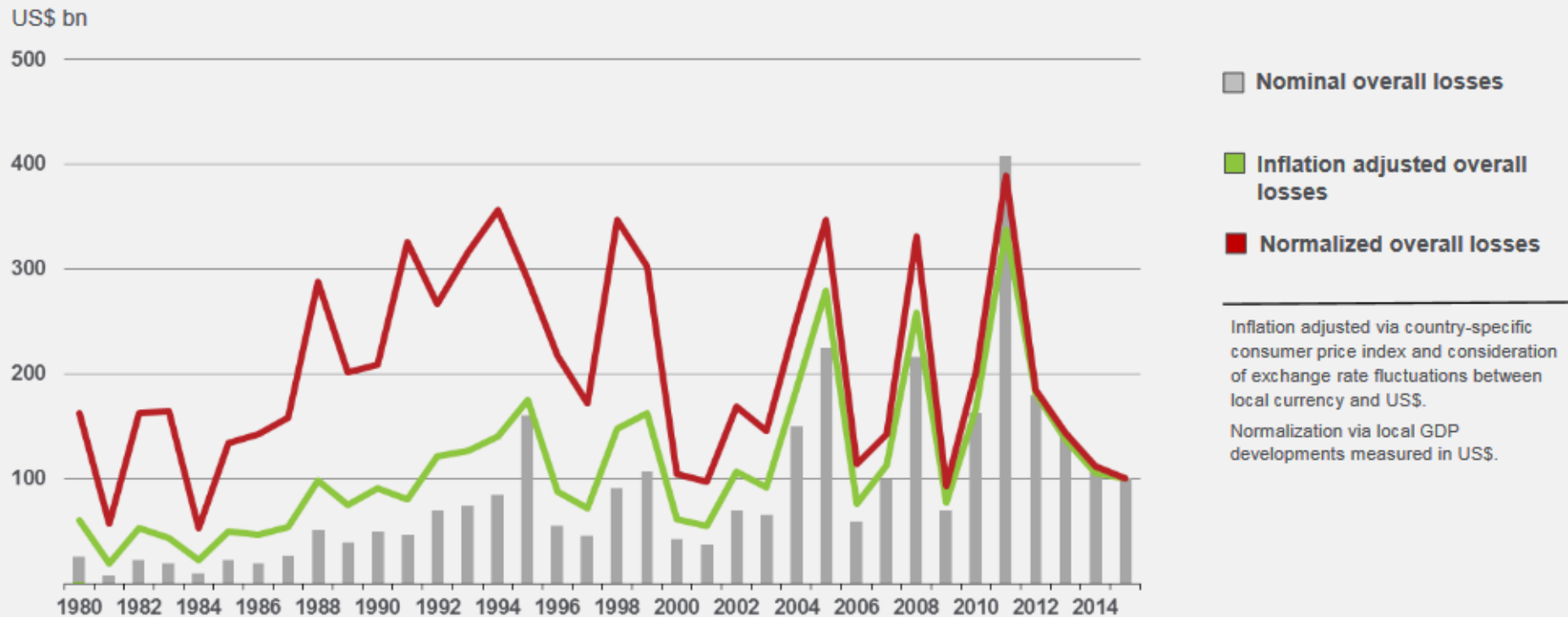
- Overall losses (in 2015 values)
- Insured losses (in 2015 values)

Inflation adjusted via country-specific consumer price index and consideration of exchange rate fluctuations between local currency and US\$.

# Les catastrophes

## Loss events worldwide 1980 – 2015

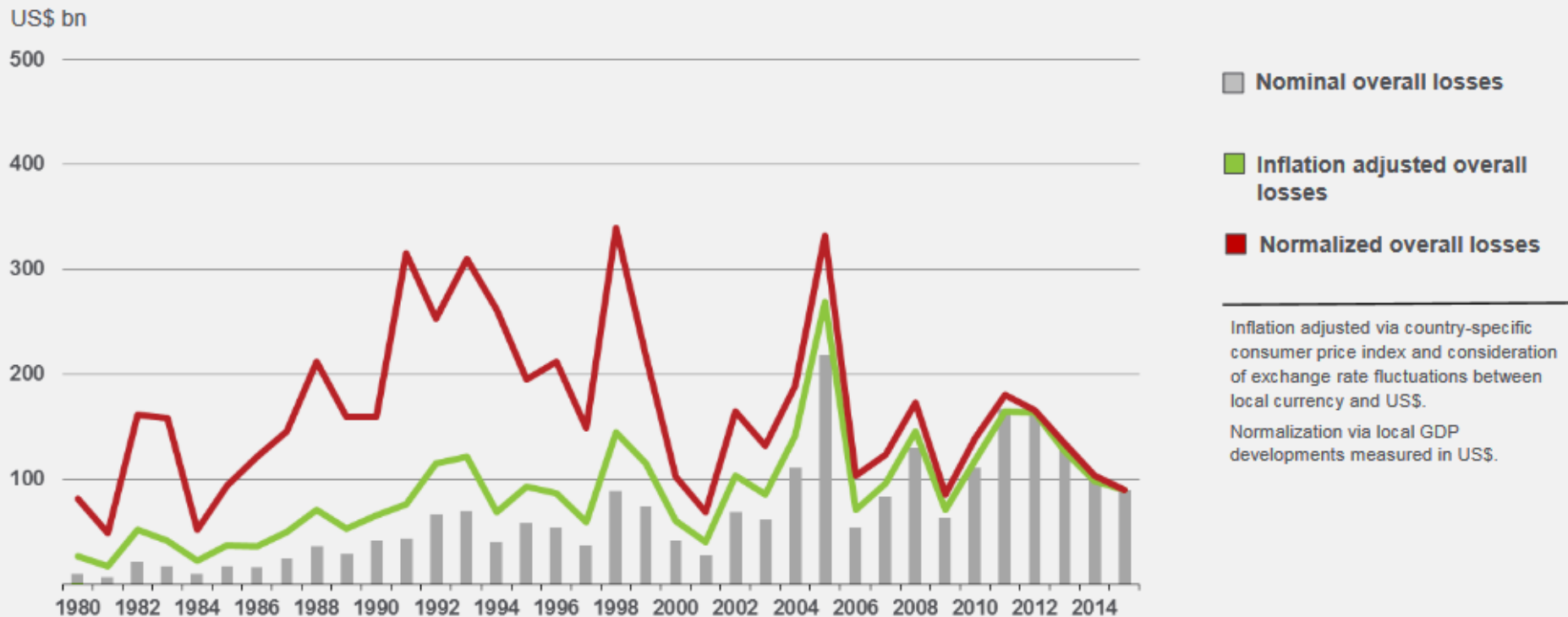
Overall losses: nominal, inflation adjusted, and normalized



# Les catastrophes

## Weather-related loss events worldwide 1980 – 2015

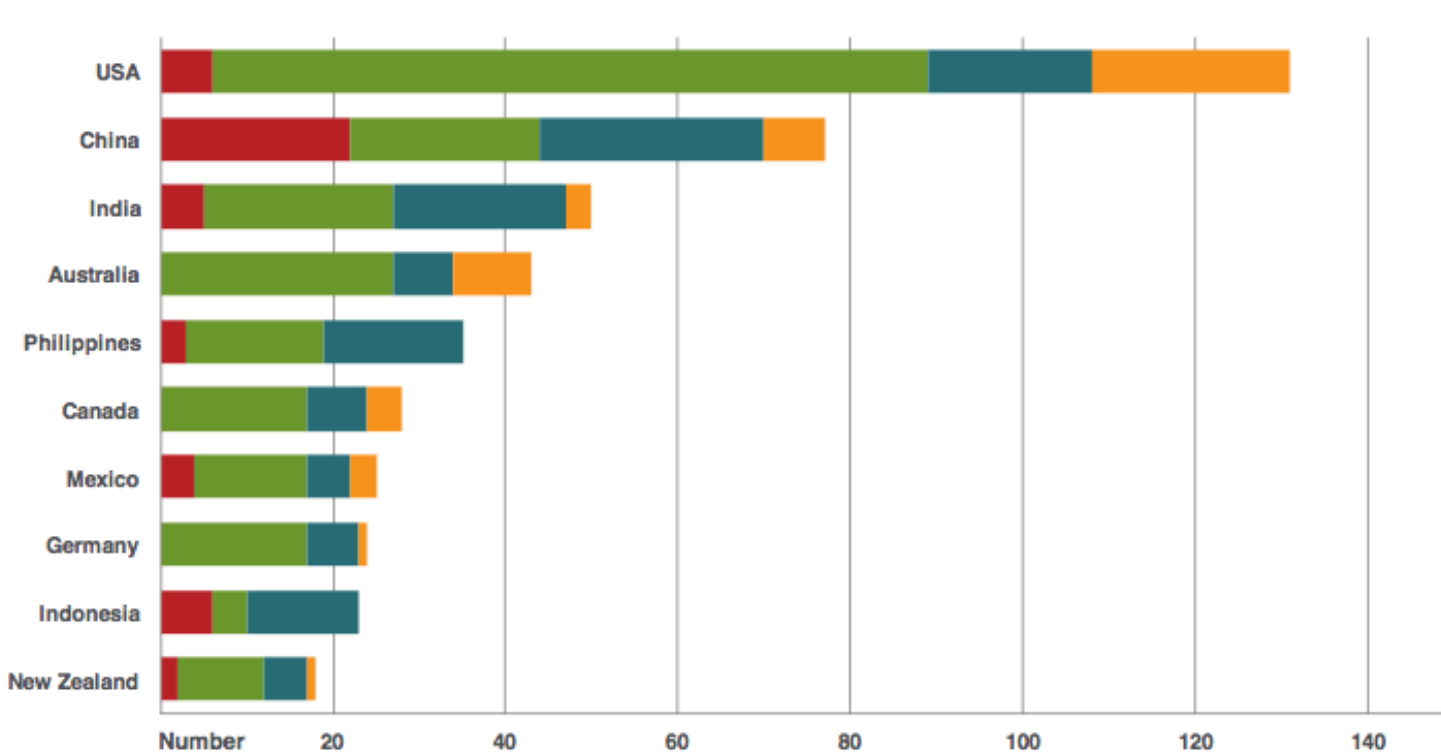
Overall losses: nominal, inflation adjusted, and normalized



# Les catastrophes

## Loss events worldwide 2013

### Most affected countries by number of events

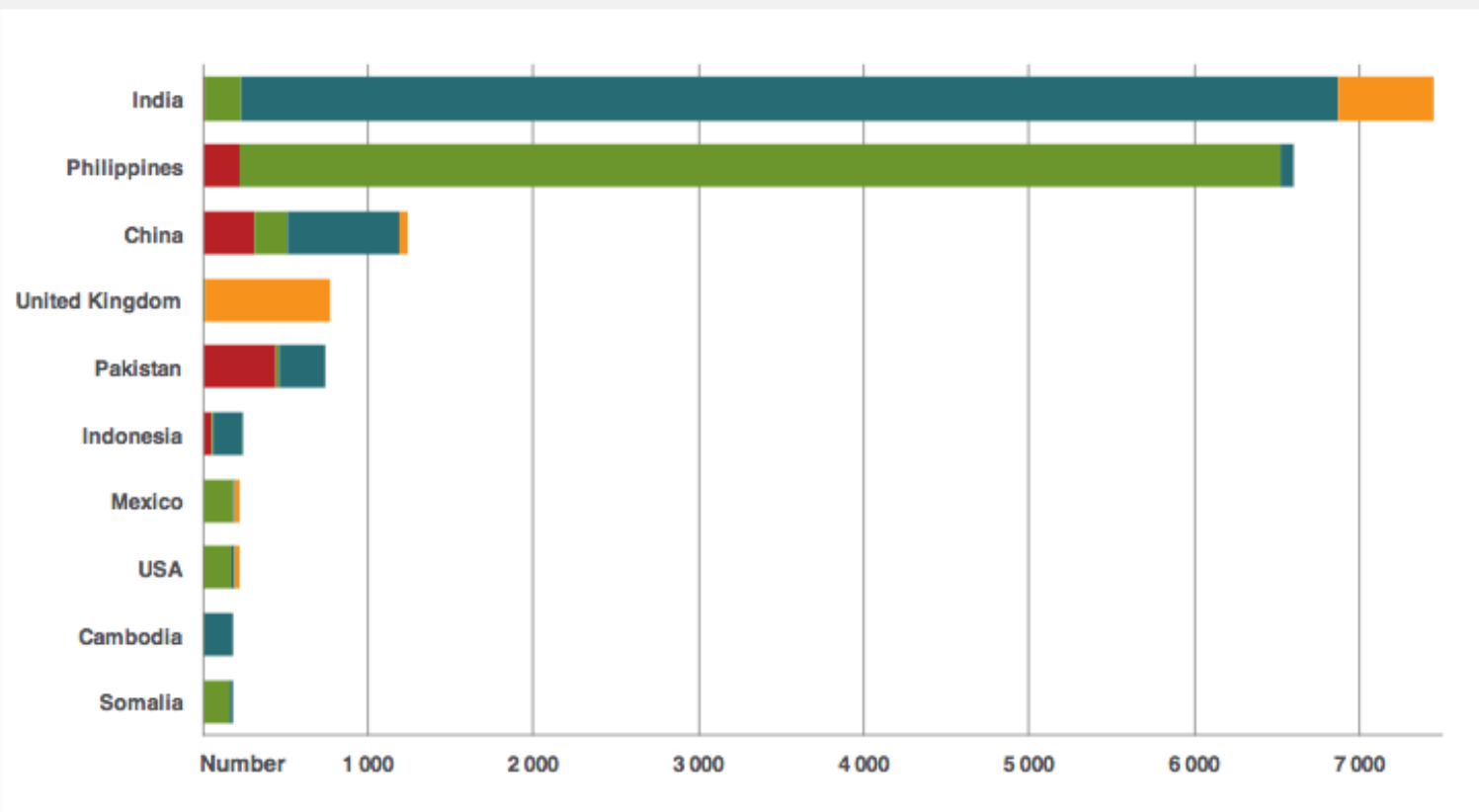


- Geophysical events**  
(Earthquake, tsunami, volcanic eruption)
- Meteorological events**  
(Tropical storm, extratropical storm, convective storm, local storm)
- Hydrological events**  
(Flood, mass movement)
- Climatological events**  
(Extreme temperature, drought, forest fire)

# Les catastrophes

## Loss events worldwide 2013

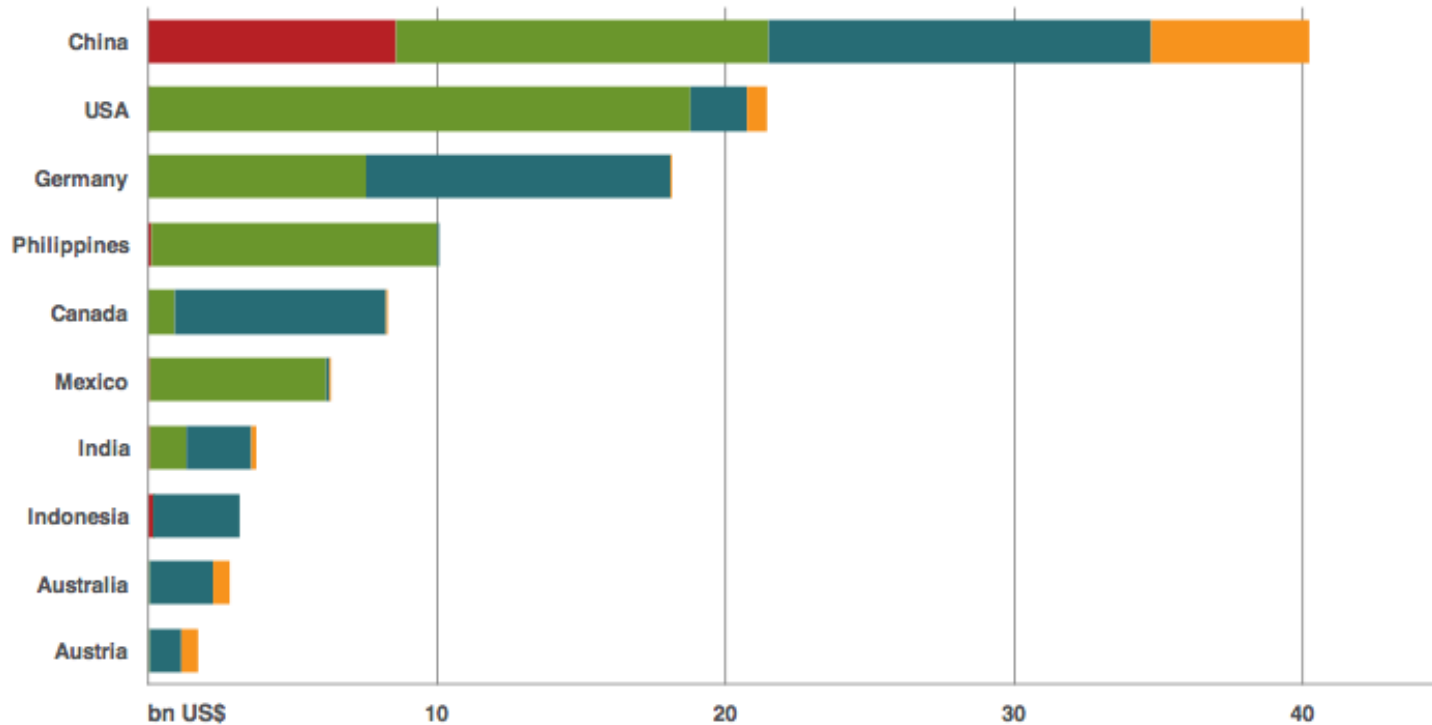
### Most affected countries by number of fatalities



- Geophysical events**  
(Earthquake, tsunami, volcanic eruption)
- Meteorological events**  
(Tropical storm, extratropical storm, convective storm, local storm)
- Hydrological events**  
(Flood, mass movement)
- Climatological events**  
(Extreme temperature, drought, forest fire)

# Les catastrophes

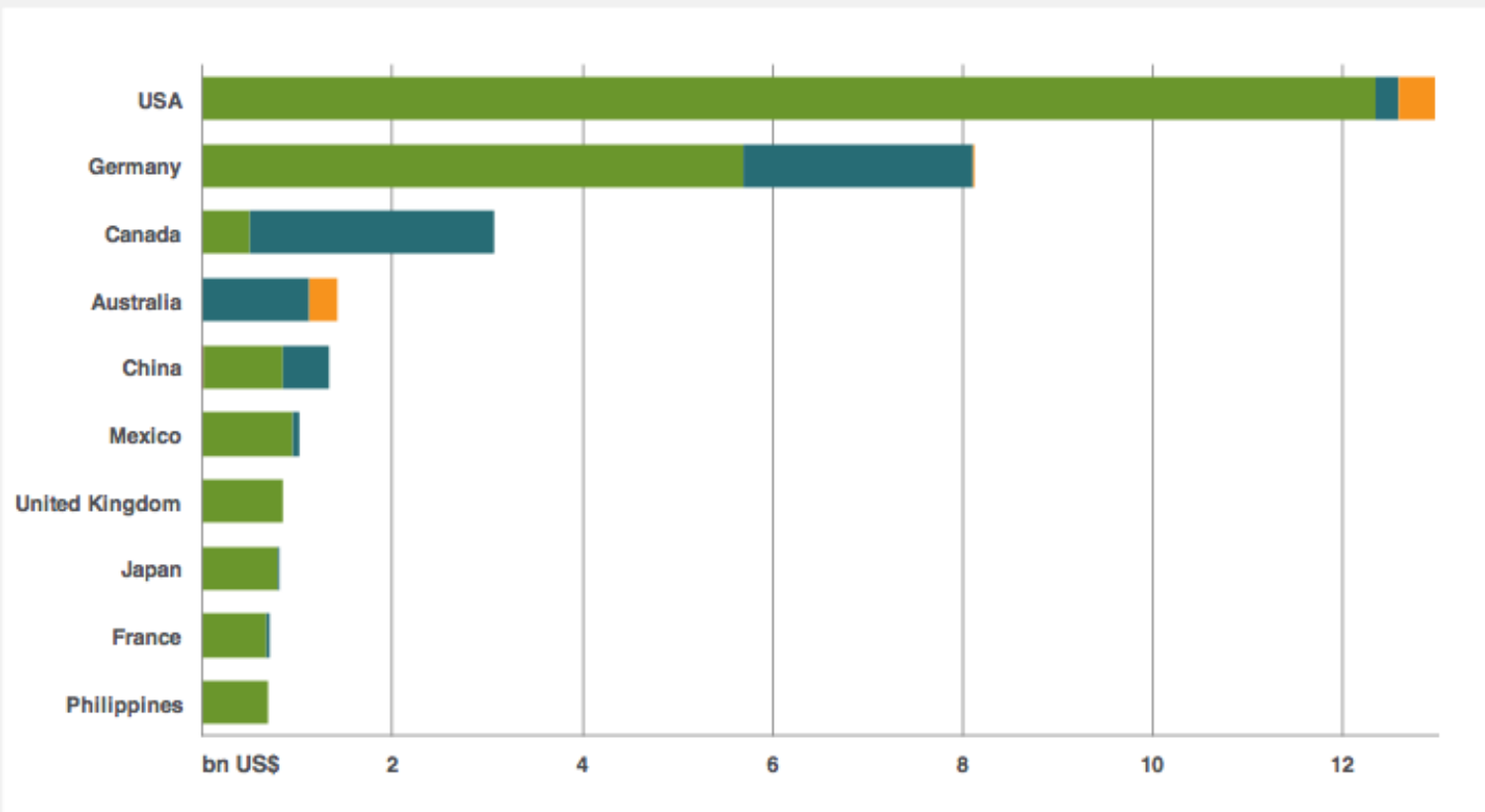
## Loss events worldwide 2013 Most affected countries by overall losses



- Geophysical events**  
(Earthquake, tsunami, volcanic eruption)
- Meteorological events**  
(Tropical storm, extratropical storm, convective storm, local storm)
- Hydrological events**  
(Flood, mass movement)
- Climatological events**  
(Extreme temperature, drought, forest fire)

# Les catastrophes

## Loss events worldwide 2013 Most affected countries by insured losses



- Geophysical events**  
(Earthquake, tsunami, volcanic eruption)
- Meteorological events**  
(Tropical storm, extratropical storm, convective storm, local storm)
- Hydrological events**  
(Flood, mass movement)
- Climatological events**  
(Extreme temperature, drought, forest fire)



Rank	Date	Country	Event	Insured loss
1	Aug. 25, 2005	U.S., Gulf of Mexico	Hurricane Katrina, storm surge, damage to oil rigs	\$ 79,663
2	Mar. 11, 2011	Japan	Earthquake (Mw 9.0) triggers tsunami	36,865
3	Oct. 24, 2012	U.S., Caribbean, Canada	Hurricane Sandy, massive storm surge	36,115
4	Aug. 23, 1992	U.S., Bahamas	Hurricane Andrew, floods	27,017
5	Sep. 11, 2001	U.S.	Terror attacks on WTC, Pentagon and other buildings	25,129
6	Jan. 17, 1994	U.S.	Northridge earthquake (Mw 6.7)	24,455
7	Sep. 6, 2008	U.S., Gulf of Mexico, Caribbean	Hurricane Ike	22,343
8	Feb. 22, 2011	New Zealand	Earthquake (Mw 6.1), aftershocks	16,853
9	Sep. 2, 2004	U.S., Caribbean, Venezuela	Hurricane Ivan, damage to oil rigs	16,180
10	Jul. 27, 2011	Thailand	Heavy monsoon rains, extreme flooding	15,799

Rank	Date	Country	Event	Victims
1	Nov. 11, 1970	Bangladesh	Storm and flood catastrophe	300,000
2	Jul. 28, 1976	China	Earthquake (M 7.6)	255,000
3	Jan. 12, 2010	Haiti	Earthquake (Mw 7.0), aftershocks	222,570
4	Dec. 26, 2004	Indonesia, Thailand et al.	Earthquake (Mw 9), tsunami in Indian Ocean	220,000
5	May 2, 2008	Myanmar (Burma), Bay of Bengal	Tropical cyclone Nargis, Irrawaddy Delta flooded	138,300
6	Apr. 29, 1991	Bangladesh	Tropical cyclone Gorky	138,000
7	May 12, 2008	China	Earthquake (Mw 7.9) in Sichuan, aftershocks	87,449
8	Oct. 8, 2005	Pakistan, India, Afghanistan	Earthquake (Mw 7.6), aftershocks, landslides	74,310
9	May 31, 1970	Peru	Earthquake (M 7.9), massive avalanche and floods	66,000
10	Jun. 15, 2010	Russia, Czech Republic	Heat wave with temperatures up to 40° Celsius	55,630

# Les catastrophes

NatCatSERVICE



## Loss events worldwide 2015

### 10 deadliest events

Date	Event	Affected area	Overall losses in US\$ m original values	Insured losses in US\$ m original values	Fatalities
25.4.2015	Earthquake	Nepal, Bangladesh, China, India	4,800	210	9,000
May - June 2015	Heat wave	India, Pakistan			3,670
June - August 2015	Heat wave	Austria, Belgium, France, Germany, Italy, Poland, Spain			1,250
1.11-10.12.2015	Floods	India: Tamil Nadu, Chennai, Cuddalore, Puducherry, Andhra Pradesh, Nellore, Chittor, Kadappa	3,500	700	597
1.6.2015	Tomado	China: Hubei, Yangtze River, Jianli	20	15	444
26.10.2015	Earthquake	Afghanistan, India, Pakistan, Tajikistan	350		401
February - March 2015	Avalanches, winter damage	Afghanistan: Panjshir, Parvan, Bamyan, Badghis, Badakhshan, Yamgan, Arghestan, Kajli, Kapisa	10		291
January - March 2015	Floods	Malawi, Mozambique, South Africa, Zimbabwe	480		288
1.10.2015	Landslide	Guatemala: Guatemala City, Santa Catarina Pinula, El Cambay Dos	5		280
2-5.6.2015	Flash floods	Benin, Ghana, Togo	100		263

Source: Munich Re, NatCatSERVICE, 2016

# Les catastrophes

NatCatSERVICE



## Loss events worldwide 2015

10 costliest events ordered by overall losses

Date	Event	Affected area	Overall losses in US\$ m original values	Insured losses in US\$ m original values	Fatalities
25.4.2015	Earthquake	Nepal, Bangladesh, China, India	4,800	210	9,000
1-5.10.2015	Typhoon Mujigae (Kabayan)	China, Philippines	3,500		22
1.11-10.12.2015	Floods	India: Tamil Nadu, Chennai, Cuddalore, Puducherry, Andhra Pradesh, Nellore, Chittoor, Kadappa	3,500	700	597
16-25.2.2015	Winter storm	Canada, United States	2,800	2,100	40
2-13.8.2015	Typhoon Soudelor, floods	China, Taiwan, Philippines	2,800	120	39
23-28.5.2015	Severe storms, flash floods	United States: AR, CO, GA, KS, LA, OH, OK, SC, TX	2,700	1,500	32
January - December 2015	Drought	United States: CA, WA, NV, OR	2,200	500	
15-30.8.2015	Typhoon Goni (Ineng), floods	North Korea, Japan, Philippines, Russia	2,000	1,400	73
April - August 2015	Drought	Bosnia and Herzegovina, Croatia, Czech Republic, Hungary, Moldova, Poland, Romania, Serbia	1,800		
January - December 2015	Drought	India, Pakistan	1,800		

Source: Munich Re, NatCatSERVICE, 2016

# Les catastrophes

NatCatSERVICE



## Loss events worldwide 2015

10 costliest events ordered by insured losses

Date	Event	Affected area	Overall losses in US\$ m original values	Insured losses in US\$ m original values	Fatalities
16-25.2.2015	Winter storm	Canada, United States,	2,800	2,100	40
23-28.5.2015	Severe storms, flash floods	United States: AR, CO, GA, K LA, OH, OK, S TX	2,700	1,500	32
15-30.8.2015	Typhoon Goni (Ineng), floods	North Korea, Japan, Philippines, Russia	2,000	1,400	73
7-10.4.2015	Severe storms	United States: AR, IA, IL, K KY, MI, MO, OH, OK, PA, TX, WI, WV	1,600	1,200	3
4-10.12.2015	Floods, Winter Storm Ted	Ireland, Norway, United Kingdom	1,600	1,000	2
30.3-1.4.2015	Winter Storm Niklas	Austria, Czech Republic, Belgium, Germany, Netherlands, Poland, Switzerland, United Kingdom	1,400	1,000	11
18-21.4.2015	Severe storms	United States: AL, AR, FL, GA, KS, LA, MS, NC, OH, OK, PA, SC, TN, TX, VA	1,300	940	
12.9-8.10.2015	Wildfires (Valley Fire)	United States: CA	1,400	920	4
21-25.6.2015	Severe storms, tornadoes	United States: CT, DE, IA, IL, MA, MD, MI, MN, ND, NH, NJ, NY, PA, SD, VA, WI	1,200	910	2
6-13.5.2015	Severe storms, tornadoes	United States: CO, IA, MO, NE, OK, SD, TX	1,200	850	6

Source: Munich Re, NatCatSERVICE, 2016

# Selected Significant Climate Anomalies and Events October 2016

## GLOBAL AVERAGE TEMPERATURE

October 2016 average global land and ocean surface temperature was third highest for October since records began in 1880, behind only 2014 and 2015, making the past three Octobers the three warmest on record.

## ARCTIC SEA ICE EXTENT

October 2016 sea ice extent was 28.5 percent below the 1981-2010 average. This marked the smallest October sea ice since satellite records began in 1979.

## EUROPE

Finland experienced its driest October since national records began in 1961 and Norway experienced its fourth driest since its records began in 1900.

## ASIA

The Asian continent experienced its 39<sup>th</sup> coolest October in the 107-year continental record.

## ALASKA

It was the driest October for Alaska since state records began in 1925.

## CONTIGUOUS UNITED STATES

The contiguous U.S. observed its third warmest October in its 122-year national record and its warmest since 1963.

## HURRICANE MATTHEW

(September 28<sup>th</sup> – October 9<sup>th</sup>, 2016)

Maximum winds 257 km/h  
Matthew was the first Category 5 hurricane in the North Atlantic since Felix in 2007. The storm majorly impacted Haiti, Cuba, the Bahamas, and parts of the southeastern United States. More than 1,000 fatalities were reported and thousands of homes and buildings were destroyed.

## AFRICA

It was the second warmest October for Africa in the 107-year continental record, behind only 2015.

## SOUTH AMERICA

Overall, it was the 15<sup>th</sup> warmest October in the 107-year continental record for South America.

## AUSTRALIA

Australia was cooler than average during October, with the mean temperature ranking in the bottom third among all Octobers in the country's 107-year record.

## ANTARCTIC SEA ICE EXTENT

October 2016 sea ice extent was 4.0 percent below the 1981-2010 average, the second lowest, behind only 1986, since satellite records began in 1979.



# Les catastrophes en France

- Quelques questions
- Depuis 2001...
  - Combien d'événements naturels ?
  - Quels types sont les plus impactants
    - en nombre ?
    - en victimes ?
    - en dommages ?
- En dynamique 1986-2000 vs 2001-2016 ?

# Les catastrophes en France

- Depuis 2001
  - 1.391 événements naturels
    - 47 % d'origine météorologique (*30,6 % climat/15,5% hydro*)
    - Par fréquence : feux de forêts, inondations, orages
    - 50 % au Sud de la France
  - 25.193 décès
    - 59/an (hors canicules 84,5 % des victimes)
    - Par gravité : canicule, avalanches, inondations, tempêtes
  - 26,4 MM€ dommages (*dont 21,5 MM€ assurés*)
    - Rapport 1 à 6 suivant les années
    - Par gravité : tempêtes, inondations, canicule

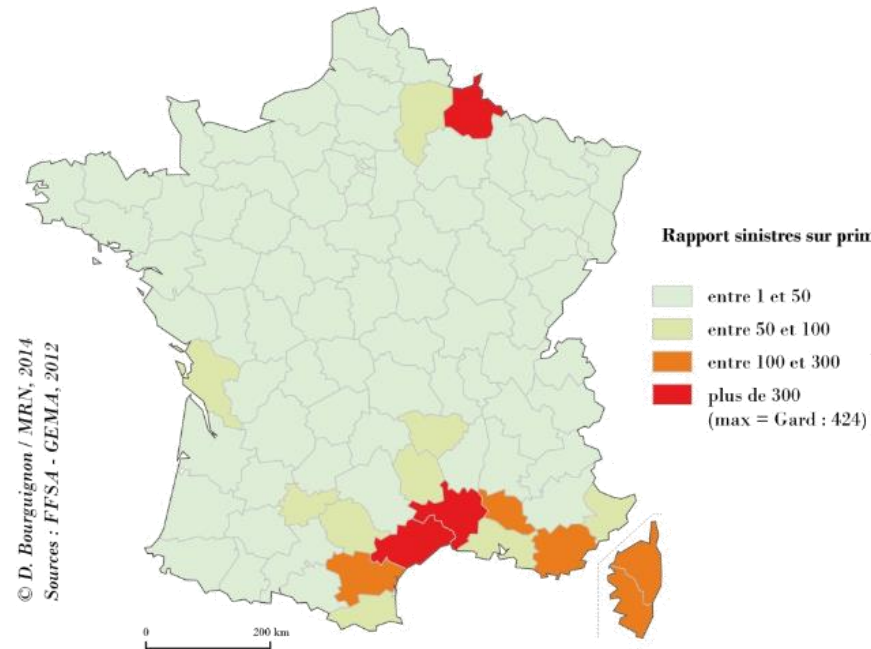
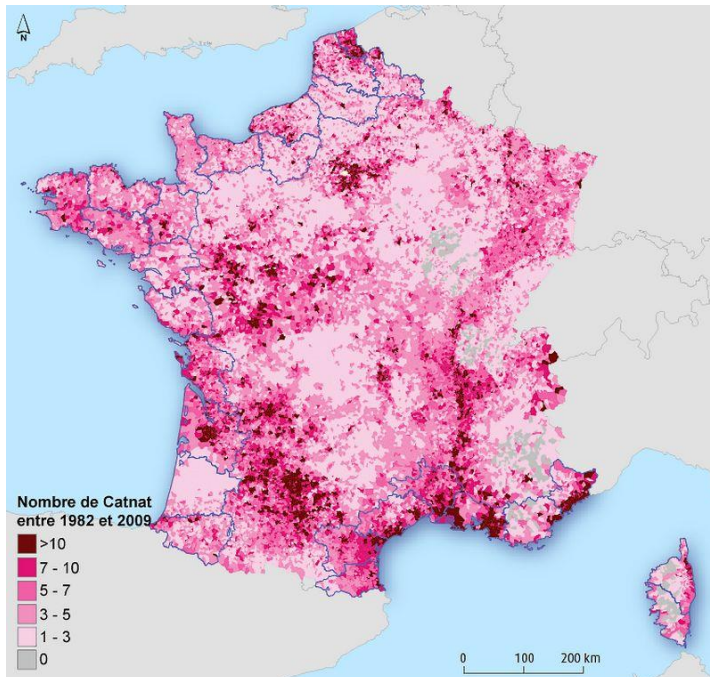
# Les catastrophes en France

- Par comparaison 2001-2016 vs 1986-2000
  - Augmentation modérée de la fréquence (+ 4 %) car beaucoup de petits événements
  - Baisse de la fréquence des événements graves (- 8 %)
  - Hausse des conséquences économiques car la valeur des biens assurés augmente
  - Diminution des coûts : 21,5 MM€ contre 27,5 MM€
  - Concentration sur des zones urbaines/côtières
- Impact du changement climatique ?
  - +1,2 C en moyenne en 1 siècle
  - Baisse de la gravité globale moyenne...

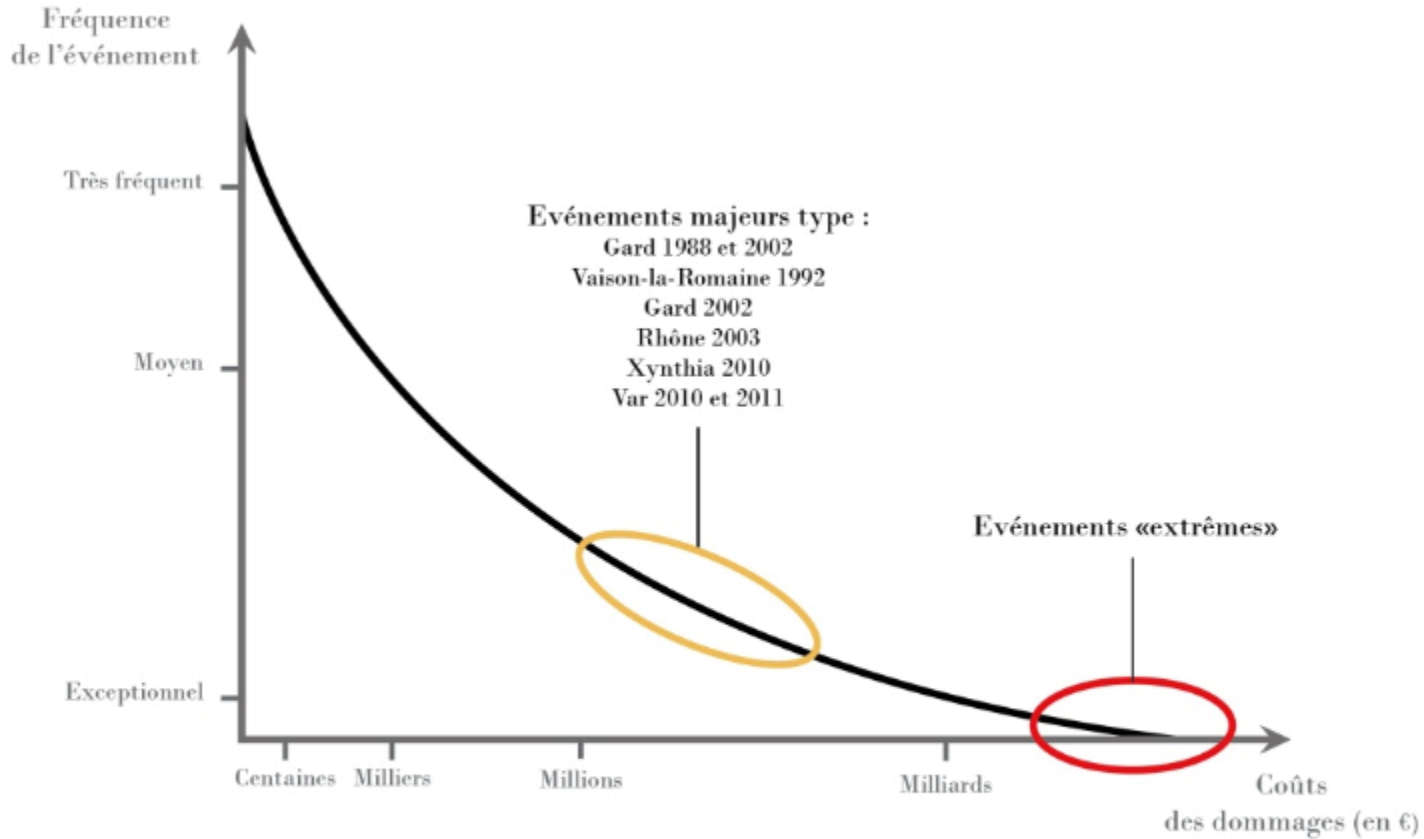


# Les catastrophes en France

- Pires événements
  - Canicule 2003 : 23.000 décès
  - Tempêtes Klaus (4,7 MM€) et Xintia (3,6 MM€)

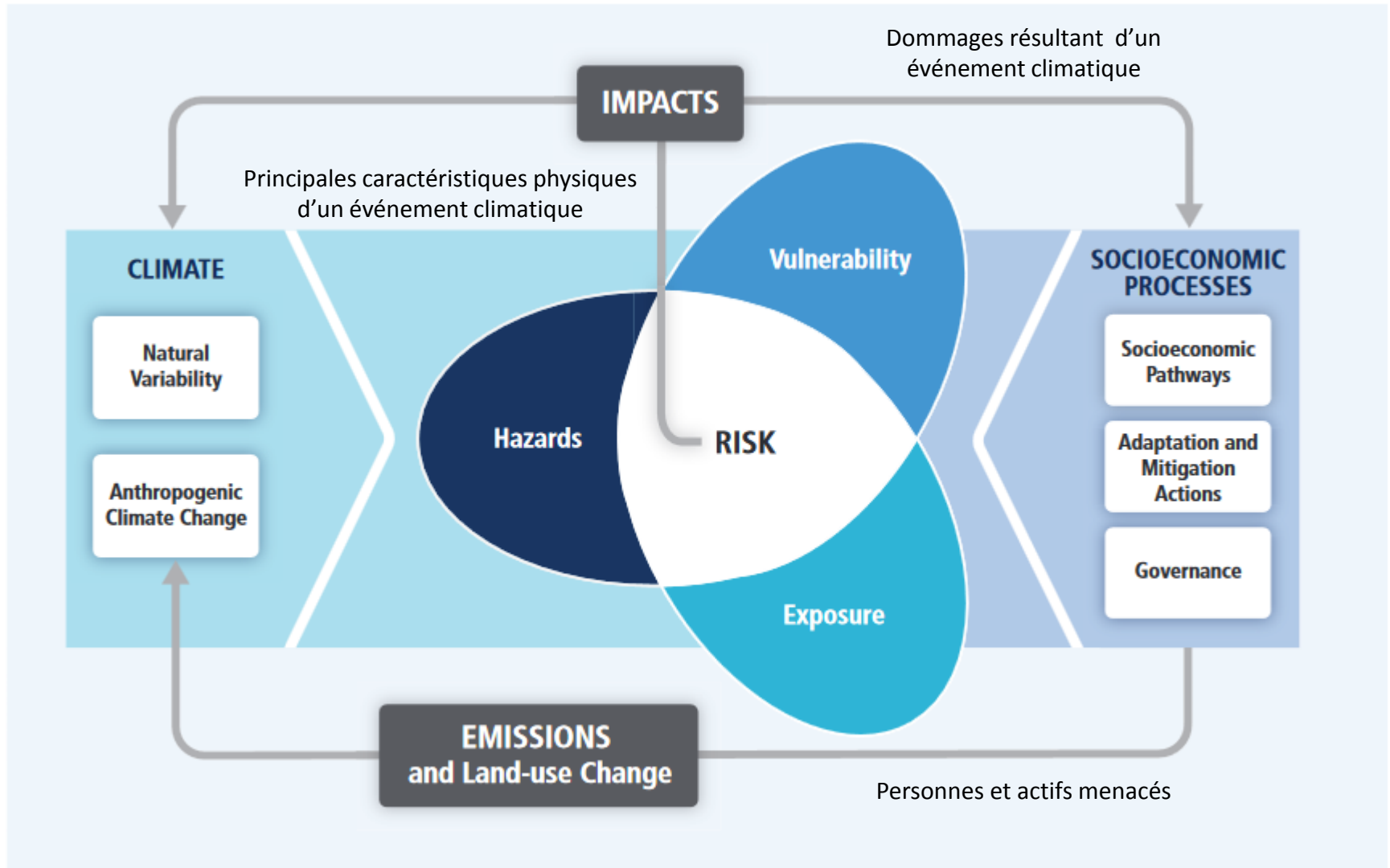


# Les catastrophes en France



*Catégorisation des événements selon leur fréquence et leur intensité*

# Risques liés au changement climatique

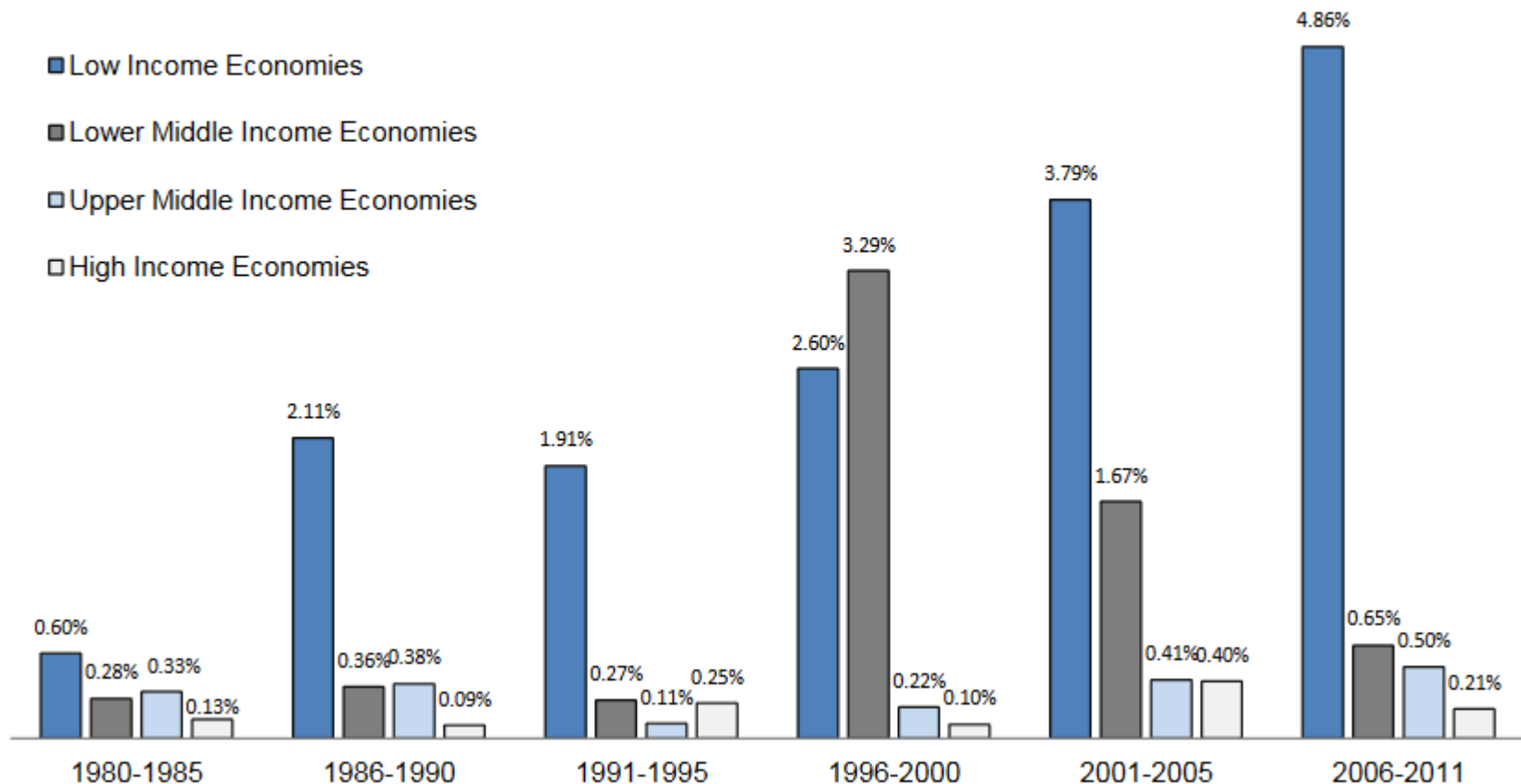


# Risques liés au changement climatique

- Résumons : d'où viennent les problèmes ?
  - Exposition en hausse (AON)
    - 85 % : Croissance économique et migrations vers les zones urbaines et côtières, les plus à risque
    - 15 % : Climat
  - Influence humaine en cause
    - Exemple de la montée des eaux
  - Les dégâts vont croissant
  - Les pays pauvres sont les plus exposés

# Risques liés au changement climatique

Disaster losses as % GDP, By income groups, average 1980-2011



# Les assureurs face au changement

- L'assurance : un moyen nécessaire
  - Le changement climatique semble s'accélérer en dépit des réponses apportées (Kyoto, COP 21)
  - Un problème économique de « bien public » et moral de « passager clandestin »
  - “The world needs your leadership to meet the climate challenge”, Ban Ki-moon, 13 avril 2016

# Les assureurs face au changement

- Une attention historique des assureurs
  - Premiers travaux dans les années 1970
  - Une pénétration forte du marché des pays du Nord, un développement naturel
  - Un marché de l'assurance émergent au Sud, produit de luxe
    - Inde : 10 MM\$ pertes annuelles, dont 20 % assurées
    - Prise de conscience nécessaire
    - Manque de moyens publics
    - Assurance traditionnelle (prime régulière) inadaptée

# Les assureurs face au changement

- Une attention historique des assureurs
  - Mise en garde des pouvoirs publics + Lobbying
  - En première ligne
    - Propriétaires sinistrés : ne remboursent pas leur prêt
    - Marché fragilisé : sortie des assurés
    - Pricing du risque / Calibrage des réserves
  - Assurance/Placement de nouveaux produits
    - Economie verte
    - Marché carbone
  - Leviers de changement
    - Construction
    - Planification urbaine



# Les assureurs face au changement

- Une aptitude à gérer les risques par *pooling*
  - Plusieurs risques, événements, produits et géographie
  - Risques normaux (*automobiles*) et catastrophiques (*sécheresse*)
  - Risques climatiques (*tempêtes*), liés au climat (*interruption d'activités*) et non climatiques (*arrêts de travail*)
  - Risques indépendants (marché vs. climat)

# Les assureurs face au changement

- Critères d'assurabilité
  - Risque aléatoire (*intensité anormale d'un agent naturel*)
  - Pertes identifiables et quantifiables
    - Pertes max/moy, fréquence, calcul des primes
    - Modélisation, relevés
  - Solvabilité de l'assureur
    - Grandes pertes supportables
    - Rôle des réassureurs, des marchés et de l'Etat
  - Mutualisation (*loi des grands nombres*)
  - Ethique (*asymétries d'information*)
  - Prix d'équilibre identifiable

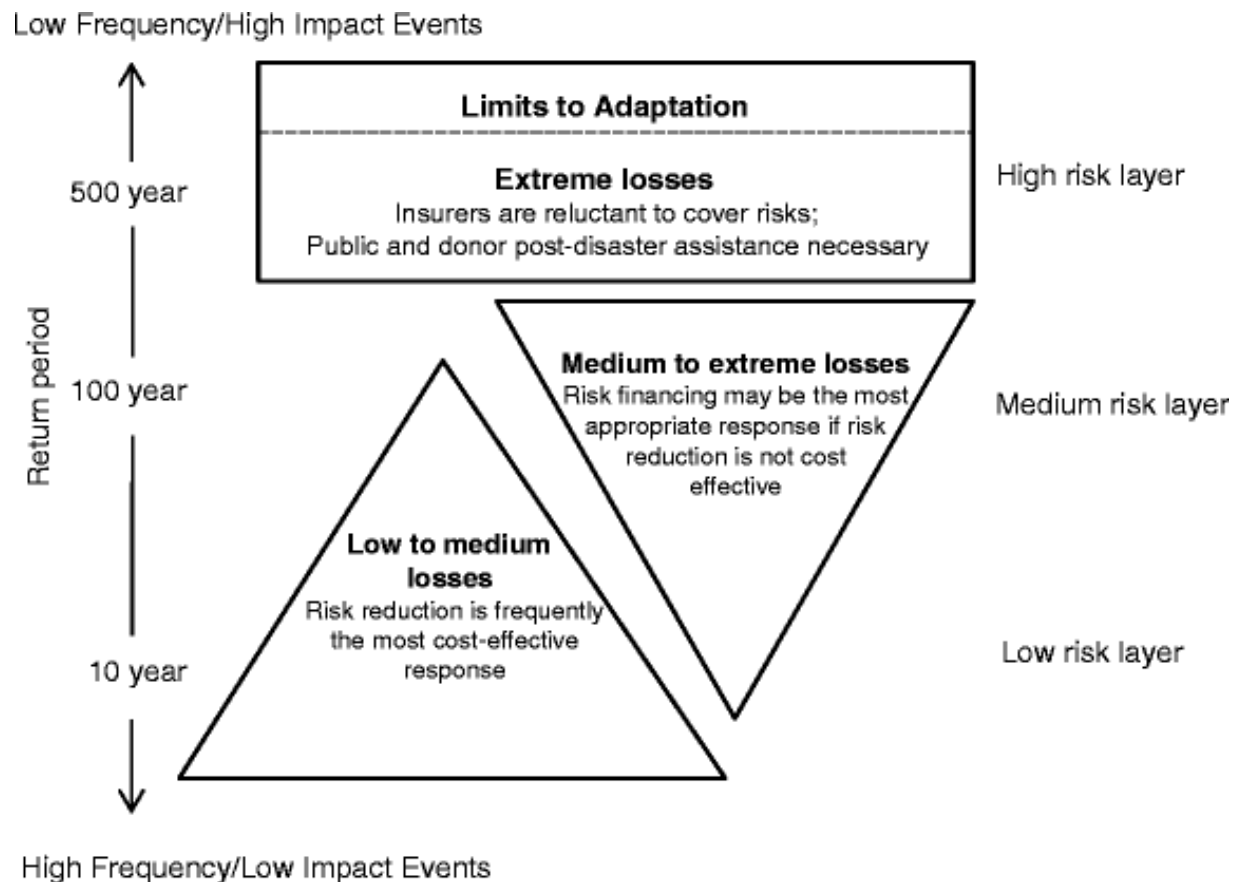
# Les assureurs face au changement

- Modèle d'assurance



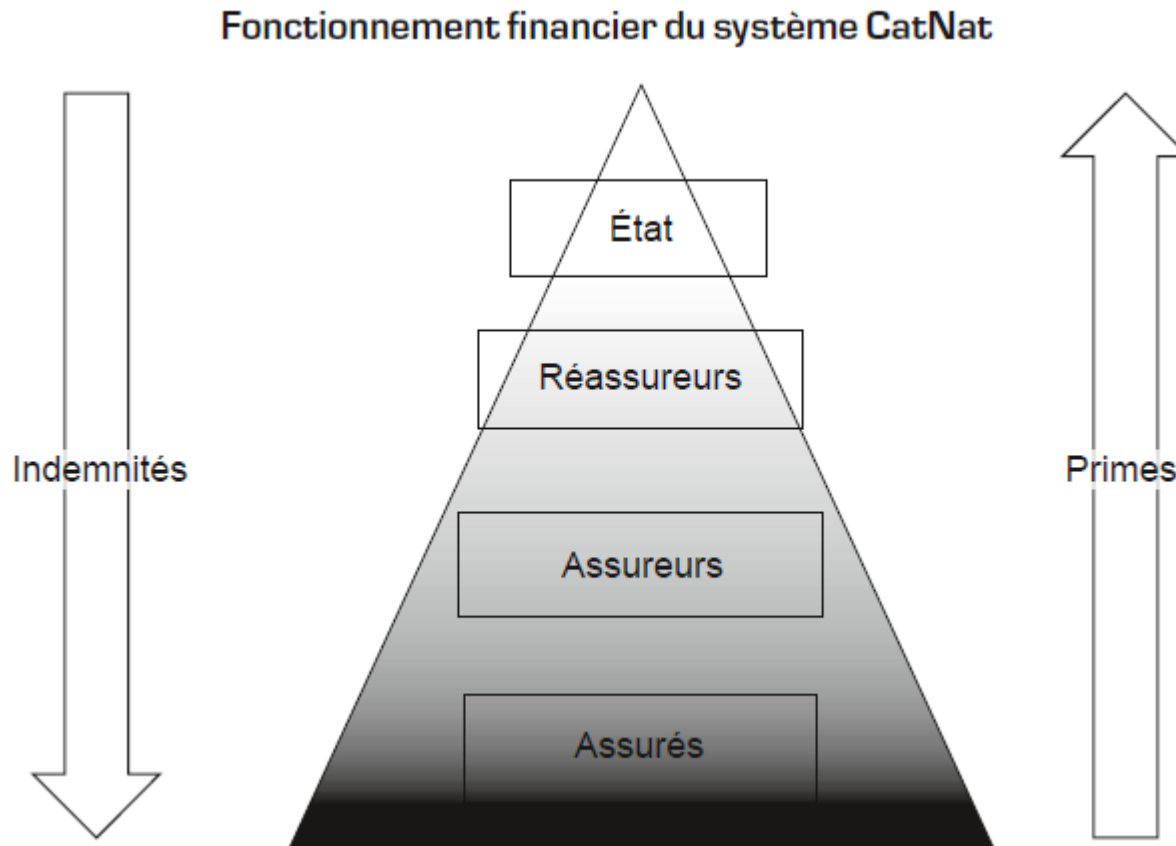
# Les assureurs face au changement

- Un maillon central du système de gestion



# Les assureurs face au changement

- Un maillon central du système de gestion



# En résumé

- Le changement climatique pose de sérieux problèmes financiers à la planète... et aux assureurs !
- Les instruments de gestion des risques se développent rapidement et se complexifient pour y répondre
- Il reste encore du chemin pour aboutir à des systèmes de couverture assurantiels et financiers adaptés aux défis posés