

Gouvernance & Regulation - OECD  
*Climate risk and regulation*

○  
Uncertainties about the economic  
consequences of climatic change

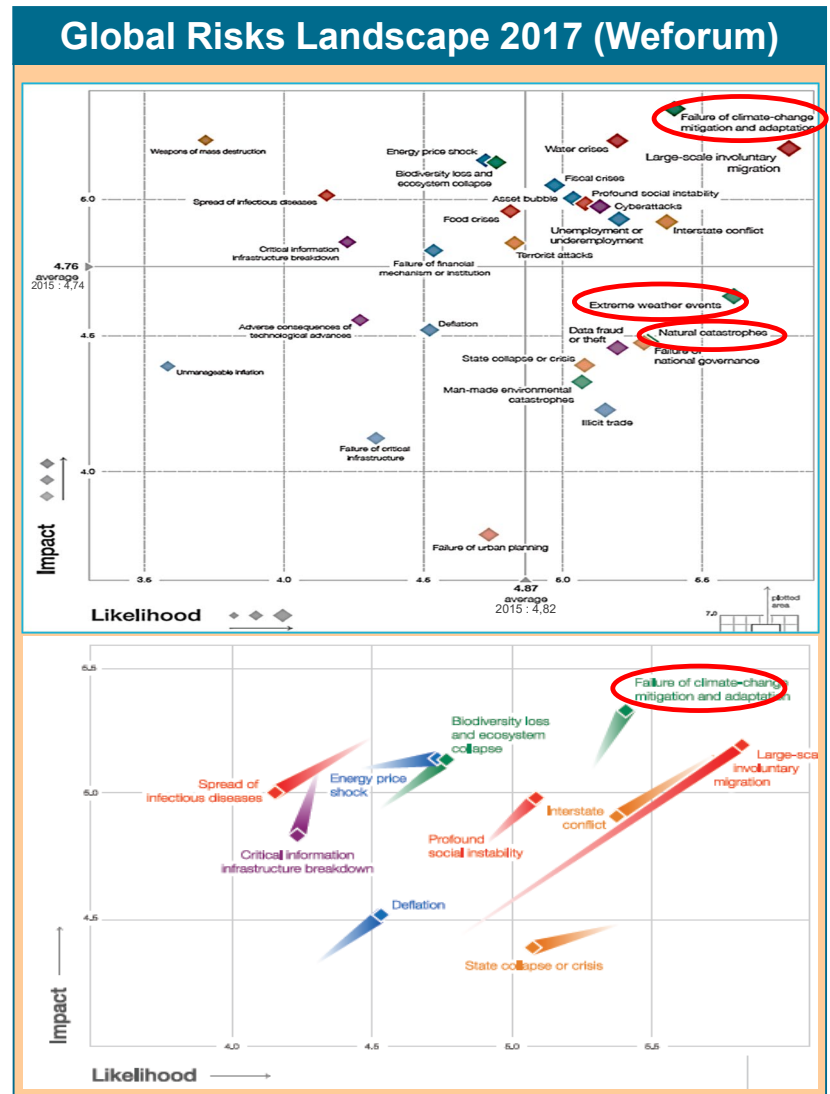
***Philippe Trainar***

*SCOR Foundation for Science  
& Chaire Assurance du CNAM*

Paris-Dauphine, 17 avril 2019

# Les risques s'aggravent et se multiplient dans le monde

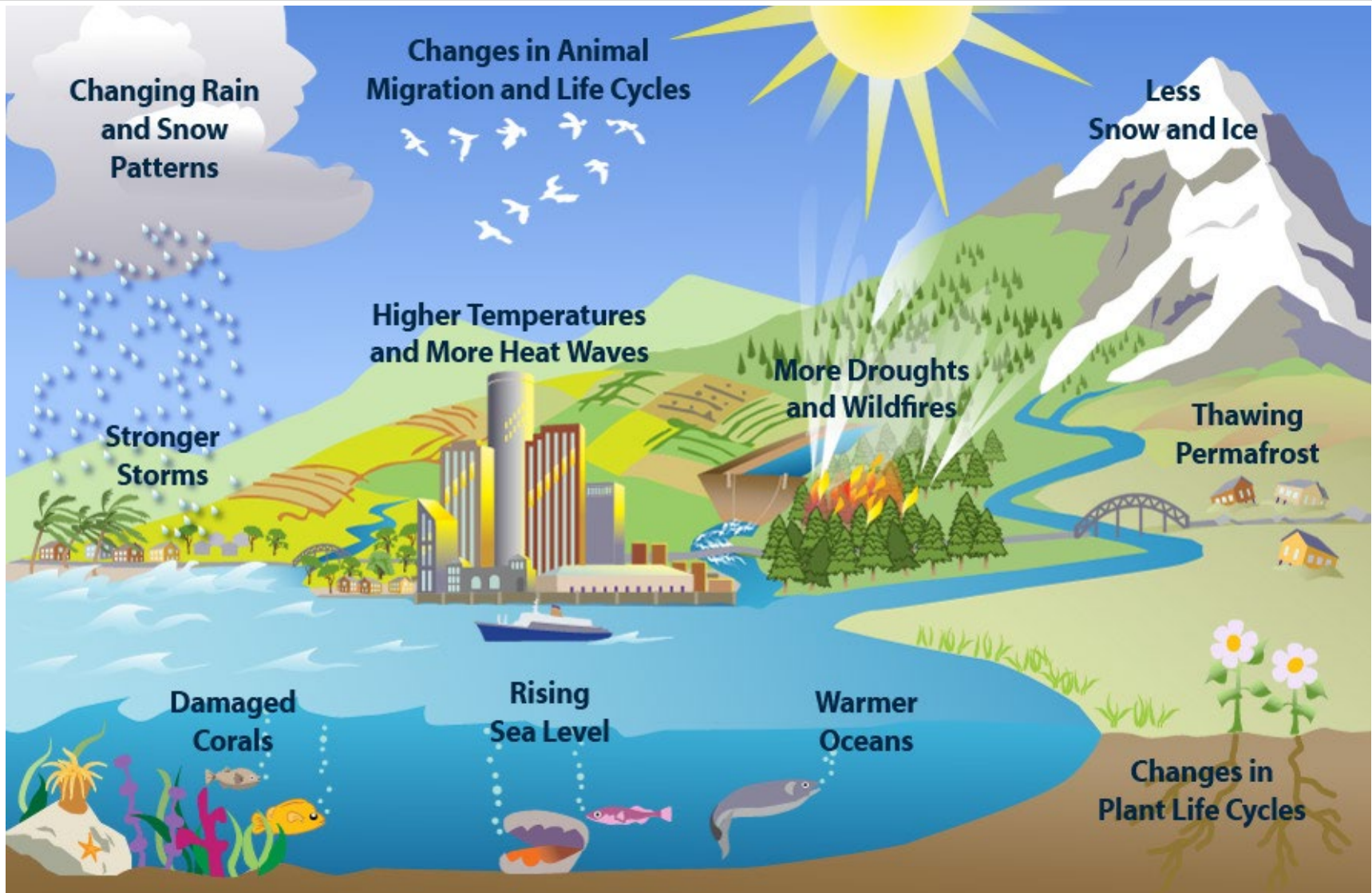
- ❑ L'impact des risques extrêmes traditionnels s'accroît d'année en année
  - déplacement du GRL vers le haut
  - accroissement du coût des sinistres
- ❑ Leur probabilité d'occurrence s'accroît aussi
  - déplacement du GRL vers la droite
  - plus de risques sériels et irréversibles
- ❑ De nouveaux risques émergent
  - risques des nouvelles technologies
  - risques géopolitiques
  - retour des risques disparus
- ❑ La perception des risques est aggravée
  - sentiment croissant de vulnérabilité
  - face à un monde plus inquiétant
- ❑ On observe cependant une « giration » des risques majeurs d'une année sur l'autre
  - des risques mutants et imprévisibles
  - eau, finance, budget, climat, migration



Source : Global Risk Report 2017, World Economic Forum



# *Le réchauffement climatique présente des conséquences multiples, aux effets économiques importants mais incertains*





# AGENDA

- 1 Les incertitudes du risque climatique perçues par les (ré)assureurs**
- 2 Les modèles économiques et leurs incertitudes
- 3 Les incertitudes de la lutte contre le changement climatique



## Les risques naturels s'aggravent et se multiplient

### ❑ Le nombre des catastrophes naturelles croît partout dans le monde

- Nbre arrêtés CatNat et d'« US disaster presidential declarations » en hausse
- 3713 inondations majeures répertoriés dans le monde sur 1985-2010
- Nbre d'inondations catastrophiques: x par 4,3 depuis 40 ans

### ❑ Le coût des catastrophes naturelles croît de façon continue

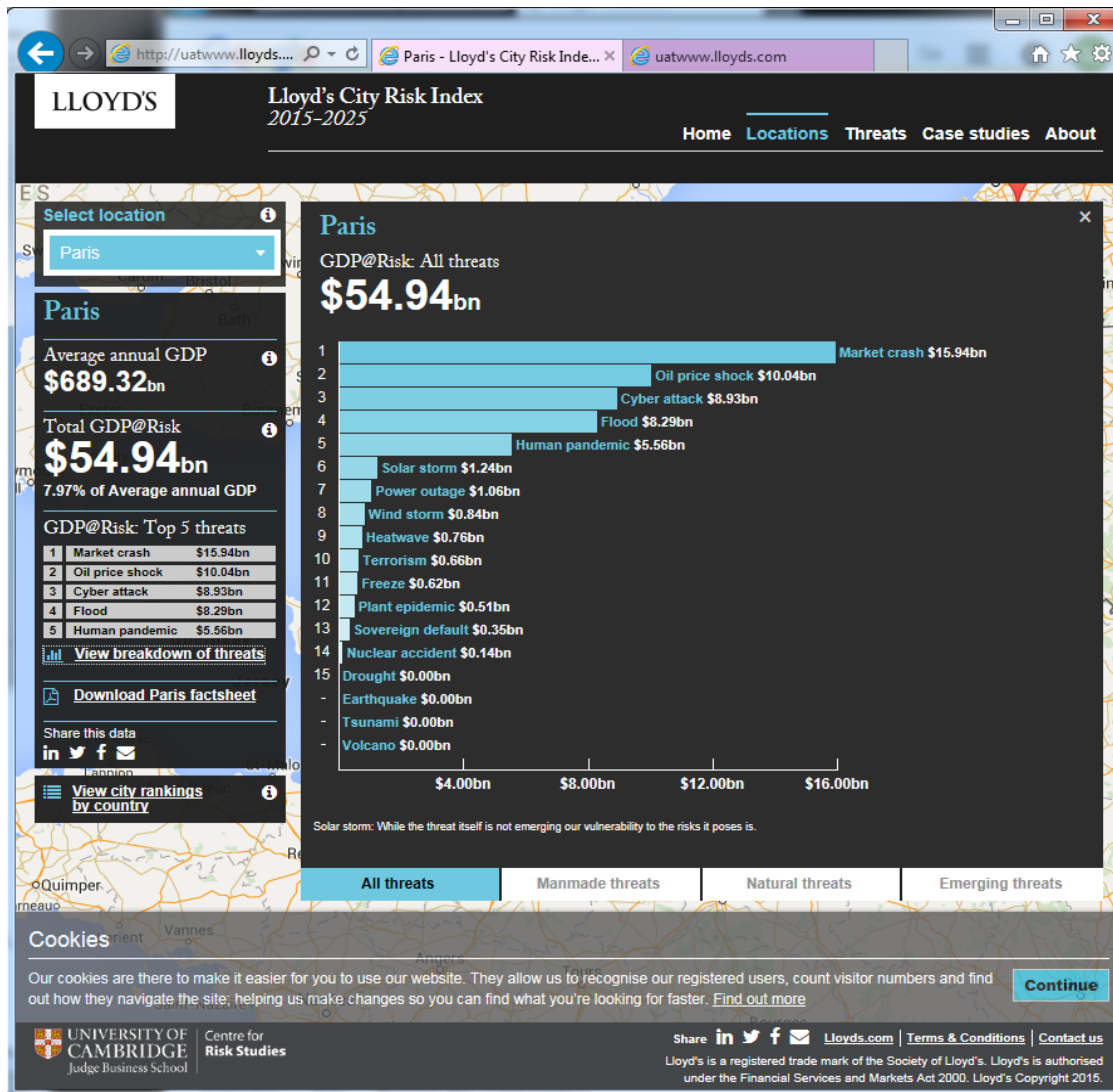
- 12 des 15 CatNat les plus coûteuses sur 1970-2012 ont eu lieu après 2000
- ... mais le cyclone Bhola, le Tsunami du S.E-asiatique, Haiti non comptabilisés
- Stabilisation observée toutefois sur la période récente avec une baisse du S/P

#### 12 des 15 CatNat les plus coûteuses sur 1970-2012 ont eu lieu après 2000

Insured losses	Event	Victims (Dead & Missing)	Year	Country
76.3*	Hurricane Katrina	1836	2005	USA, Bahamas, North Atlantic
35.7	Earthquake (Mw 9.0)	19135	2011	Japan
35.0	Hurricane Sandy	237	2012	USA et al.
26.2	Hurricane Andrew	43	1992	USA, Bahamas
24.3	9/11 attacks	2982	2001	USA
21.7	Northridge earthquake	61	1994	USA
21.6	Hurricane Ike	136	2008	USA, Caribbean: Gulf of Mexico
15.7	Hurricane Ivan	124	2004	USA, Caribbean: Barbados et al.
15.3	Floods	815	2011	Thailand
15.3	Earthquake (Mw 6.3)	181	2011	New Zealand
14.8	Hurricane Wilma	35	2005	USA, Mexico, Jamaica, Haiti et al.
11.9	Hurricane Rita	34	2005	USA, Gulf of Mexico, Cuba
11.0	Drought in the Corn Belt	123	2012	USA
9.8	Hurricane Charley	24	2004	USA, Cuba, Jamaica et al.
9.5	Typhoon Mireille/No 19	51	1991	Japan



# Paris est, en Europe, après Istanbul, la ville la plus exposée aux risques extrêmes, mais pas du fait des CatNat



**GDP@Risk: Top 20 cities**

**All threats**

Rank	City	GDP@Risk (\$bn)
1	Taipei	\$181.20bn
2	Tokyo	\$153.28bn
3	Seoul	\$103.50bn
4	Manila	\$101.09bn
5	New York	\$90.36bn
6	Los Angeles	\$90.32bn
7	Istanbul	\$82.50bn
8	Osaka	\$79.32bn
9	Shanghai	\$78.21bn
10	Hong Kong	\$74.51bn
11	Lima	\$69.36bn
12	Tehran	\$64.14bn
13	Sao Paulo	\$62.95bn
14	Mexico City	\$60.74bn
15	Moscow	\$55.77bn
16	Paris	\$54.94bn
17	London	\$53.43bn
18	Singapore	\$51.11bn
19	Buenos Aires	\$50.31bn
20	Jakarta	\$48.23bn

**Natural threats**

Rank	City	GDP@Risk (\$bn)
1	Taipei	\$137.69bn
2	Tokyo	\$99.38bn
3	Manila	\$91.68bn
4	Seoul	\$72.22bn
5	Shanghai	\$58.06bn
6	Osaka	\$52.72bn
7	Hong Kong	\$48.39bn
8	Istanbul	\$48.13bn
9	Mexico City	\$47.94bn
10	Lima	\$46.73bn
11	Los Angeles	\$46.45bn
12	Tehran	\$44.73bn
13	Hangzhou	\$37.63bn
14	Tianjin	\$34.70bn
15	Dongguan	\$33.59bn
16	Guangzhou	\$31.86bn
17	New York	\$31.19bn
18	Shenzhen	\$30.36bn
19	Beijing	\$29.87bn
20	Jakarta	\$27.58bn



## ***Pour autant, le réchauffement climatique n'est pas nécessairement le principal facteur de l'expansion des risques CatNat (IPCC vs Mre)***

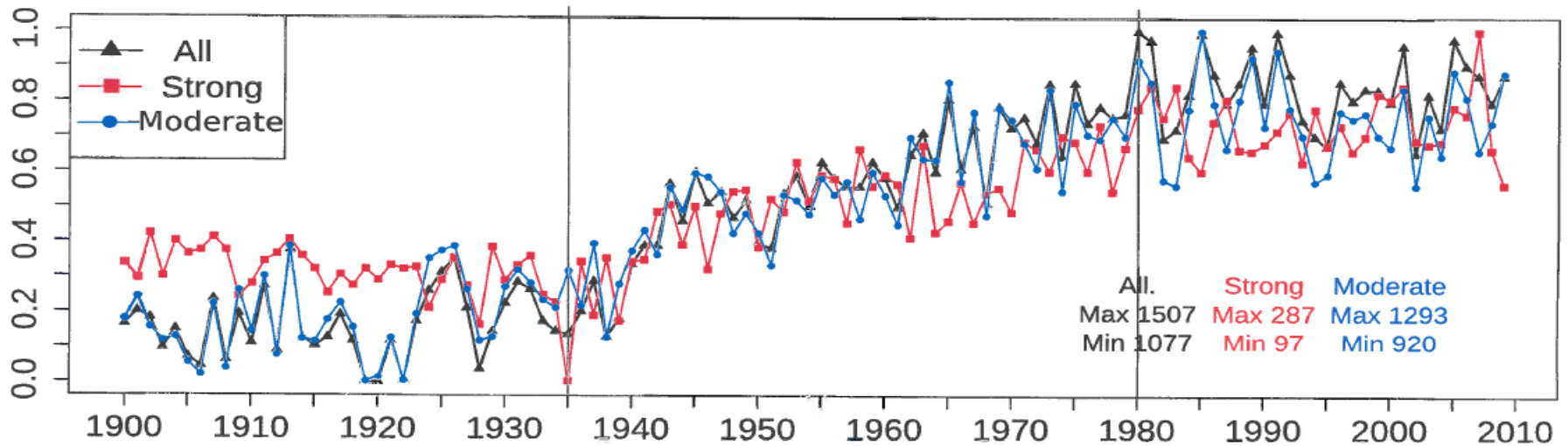
Extremes	Obs (SREX//A5)	New	Projections (SREX//AR5)	New
Hot days frequency and magnitude increasing	<i>Very likely</i> ↑	-	<i>Virtually certain</i> ↑	-
Cold days frequency and magnitude	<i>Very likely</i> ↓	-	<i>Virtually certain</i> ↓	-
Heavy precipitation events	<i>Likely</i> more regions with ↑	-	<i>Likely</i> ↑ in many regions // <i>Very likely</i> in mid-latitudes and tropics	-
Droughts	<i>Medium confidence</i> in some regional trends ↑↓	-	<i>Medium confidence</i> in ↑ in some regions // <i>Likely</i> ↑ in some currently dry regions	Not dry gets drier, wet gets wetter
Storms	<i>Low confidence</i>	-	<i>Low confidence</i> in detailed regional projections	-
Floods	<i>Low confidence</i> (because of human water use)	-	<i>Low confidence</i> in regional projections ; <i>Medium confidence</i> related to ↑ in heavy precipitation events	-
Tropical cyclones	<i>Low confidence</i>	-	<i>More likely than not</i> ↑ in intensity in some basins	-



# Ainsi le nombre de cyclones extra-tropicaux stagne en Europe depuis 1980, quelle que soit leur intensité

## ANNUAL NUMBER OF EXTRA-TROPICAL CYCLONES

Number of extra-tropical cyclones per year



All ( $\zeta > f_0$ ) -vorticity higher than coriolis parameter

Strong ( $\zeta > 2f_0$ )

Moderate ( $f_0 < \zeta < 2f_0$ )

$f_0 = 1 \times 10^{-4} \text{ s}^{-1}$

► Three distinct periods

I.

1900-1935

II.

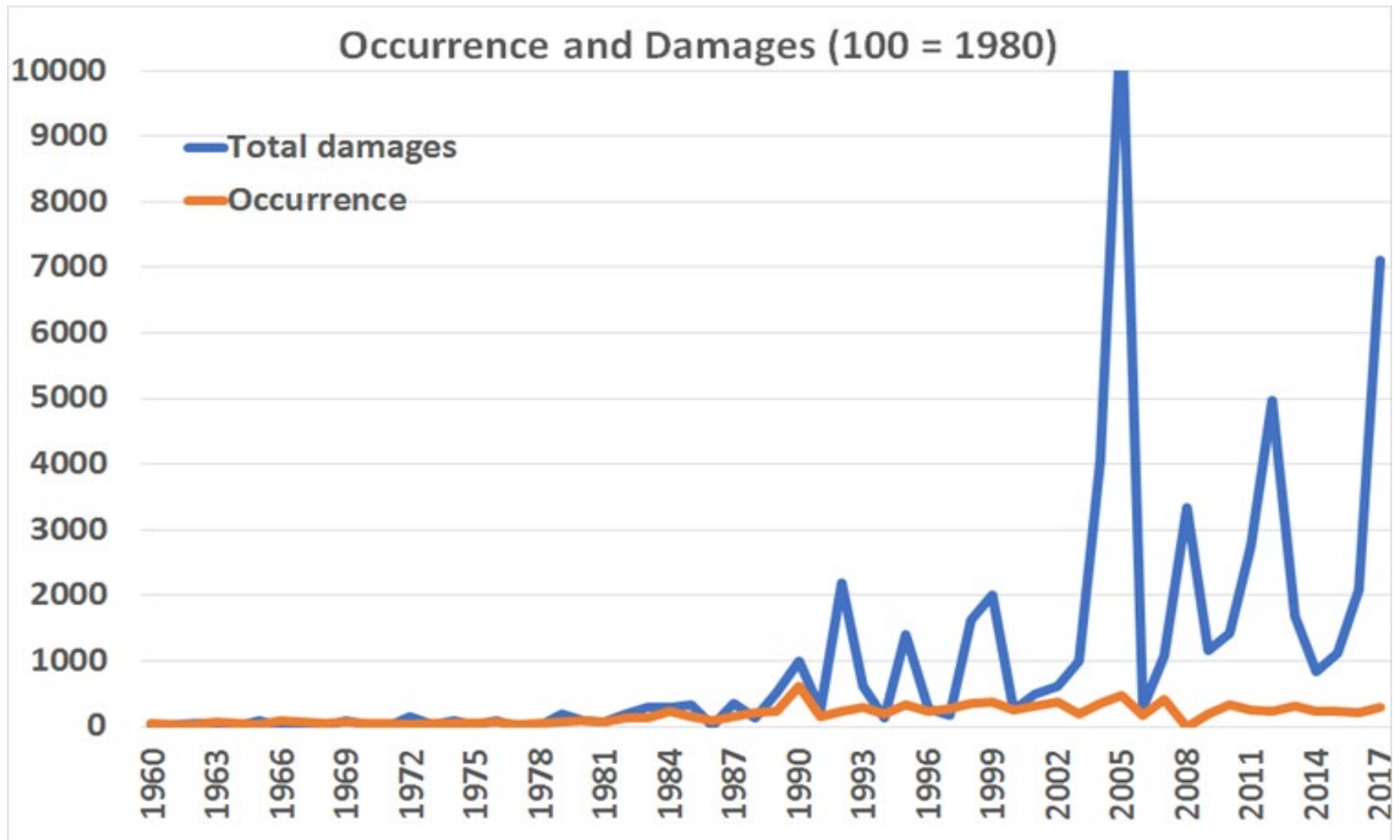
1935-1980

III.

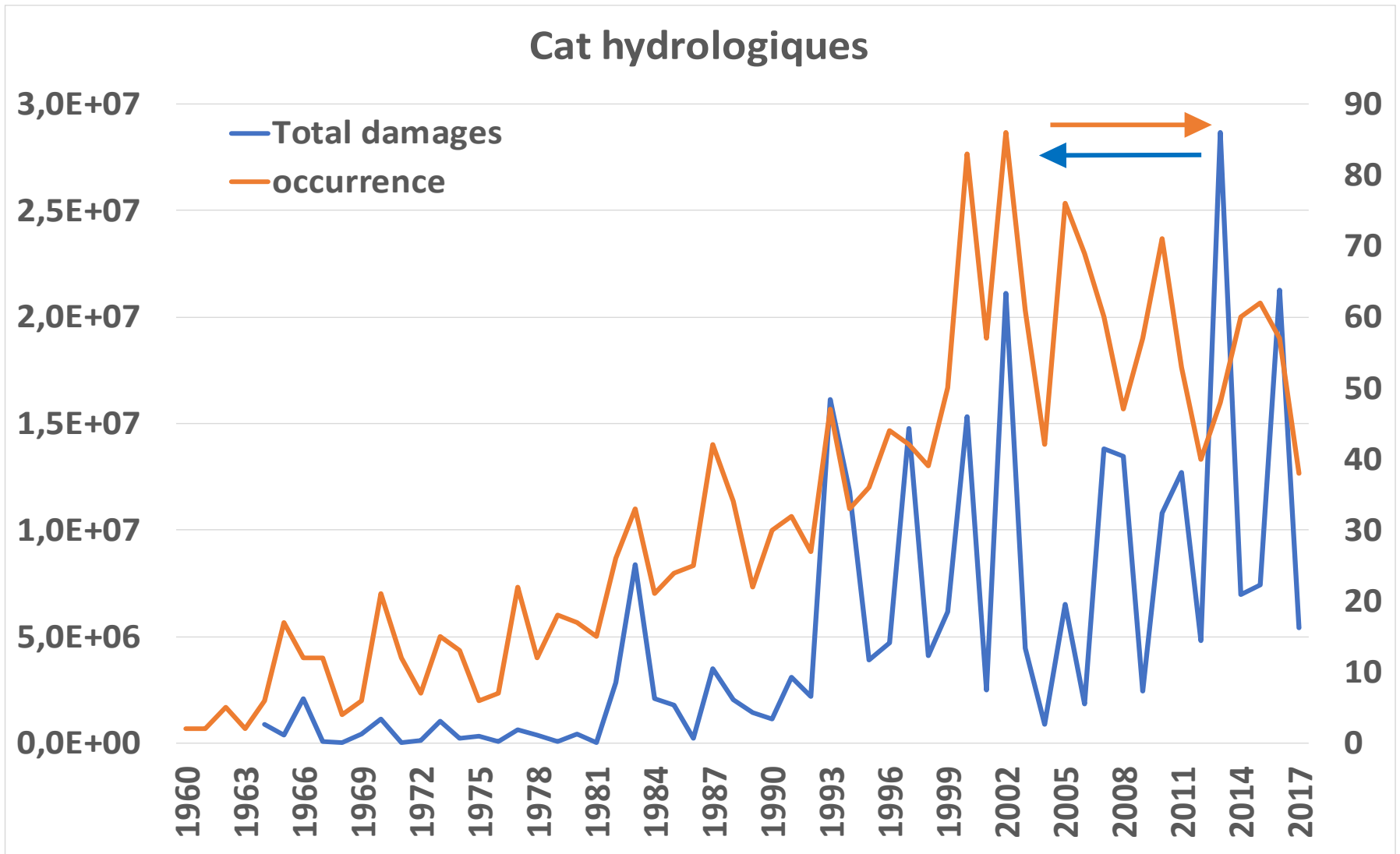
1980-2010



## *Au niveau de l'ensemble des tempêtes, les dommages en valeur ont progressé quand les occurrences sont restées stables (EU + US)*



# Le même constat peut être fait au niveau des catastrophes hydrologiques - inondations et glissement de terrain - (EU + US)



# De fait, les causes de cette expansion des dommages naturels, quand les occurrences stagnent, sont multiples

## ❑ Les causes économiques

- principalement enrichissement général + croissance démographique
- concentration des populations dans les zones les plus risquées, « megacities »

## ❑ Les causes techniques

- dépendances accrues à l'égard de techniques très exposées
- des technologies sophistiquées très risquées en cas de défaillance

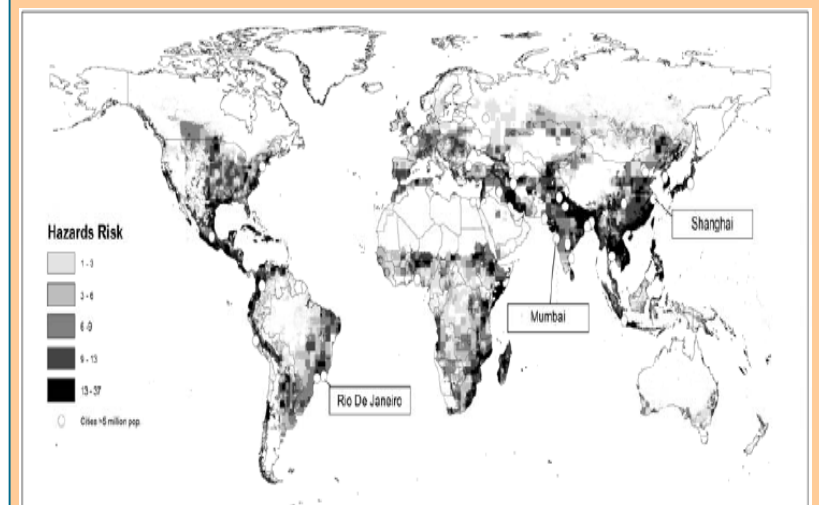
## ❑ Les causes politiques

- Short-termisme des politiques => insuffisante prévention
- mondialisation sans coopération (cf. bassins de l'Elbe et du Danube)
- extension du risque terroriste... d'Etat

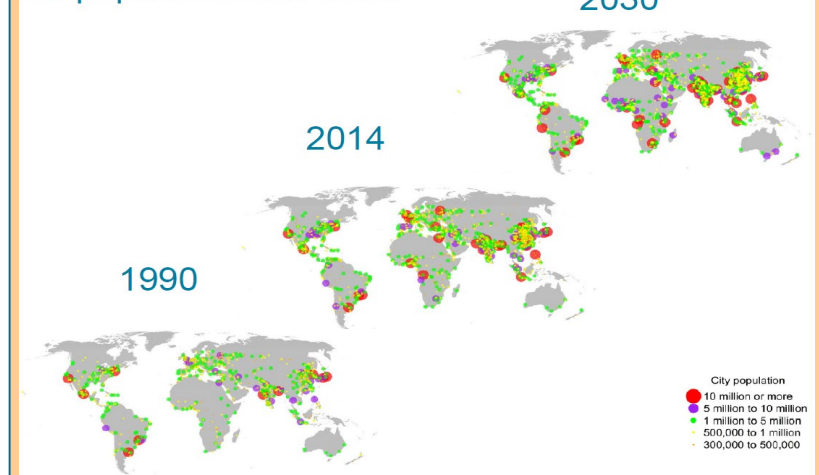
## ❑ Les causes climatiques

- Changement du climat (en Europe...)
- Réchauffement climatique

### Concentration + dans zones risquées



### La population des villes





# AGENDA

- 1 Les incertitudes du risque climatique perçues par les (ré)assureurs
- 2 **Les modèles économiques et leurs incertitudes**
- 3 Les incertitudes de la lutte contre le changement climatique

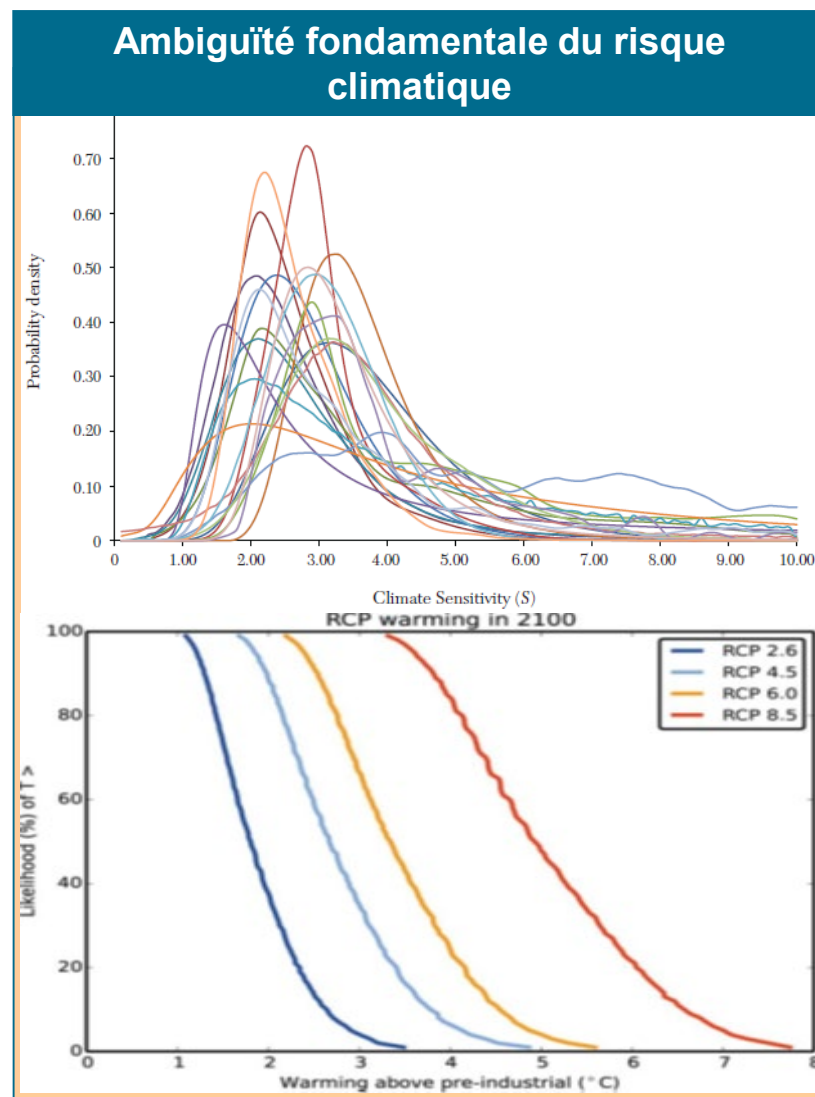
# La diversité des modèles climatiques fait du réchauffement climatique un risque stochastique, voire ambigu,

## ❑ Stochasticité/ambiguïté du chgt climatique

- La distribution statistique des effets à terme d'un doublement de la concentration en CO<sup>2</sup> varie selon le modèle climatique, avec une probabilité max entre +1° et +4°
- Pourtant ce ne sont pas des distributions indépendantes car elles reposent sur les mêmes données

## ❑ Des causes multiples

- Incertitudes des modèles climatiques, combinées à leur forte non-linéarité
- Incertitudes sur la population liées à la natalité et à la longévité
- Incertitudes sur le progrès technique et sa nature, et sur l'activité économique
- Incertitudes sur l'intensité en CO<sup>2</sup> associées aux différents modes de production et de consommation



Source : Heal (JEL, 2017) & Lowe & Bernie (2015)

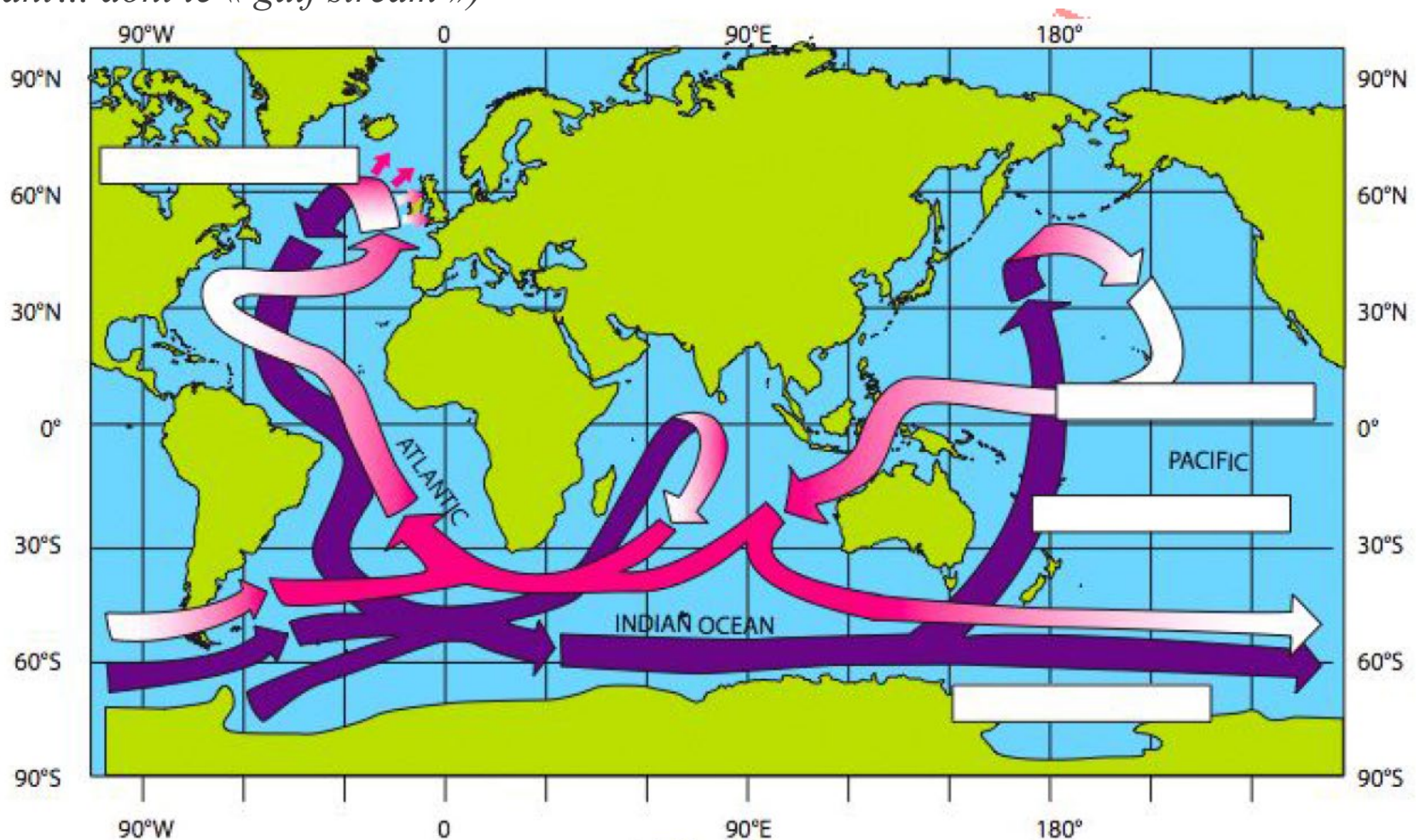
ECS = long-run equilibrium increase in surface temperature resulting from a doubling of CO<sub>2</sub> concentration





## Des inconnues non encore intégrées dans les résultats des modèles climatiques demeurent (cf. réchauffement des eaux profondes)

En bleu, la circulation profonde. En rose et en mauve, le retour en surface (le fameux tapis roulant... dont le « gulf stream »)



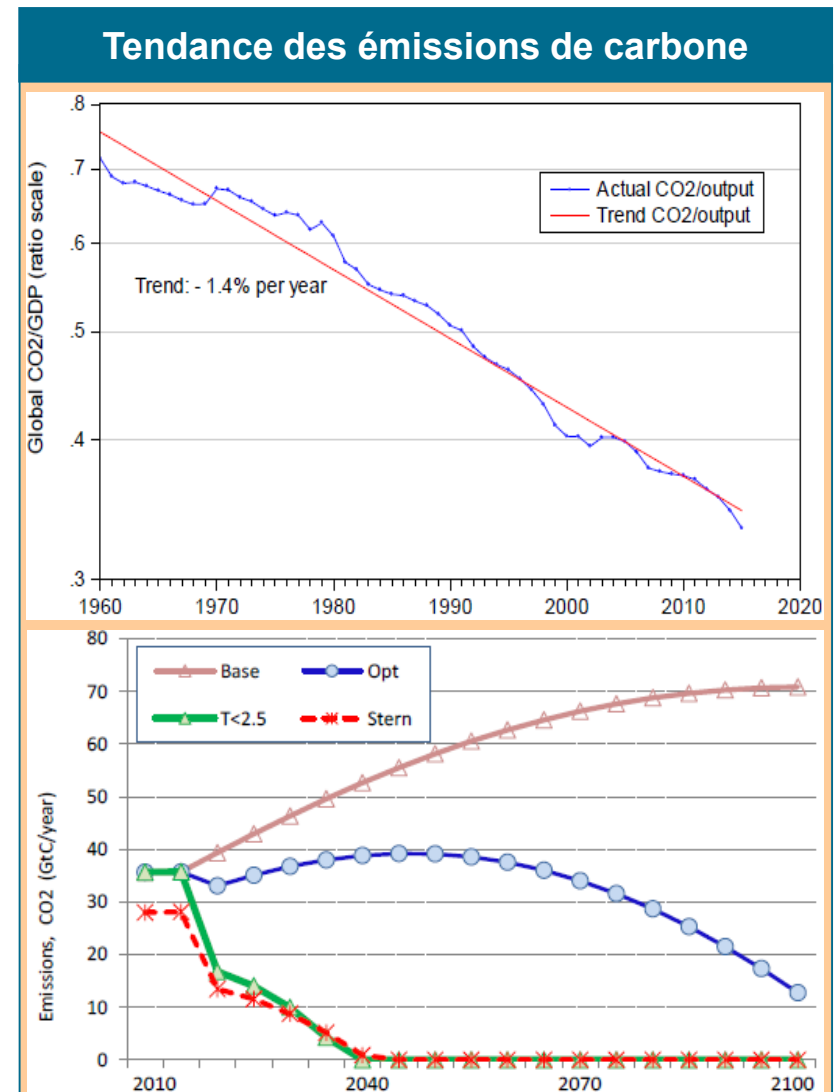
# Les incertitudes économiques, trop souvent négligées, s'ajoutent aux incertitudes climatiques

## ❑ Le trend de décarbonisation

- Sur 1960-2000, la décarbonisation de l'économie (quantité de CO<sub>2</sub>/PIB) était de -0,8% par an alors que sur 2000-2015 il a fortement accéléré -2,1%
- Etant donné les incertitudes induites par la crise, il peut être prudent de retenir le trend 1960-2015 de -1,4%

## ❑ Les quatre scénarios du modèle DICE

- Le scénario de base qui décrit la situation tendancielle si aucune mesure de politique économique n'est adoptée
- Le scénario optimal qui maximise une fonction de bien-être social (=somme actualisée à l'infini de l'utilité, pondérée par le poids de la population, des consommations par tête)
- Deux scénarios ambitieux imposant un taux d'actualisation quasi-nul ( $\approx$  hausse de température limitée à 2,5°)



Source : Nordhaus (2016)



# Ces incertitudes comportementales induisent de fortes incertitudes sur le réchauffement climatique : vision synchrone

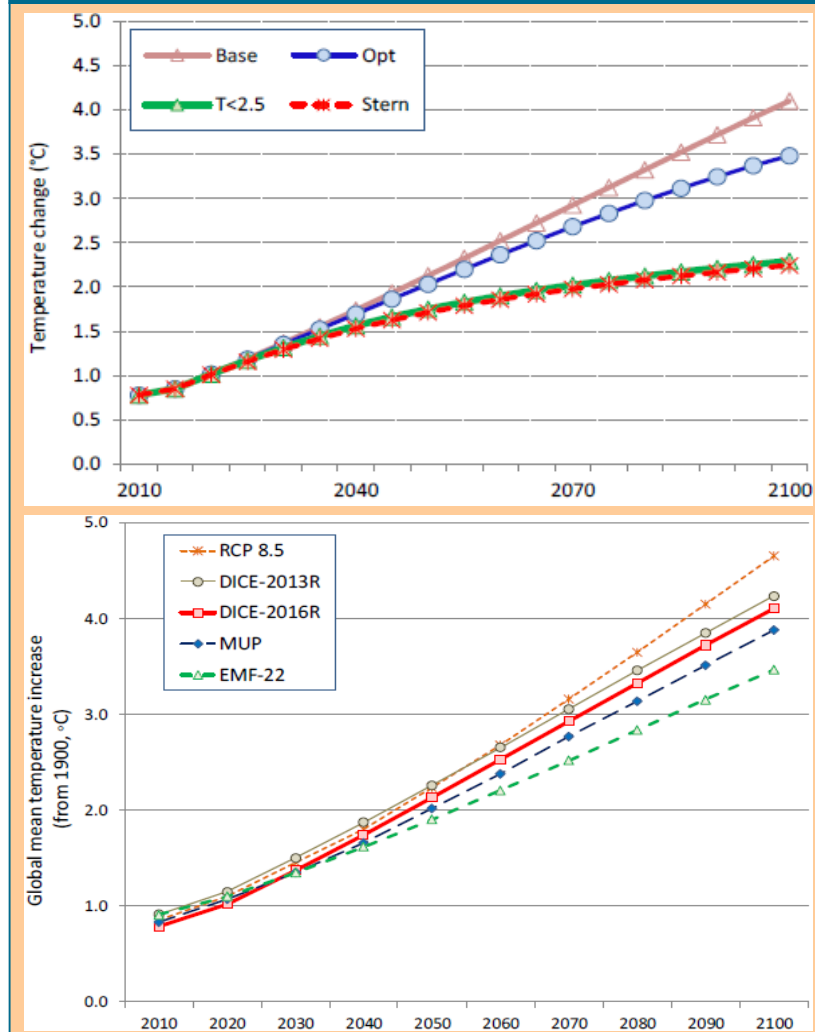
## ❑ Selon le scénario retenu dans DICE

- Chacun des scénarios retenus peut être considéré comme une variante comportementale collective
- Les scénarios les plus ambitieux ne permettent pas de respecter la limite de +2°... que penser de l'accord non contraignant de Paris (2015) ?!

## ❑ Selon le modèle retenu ou sa version

- La comparaison du scénario de base avec quelques modèles actuelles, y.c. celui plus frustré de l'IPCC, montrent que les comportements économiques introduisent de grandes incertitudes
- L'IPCC (RCP 8.5 du rapport 2014) apparaît comme le plus pessimiste, suivi par DICE
- La version nouvelle de DICE est moins pessimiste en raison de la révision à la baisse du trend de CO<sup>2</sup>/PIB

## Une certitude et beaucoup d'incertitudes



Source : Nordhaus (2016)



# Ces incertitudes comportementales induisent de fortes incertitudes sur le réchauffement climatique : vision diachronique

Les révisions des résultats du modèle DICE (1992-2015) ont porté essentiellement sur les variables économiques et comportementales (PIB, CO<sup>2</sup>/PIB, taux d'actualisation...)





# AGENDA

- 1 Les incertitudes du risque climatique perçues par les (ré)assureurs
- 2 Les modèles économiques et leurs incertitudes
- 3 **Les incertitudes de la lutte contre le changement climatique**



# La recherche du bien-être maximum interdit de ne rien faire contre le réchauffement climatique : un pari pascalien

## ☐ Un pari pascalien

- Pari de pascal : si je ne prie pas et qu'il y a un dieu, j'ai une perte infinie mais si je prie et qu'il n'y a pas de dieu, ma perte est définie
- Pari climatique : si je ne fais rien et que le réchauffement est anthropogénique, ma perte est extrême mais si j'agis et que le réchauffement n'est pas anthropogénique, ma perte est réduite

## ☐ Influence limitée des climato-sceptiques

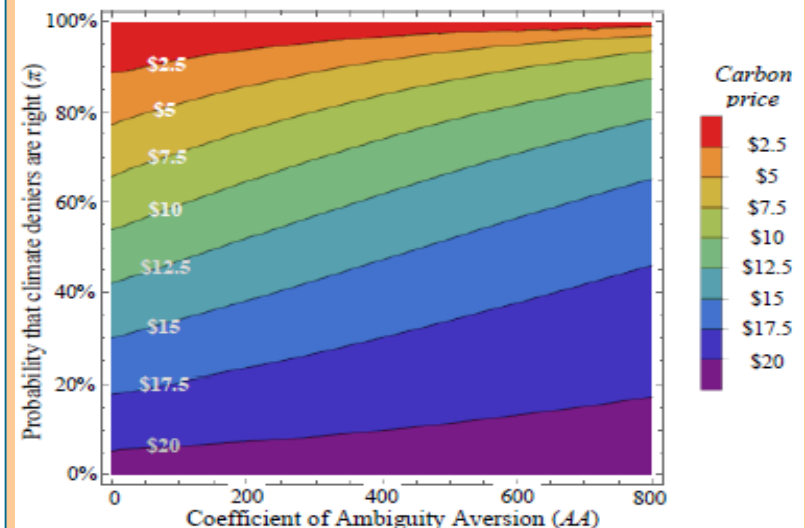
- Un politicien agnostique qui maximise le bien-être social actuel devra imposer un prix du carbone si moins de 70% de la population est « denier », i.e. si :  $0.17(1-\pi) + 0.34\pi > 0.41\pi$  ou  $\pi < 70\%$
- L'aversion à l'ambiguïté devrait en outre biaiser la décision en faveur des scientifiques et inciter à sur-pricer les émissions de carbone

### Calculations based on DICE model

(% initial world GDP, relative to BAU under the science view)

Climate view	Price carbon	Don't price carbon
Science	17%(2° à 3.4°)	0% (7°)
Denier	34% (1.3°)	41% (1.3°)
min welfare	17%	0%
max regret	7%	17%

(a) Carbon price in 2020 (\$/CO<sub>2</sub>)



Source : van der Ploeg & Rezai (2017)

BAU = Business as Usual

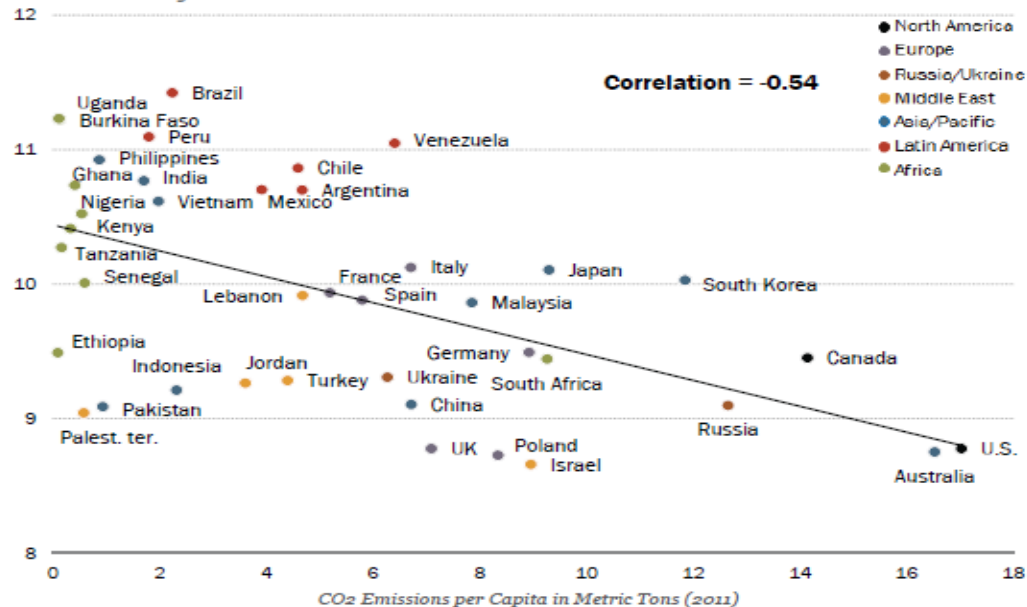


# La proportion globale de climatosceptique justifie un prix du carbone supérieur à 20€

- ❑ 54% des personnes estiment que le réchauffement climatique est un pb sérieux
- ❑ 78% soutiennent un accord international de limitation des gazes à effet de serre... difficile à obtenir du fait des conflits d'intérêt
- ❑ Avec une aversion moyenne à l'ambiguïté, un prix du carbone > 20€ serait justifié

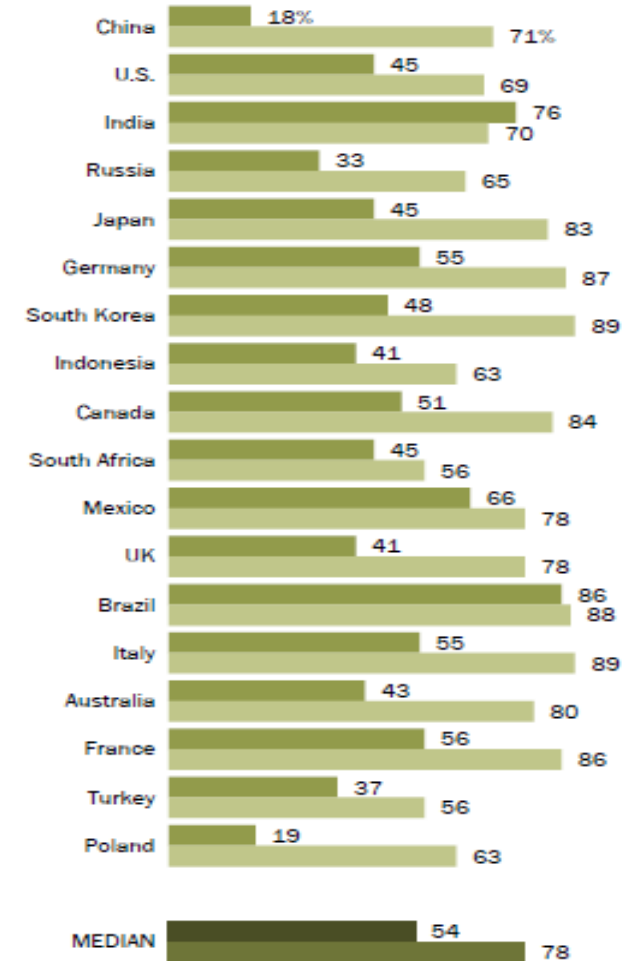
## High CO<sub>2</sub> Emitters Are Less Intensely Concerned about Climate Change

Global climate change concern scale\*



## Climate Concern versus Climate Action

■ Global climate change is a very serious problem  
 ■ Support country limiting greenhouse gas emissions as part of an int'l agreement



# *L'aversion pour l'inégalité / le taux d'actualisation est une variable comportementale clé de la politique économique climatique*

---

## ❑ Taux d'actualisation et inégalités

- Investir pour combattre le réchauffement climatique dans un contexte de croissance économique revient à déshabiller la pauvre génération actuelle pour habiller la riche génération future
- lutter contre le changement climatique, c'est comme demander des sacrifices aux pauvres actuels pour enrichir les riches futurs
- le taux d'actualisation est le taux de rendement interne minimum exigé de l'investissement pour compenser cet impact négatif sur les inégalités

## ❑ Taux d'actualisation et prime de risque sur les « investissements climatiques »

- Dans l'approche Rawlsienne, l'aversion aux inégalités peut s'interpréter comme de l'aversion au risque. Son estimation a fait couler beaucoup d'encre. Le dernier rapport du GIEC (IPCC, 2014) propose une synthèse où l'indice d'aversion est  $\approx 2$ .
- Selon la règle de Ramsey, le taux d'actualisation est égal au produit de ce taux d'aversion et du taux de croissance (2% en tendance), soit 4%... Mais ce calcul ne tient pas compte du risque, notamment des risques macroéconomiques extrêmes comme le changement climatique, et de la prime de risque qu'elle impose
- Le montant de la prime est liée au  $\beta$  du projet, lequel est élevé si le projet renforce le risque et négatif s'il le réduit le risque, hypothèse qui était celle du rapport Stern et qui l'a conduit à un taux d'actualisation de 1,4%

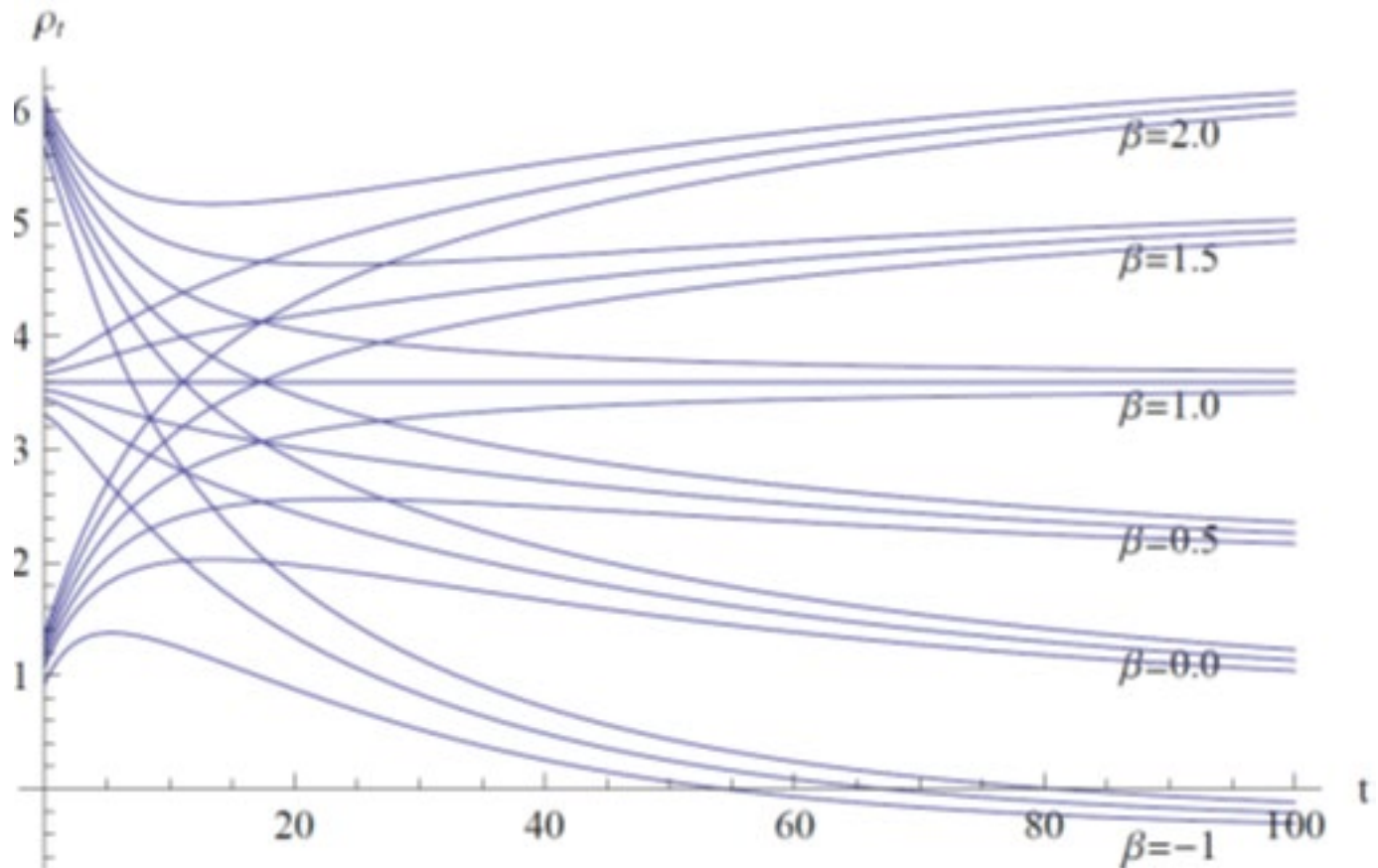


## En fait, les incertitudes sur le taux d'actualisation sont liées aux incertitudes macroéconomiques futures

Si la source principale d'incertitude est la croissance, avec ses effets négatifs sur les émissions de gaz à effet de serre, le  $\beta$  climatique doit être positif, mais si l'incertitude porte surtout sur la sensibilité de la température à ces émissions, le  $\beta$  climatique doit être négatif

Famille de taux d'actualisation correspondant à une économie en surchauffe en  $t_0$  →

Famille de taux d'actualisation correspondant à une économie en récession en  $t_0$  →



# Le permis à polluer / la taxe carbone est une première variable instrumentale clé de la politique économique climatique

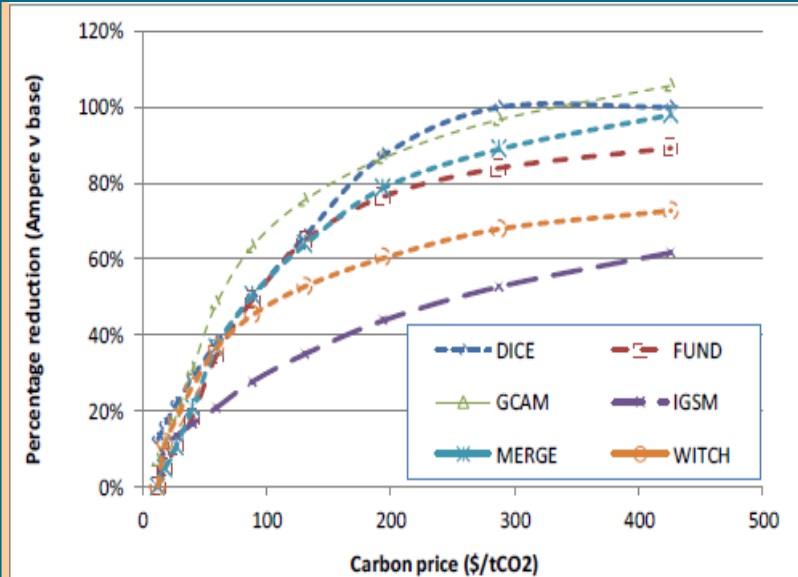
## ☐ Internalisation d'un coût social

- Les émissions de carbone, méthane, protoxyde d'azote et gaz fluorés ont un coût social lié au réchauffement climatique à terme
- Le marché ne prend pas ou mal en compte le sort des générations futures, il appartient à la puissance publique de forcer les agents à internaliser ce coût

## ☐ Prix ou taxation du carbone ?

- Interdictions et prohibitions sont sous-optimaux car ne permettent pas de minimiser les coûts d'adaptation
- Ce n'est pas le cas d'une taxe ou d'un prix du carbone qui sont, en univers sans incertitude, équivalents
- Toutefois, la taxation est difficile à piloter (fraude, sous-évaluation etc.) contrairement à l'attribution de permis à polluer échangeables (subsidiarité)

## Intérêt des mécanismes de marché



Imagine 2 firms, each emitting 2 tons of CO<sub>2</sub>, would like to reduce from 4 to 2 tons their emissions. The cost for reducing them is 10€/ton for firm A and 100€/ton for firm B.

« Fair » policy would ask each firm to reduce by 50% its emissions for a total cost of 110€

« Efficient » policy would be firm B do all the job for a cost of 20€

Source : Nordhaus (2015) et Tirole (2015)





## La prévention des risques extrêmes est une seconde variable instrumentale clé de la politique économique climatique

### ❑ Le rendement des mesures de prévention est significatif

- ... même si le rendement relatif diminue avec les événements les plus extrêmes
- ceci justifie la lutte contre le réchauffement climatique (prix du carbone) et contre les différentes catastrophes naturelles

### ❑ Il faut donner à tous les acteurs une incitation aux comportements vertueux

- normaliser certains comportements (construction / occupation des sols)
- investir dans les infrastructures... pb: cela dissuade la prévention privée
- internaliser les coûts de la non-prévention par les acteurs publics et privés

### Rendement de mesures de prévention des ouragans en Floride, New-York, Caroline du sud, Texas

#### Saving from reduced losses from mitigation for different return periods

State	100-Year Event			250-Year Event			500-Year Event		
	Unmiti- gated Losses	Savings from reduced losses from mitigation	Savings from Mitigation (%)	Unmiti- gated Losses	Savings from reduced losses from mitigation	Savings from Mitigation (%)	Unmiti- gated Losses	Savings from reduced losses from mitigation	Savings from Mitigation (%)
FL	\$84 bn	\$51 bn	61%	\$126 bn	\$69 bn	55%	\$160 bn	\$83 bn	52%
NY	\$6 bn	\$2 bn	39%	\$13 bn	\$5 bn	37%	\$19 bn	\$7 bn	35%
SC	\$4 bn	\$2 bn	44%	\$7 bn	\$3 bn	41%	\$9 bn	\$4 bn	39%
TX	\$17 bn	\$6 bn	34%	\$27 bn	\$9 bn	32%	\$37 bn	\$12 bn	31%



## ***Il faut en outre inciter les agents économiques à se couvrir adéquatément contre les risques naturelles extrêmes***

- En raison des biais de comportement visant à ignorer les risques extrêmes, il est justifié d'imposer une assurance obligatoire contre les risques extrême
- La possibilité d'une aide publique, décidée en fonction de la situation par le pouvoir politique, comporte des effets désincitatifs coûteux pour la collectivité (cf. Italie)
- Pour être réellement efficace, un système d'assurance doit respecter 2 principes\* :
  - moduler la prime en fonction de la prévention... fait par la plupart des pays
  - éviter de faire transiter les préoccupations redistributives par les primes d'assurance (pas de subvention à la prime)... fait par la plupart des pays

**Il n'est pas sûr que le système d'assurance CatNat français respecte ces 2 principes d'efficacité**

<b><i>Niveau moyen du S/P sur la période 1985-2012</i></b>	<b><i>Nombre de communes concernées (en % du total)</i></b>	<b><i>Nombre de communes ayant un PRI approuvé (% de la catégorie)</i></b>	<b><i>Nombre de communes ayant un PRI prescrit (% de la catégorie)</i></b>	<b><i>Nombre de communes ayant un PRI approuvé ou prescrit (% de la catégorie)</i></b>
<b><i>&gt; 0 à 10%</i></b>	33,04%	27,22%	12,97%	40,19%
<b><i>10 à 50%</i></b>	3,88%	36,32%	14,81%	51,13%
<b><i>50 à 100%</i></b>	0,57%	36,23%	21,26%	57,49%
<b><i>100 à 200%</i></b>	0,21%	42,86%	19,48%	62,34%
<b><i>&gt; 200%</i></b>	0,14%	38,00%	26,00%	64,00%



# La stratégie française privilégie naturellement la taxation du carbone... avec ses défauts

## ❑ Contribution Climat Energie : réduction du « carbon pricing gap » vs l'objectif de 60€

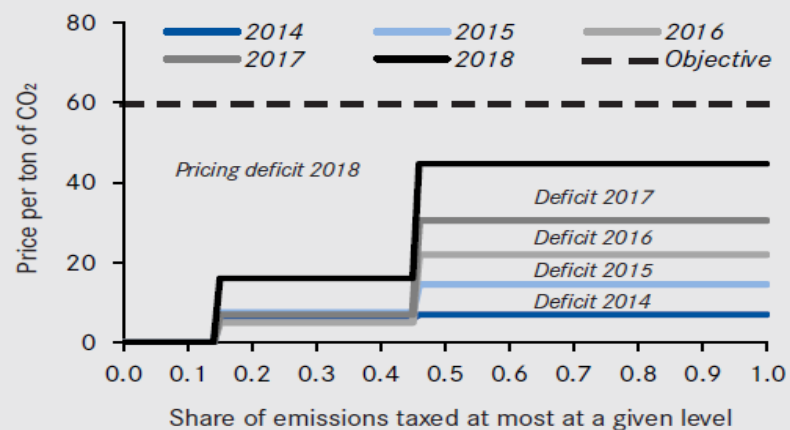
- Un droit d'accise assis sur le contenu en CO<sub>2</sub> à l'émission introduite en 2014
- Elle pèse à 60% sur les ménages et 40% sur les entreprises
- Initialement à 7€ la tonne, elle est passée à 44,6€... il était prévu de la porter à 55€ en 2019 et 86,2€ en 2022

## ❑ Un progrès partiel, sélectif et fragile... inhérent à la voie fiscale

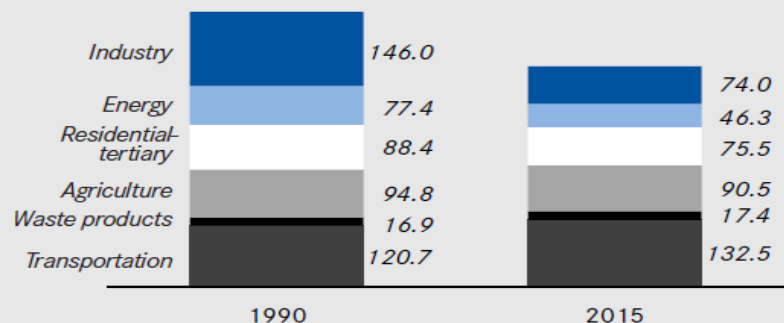
- La hausse et la poursuite du rattrapage gazole-essence ont été interrompues pour apaiser les gilets jaunes
- Des exonérations ou traitements préférentiels importants ont été aménagés... au profit des plus pollueurs: transports et agriculture, produits énergétiques autres que carburants ou combustibles, chimie

## Un progrès... partiel, sélectif et fragile

3. Carbon pricing gap in France compared to the target of 60 euros per ton of CO<sub>2</sub>



4. Greenhouse gas emissions by sector in MtCO<sub>2</sub>eq



Source: CITEPA (2018).

Source :



# CONCLUSION

## ***Dans la lutte contre le réchauffement climatique et CatNat, il faut assurer une complémentarité efficace entre Etat et marché***

- ❑ **L'intervention de l'Etat comporte un risque sérieux d'aléa moral comparé marché**
  - l'aide publique aux victimes des CatNat n'incitent les intéressés ni à la prévenir, ni à se couvrir... ce qui accroît les risques et crée le besoin de l'aide publique comme le montre le comportement des italiens vis-à-vis du risque sismique
  - la redistribution en faveur des zones à risque produit les mêmes effets mais à une moindre échelle comme le montre le système français des CatNat
  - Le marché est plus efficace en matière d'incitation, de maîtrise des risques et de maîtrise des coûts : (ré)assurance + ART assurent un transfert optimal des risques
  
- ❑ **L'efficacité du marché peut être renforcée par les actions suivantes de l'Etat :**
  - INTRODUCTION d'un PRIX du CARBONE (déjà, en partie inclus dans la TIPP) sans lequel il est quasiment impossible de tarifier le risque climatique (l'incertitude du risque est trop important du fait du risque lié à l'intervention publique)
  - obligation d'assurance si nécessaire en cas de : *antisélection des risques (cf. santé), exclusion de certaines population (cf. auto), Myopie avérée des agents (cf. retraite, auto)*
  - réglementation de la construction en fonction des risques naturels
  - investissements dans les infrastructures collectives (aménagement des eaux)
  - redistribution en faveur des foyers modestes (voucher assurance optimal)
  - garantie pour les risques à la limite de l'assurabilité (risques sériels / sans données)
  - intervention liée à sa part de responsabilité (sécurité, police des frontières...)
  - contrôle de la solvabilité des assureurs et réassureurs





## La liste des actions à mener pour couvrir adéquatement les risques naturels extrêmes concerne tous les acteurs

Measures	Objectives			Agents		
	Affordability of coverage	Improve product design	Increase access and distribution	Insurance industry	Government	Public-private partnerships
Product innovation	✓	✓	✓	✓		✓
Index-based insurance	✓	✓	✓	✓		✓
Product bundling	✓	✓	✓	✓	✓	✓
New technologies and distribution innovation	✓	✓	✓	✓		
Governments setting the rules for the insurance market	✓	✓	✓		✓	
Mitigation, building standards, and zoning	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Mandatory insurance programs			✓	✓	✓	
Government-backed programs for risks that are not fully insurable	✓		✓	✓	✓	✓
Public sector insurance programs		✓	✓		✓	

