

***Changement climatique et montée du niveau de la mer.***

***L'expertise du GIEC sous estime-t-elle le risque ?***

***Vendredis de l'UVSQ***

***Pascal Maugis***

***LSCE – IPSL***

***28 nov. 2014***

# Changement climatique et montée du niveau de la mer.

## L'expertise du GIEC sous estime-t-elle le risque ?

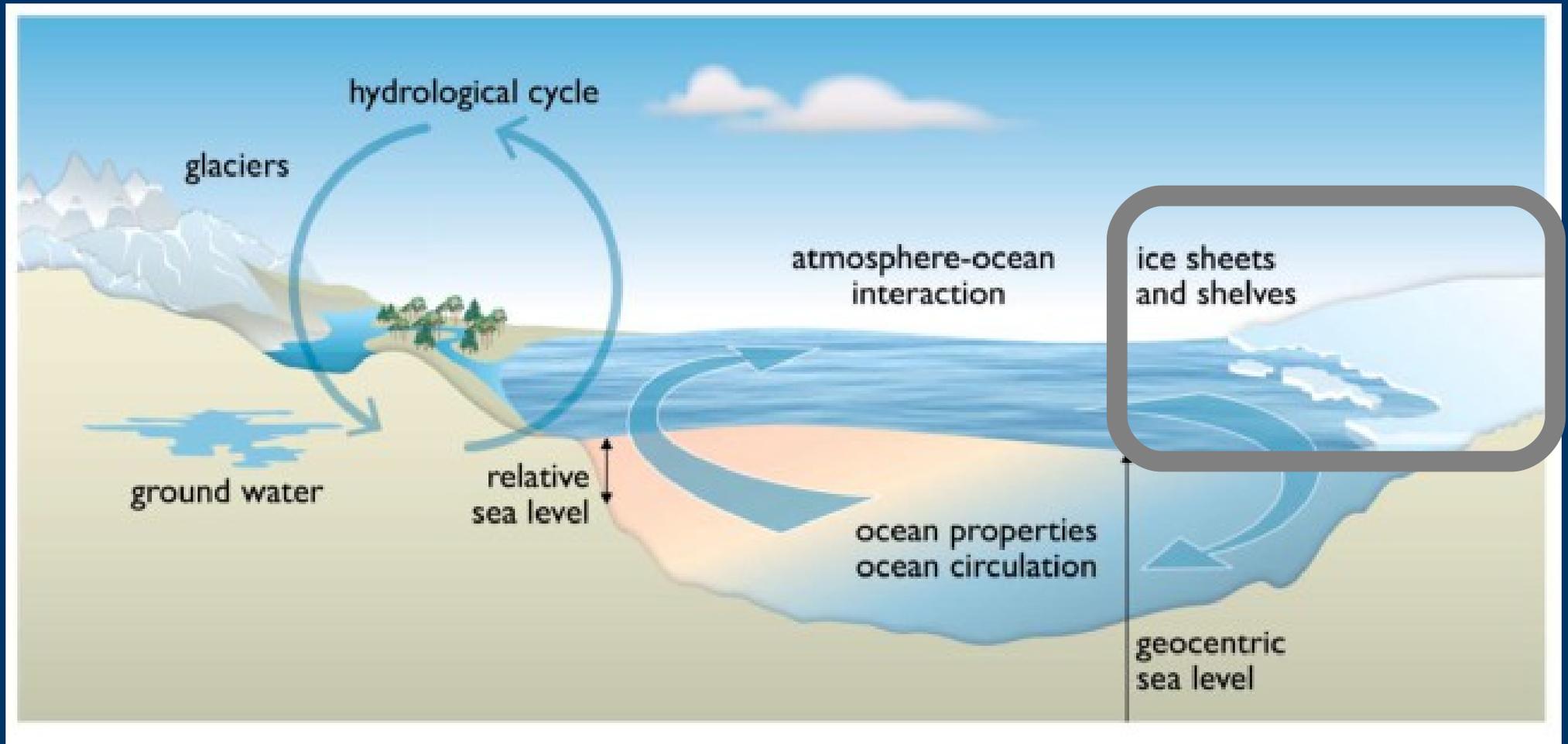
### Plan de l'exposé

1. Les causes de la montée du niveau de la mer
2. Les prévisions du GIEC – analyse de sa méthode
3. Comment doit-on aborder les incertitudes pour la prise de décision dans le cadre d'une analyse de risque ?
4. Quelle prévision dans ce nouveau cadre
5. Adéquation de la méthode du GIEC aux objectifs poursuivis ?

# 1. Les causes de la montée du niveau de la mer liées au changement climatique

# Processus sensibles au changement climatique

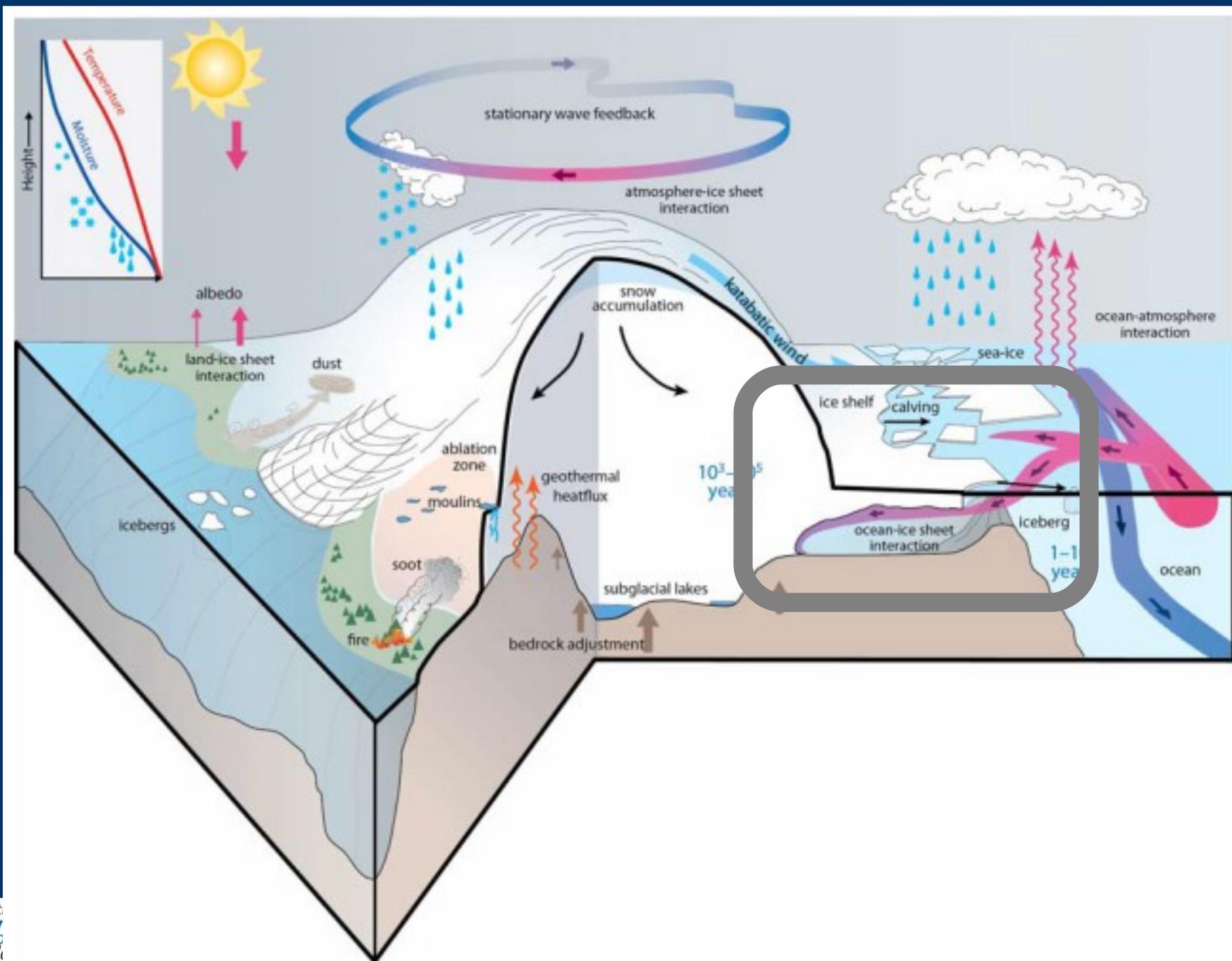
## A l'échelle séculaire



- Impacts globaux + différenciation régionale
- Phénomènes progressifs / catastrophiques

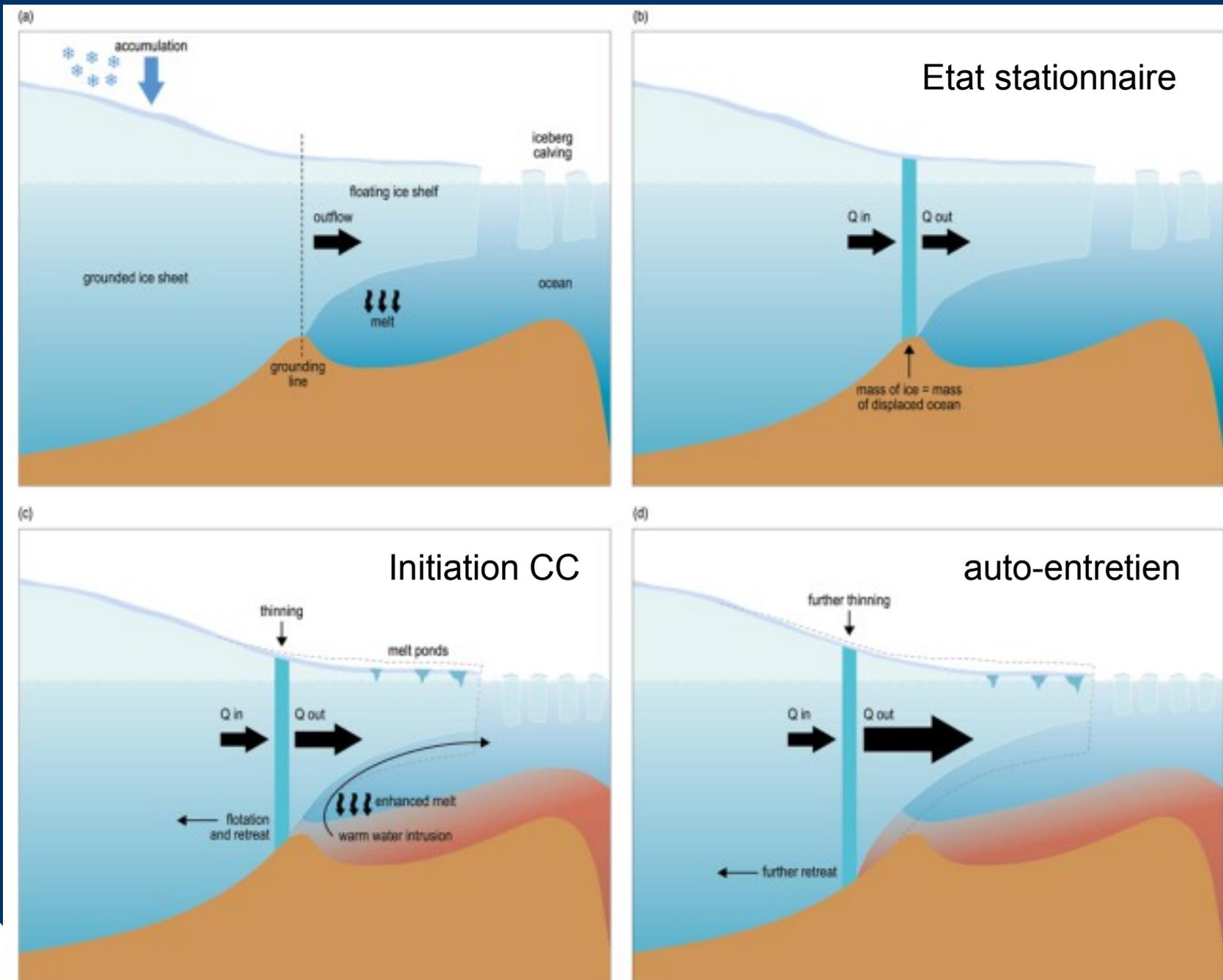
# Processus sensibles au changement climatique

## Zoom sur la fonte des calottes glaciaires



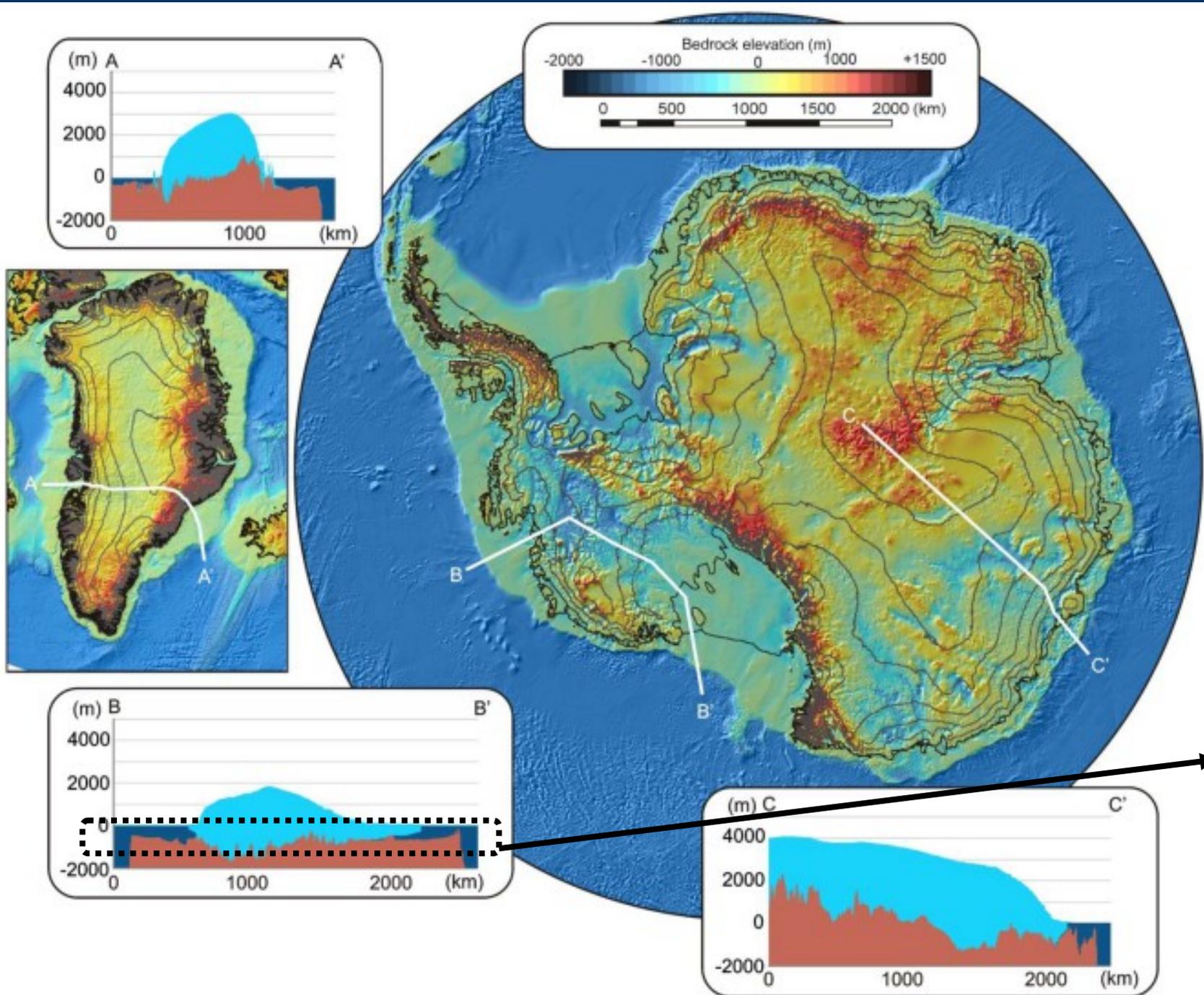
# Processus sensibles au changement climatique

## Possibilité du retrait instable de la ligne de base



# Processus sensibles au changement climatique

## Calottes exposées



WAIS repose essentiellement sur fonds marins

## *2. Les prévisions du GIEC*

### *montée du niveau de la mer*

# Une nomenclature de « confiance »

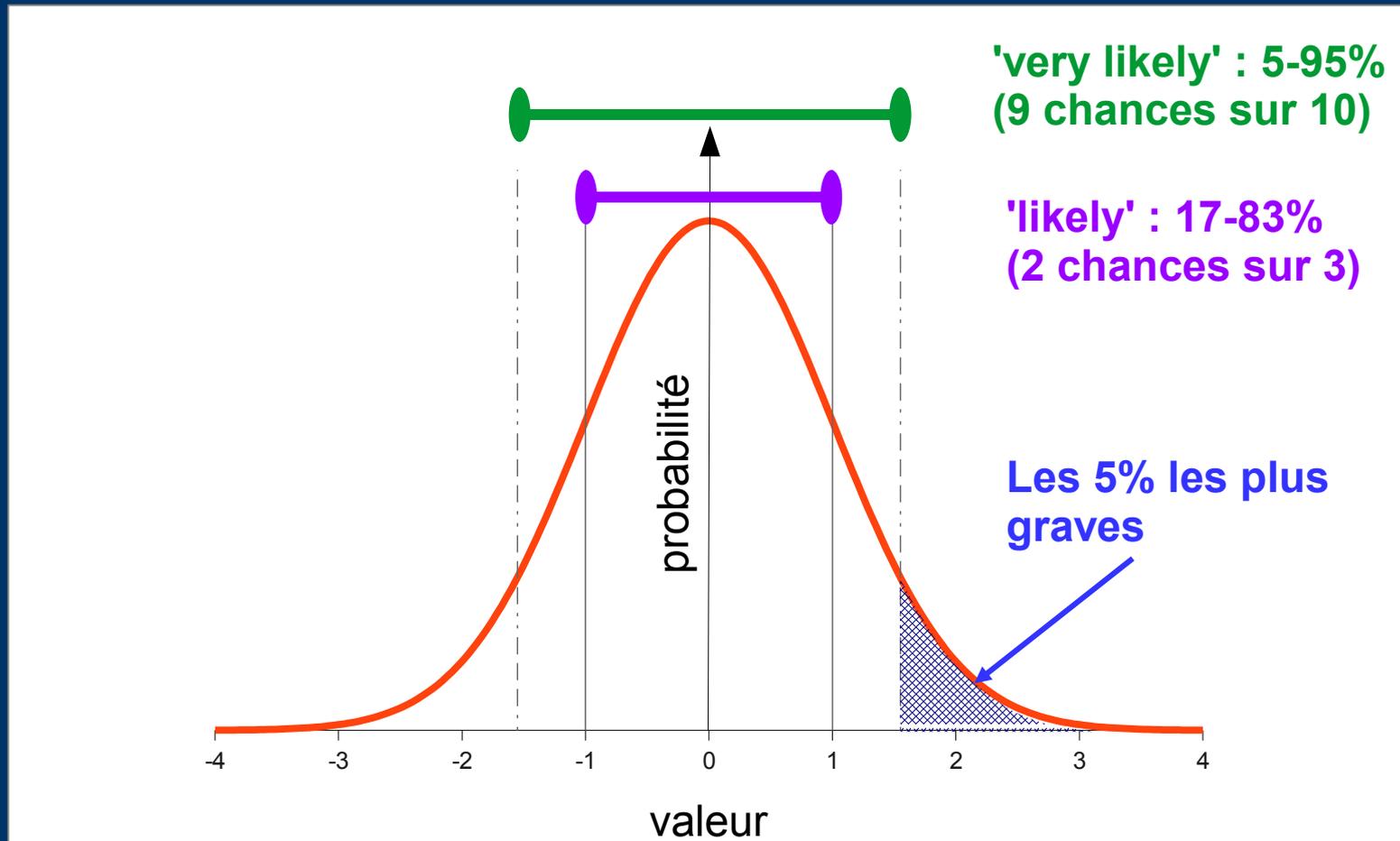
Agreement ↑	High agreement Limited evidence	High agreement Medium evidence	High agreement Robust evidence
	Medium agreement Limited evidence	Medium agreement Medium evidence	Medium agreement Robust evidence
	Low agreement Limited evidence	Low agreement Medium evidence	Low agreement Robust evidence
	Evidence (type, amount, quality, consistency) →		

Confidence Scale

Caler sa communication sur cette métrique

⇔ choisir un niveau de « confiance » (ici = "medium")

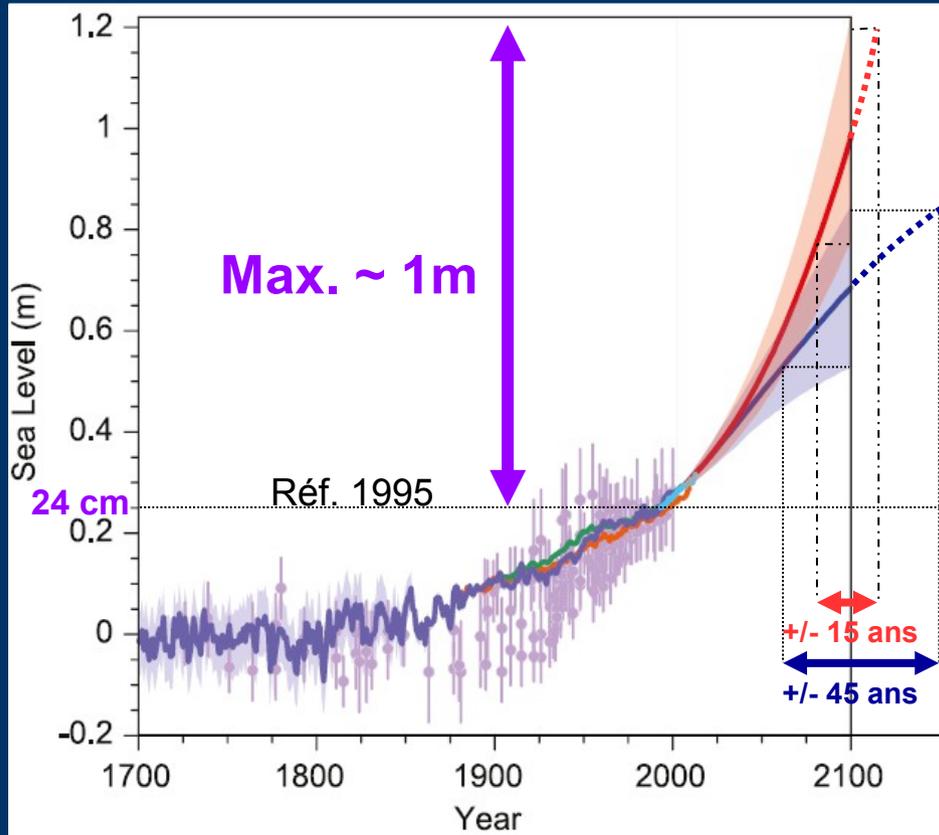
# assortis d'intervalles de probabilité si disponibles



Paradoxalement, 'very likely' retient plus de cas improbables  
⇒ 5-95 % suppose de rejeter 1 cas sur 10 de montée élevée  
& potentiellement très éloignés (si distribution non gaussienne)

# Prévisions globales pour 2100

## 1) Modèles à base physique (MBP)



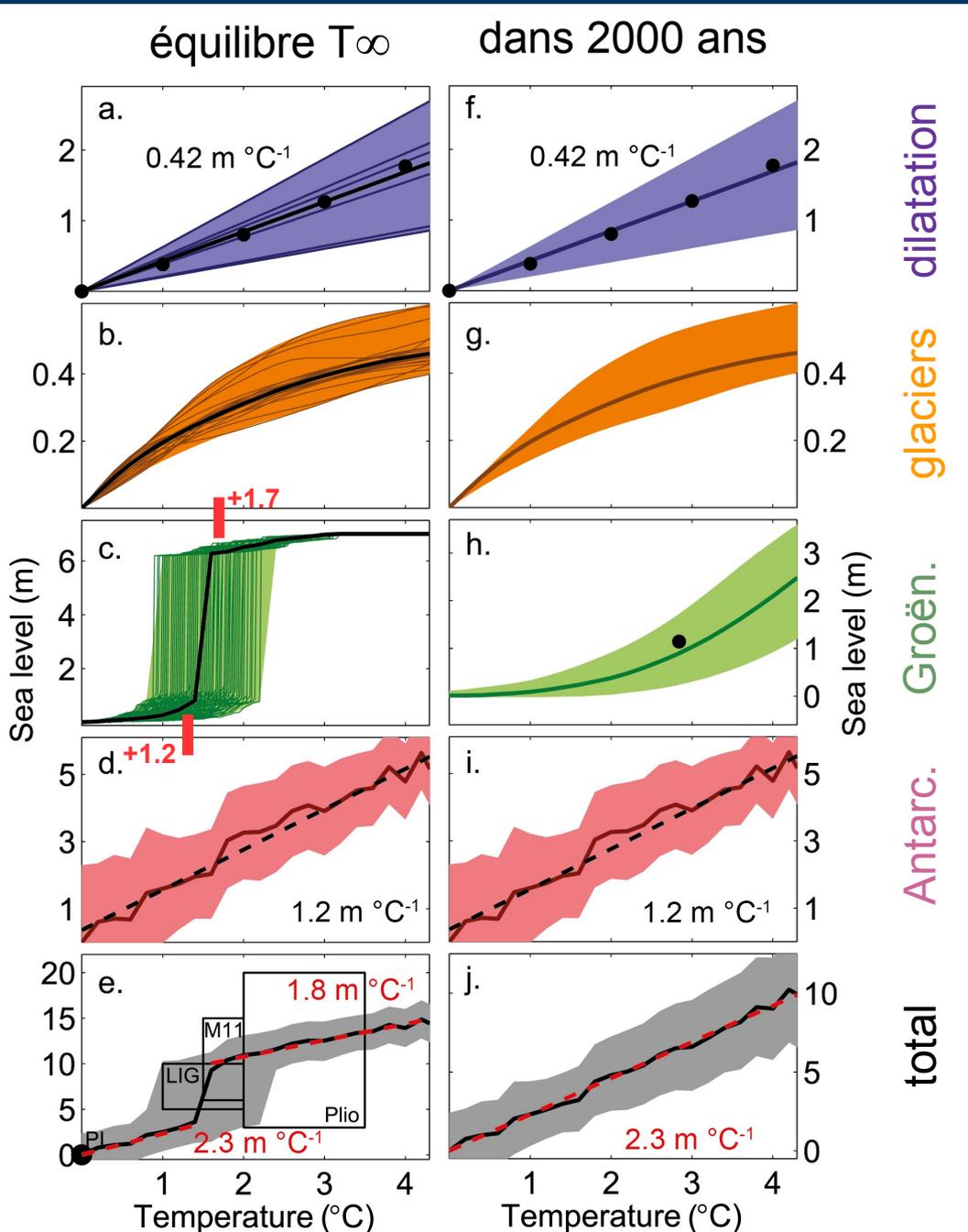
- Deux scénarios
  - **RCP 8.5** (émissions maintenues)
  - **RCP 2.6** (volontariste)
- Résultats d'après MBP uniquement
- le RCP 2.6 est moins probable, mais présenté à égalité de vraisemblance
- pas d'intervalle 'very likely' car "confidence" pas estimable
- intervalles 'likely', jugé "medium confidence"  
~ 15 ans (15 %) d'erreur de dynamique RCP8.5  
contre ~ 45 ans pour RCP2,6

⇒ Plus grande tolérance à l'incertitude en termes de dynamique sous RCP8.5 que RCP2.6

+ pas de fourchette élargie disponible

# Prévisions globales pour 2100

## 1) Modèles à base physique (MBP) – l'horizon est-il bien choisi ?



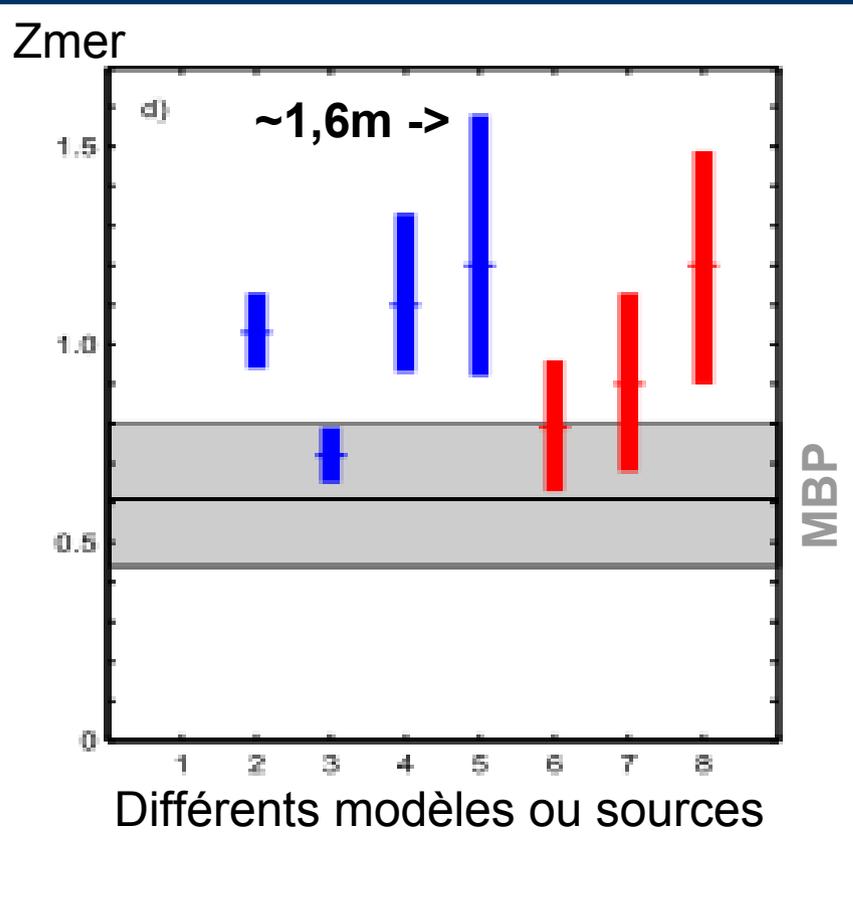
### Comparaison des dynamiques

#### équilibre $T_{\infty}$ vs millénaire

- avec  $+1,7^{\circ}\text{C}$ , Zmer tendrait vers  $+10\text{m}$  ! mais la lenteur du démarrage de la fonte du Groënland n'amène qu'à  $+4\text{m}$  dans 2000 ans
- à échéance rapprochée, les non-linéarités de  $+Z_{\text{mer}}(\text{glaciers})$  et (Groënland) avec T se compensent
- Peut-être que ce qui compte le plus n'est pas le niveau final, mais le moment où on l'atteint, ou celui où se déclenche une dynamique rapide (ici  $+1,2^{\circ}\text{C}$ )

# Prévisions globales pour 2100

## 2) Modèles semi-empiriques (MSE)



- Modèle "boîte noire" reproduisant globalement la réponse sans égard pour la physique
- 4 scénarios ; ici **RCP 8.5**
- Intervalles
  - 'very likely', jugé "low confidence"
  - **grisé** : MBP, intervalle 'likely'
- A noter que de nombreux paramètres des MBP sont *estimés par avis d'expert* et que de nombreuses lois de comportement sont en elles-mêmes de *mini-MSE, extrapolées* dans le futur
- Ecarté du RPM et des tableaux numériques

⇒ Impression d'une sévérité différentielle entre MBP et MSE

⇒ Dissymétrie d'affichage des intervalles de confiance accentuant une impression d'incohérence

# Prévisions globales pour 2100

## 3) Estimations plausibles ou indicatives

- RPM-WG1 : *"only the collapse of marine-based sectors of the Antarctic Ice Sheet, if initiated, could cause global mean sea level to rise **substantially** above the likely range during the 21st century. This potential additional contribution cannot be precisely quantified but there is medium confidence that it would not exceed **several tenths of a meter** of sea level rise during the 21st century."*

(également en légende du tableau numérique)

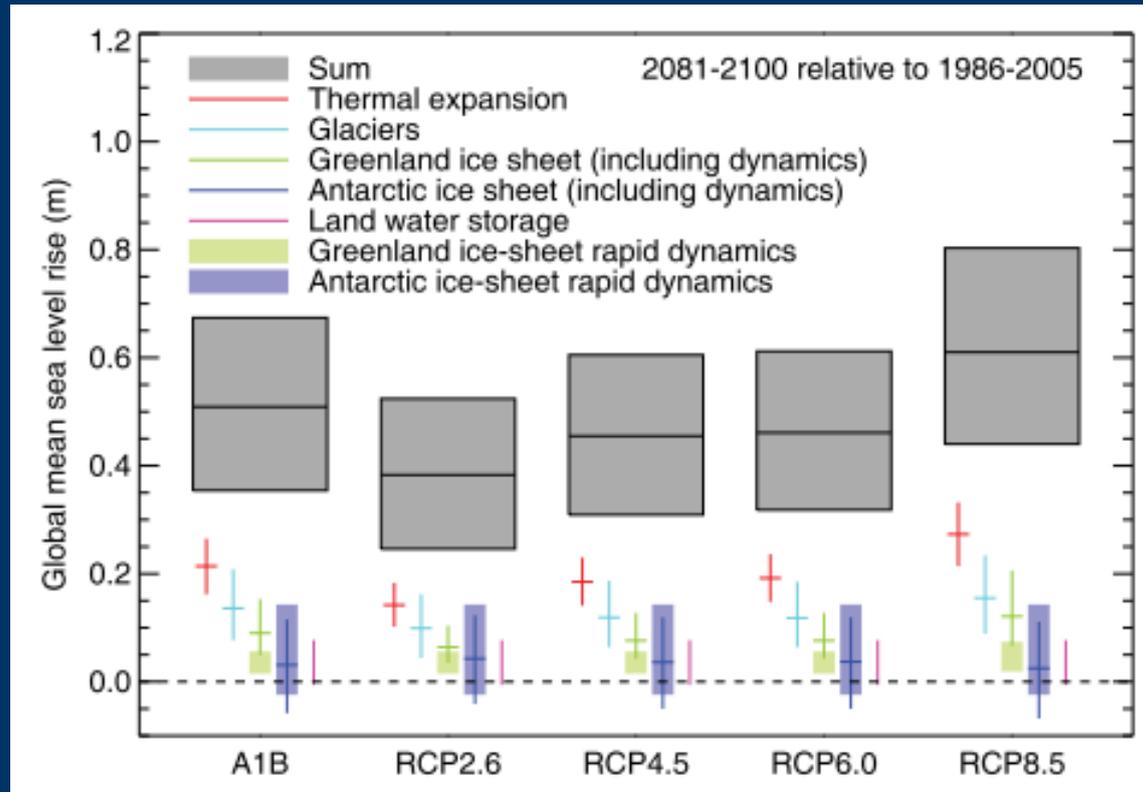
- intervalle [-2 – 18cm] conservé *in fine* car l'indice de "confidence" des autres processus est impossible à évaluer
- dans le chapitre : jusqu'à ~ +80cm, "medium confidence", et pourtant **non comptabilisés** cela aurait pourtant amené à un max de +1,8 m en 2100
- Une estimation à 3,3m (fonte WAIS) mentionnée hors du § "dynamical range", dans le § "irreversibility", mais **ignorée par la suite**

⇒ Arbitrage des valeurs plausibles, au profit de la fourchette basse

⇒ Pas de valeur haute, ni de valeur indicative dans le Résumé pour Décideurs

# Prévisions globales pour 2100

## Estimations finales du GIEC "Le niveau des mers"



- intervalle 'likely' = **45 – 81 cm**  
pour 2081-2100  
(56 – 96 cm pour 2100)
- impression de fonte dynamique rapide estimée pour tous les scénarios (en fait seulement pour A1B et reconnaissance d'une forte dépendance) ; légende ok (lue ?)
- seuls les processus marginaux à "confiance" estimable sont incorporés dans la fonte dynamique rapide

⇒ incertitude de scénario non explorée

+ présentation trompeuse sur l'inclusion des dynamiques rapides

# Conclusions sur les estimations de l'AR5-WG1

- Choix délibéré d'ignorer certaines estimations
  - '**low confidence**' : modèles semi-empiriques et fourchettes hautes
  - d'indice de **confiance non estimable** : fourchettes hautes des fontes dynamiques
- La justification fragile (?) du choix d'une fourchette modeste pour la fonte dynamique
- Vocabulaire "ice sheet rapid dynamic" laisse penser – à tort – que les aspects les plus rapides de la déstabilisation des calottes ont été pris en compte
- Choix d'intervalles 'likely' **écartant les 17% d'estimations supérieurs** (1 chance / 6)
- La **controverse** sur l'incorporation des estimations des Modèles Semi-Empiriques a été **arbitrée** défavorablement, et n'apparaît pas dans le Résumé pour Décideurs
- Pas de valeurs indicatives formant **borne supérieure** dans la partie "niveau marin" (mention de +7m à l'échelle millénaire dus à la fonte de la calotte groënlandaise dans la partie "irréversibilité")
- Le critère de "**confiance**" n'est **pas appliqué** à l'incertitude de scénarios

⇒ Une gestion incertaine de l'incertitude

### ***3. Comment aborder les incertitudes pour la prise de décision ?***

***Objectif : décision robuste vis-à-vis des risques***

***"Man can believe the impossible, but man can never believe the improbable"***

***Oscar Wilde***

# Nomenclature officielle du risque

Guide ISO 73 :	Vocabulaire de base en matière de gestion du risque. Il s'insère dans la famille de norme ISO 31000 dont le but est de fixer des principes et des lignes directrices de gestion des risques ainsi que des processus de mise en œuvre.
ISO 31000:2009 :	Management du risque - Principes et lignes directrices
ISO/IEC 31010:2009 :	Techniques d'évaluation des risques
ISO Guide 73:2009 :	Management du risque – Vocabulaire

Selon cette famille de normes, le risque est ~

**l'effet de l'incertitude sur les objectifs d'une organisation =**

la somme des **aléas** (risques **prévisibles**) – analyse du risque standard

+ **l'imprévu** (risques **imprévisibles**).

Vulnérabilité = exposition aux forçages (aléas + imprévu)  
× sensibilité  
/ capacité d'adaptation

Risque = vulnérabilité × dommages

- ⇒
- 1) L'ignorance n'est pas prétexte à absence de risque
  - 2) Le risque dépend des objectifs considérés

# Prise de décision en contexte d'incertitudes

## "Hug the monster"

### monster exorcism

incompatible avec la symbolique scientifique ; faits et valeurs s'opposent ; déni  
→ réduire les incertitudes

### monster adaptation

utilisation des catégories existantes (probabilités d'occurrences)  
→ quantifier les incertitudes, quantifier la confiance

### monster embracement

émerveillement et respect / nature ; relativisme de la science et de l'ingénierie  
→ invocation de l'incertitude pour nier les risques ; outil pour les 'sceptiques'

### monster assimilation

objectivation et adaptation des catégories existantes  
→ transparence des positions ; acceptation de l'ambiguïté et de la pluralité des avis

GIEC



← Apprentissage

post-normal  
science



(van der Sluijs 2005)

# Monster assimilation :

## Quelles incertitudes considérer : 4 catégories

### Incertitude statistique

risques **avérés**, quand la fréquence d'**occurrence peut être mesurée**.

Ex : multimodèles clim./impact, désagrégation, variabilité des cond. initiales, ...

### Incertitude de scénario

risques **avérés**, quand la fréquence d'**occurrence est difficile à évaluer**.

Ex : émissions de GES → multi-scénarios (RCP 2,6 – 8,5)

### Ignorance reconnue

risques **potentiels**, quand **ampleur et probabilité d'occurrence ne peuvent être calculées avec certitude**, compte tenu des connaissances du moment.

Ex : éruptions, tremblements de terre, tsunamis, dégazage permafrost, déstabilisation calottes, arrêt du Gulf Stream, rétroactions végétales ...

### Surprises

risques **inconnus**, à imaginer

Ex : épidémies animales & végétales, crises économiques, guerres, ... *(Dessai, van der Sluijs 2007)*

GIEC

Aléas

Imprévus

# Monster assimilation :

## Estimer tous les types d'incertitude

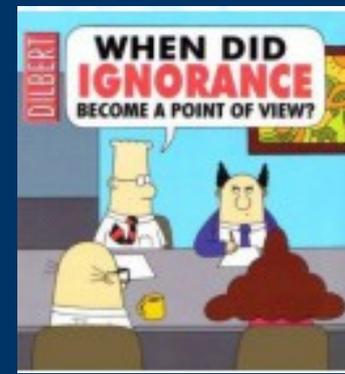
	Statistical uncertainty	Scenario uncertainty	Recognized ignorance & surprises
<b>Uncertainty assessment methods</b>			
Scenario analysis ("surprise-free")	±	++	-
Expert elicitation	+	+	+
Sensitivity analysis	+	±	±
Monte Carlo	++	-	-
Probabilistic multi model ensemble	++	±	+
Bayesian methods	++	-	±
NUSAP / Pedigree analysis	+	+	++
Fuzzy sets / imprecise probabilities	+	±	+
Stakeholder involvement	±	+	+
Quality Assurance / Quality Checklists	+	+	++
Extended peer review (review by stakeholders)	±	+	++
Wild cards / surprise scenarios	-	+	++

GIEC

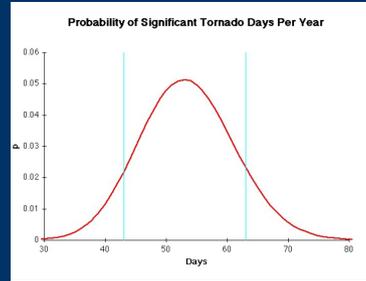
=> Intérêt de l'inclusion des parties prenantes non scientifiques dans l'expertise

(Dessai, van der Sluijs 2007)

# Monster assimilation : pour chaque type, comment les décrit-on ?



- Densité de probabilité complète
  - distribution bien étayée et robuste
- Intervalles de probabilité
  - valeurs des percentiles bien étayée
- Estimations au premier ordre
  - évaluation de l'ordre de grandeur
- Signe ou tendance attendue
  - tendance attendue bien étayée
- Signe ou tendance ambigu
  - tendances opposées également plausibles
  - tendance attendue
- Ignorance effective



GIEC

Incertitude



(Risbey & Kandlikar 2007)

# Monster assimilation :

## 3 principes fondamentaux d'action

### La **prudence**

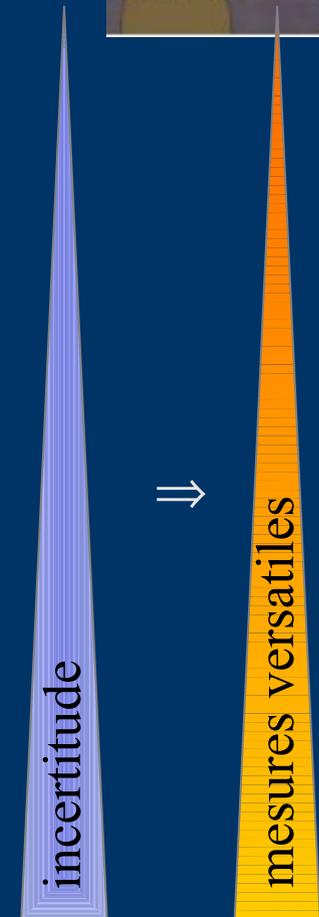
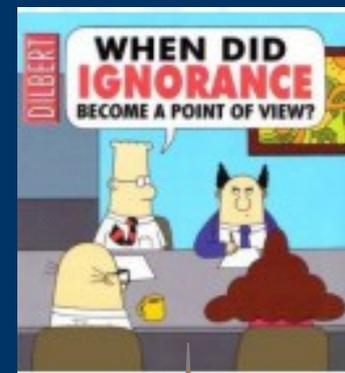
risques **avérés**,  
quand la fréquence d'**occurrence peut être mesurée**.

### La **prévention**

risques **avérés**,  
quand la fréquence d'**occurrence est difficile à évaluer**.

### La **précaution**

risques **potentiels**,  
quand **ampleur et probabilité d'occurrence ne peuvent être calculées avec certitude**, compte tenu des connaissances du moment.



⇒ L'incertitude grandissante appelle des mesures de plus en plus **versatiles**

(rapport REAGIR Géoingénierie – Risques)

# Monster assimilation :

A chaque type d'incertitude sa stratégie d'action

4 Uncertainty categories →	Statistical uncertainty	Scenario uncertainty	Recognized ignorance & surprises
<b>Frameworks for decision making under uncertainty</b>			
IPCC approach	+	++	--
Risk approaches	++	+	--
Engineering safety margin	++	±	-
Anticipating design	++	+	+
Resilience	±	+	++
Adaptive management	++	-	--
Prevention Principle	++	±	--
Precautionary Principle	+	++	++
Human development approaches	±	+	+
Adaptation Policy Framework	+	+	+
Robust decision making	+	++	+

Rem : Stratégies non exclusives ; intérêt d'une **approche combinée**

Chaque stratégie s'appuie sur des méthodes spécifiques d'estimation des incertitudes, et mobilise diversement prudence, prévention et précaution

(Dessai, van der Sluijs 2007)

GIEC

# Quelle place pour avis d'expert et controverses ?

## Charte de l'expertise de l'Académie des Sciences

« Le rapport d'expertise fait mention des points que l'état des connaissances disponibles ne permet pas de trancher avec une certitude suffisante. Il fait alors **état des controverses** liées ou non aux incertitudes et **mentionne les éventuels avis divergents** exprimés au sein du comité des experts.

[...] les points tranchés avec une certitude suffisante le sont en fonction de l'état des connaissances scientifiques du moment »

## Charte de l'expertise privé (Entreprises pour l'Environnement)

« Principe de pluralisme : ouverture de l'expertise à la controverse complété par la publication des convergences et divergences recensées auprès des pairs et parties prenantes (avis de **consensus/dissensus**) »

## Weigel et al 2010 - Perte d'information à privilégier certains modèles

« Particularly when internal variability is large, more information may be lost by inappropriate weighting than could potentially be gained by optimum weighting. »

⇒ **préférer un large éventail de résultats à un arbitrage entre prévisions**

# Retour sur la méthode du GIEC

## Que dire des indices de confiance ?

- Le choix de l'indice « medium confidence » écarte implicitement
  - les résultats non consensuels
  - les résultats d'incertitude élevée (modèles semi-empiriques, déstabilisation des calottes)
  - les processus auxquels on n'a pas pensé (« black swan », « wild card »)
- Controverse partiellement traitée et arbitrée au sein des chapitres techniques
  - Repose essentiellement sur les estimations des modèles à base physique
  - Pas d'indication quantitative fondée formant borne supérieure
  - Remplacement, dans le Résumé Pour Décideurs, des estimations quantitatives historiques, par modèle semi-empirique ou indicatives extrêmes, par une mention en légende de tableau sans indiquer de valeurs

⇒ **Ne satisfait pas tous les critères des chartes d'expertise françaises**

⇒ **non conforme au principe de précaution**

# Retour sur la méthode du GIEC

## Que dire des intervalles probables du GIEC ? Appropriés ?

- « “errors bars” should be produced not only from scientific information – they also **depend on political choices and subjective judgments.**  
  
[...] For instance, one might be more pessimistic when considering a flood barrier for a 10-million inhabitant city than when considering the location of a train line, for instance, because the consequences of failure are much larger in the former case. »  
(Hallegatte 2012)
- « It is thus impossible to quantify climate uncertainty independently of the decision to be made, and of subjective judgments that only decision-makers can make » (IPCC, 2012).

⇒ **Dépend de l'objectif ou du projet considéré**

Le choix de "likely", ou encore "very likely" est **arbitraire**

# Retour sur la méthode du GIEC

## Que dire des intervalles probables du GIEC ? Fiabilité ?

- « Calculating probabilities of future climate changes based on projections from climate models remains an active research topic in the science community because of their perceived utility for decision-making. However, due to the **inability to assess the models' skill in correctly predicting those probabilities, the resulting probabilities are best viewed as subjective or expert judgment.** »
- « In fact, it may be entirely **appropriate to use expert judgment** as the basis for subjective probabilities that enter into decision analysis. » (Hallegatte 2012)

Estimations modèles IPCC  $\Leftrightarrow$  jugement subjectif, d'expert

jugement d'expert = éligible pour la prise de décision

$\Rightarrow$  **prendre tous les avis d'expert,**

+ ne pas se limiter à une approche (par ex. par modèles)

# Prise de décision en contexte d'incertitudes

## Stratégie globale

La méthode de l'IPCC est déficiente / ignorances reconnues et surprises

⇒ Il faut la compléter :

- Reconnaître l'étendue complète des incertitudes
- Eviter de se reposer trop lourdement sur les projections climatiques
- Consulter les scientifiques pour tester la **plausibilité**
- Construire une capacité de gestion "**adaptative**"
- Construire la "**résilience**" (capacité à récupérer d'un stress)
- Appliquer le **principe de précaution** :  
Choisir des options alternatives robustes / ensemble de **futurs plausibles**
- **Associer les porteurs d'enjeux** aux différents niveaux car  
contribution à imagination, acceptation, mise en œuvre effective, succès
  
- Un processus de décision **robuste** est établi pour un enjeu donné :  
établir projets & options, vulnérabilité × futurs plausibles => sélection

(Dessai et al., 2009; Goulden et al., 2010; Di Baldassarre et al., 2011)

***4. Quelle valeurs de la montée du niveau de la mer  
considérer dans ce nouveau cadre ?***

# Recherche de valeurs plausibles et indicatives

## Estimation horizon 2100 (m)

Auteur	min	max	commentaire
AR4 (2007)	0,2	0,6	Modèles physiques Dilatation + glaciers + fonte progressive calottes
AR5 (2013)	0,5	1,0	Modèles physiques Dilatation + glaciers + fonte progressive calottes
Katsman et al. (2011)	0,6	1,2	valeurs plausibles avec modèle
Rahmstorf (2012)	0,5	1,6	modèles semi-empiriques
Grinsted (2009)	0,9	1,6	modèle
Pfeffer et al. (2008)	0,8	2,0	approche cinématique "physiquement possible"
Hansen (2007)		5,0	méthode empirique : fonte banquise x2 / 10 ans
Horton (2013)	0	7,0	avis d'experts ; 95% des réponses en dessous de 2,5m

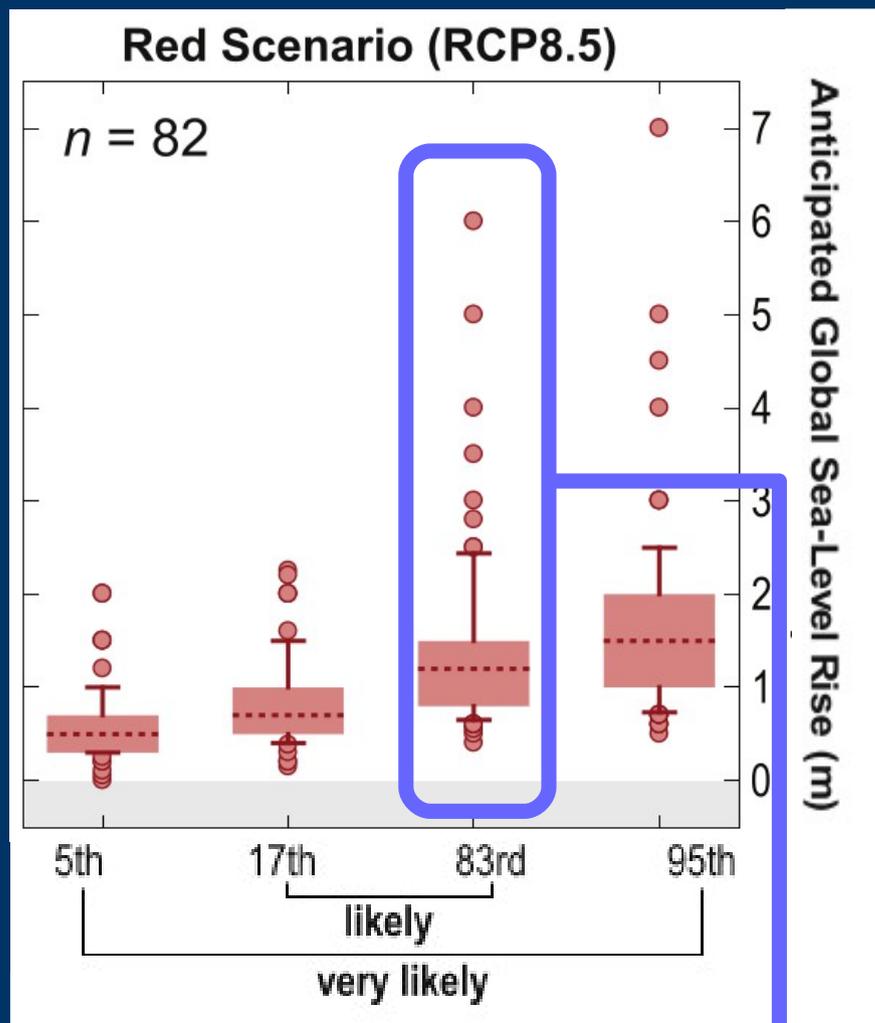
## Autres estimations d'intérêt

New York City		1,5	valeur choisie pour l'adaptation par la ville (75cm dès 2050)
AR5 (SOD)		3,3	Ch. 12, § « irréversibilité » (WAIS), absent de la version finale
AR5 (2013)		7,0	RPM, § "irréversibilité" (Groënland), non fondé par le Ch. 12
AR5 (2013)	14,0	20,0	Ch 5, Paléo 3 millions d'années (Gr 7 + WAIS 4 + EAIS 3)
Hansen (2007)	15,0	35,0	Paléo 3 millions d'années
Hansen et al. (2013)		9,0	dernier inter-glaciaire (Eemien), plusieurs m/siècle

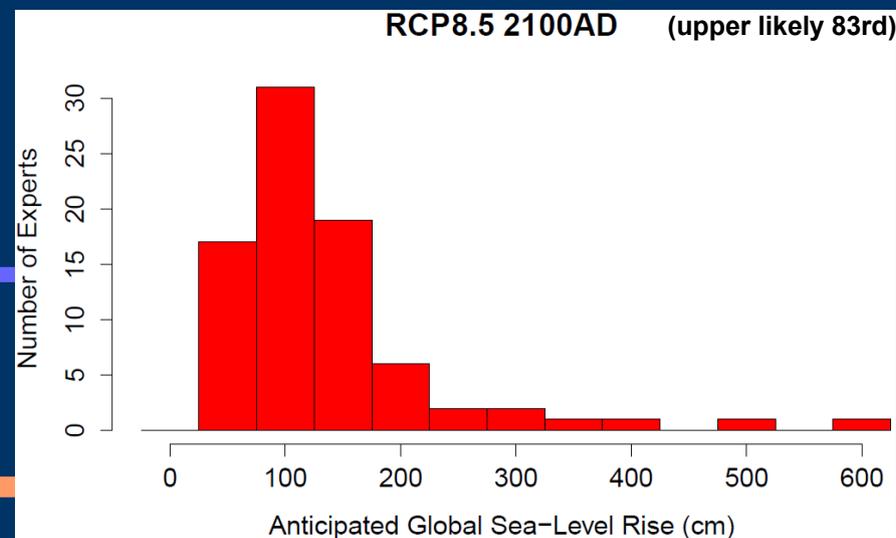
⇒ 1 à 2m, potentiellement plus



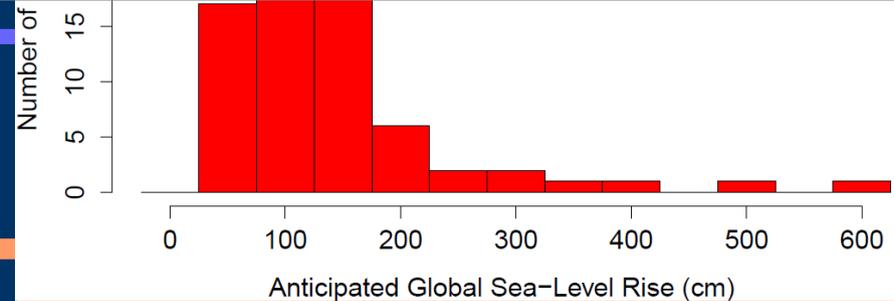
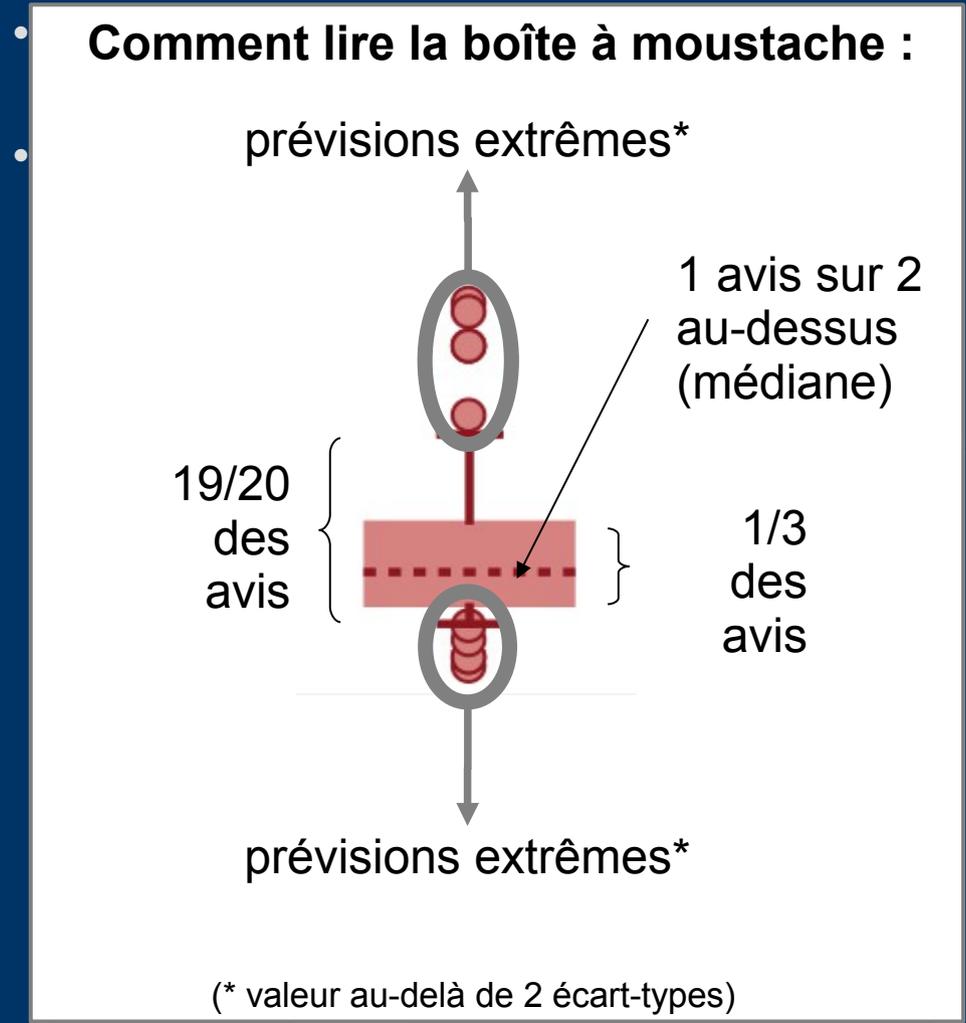
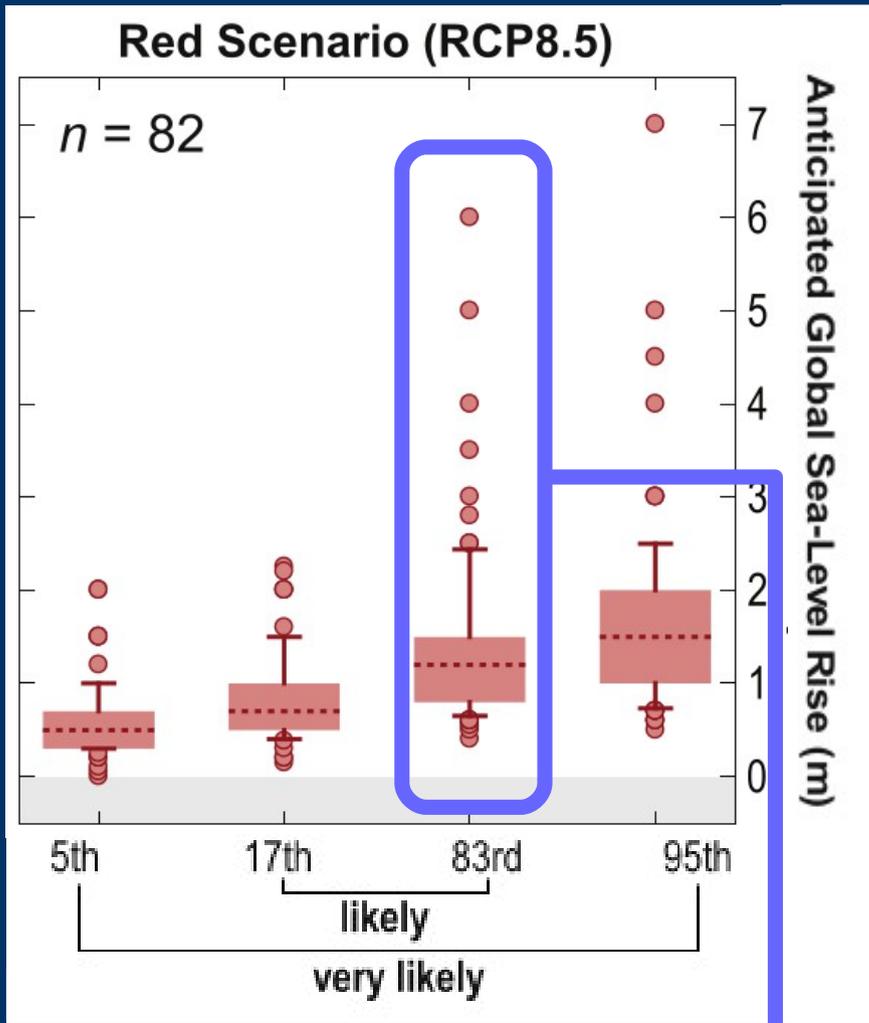
# Synthèse d'avis d'experts (Horton 2013)



- ~ 90 avis de chercheurs actifs ces 5 dernières années, sur 360 sollicités, > 5 publiés rang A
- Question = quelle montée du niveau marin
  - aux horizons 2100 et 2300
  - Scénarios actuel (8,5) & volontariste (2.6)
  - Intervalles de probabilité
    - "likely" = 1 chance sur 3 de rater la réalité
    - "very likely" = 1 chance sur 10

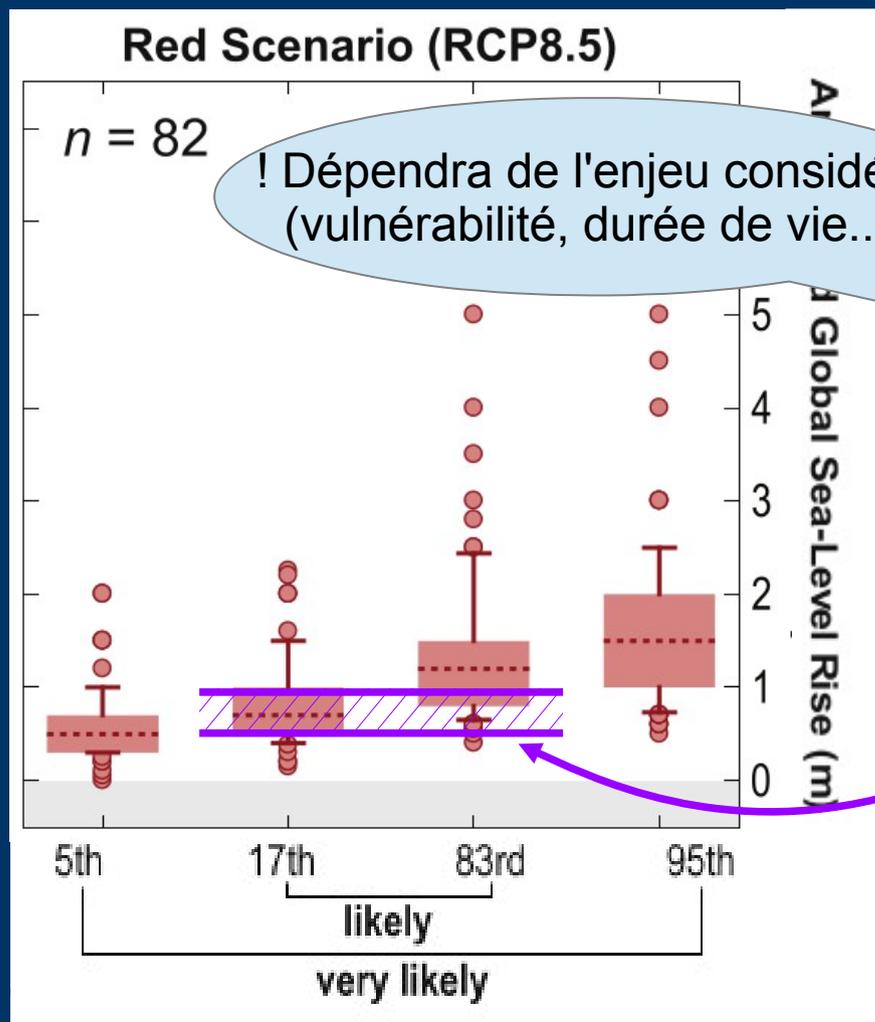


# Synthèse d'avis d'experts (Horton 2013)



alité

# Synthèse d'avis d'experts (Horton 2013)



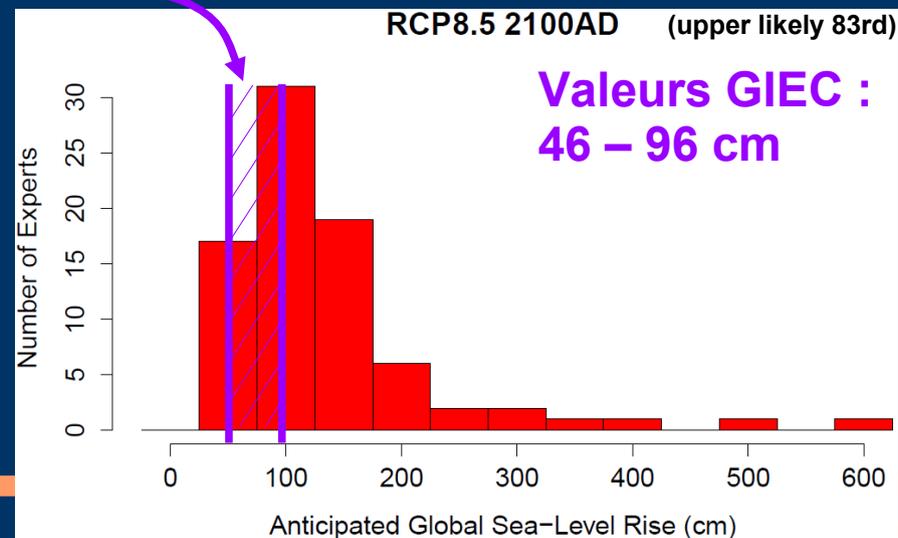
- Pas deux communautés qui s'affronteraient, mais absence évidente de consensus

Des valeurs envisagées jusqu'à 7m

97% des réponses < 2,5m  
(est-ce la valeur plausible ?)

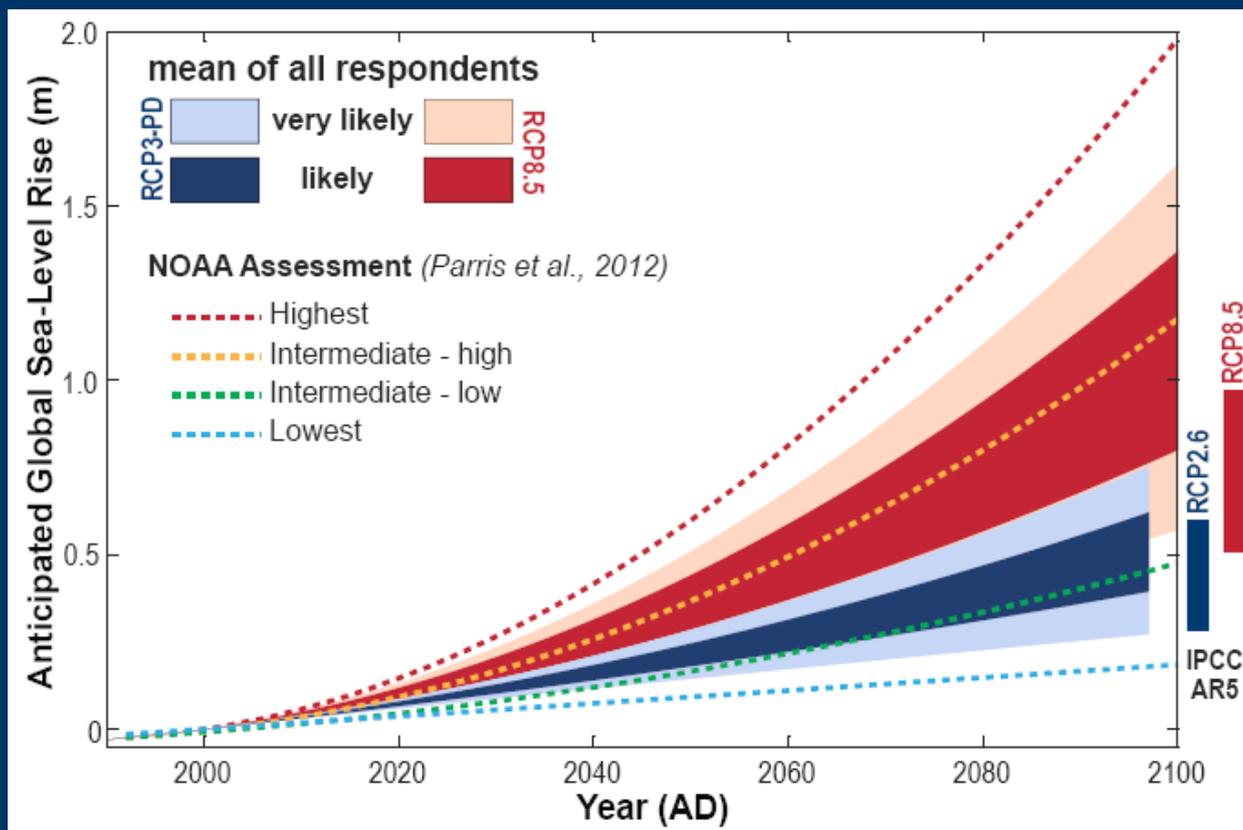
- fourchette "likely" haute :  
haute :  $\sim 2/3$  avis > 1m,  $1/3$  avis > 1,5m  
basse : celle du GIEC, max 1m
- fourchette "very likely" :  
 $2/3$  avis > 1m,  $1/3$  avis > 2m

GIEC



# Prévisions globales pour 2100

## 4) Synthèse d'avis d'experts



Sea level rise over the period 2000-2100 for two warming scenarios (**RCP8.5** and **RCP2.6**). The ranges show the average numbers given across all the experts. The inner (darker) range shows the 17 to 83 percentile values ('likely'), the outer range the 5 to 95th percentiles ('very likely'). For comparison we see the NOAA projections of December 2012 (dashed lines) and the new IPCC projections (bars on the right).

## *5. Adéquation de la méthode du GIEC aux objectifs poursuivis ?*

# Le principe de précaution reste un défi pour le GIEC

- Le principe de précaution s'impose pour aborder les grandes incertitudes

Les résultats du **WG1** ne permettent pas d'appliquer ce principe

- par la méthode choisie (barres d'erreur, indice de confiance)
  - par son mandat, qui l'expose à un poids des enjeux sociétaux ('sci. diplomacy')
  - par l'éloignement des scientifiques des **compétences de gestion des risques**  
+ **tendance spontanée** à la sous-estimation (Brysse et al. 2013)  
+ sacralisation de standards intellectuels sur la construction de la **preuve**  
(Oreskes 2013)
  - Dissymétrie estimations chiffrées / avertissements qualitatifs
- ⇒ **l'adaptation au CC en ressortira biaisée** ou devant faire sa propre estimation  
pb car GIEC normatif → **quelle légitimité d'estimations différentes ?**

Nécessaire passage de '**monster adaptation**' à '**monster assimilation**'

mais **repoussoir** du 'monster embracement' (nature insaisissable, sur-relativisme)

# Propositions

## Réformer la méthode du GIEC

Principal pb = être **à la fois traducteur & médiateur** (O'Reilly et al. 2012)

⇒ Séparer les rôles (Cf. IPBES, Beck et al. 2014) :

- **Traducteur** des connaissances scientifiques, sans rechercher le consensus, sans arbitrer les controverses et en intégrant des valeurs indicatives avec preuve faible ("low confidence")
- **Médiateur** auprès des décideurs (interface science-politique), exposé aux enjeux sociétaux (économiques, politiques) et sélectionnant, dans la synthèse, les éléments scientifiques au niveau de confiance pertinent.

⇒ Expliciter le mandat et prévoir **deux procédures distinctes**

une dynamique de synthèse des connaissances, munie d'une méthode encadrant explicitement la gestion des incertitudes et des controverses

- des **mécanismes supplémentaires** (dans ou hors GIEC) pour une série de grands enjeux sociétaux (ex. montée du niveau marin, sécurité alimentaire, santé, ...) (Hansen 2007, Horton et al. 2013), cherchant à produire des valeurs plausibles spécifiques aux enjeux considérés, dans un cadre sensibilisé à la gestion du risque

Chercheurs

ch. + experts

# Propositions

## Clarifier le processus d'émergence des résultats du GIEC

- Renouveler l'analyse historique des processus ayant conduit à la présente estimation du GIEC (O'Reilly, Oreskes, Oppenheimer), sachant un contexte un peu différent :
  - Pas de révolution au niveau expérimental (tel que l'irruption de données satellites)
  - Estimations par modèles semi-empiriques disponibles
- Investir dans les sciences politiques et sociologiques pour trouver les bras de levier propres à faire évoluer les pratiques et l'organisation
- Sensibiliser à l'analyse du risque et à la prise de décision sous grandes incertitudes

# Propositions

## Communiquer

- Stainforth et al. 2007 :

« *Effective communication of the underlying assumptions and sources of forecast uncertainty is critical in the interaction between climate science, the impacts communities and the society in general* »

« *Most organization are very familiar with uncertainty of many different kinds and even **qualitative guidance** can have substantial value in the design of adaptation strategies [...]. Accurate communication of the information we have is critical to providing valuable guidance to society* »

- Article / discussion dans les revues du GIEC
- Adapter le discours au public visé, limitant les risques incompréhension/manipulation

– Résumé pour Décideurs = info. complète

– Résumé Grand Public = accent sur certitudes + propositions

par **l'éducation**, accompagner vers "monster assimilation"

