

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

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

*Pascal Maugis*

*LSCE – IPSL*



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

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

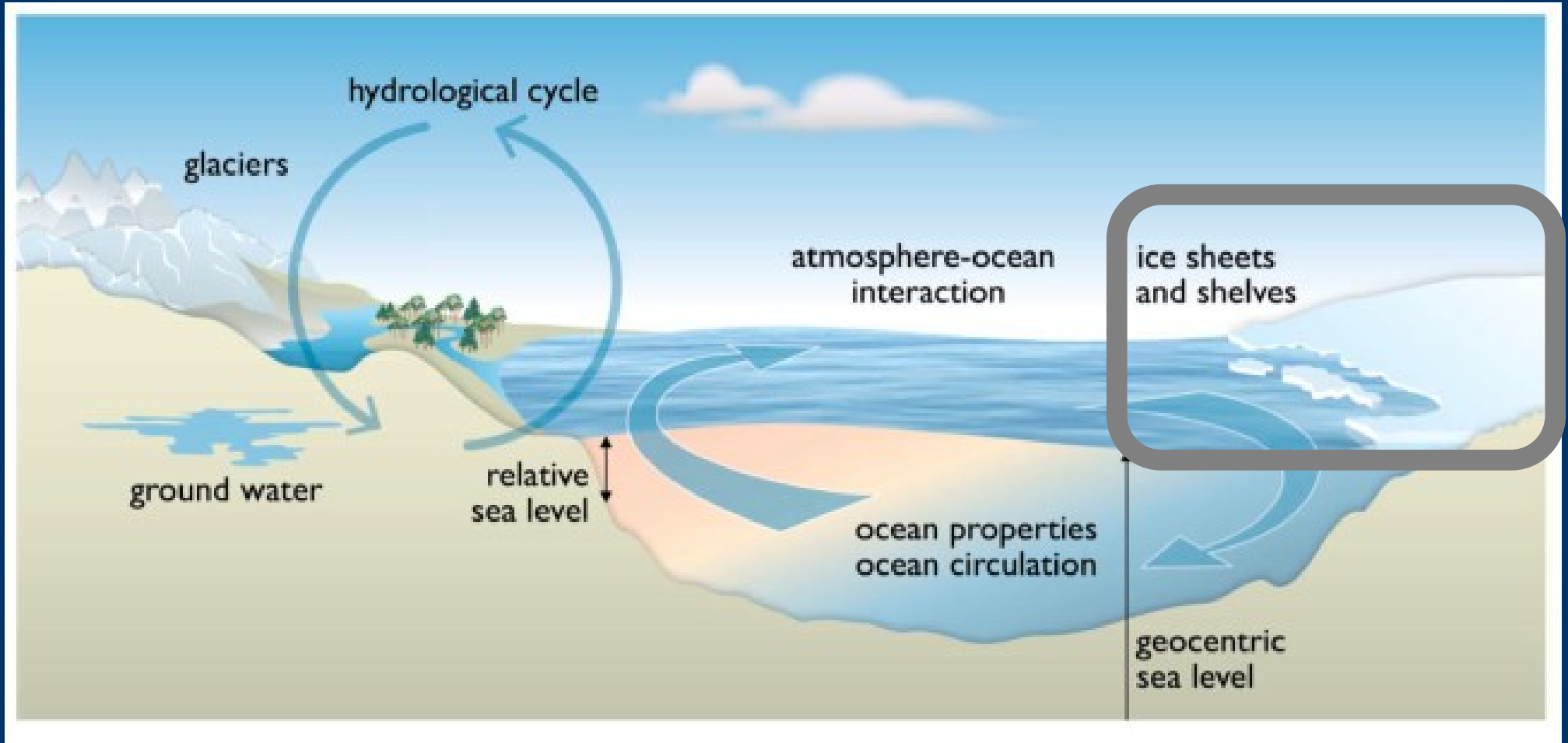
### Plan de l'exposé

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

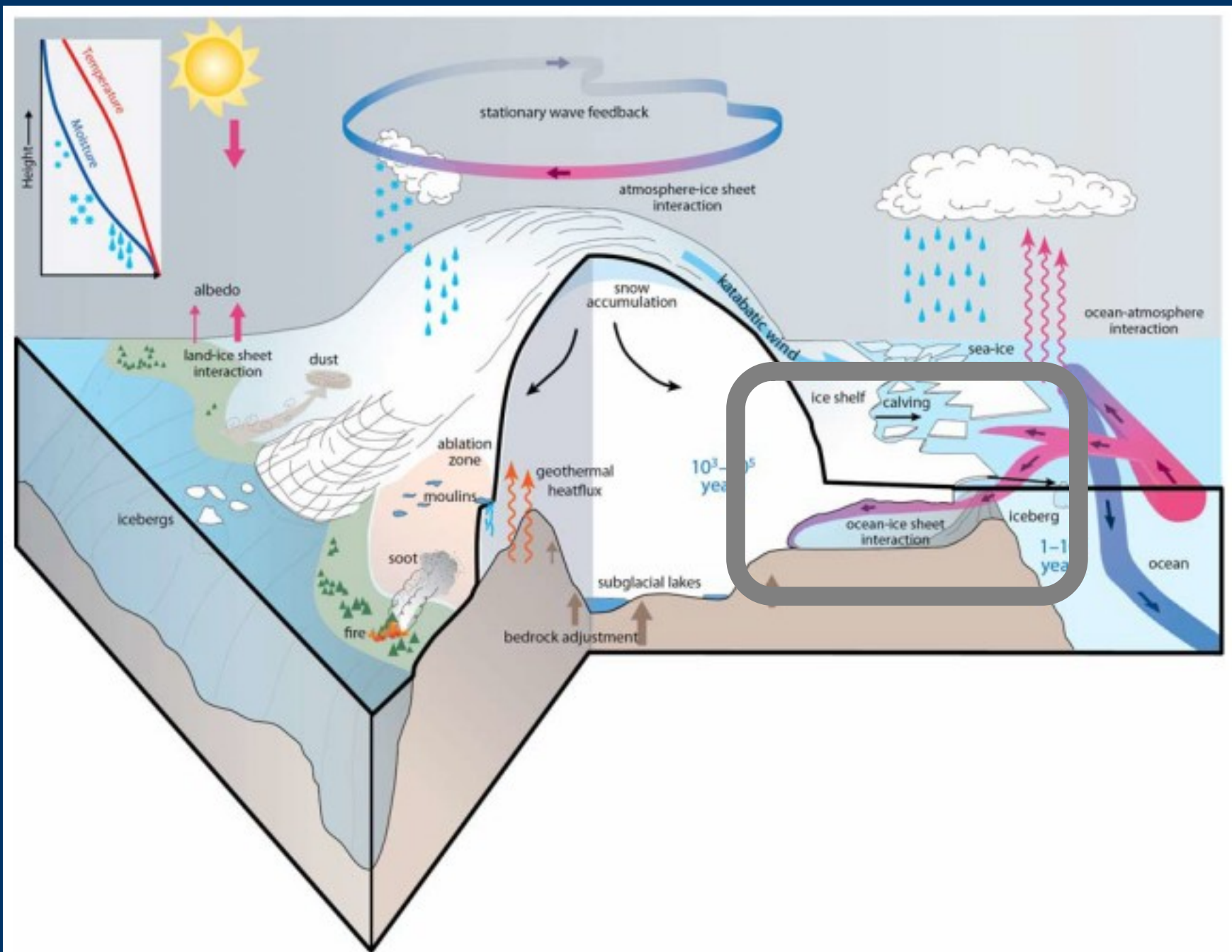
## A l'échelle séculaire



- Impacts globaux + différenciation régionale
- Phénomènes progressifs / catastrophiques

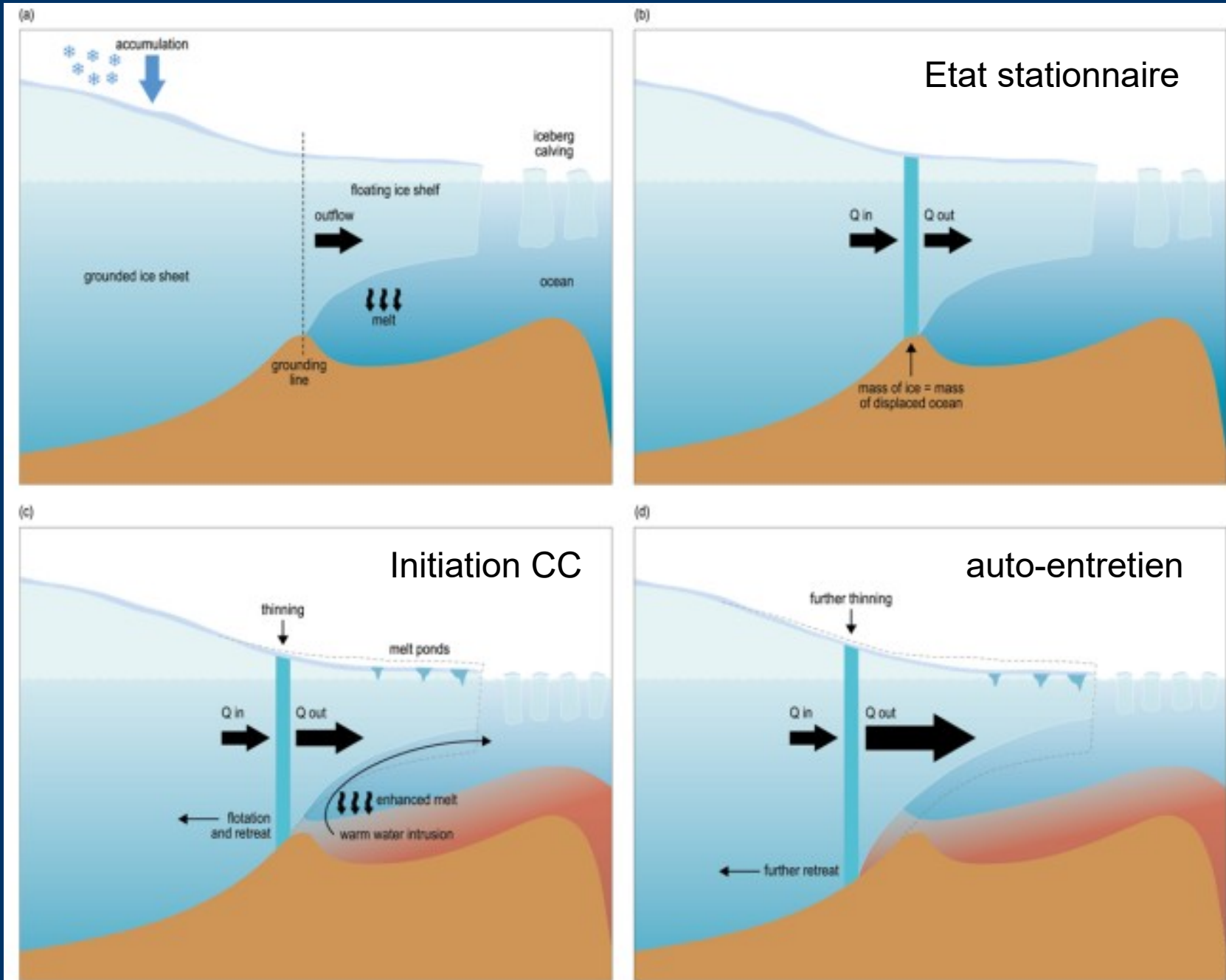
# Processus sensibles au changement climatique

## Zoom sur la fonte des calottes glaciaires



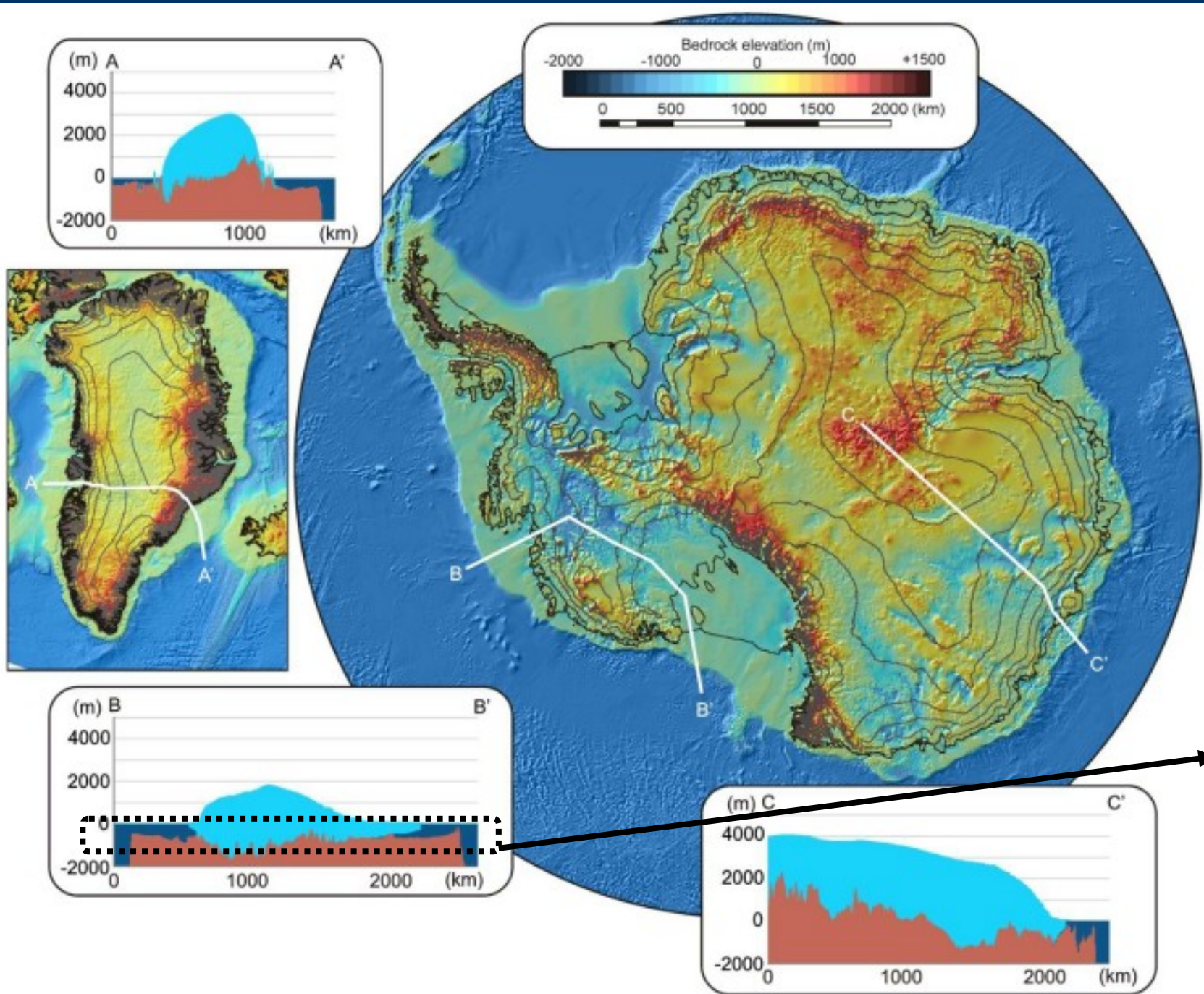
# Processus sensibles au changement climatique

## Possibilité du retrait instable de la ligne de base



# Processus sensibles au changement climatique

## Calottes exposées



WAIS repose essentiellement sur fonds marins

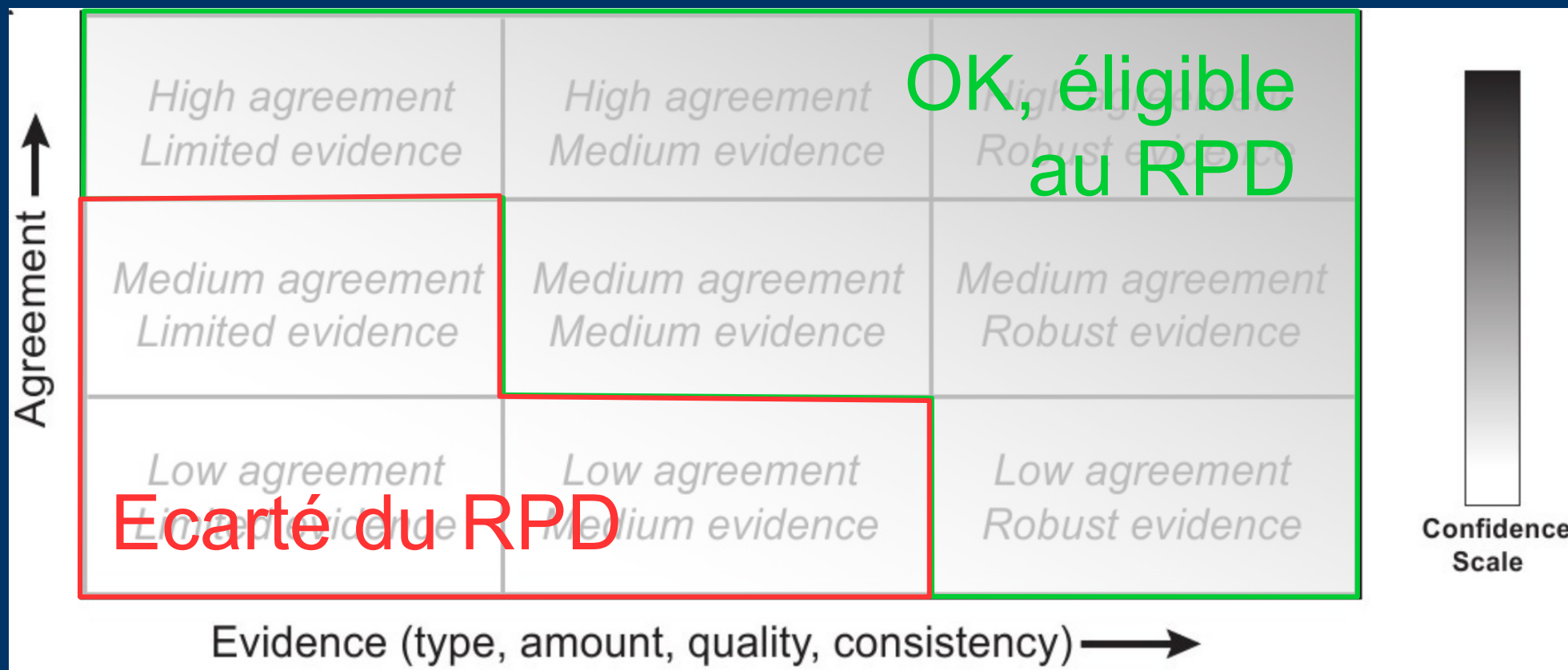
## *2. Les prévisions du GIEC*

### *montée du niveau de la mer*



# Une nomenclature de « confiance »

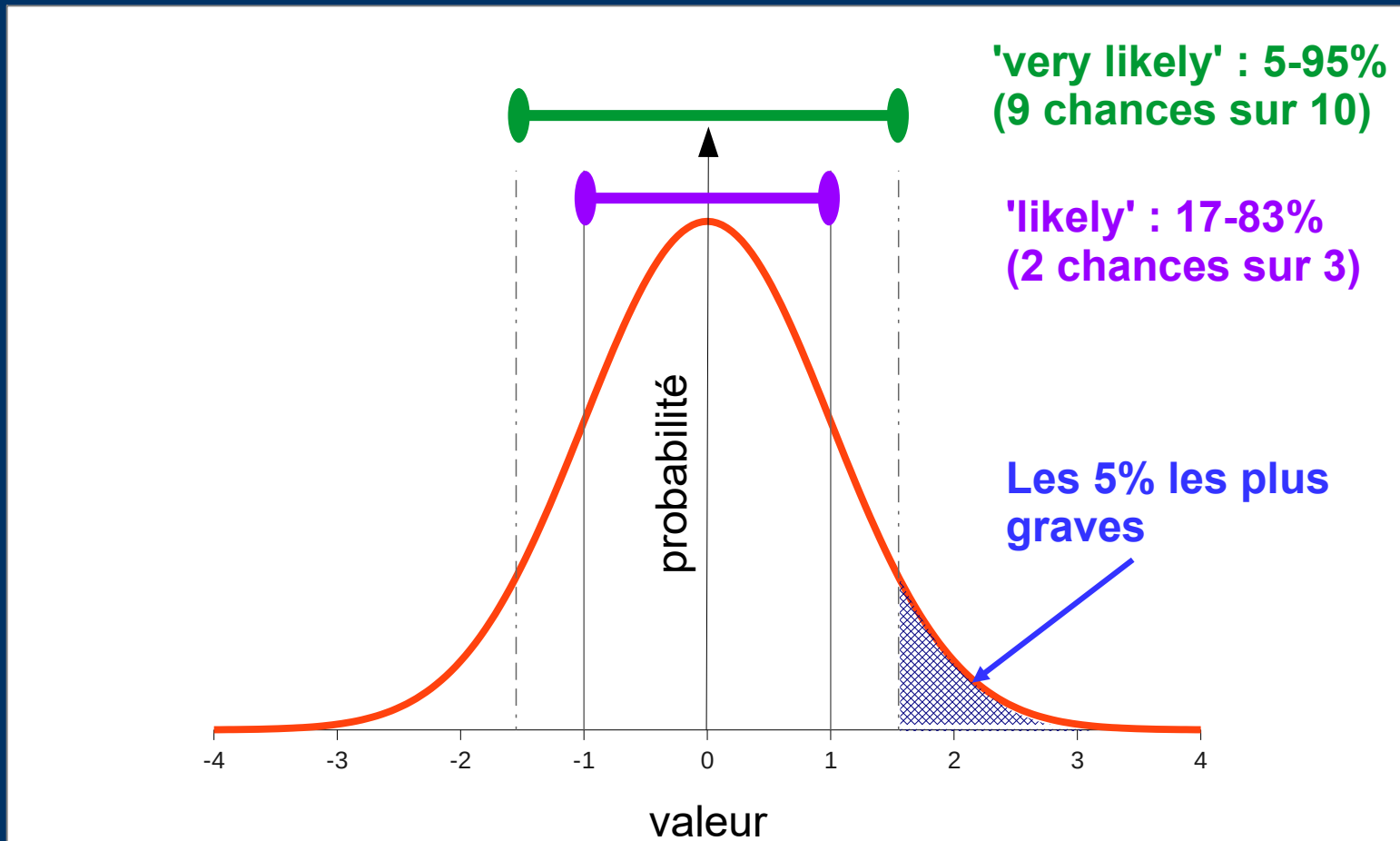
## Que garde-t-on dans le Résumé Pour Décideurs ?



Caler sa communication sur cette métrique

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

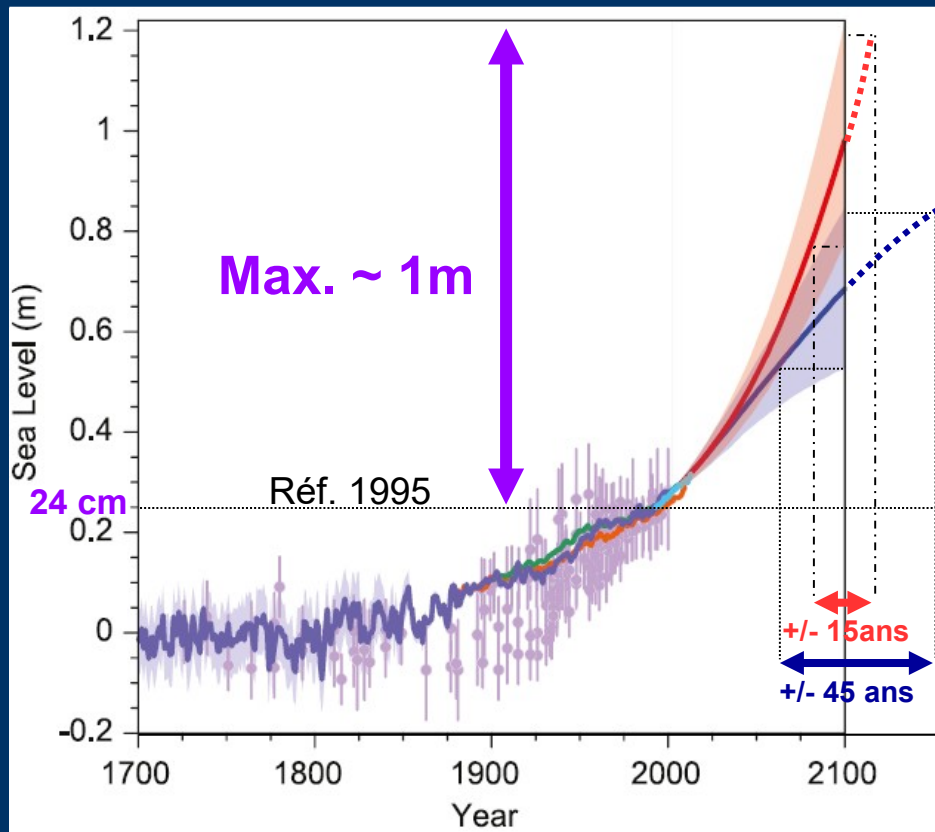
# assortis d'intervalles de probabilité si disponibles



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)



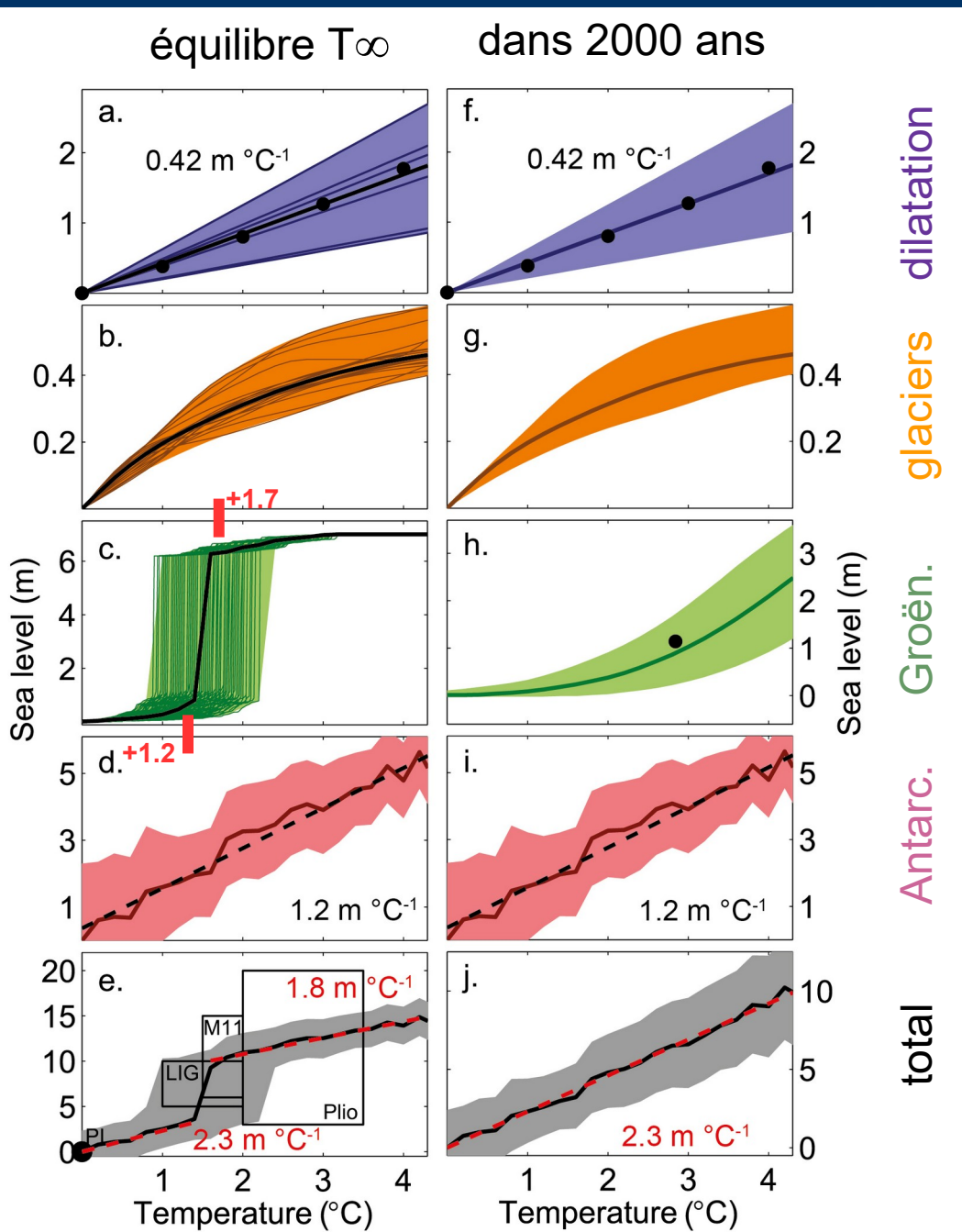
- Deux scénarios
  - **RCP 8.5** (émissions maintenues)
  - **RCP 2.6** (volontariste)
- Résultats d'après MBP uniquement
- le RCP 2.6 est moins probable, mais présenté à égalité de vraisemblance
- pas d'intervalle 'very likely' car "confidence" pas estimable
- intervalles 'likely', jugé "medium confidence"
  - ~ 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 ?



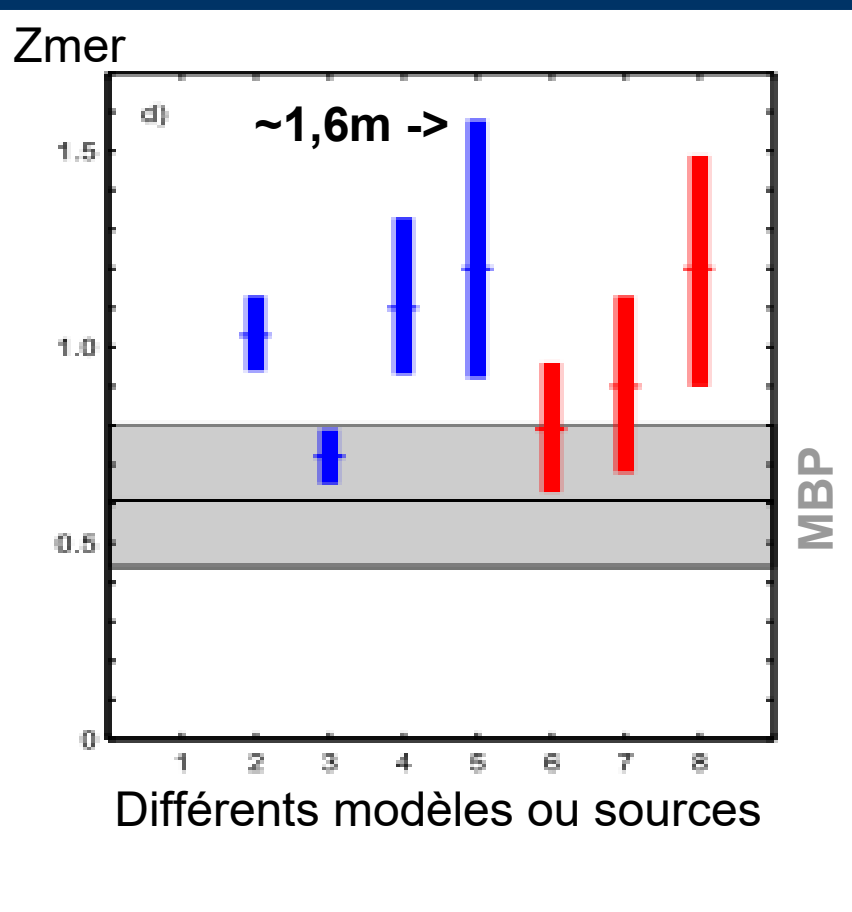
Comparaison des dynamiques

équilibre  $T_{\infty}$  vs millénaire

- avec  $+1,7^\circ\text{C}$ ,  $Z_{\text{mer}}$  tendrait vers  $+10\text{m}$  ! mais la lenteur du démarrage de la fonte du Groenland n'amène qu'à  $+4\text{m}$  dans 2000 ans
- à échéance rapprochée, les non-linéarités de  $+Z_{\text{mer}}$  (glaciers) et (Groenland) 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

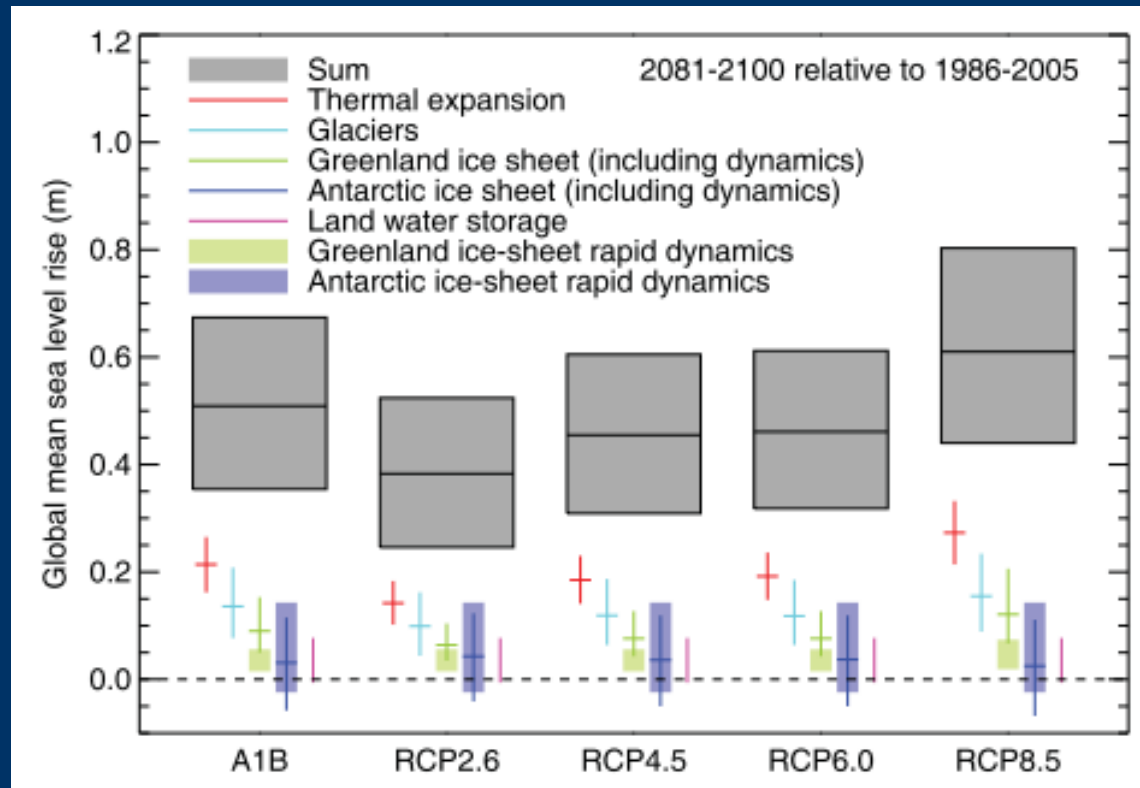
- RPM-WG1 : *"only the collapse of marine-based sectors of the Antarctic Ice Sheet, if initiated, could cause global mean sea level to rise **substantially** above the likely range during the 21st century. This potential additional contribution cannot be precisely quantified but there is medium confidence 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 "confidence" estimable sont incorporés dans la fonte dynamique rapide

⇒ incertitude de scénario non explorée

+ présentation délusoire 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 / 3)
- 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

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)  
x sensibilité  
/ capacité d'adaptation

Risque = vulnérabilité x 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



(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**, en raison de **complexité** ou **ambiguïté**.

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, ...

GIEC

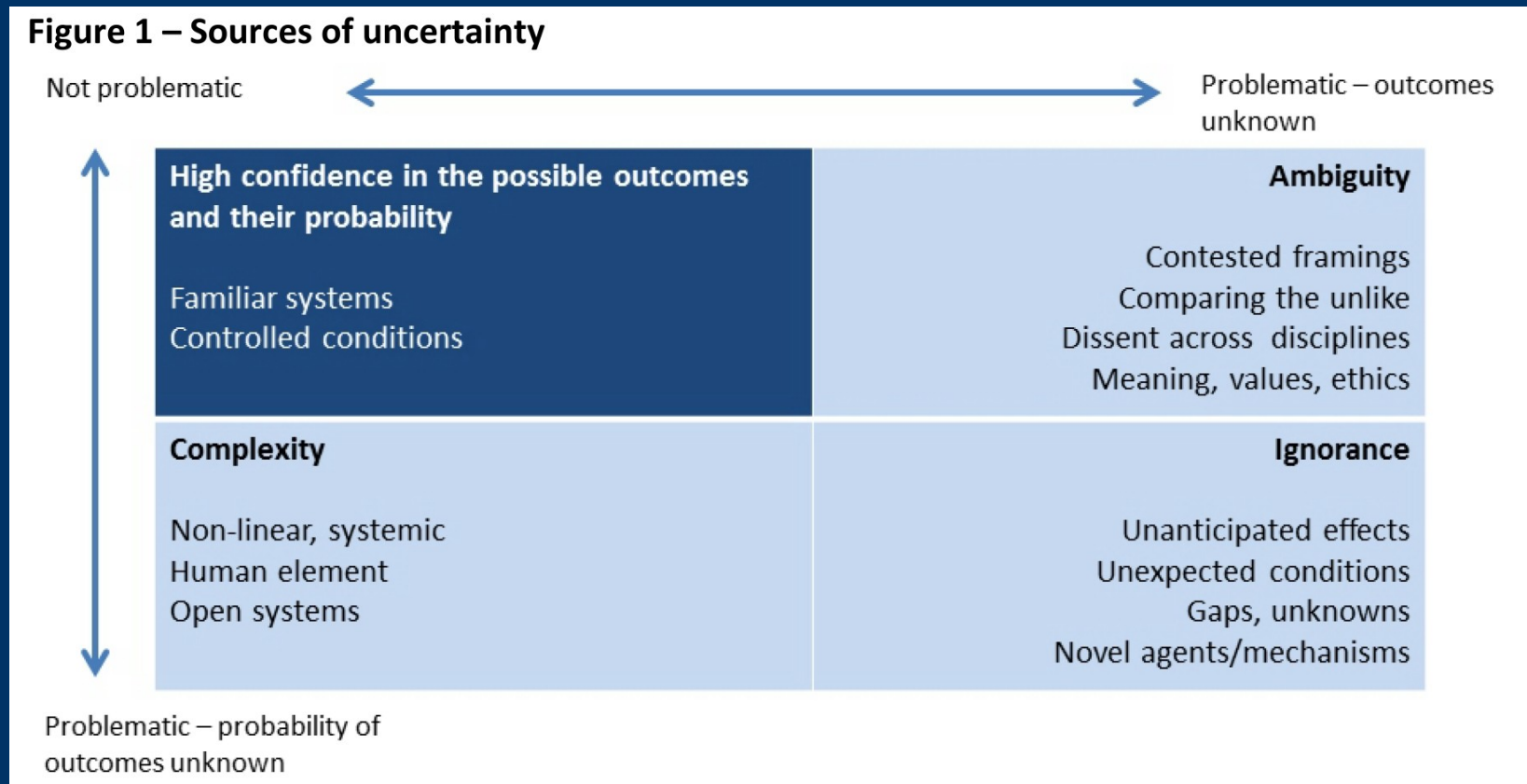
Aléas

Imprévus

(Dessai, van der Sluijs 2007)

# Monster assimilation : classification de l'ignorance reconnue

Figure 1 – Sources of uncertainty



**Ambiguity** : risks are recognised as inherently multifaceted and opinion is divided on the magnitude, characterisation and prioritisation of these facets.

**Complexity** : scientists cannot accurately predict environmental and health threats ; no definitive basis for assigning probabilities from available information or analytical models

(European Parliamentary Research Service, 2015, after Stirling EMBO report 2007)

# Monster assimilation :

## Estimer tous les types d'incertitude

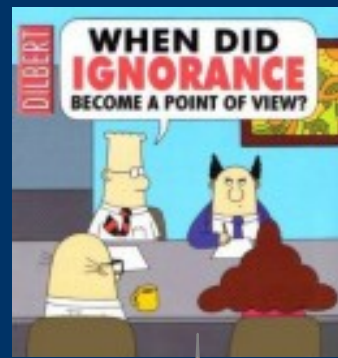
(Dessai, van der Sluijs 2007)

Uncertainty assessment method	level of uncertainty	aléas		imprévus
		statistical uncertainty	scenario uncertainty	Recognized ignorance, surprises
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		-	+	++

IPCC

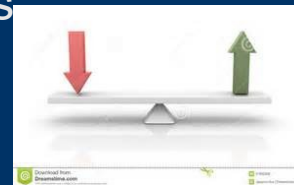
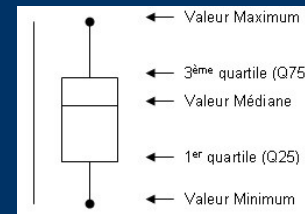
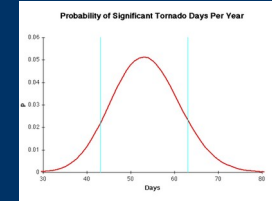
=> Intérêt de l'inclusion des **parties prenantes non scientifiques** dans l'expertise à différentes étapes

# 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 ambiguës
  - tendances opposées également plausibles
  - tendance attendue
- Ignorance effective

GIEC



Incertitude

(Risbey & Kandlikar 2007)

# Monster assimilation :

## 3 principes fondamentaux d'action

### La prudence

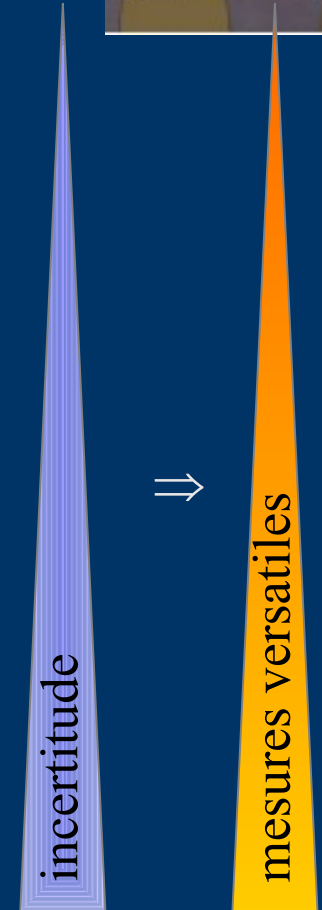
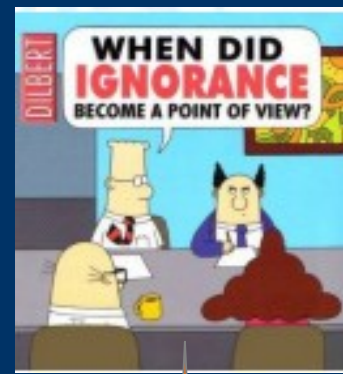
risques **avérés**,  
quand la fréquence d'**occurrence peut être mesurée**.

### 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

incertitudes

mesures versatiles

(Dessai, van der Sluijs 2007)

prudence prevention precaution

Framework for decision-making	level of uncertainty	statistical uncertainty	scenario uncertainty	Recognized ignorance, surprises
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		+	++	+

IPCC

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

# 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 privée (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

## Eléments majeurs d'incertitude absent de la communication

- sur les **émissions de GES**
  - quel trajectoire (gaz de schiste & autres, business as usual, réduction drastique) ?  
augmentation des GES dues à mal-adaptation et impacts du CC
  - émissions de méthane par fonte pergélisol et chlathrates des marges océaniques
  - Adaptation des activités humaines (air conditionné), guerres+
- sur les **rétroactions climatiques**
  - arrêt de la circulation thermohaline (dont Gulf Stream)
  - Désertification, instabilité de la forêt amazonienne
- sur **rétroactions anthropiques**
  - Accaparement des terres puis conversion (déforestation), mise en culture des prairies et tourbières actuelles
  - géo-ingénierie ("fertilisation" océanique ou atmosphérique, ...)
- sur les **impacts**
  - instabilité des calottes marines antarctique et Groenlandaise
  - Effondrement forestier, pathogènes végétaux et parasites, épidémies humaines
- autres **surprises**
  - Eruptions volcaniques, tremblements de terre & tsunamis, tornades+, réfugiés...
- **Autres ?**

# 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 x 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 ?***



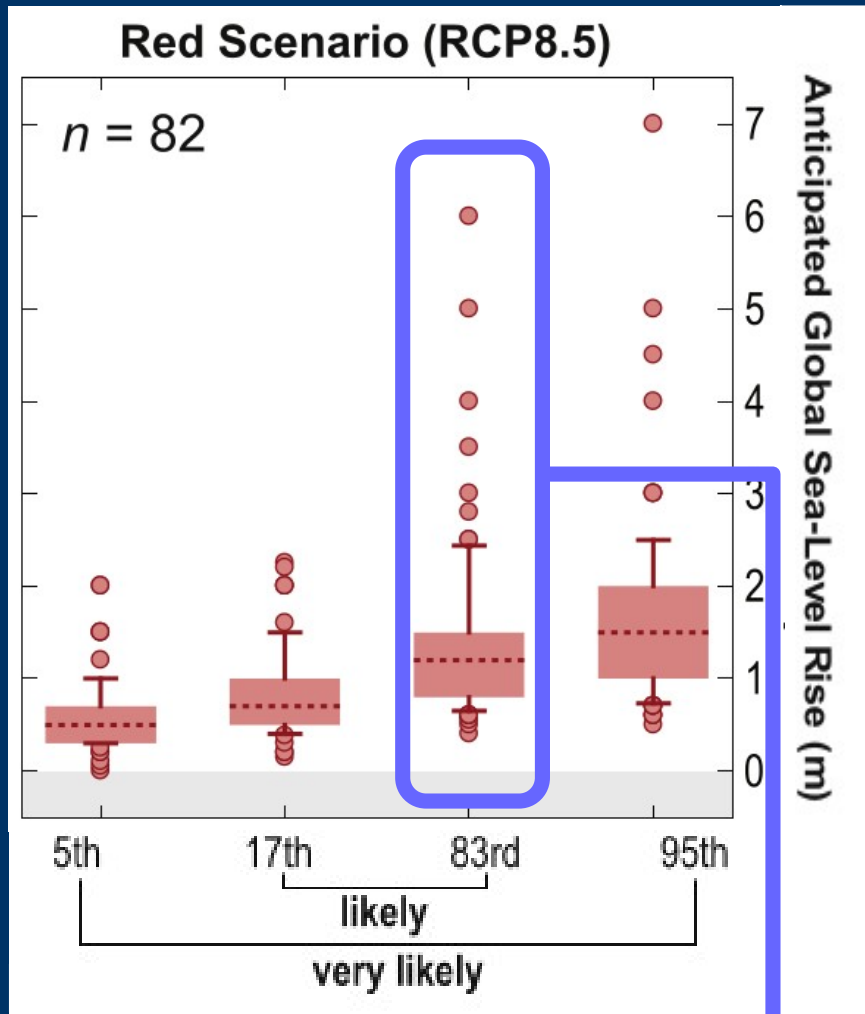
# Recherche de valeurs plausibles et indicatives

## Estimations scientifiques horizon 2100 (m)

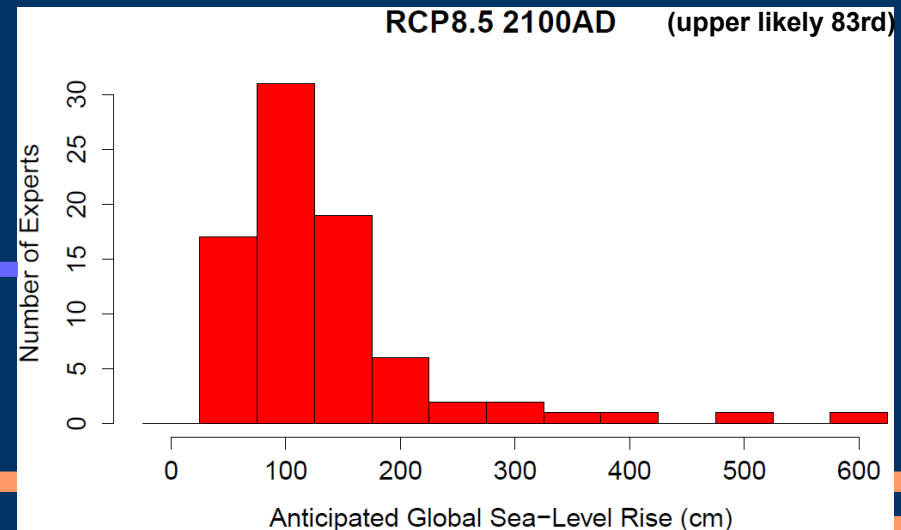
Auteur	min	max	commentaire
AR4 (2007)	0,2	0,6	Modèles physiques Dilatation + glaciers + fonte progressive calottes
AR5 (2013)	0,3	1,0	Modèles physiques Dilatation + glaciers + fonte progressive calottes
Ritz et al (2015)	0,55	1,3	AR5 + modèle désagrégation glaciers antarctiques (5-30cm)
Katsman et al. (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 analytique non physique
Pfeffer et al. (2008)	0,8	2,0	approche cinématique "physiquement possible"
Pollard et al (2015)		3,5	Modèle physique hydro-fracturation + perte arc-boutant (ultime : 17m)
Hansen (2007)		5,0	méthode empirique : fonte calotte x2 / 10 ans
Horton (2013)	0,0	7,0	avis d'experts ; 95% des réponses < 2,5m ; 60 % des réponses > 1m
Garner (2019)	0,5	2,4	revue littérature, tous processus, stat. reconstruite, very likely

⇒ +1 à +2m, potentiellement plus

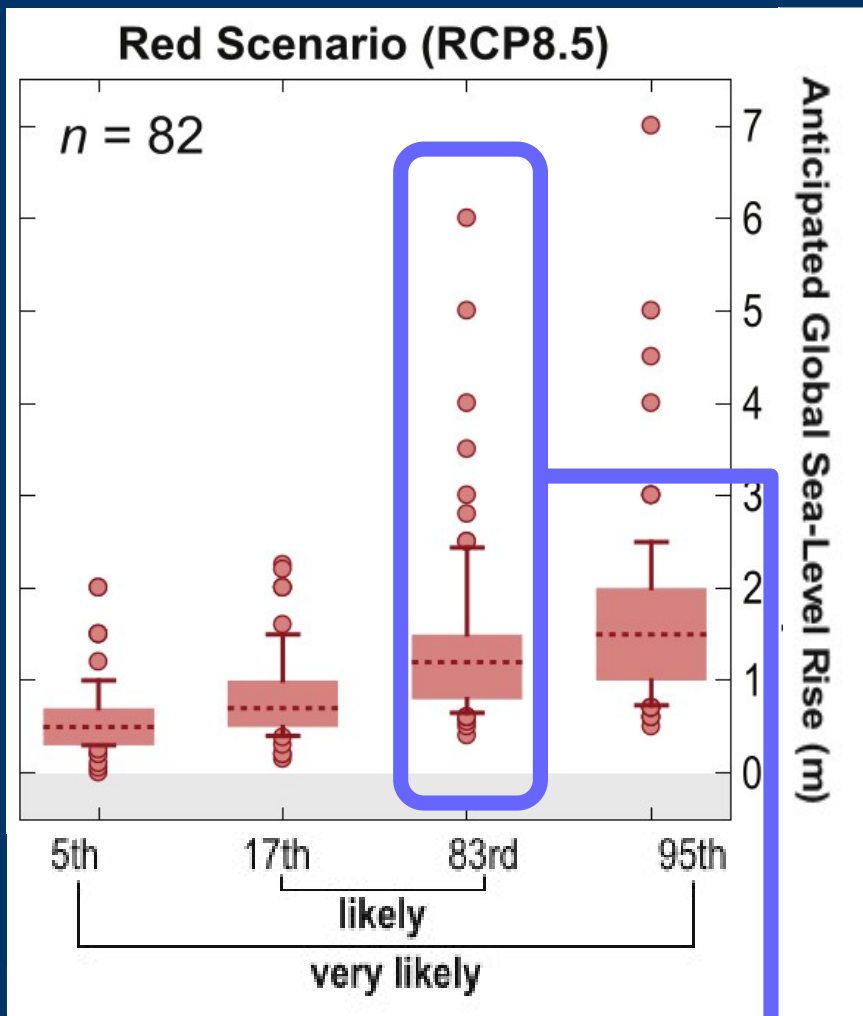
# Synthèse d'avis d'experts (Horton 2013)



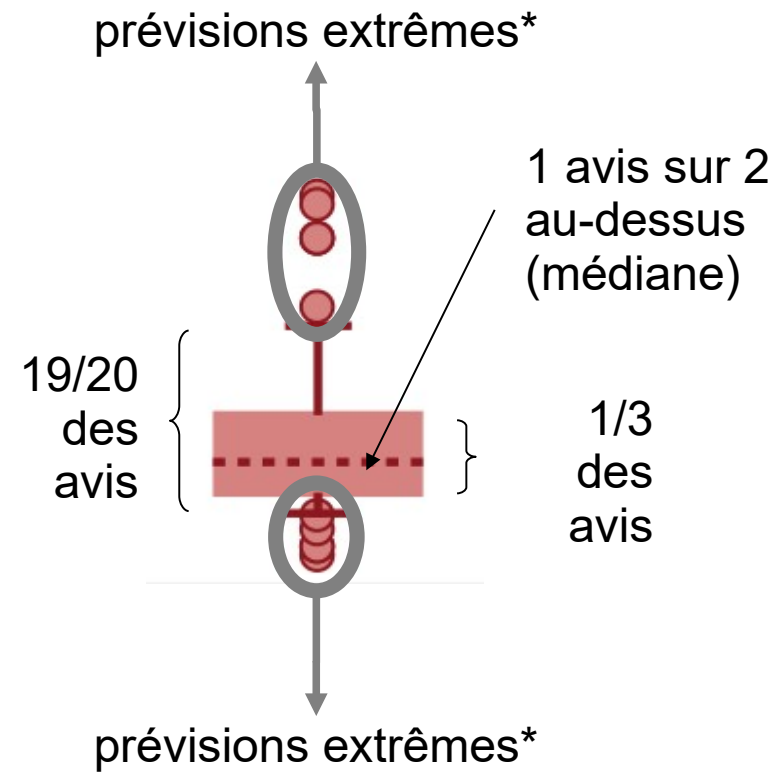
- ~ 90 avis de chercheurs actifs ces 5 dernières années, sur 360 sollicités, > 5 publiés rang A
- Question = quelle montée du niveau marin
  - aux horizons 2100 et 2300
  - Scénarios actuel (8,5) & volontariste (2.6)
  - Intervalles de probabilité
    - "likely" = 1 chance sur 3 de rater la réalité
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



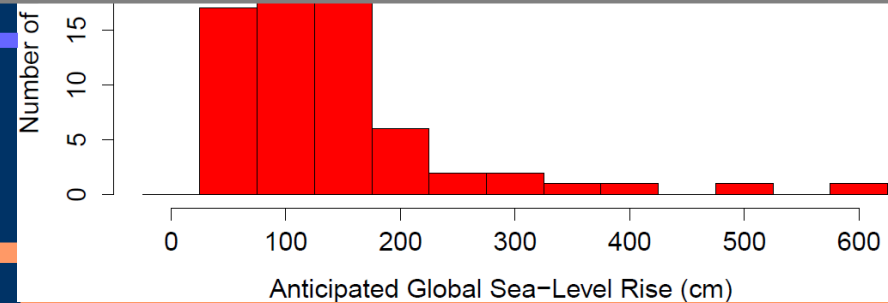
# Synthèse d'avis d'experts (Horton 2013)



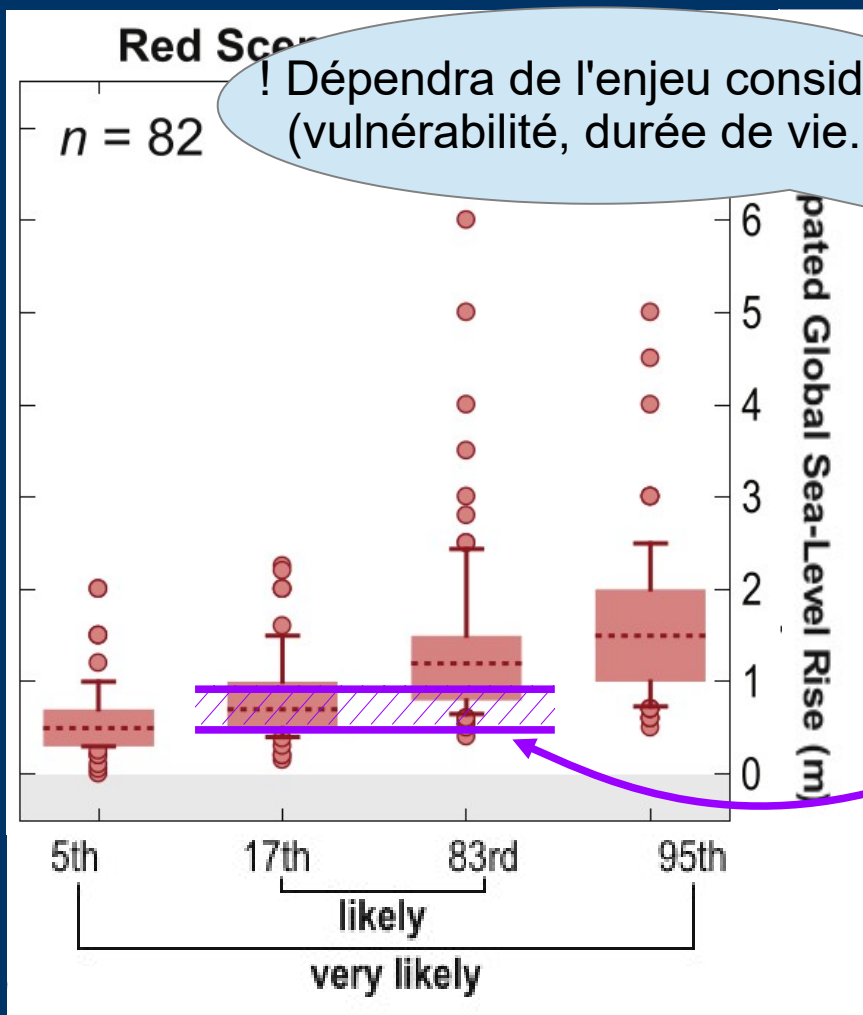
## Comment lire la boîte à moustache :



(\* valeur au-delà de 2 écart-types)

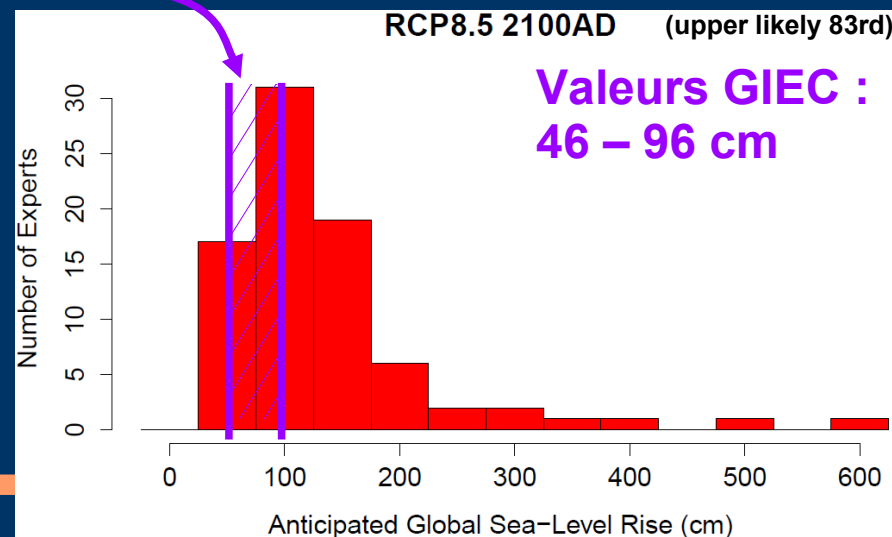


# Synthèse d'avis d'experts (Horton 2013)

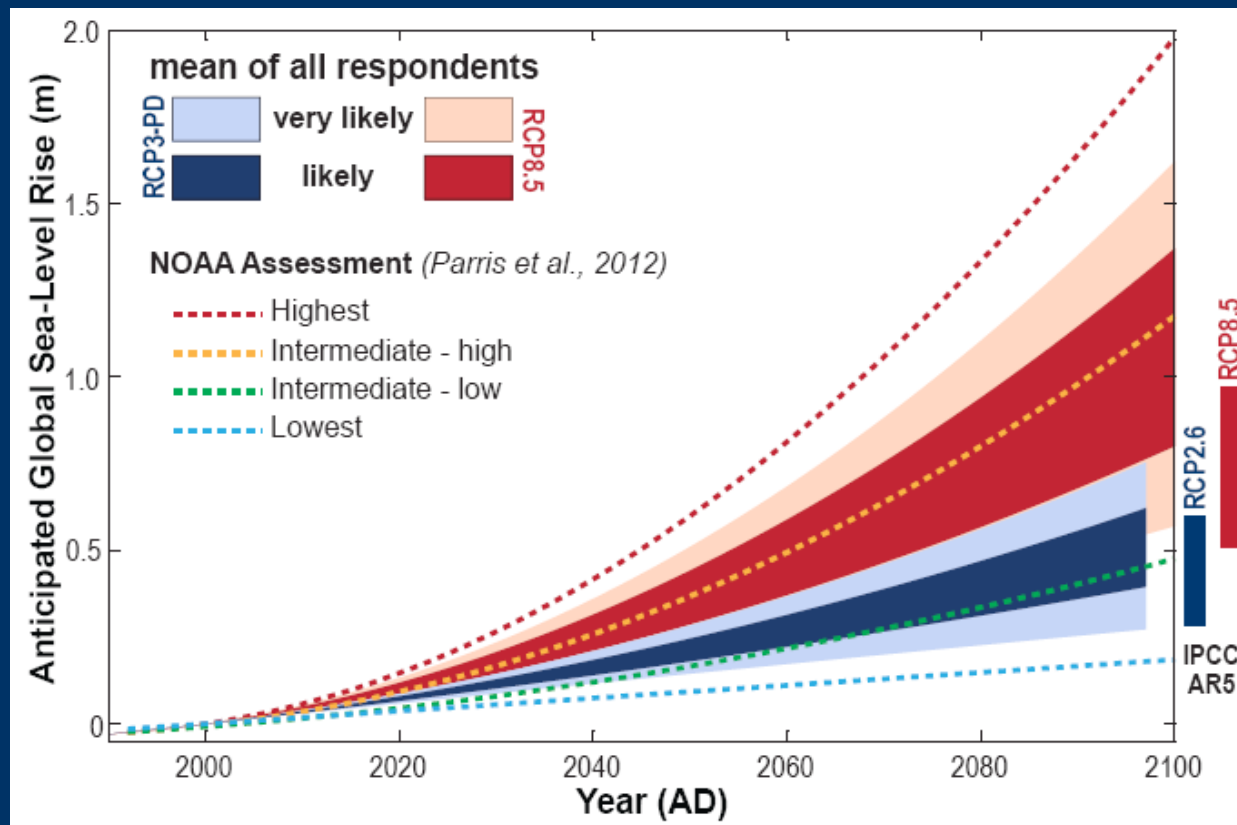


- Pas deux communautés qui s'affronteraient, mais absence évidente de consensus
- Des valeurs envisagées jusqu'à 7m
- 97% des réponses < 2,5m (est-ce la valeur plausible ?)
- fourchette "likely" haute :  
haute : ~2/3 avis > 1m, 1/3 avis > 1,5m  
basse : celle du GIEC, max 1m
- fourchette "very likely" :  
2/3 avis > 1m, 1/3 avis > 2m

GIEC



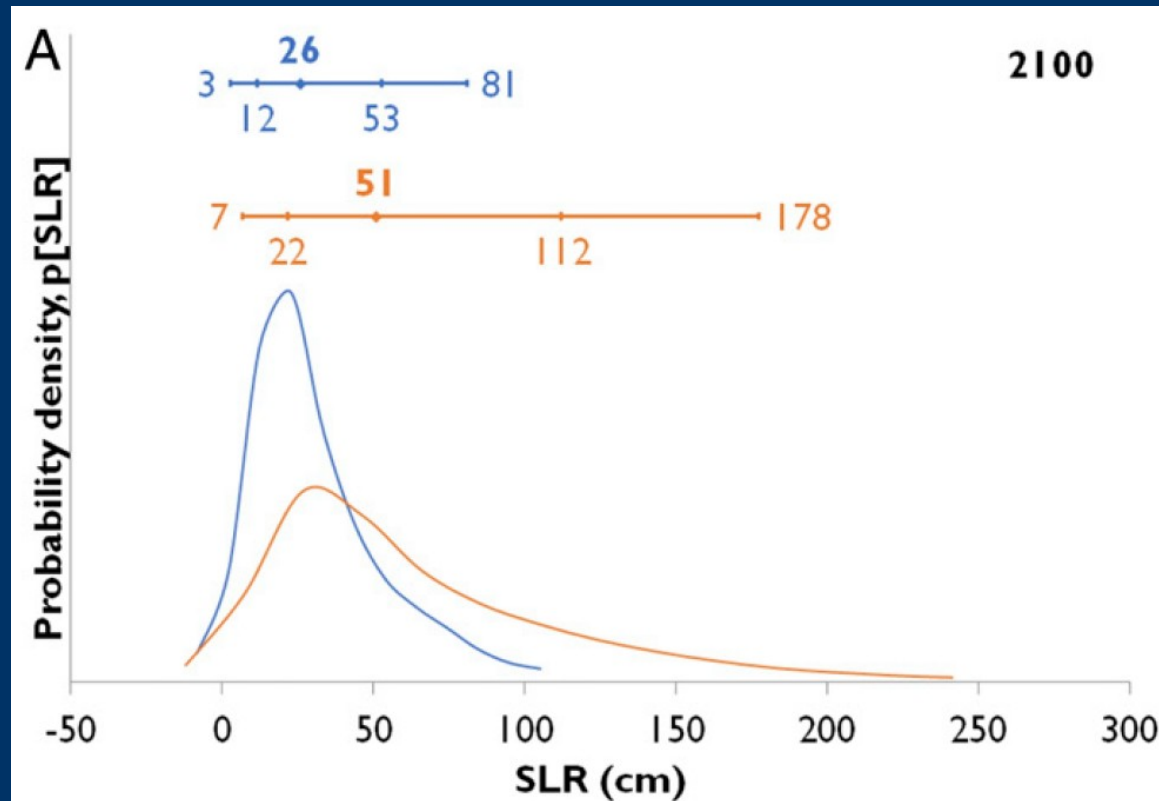
# Synthèse d'avis d'experts (Horton 2013)



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).

# Synthèse d'avis d'experts (Bamber 2019)

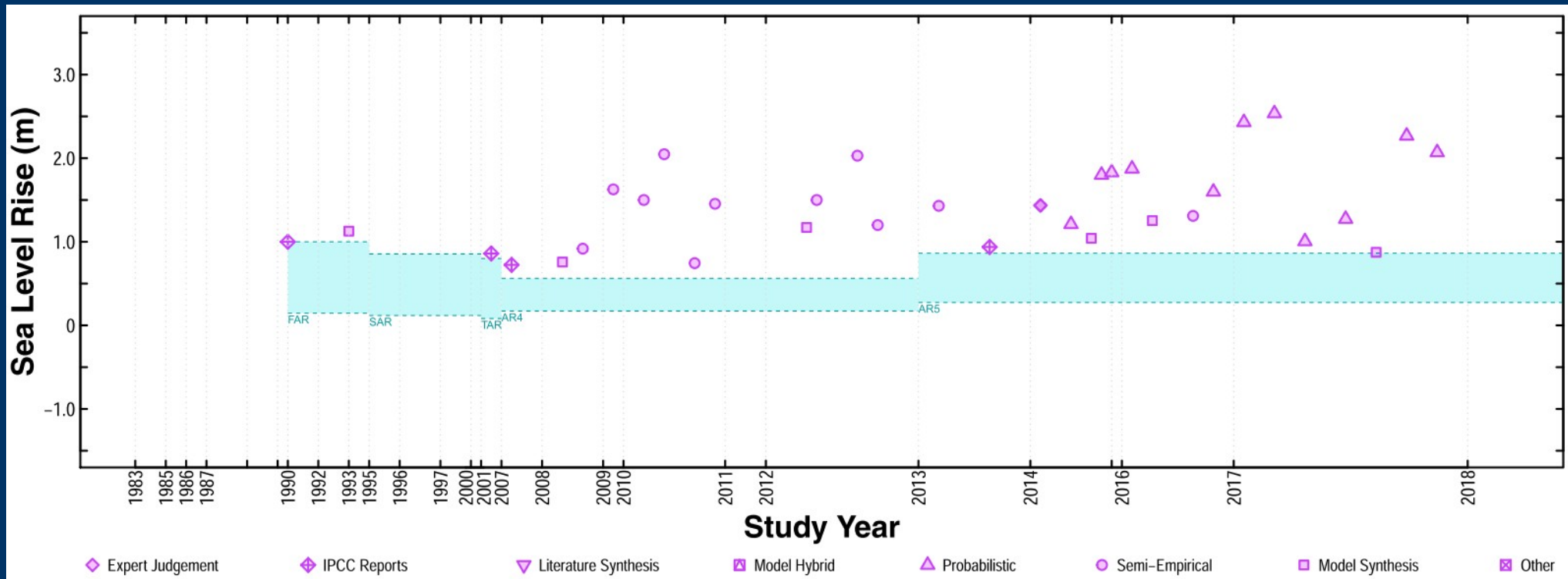
## Questionnaire avec pondération par l'expertise



- Les avis incluent marginalement une baisse du niveau marin, mais le minimum peut  $> 1\text{m}$
- fourchette "very likely" :
  - pour 2100 : 50 % avis  $> 51\text{ cm}$ , 17 % avis  $> 112\text{ cm}$ , 5 % pensent  $> 178\text{ cm}$
  - pour 2300 : 2,2 m 4,7 m 10 m
- un peu plus favorable que dans l'étude de 2013 (désagrégation calottes moins sévères)

# Synthèse d'avis d'experts (Garner 2019)

## Revue d'articles scientifiques avec tous les processus

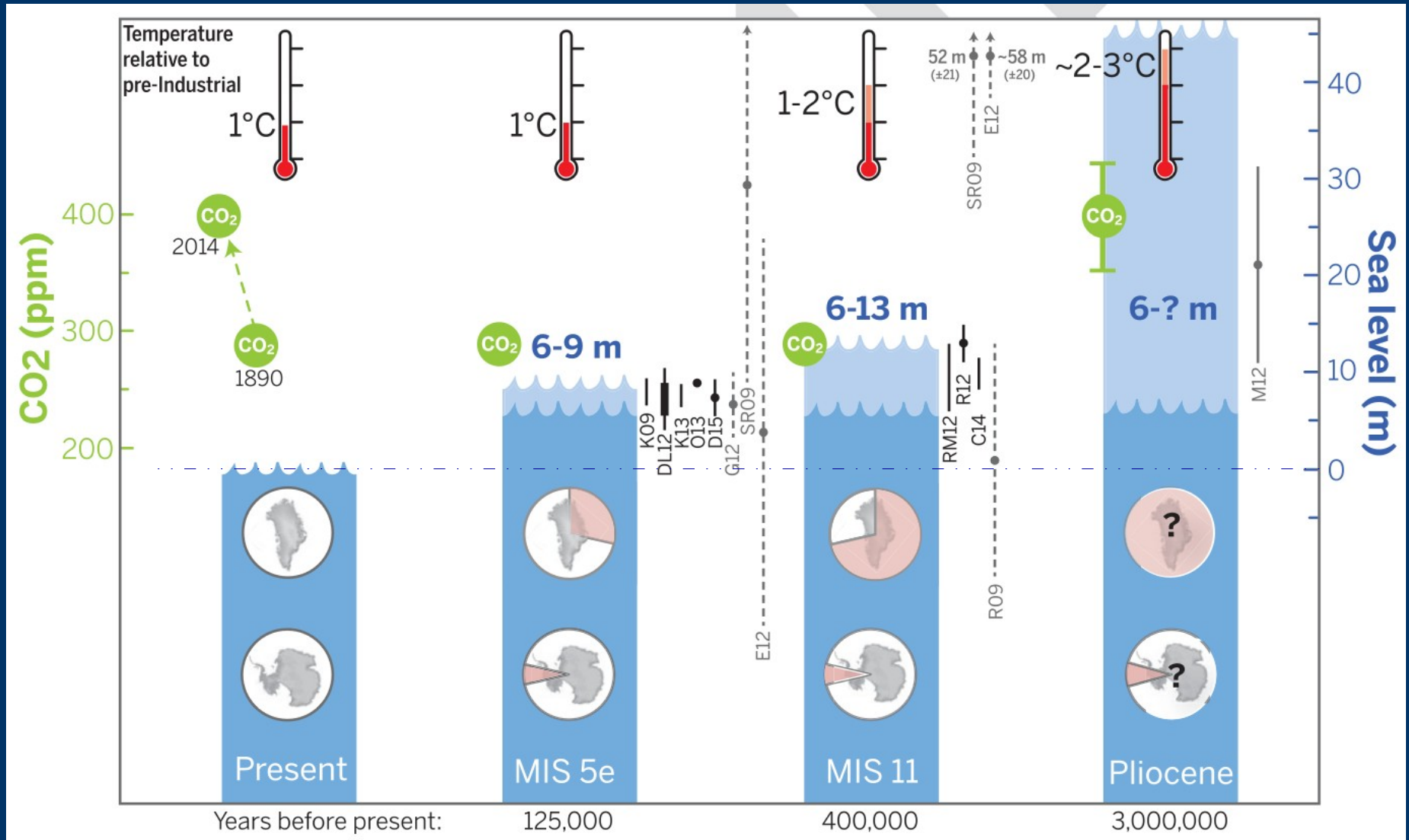


- RCP8.5, reconstitution de la répartition stat. pour exhiber l'intervalle « very likely » haut
- Après une révision initiale à la baisse des AR# (« negative learning »), revue à la hausse
- la littérature systématique prise individuellement => valeurs bien plus élevées que AR5

2050 : 21 - 48cm      2100 : 53 - 243cm

# Recherche de valeurs plausibles et indicatives

## Messages du passé



⇒ des élévations considérables aux échelles de temps longues

(Dutton et al., 2015)

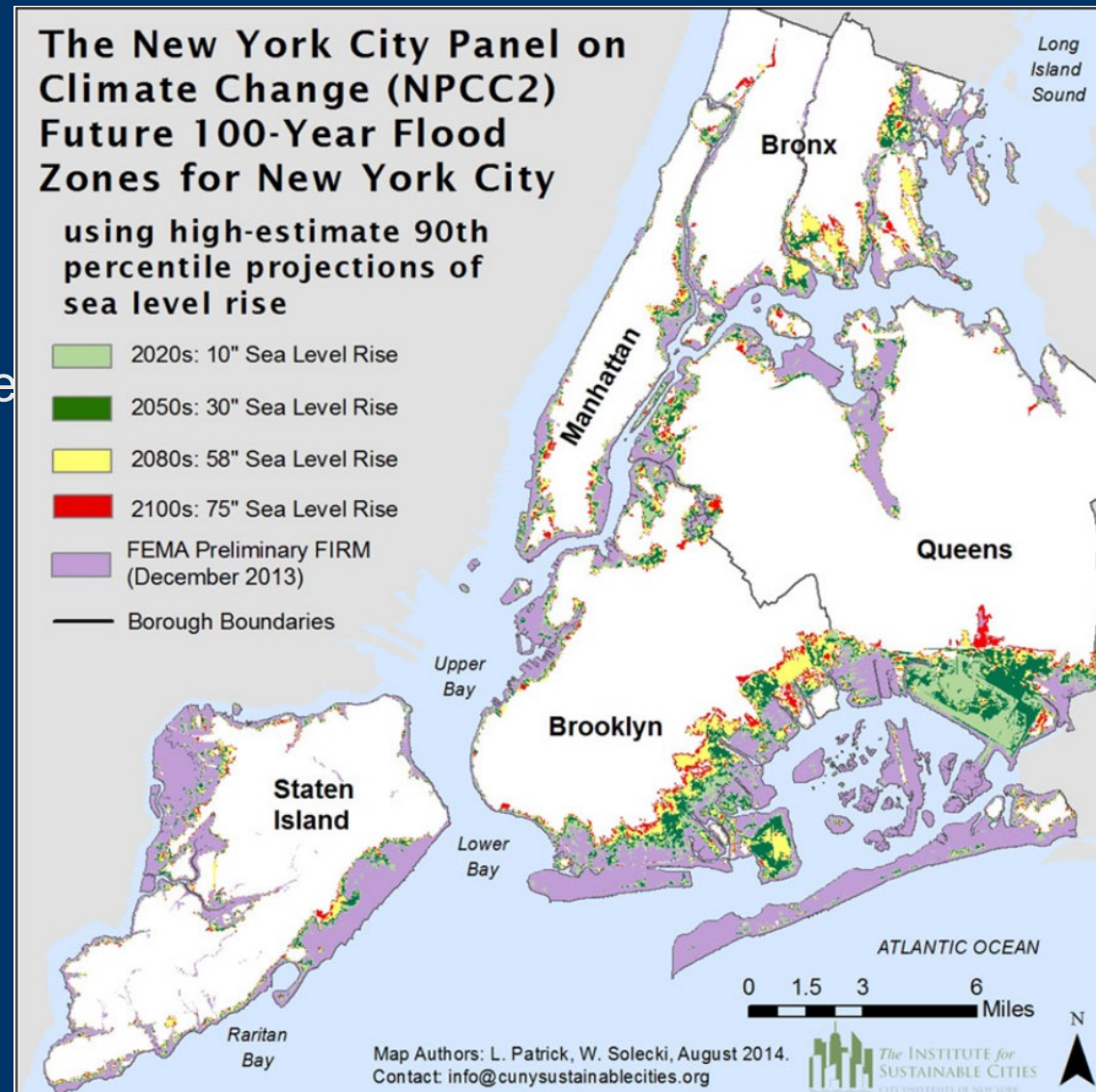


# Recherche de valeurs plausibles et indicatives

Qu'ont décidé les collègues ?

## New York City

- Question : "how bad can it be ?" soit le 90<sup>e</sup> percentile (very likely) d'une inondation centennale
- Méthode scientifique expertise ciblée
- Reprend, critique et élargit la bibliographie du GIEC
- Ré-estimation périodique
- double la surface vulnérable / carte préliminaire pour les taux d'assurance "inondation"



⇒ valeur révisable "de projet" pour 2100 : **+2,5m**  
(révisée à la hausse)

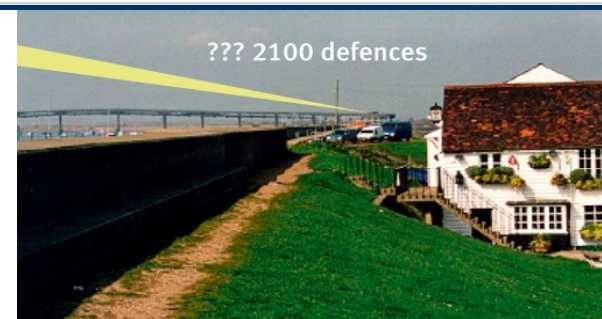
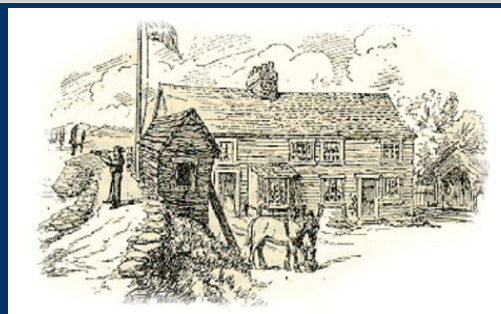
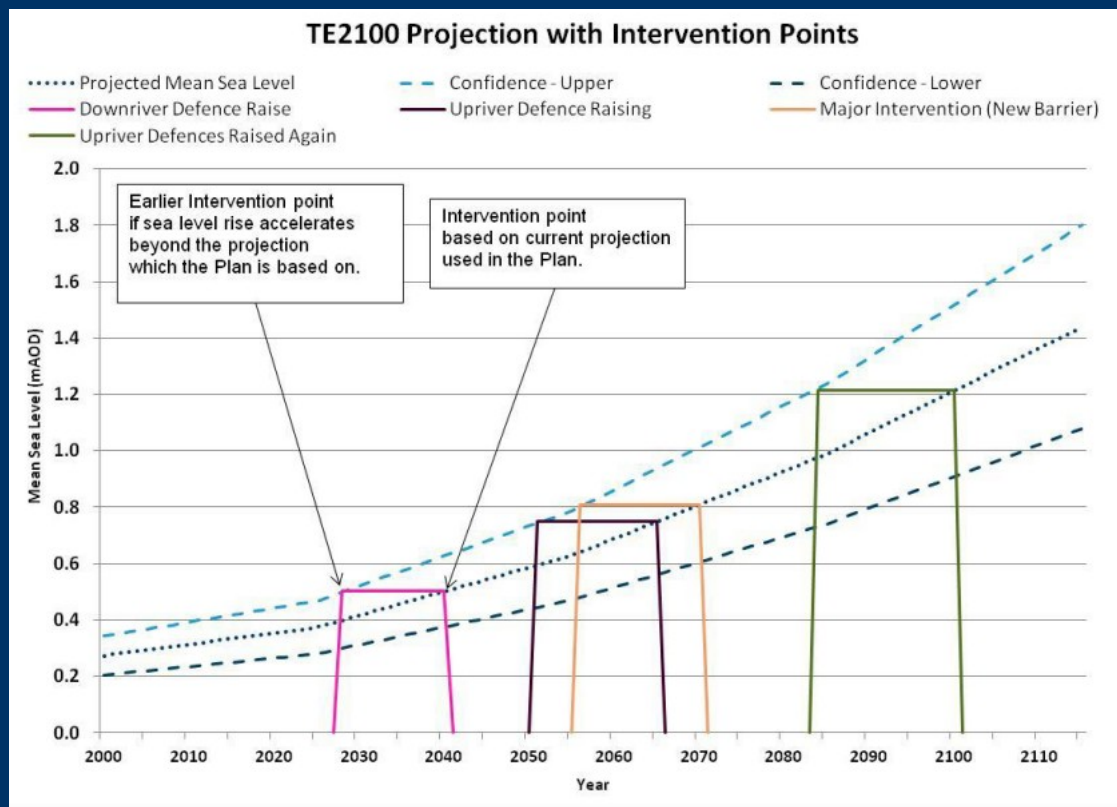
(Sweet et al., NY-CPCC, 2017)

# Recherche de valeurs plausibles et indicatives

## Qu'ont décidé les collègues ?

### Estuaire de la Tamise

- Valeur haute ultime en 2100 : +4,2m
- Pire scénario considéré : Zmer +1,5m fruit d'une hypothèse raisonnable sur les émissions de GES
- Valeurs de projet temporaires tous les 30 ans anticipables (temps nécessaire aux travaux) contre la plupart des événements extrêmes
- inclut une surveillance pérenne pour valider/réviser la valeur haute ultime
- s'appuie sur intervalle GIEC "likely" et expertise libre de la littérature scientifique



⇒ valeur révisable "de projet" pour 2100 : +2,7m

(TE2100 Plan, 2012)

# Recherche de valeurs plausibles et indicatives

Qu'ont décidé les collègues ?

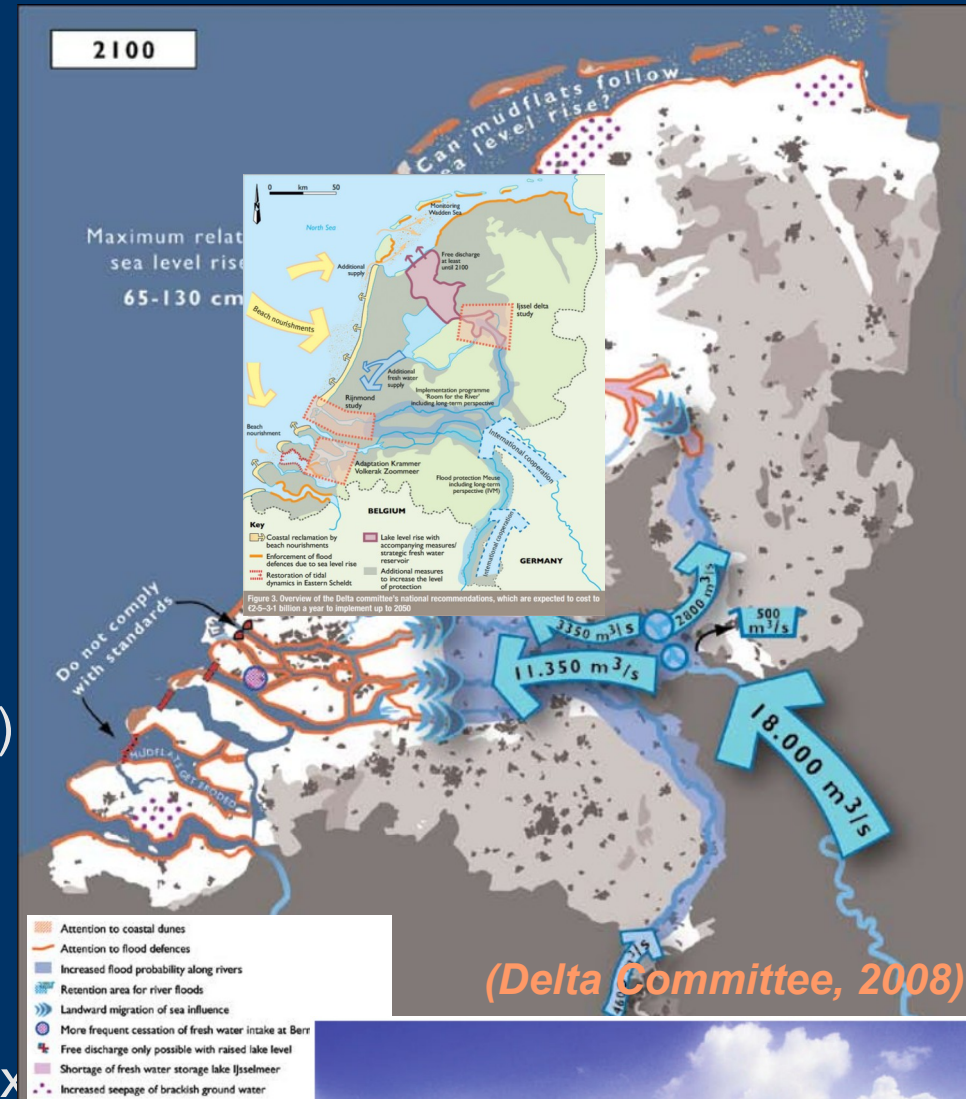
## Les Pays-Bas

- hautes eaux de retour 10 000 ans (pour la mer)
- GIEC, scénar. pessimiste, modèles numériques
- inclut l'échéance 2200
- approche économique intégrée (dont coût vie humaine, zones naturelles, ...)

☀ "building with nature"  
(renforcement digues & élévation plages)

☀ "room for the river" (repli stratégique, ou aux risques et périls des nouveaux installés)

⇒ valeurs retenues 2100 : + 0,6 – 1,3m  
(2200 : + 2 – 4m)



# Recherche de valeurs plausibles et indicatives

## Récapitulatif des estimations hors prévision

### Autres estimations d'intérêt (m)

Auteur	min	max	commentaire
New York City (2017)	0,3	2,5	valeur choisie en 2017 pour l'adaptation par la ville ~ 2100 (revue à la hausse)
Estuaire de la Tamise	1,2	2,7	revue à la baisse mais révisable à la hausse périodiquement
Pays-Bas	0,65	1,3	préconisation du Delta Committee ~ 2100 ; +2 – 4m pour 2200
AR5 (2013)		7,0	RPM, § "Irréversibilité" (Groënland), non fondé par le Ch. 12
AR5 (2013, v2)		3,3	Ch12, § « irréversibilité » (WAIS), absent de la version finale
AR5 (2013)	5,0	10,0	RPM, § "climat passé" ; dernier interglaciaire ; hautes latitudes +2°C ; best ~6m
AR5 (2013)	14,00	20,0	+ Ch 5, § "climat passé" ; Pliocène 3 millions d'années (Gr 7 + WAIS 4 + EAIS 3)
Hansen (2007) Maureen et al. (2011)	15,0	35 – 60	Pliocène 3 millions d'années, T + 2-3°C
Röhling et al. (2007)	6,0	9,0	dernier inter-glaciaire (Eemien – MIS 5 <sup>e</sup> , 121ka), <b>+1,6 m/siècle</b> , T + 1-2°C

Valeur choisie en France en 2019 pour l'élaboration des  
Plans de Prévention des Risques Littoraux :

**+ 60 cm**

"si on avait pris plus +1m en 2100, cela aurait été la révolution (auditeur anonyme)"

# 2100 n'est pas le seul horizon utile il pourrait n'être qu'une mise en bouche

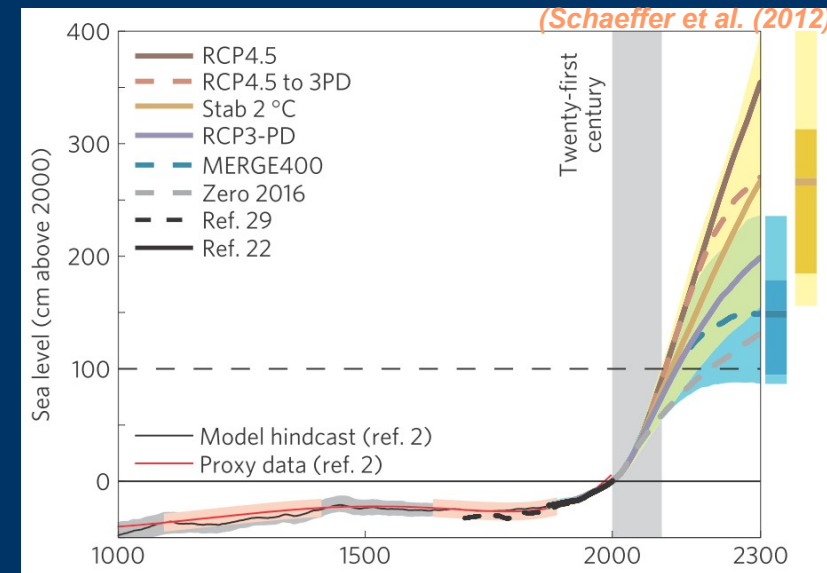
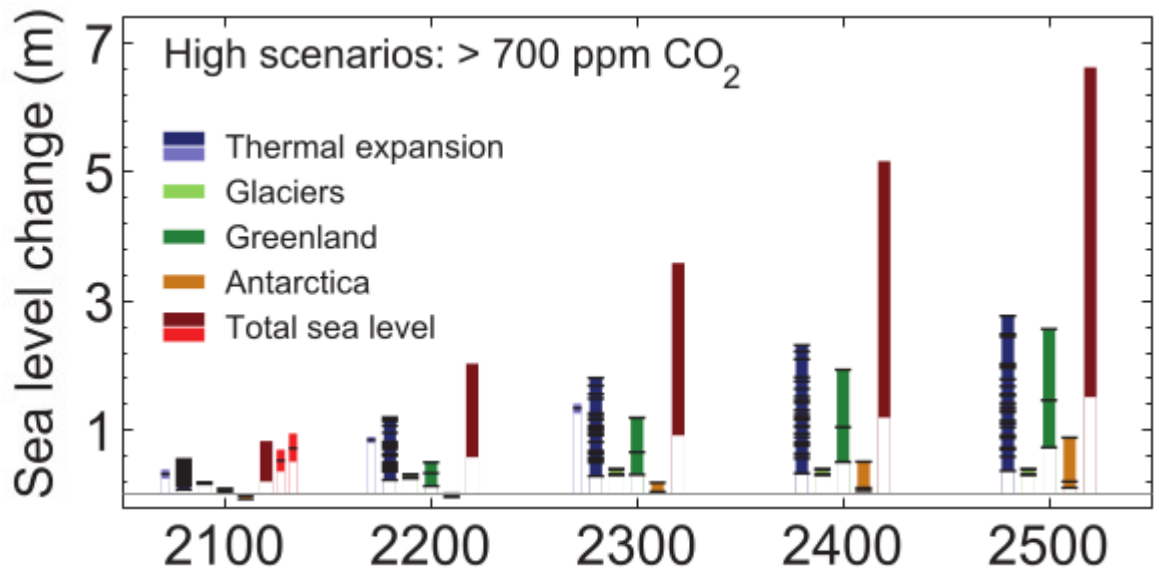
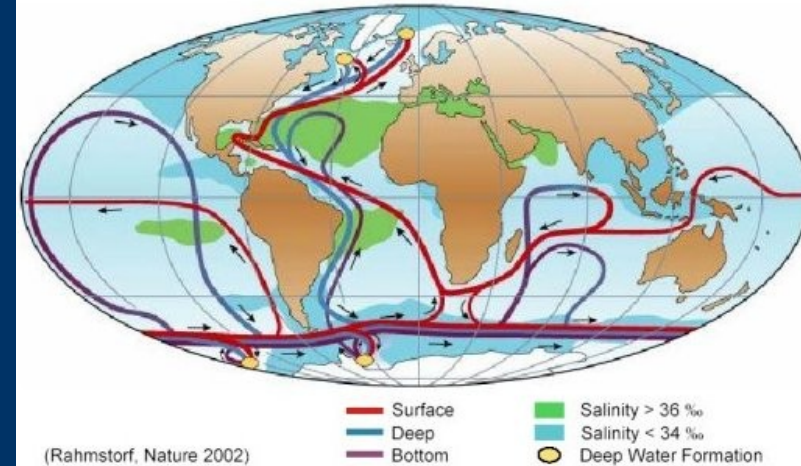
Inertie des processus océaniques

→ long à enclencher, long à s'estomper

→ le CC, initié, s'étend sur plusieurs milliers d'années

Pour Zmer, quel que soit le scénario, la montée en 2100 ne sera qu'un commencement jusqu'à 2500 ou 4000 !

circulation océanique : 500-1000 ans



⇒ Faut-il s'adapter pour 2100 quitte à être inadapté ensuite ?

# 2100 n'est pas le seul horizon utile

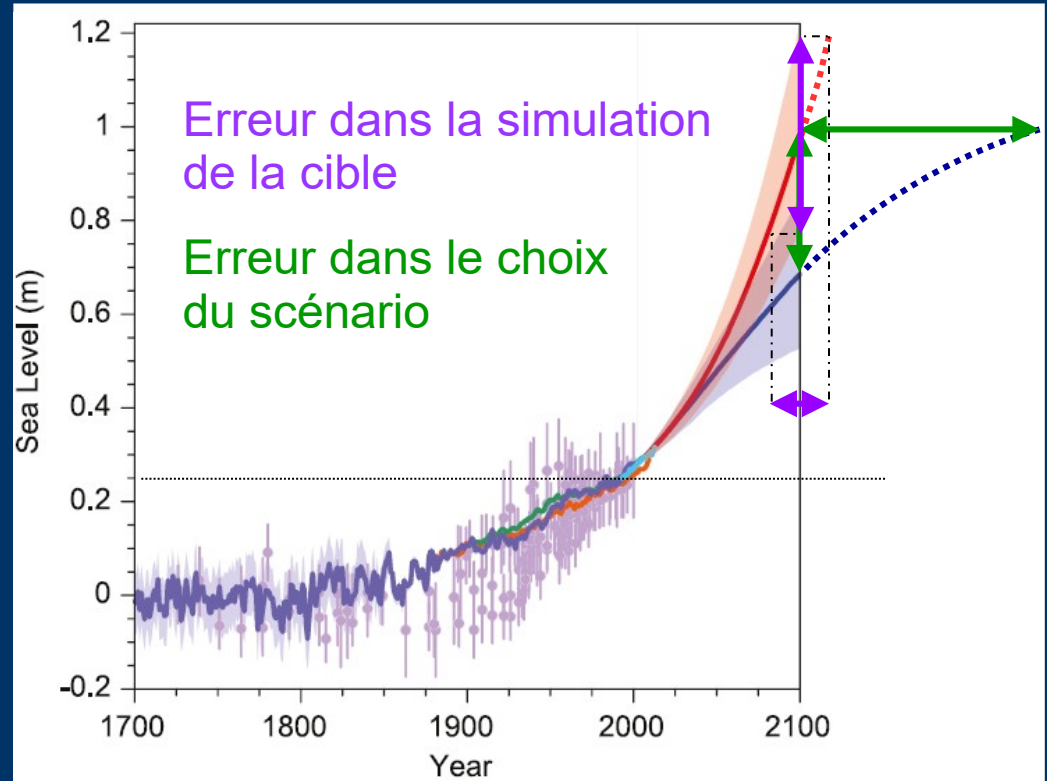
## L'incertitude sur $Z_{mer}$ , une opportunité pour la précaution ?

$Z_{mer}$  va augmenter bien après 2100, sur des siècles

Des valeurs très hautes viendront inéluctablement

- Une erreur sur l'amplitude cible  
<=> erreur sur sa date d'occurrence
- pessimiste en intensité  
<=> pessimiste en dynamique

=> une cible  $Z_{mer}$  pessimiste compenserait l'incertitude sur les dynamiques rapides



⇒ on n'est plus **catastrophiste** ; on est **visionnaire** !

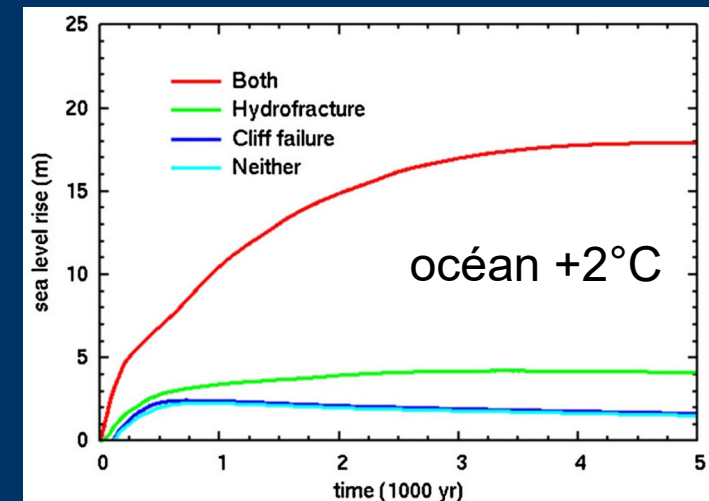
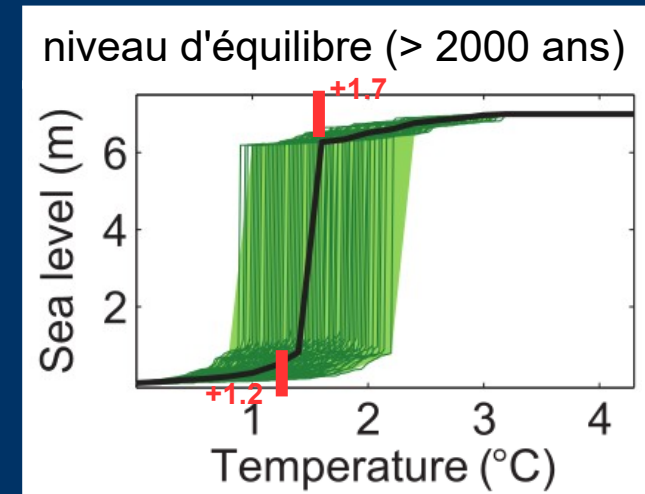
⇒ un investissement anticipant (ou permettant d'anticiper)  $Z_{mer}$  améliore la robustesse vis-à-vis des incertitudes sur la fonte dynamique

# 2100 n'est pas le seul horizon utile

## La présence de seuils catastrophiques pousse à la précaution

Les dynamiques catastrophiques sont affaires de seuils

- AR5, modèles à base physique  
→ seuil entre +1 et +2°C
- AR5 : impossible à placer avec confiance pour la déstabilisation ouest-antarctique
- Hydrofracturation + perte d'arc-boutant des calottes marines antarctique  
→ rapide en océan réchauffé partout à +2°C



# Estimation synthétique horizon 2100

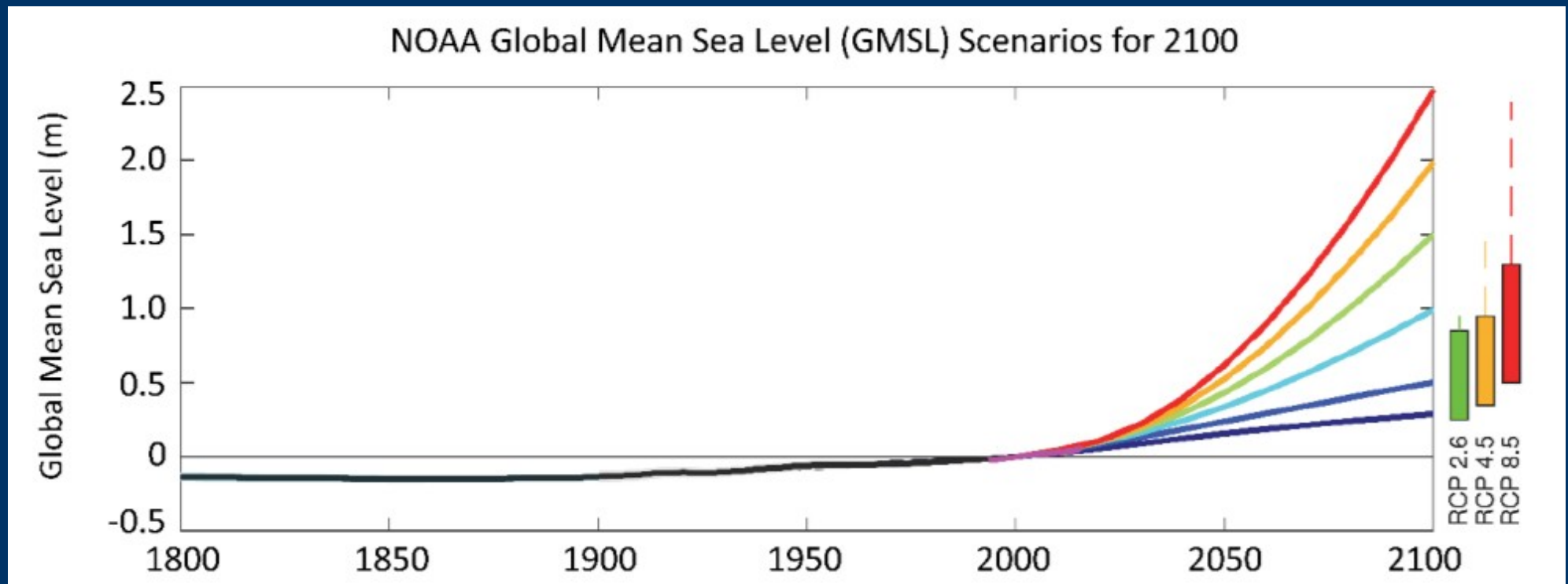
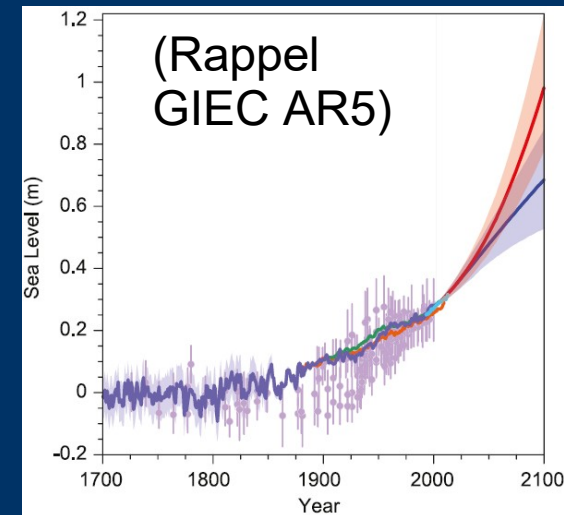
Par NOAA (2017)

Pour l'adaptation du littoral US à la montée du niveau marin

Toutes contributions dont déstabilisation calottes

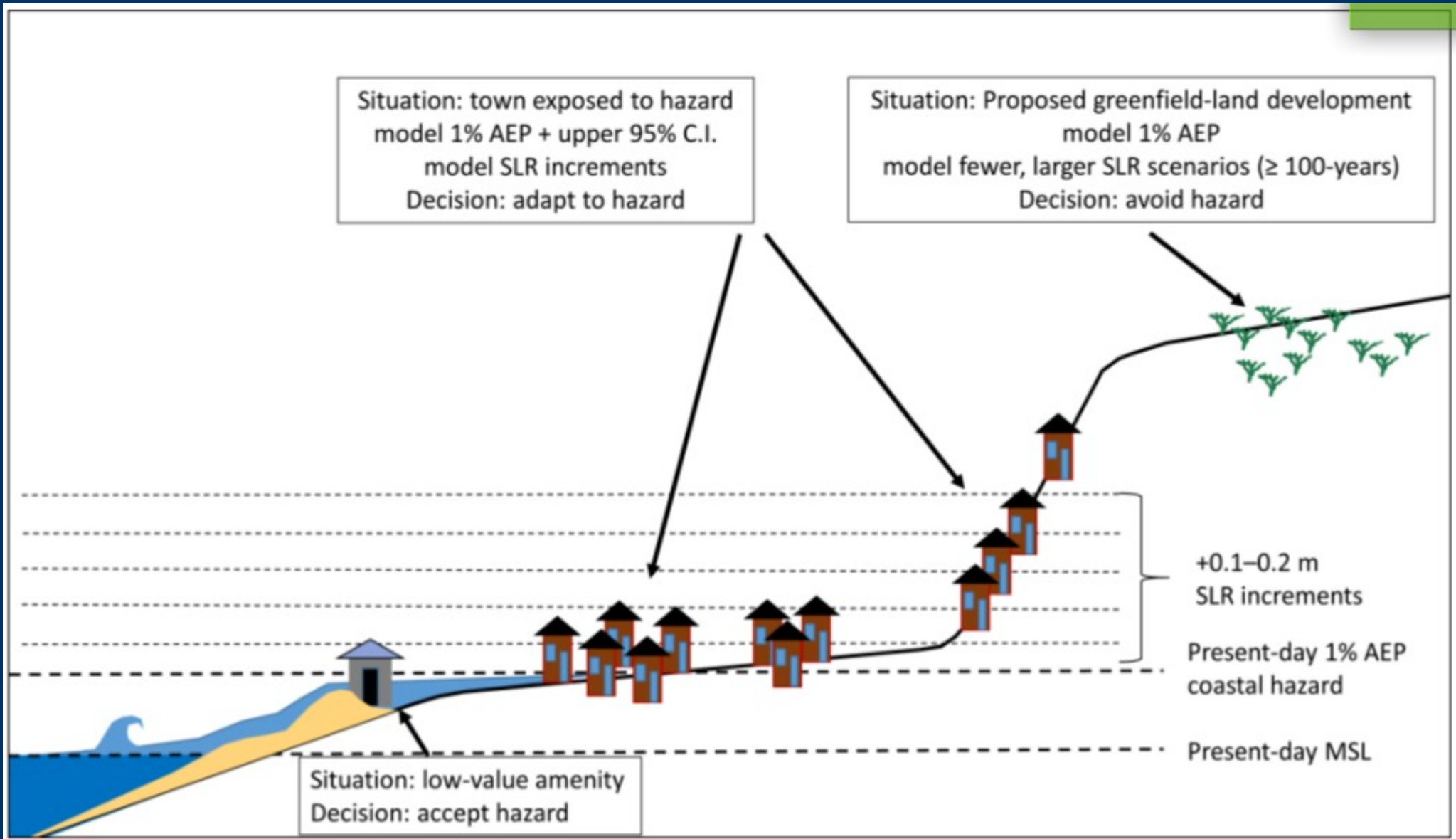
Reconstitution de la statistique et extraction "very likely"

- maximum plausible = 2,5m
- ajouter la montée relative (eustatisme, climat...) → ± 80cm

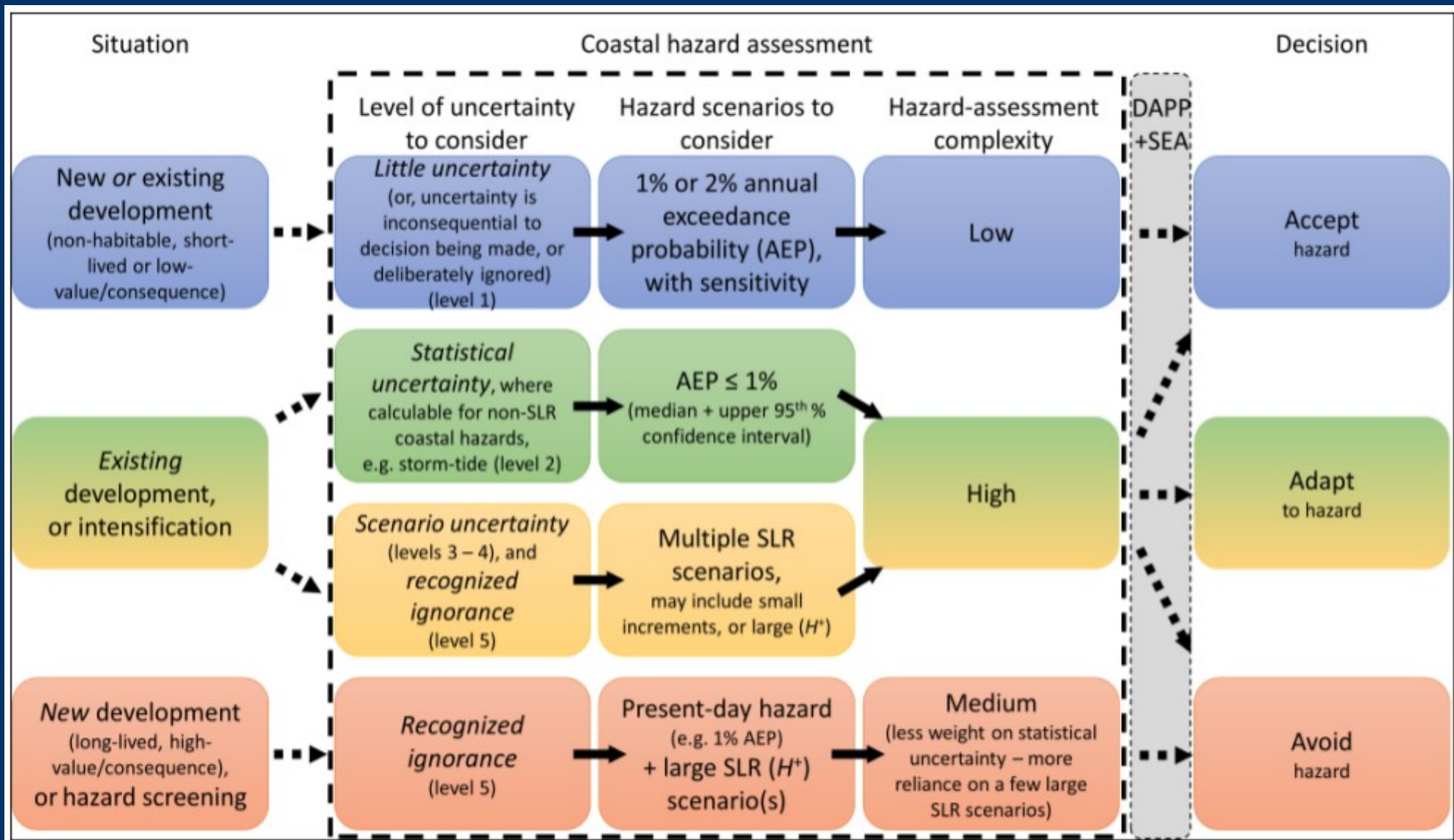




# Moduler en fonction des enjeux

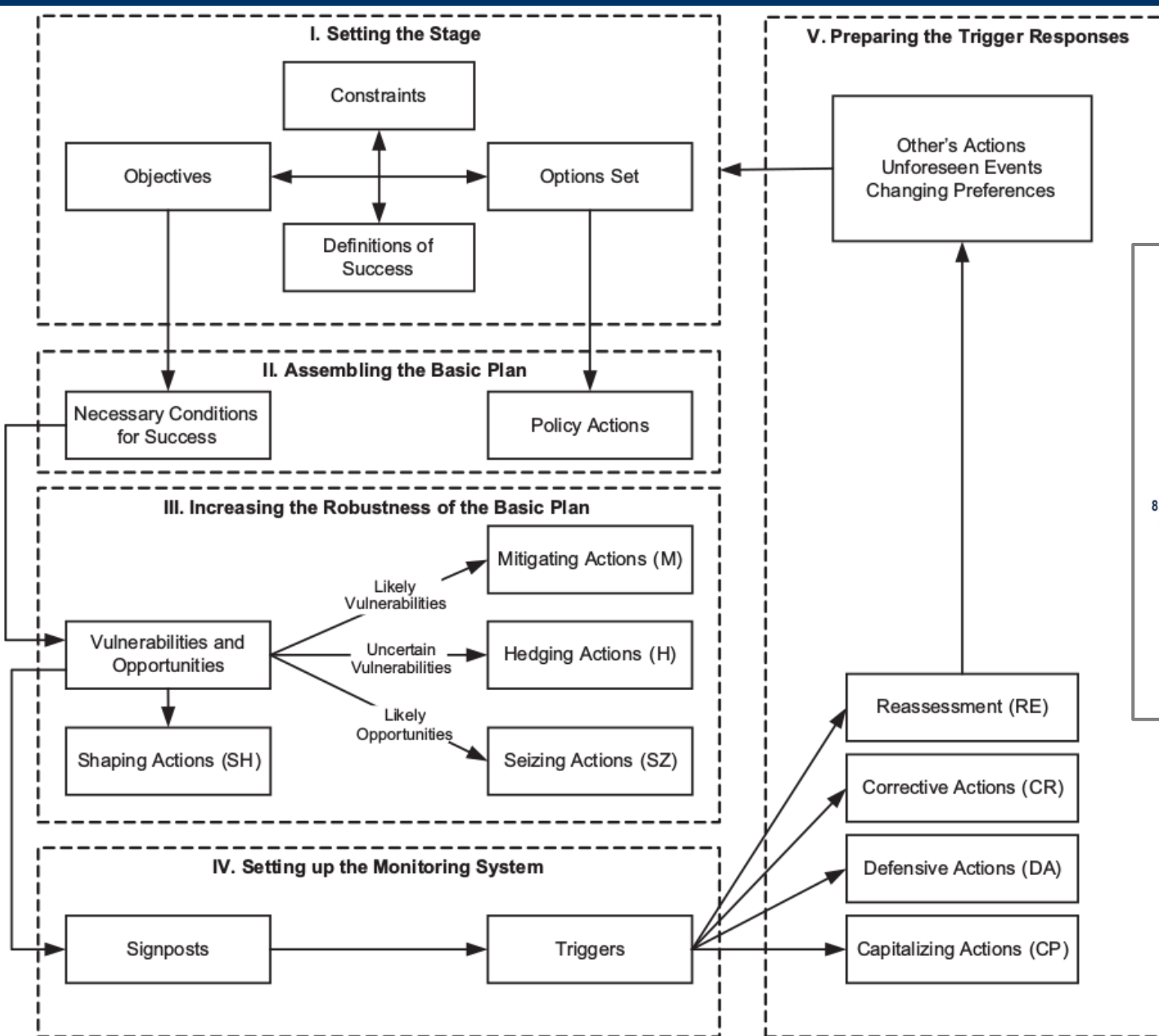


# Moduler en fonction des enjeux



# Adaptation dynamique

## Une solution évolutive en révision perpétuelle



! fragile face aux imprévus !

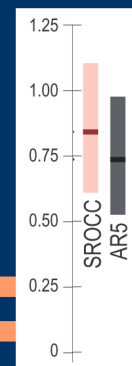
Fig. 3. The Adaptive Policymaking approach to designing a dynamic adaptive plan (Kwakkel et al., 2010a).

# Approche résumée

## Rapport spécial GIEC Océan et Cryosphère § C.3.4 (2019)

- Despite the large uncertainties about the magnitude and rate of post 2050 sea level rise, many coastal decisions with time horizons of decades to over a century are being made now (e.g., critical infrastructure, coastal protection works, city planning) and **can be improved** by
  - taking relative sea level rise into account,
  - favouring flexible responses (i.e., those that can be adapted over time)
  - supported by monitoring systems for early warning signals,
  - periodically adjusting decisions (i.e., adaptive decision making),
  - using robust decision-making approaches, expert judgement, scenario-building, and multiple knowledge systems
- The sea level rise range that needs to be considered for planning and implementing coastal responses depends on the **risk tolerance of stakeholders**. Stakeholders with higher risk tolerance (e.g., those planning for investments that can be very easily adapted to unforeseen conditions) often prefer to use the likely range of projections, while stakeholders with a lower risk tolerance (e.g., those deciding on critical infrastructure) also consider global and local mean sea level above the upper end of the likely range (globally 1.1 m under RCP8.5 by 2100) and from methods characterised by lower confidence such as from expert elicitation

Néanmoins, les estimations quantitatives finales se rapportent uniquement aux intervalles "likely" tels que fournis par les modèles numériques à base physique, sans évolution significative des intervalles rapportés



## ***5. Conclusion :***

***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)

## 4. Conclusion

### Qu'est ce qui s'est mal passé dans l'expertise du GIEC ?

- Ambiguïté dans la mission dès le départ
  - énorme pression politique et enjeux
    - ⇒ sanctuarisation des chercheurs (exclusion des porteurs d'enjeu)
  - accompagnement de négociations en vue d'emporter l'adhésion
    - ⇒ objectif de résultat ( $\neq$  synthèse purement scientifique)
    - ⇒ stratégie de communication :  
arbitrage en réaction au climato-scepticisme instrumentalisé et puissant  
discours traité comme normatif (réflexe grégaire) pour ne pas fragiliser
  - pas de charte ni de méthode imposée à la commande sur les controverses
- sur-représentation de la communauté de *modélisation à base physique* du climat ayant activé une controverse / modèles semi-empiriques car confrontation des idées absente jusque là (communauté auto-porteuse) connue et dépassée dans d'autres disciplines (ex. hydrologie)
- arbitrage des chapitres *in fine* en comité restreint (pilotage, puis 2-3 pers.) en raison des délais et du processus disciplinaire avec chercheurs seuls
- objectif de convaincre pour pousser à l'action (atténuation)  
prioritairement à documenter pour préparer aux impacts (adaptation)  
⇒ **résultats impropres à la gestion des risques**

# 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

***Merci de votre attention***