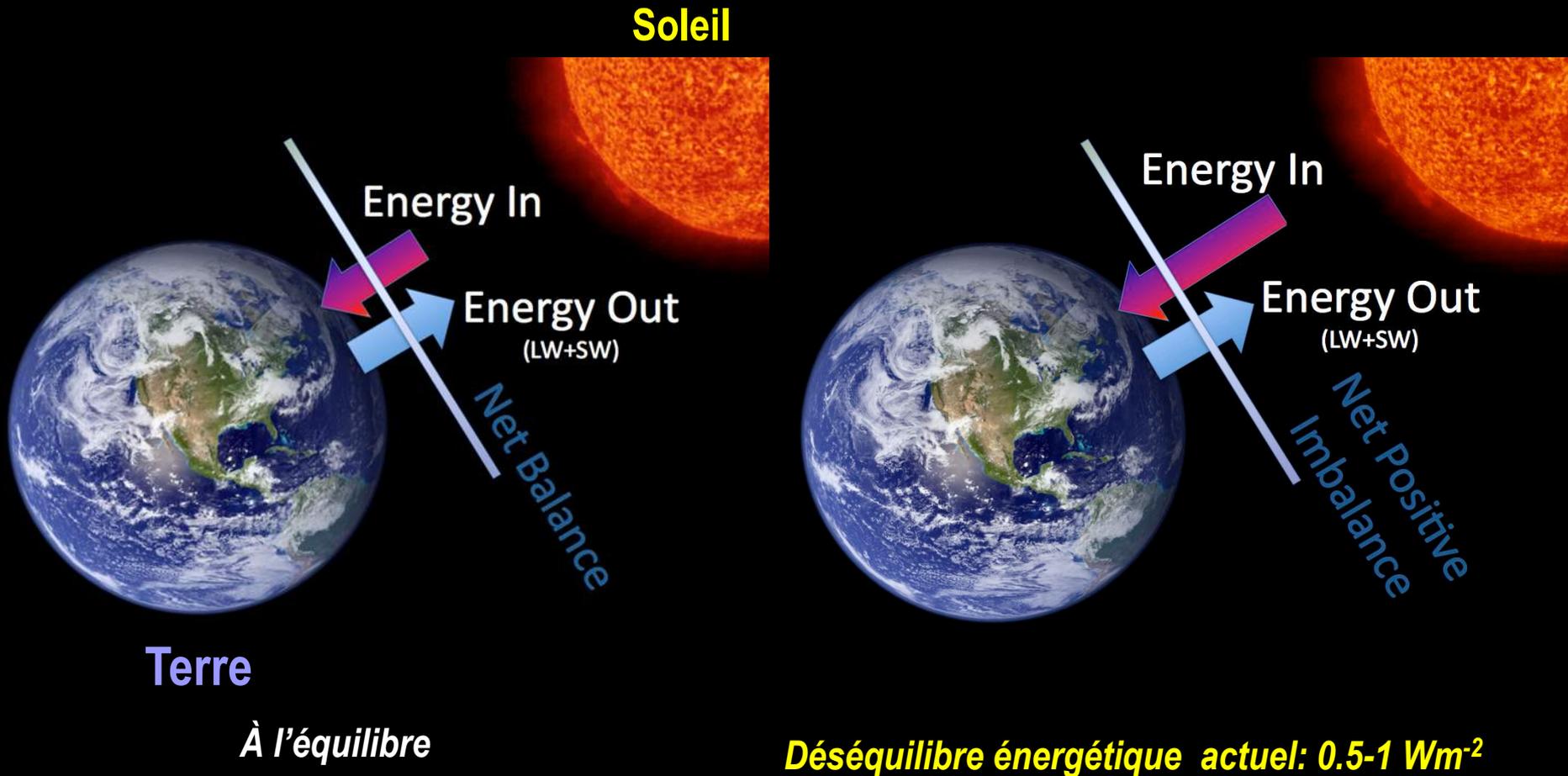


# Changement Climatique et Hausse du Niveau de la Mer

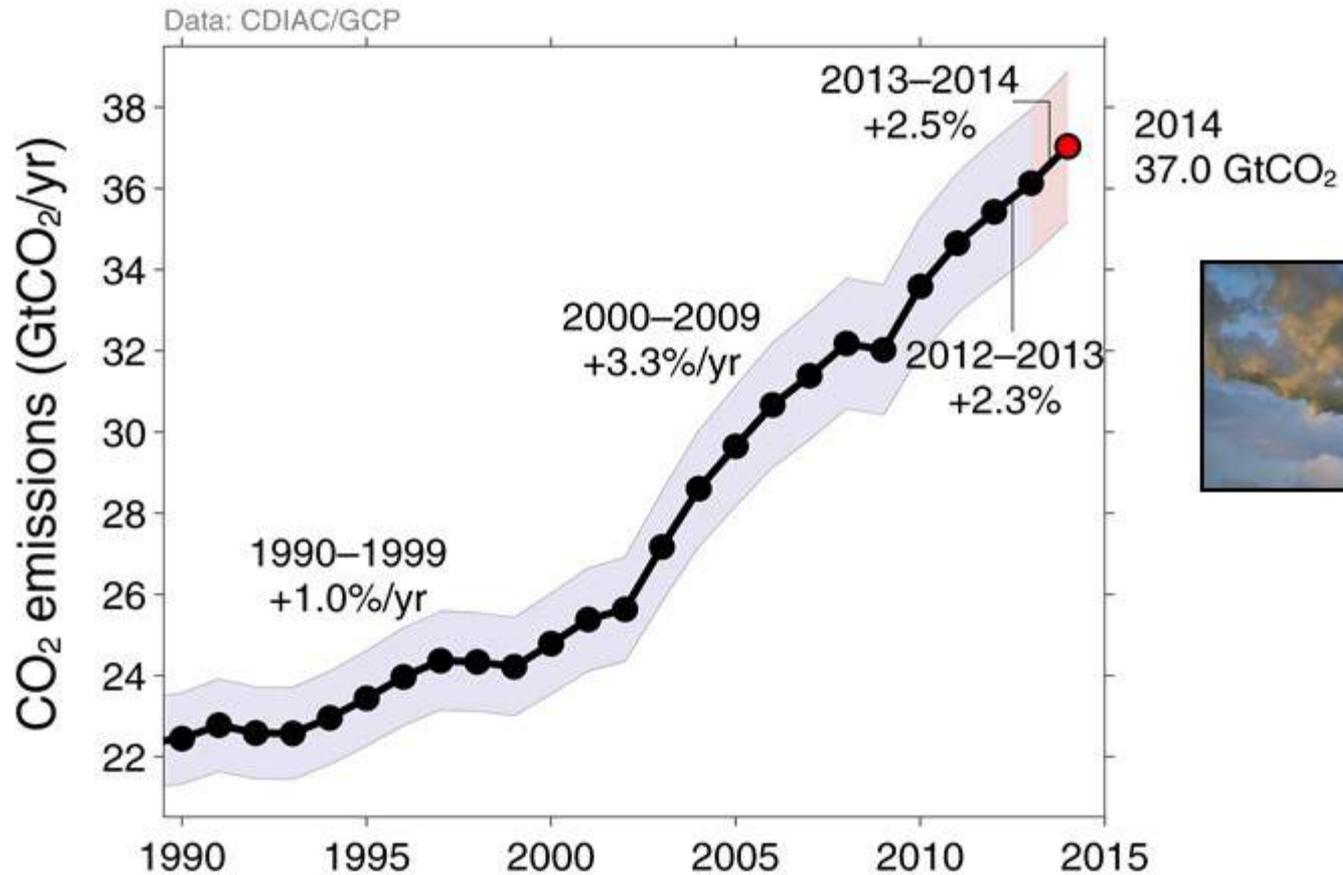
Anny Cazenave  
LEGOS-CNES, Toulouse  
Journée CCR CAT, 6<sup>ème</sup> édition, 4 juin 2015

# Bilan énergétique de la Terre



# Evolution des émissions (CO<sub>2</sub>) combustibles fossiles + ciment

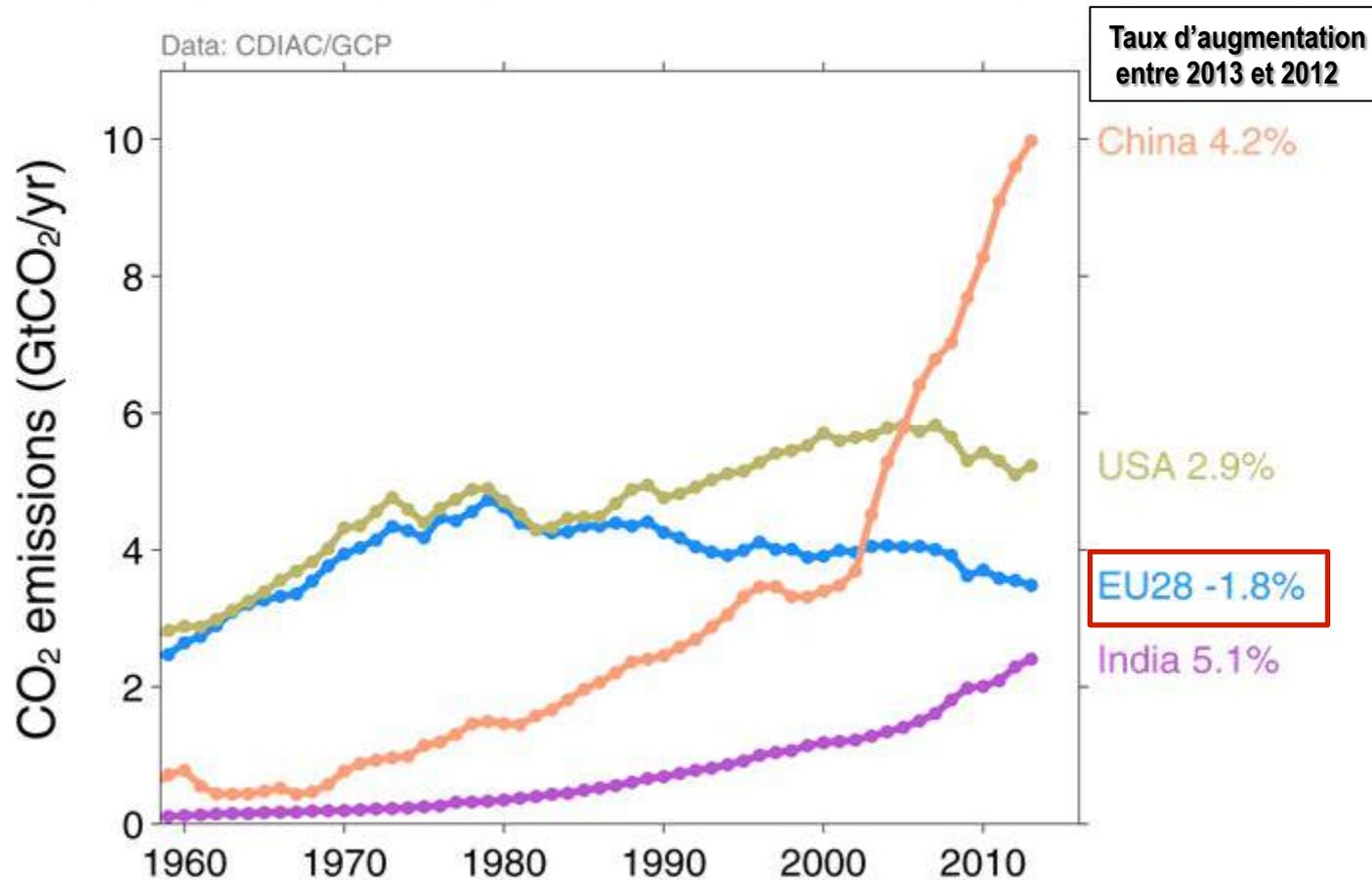
Total des émissions en 2013: 36.1 +/- 1.8 GtCO<sub>2</sub> → + 61% /1990  
Estimation 2014: 37.0 +/- 1.9 GtCO<sub>2</sub> → + 65% /1990



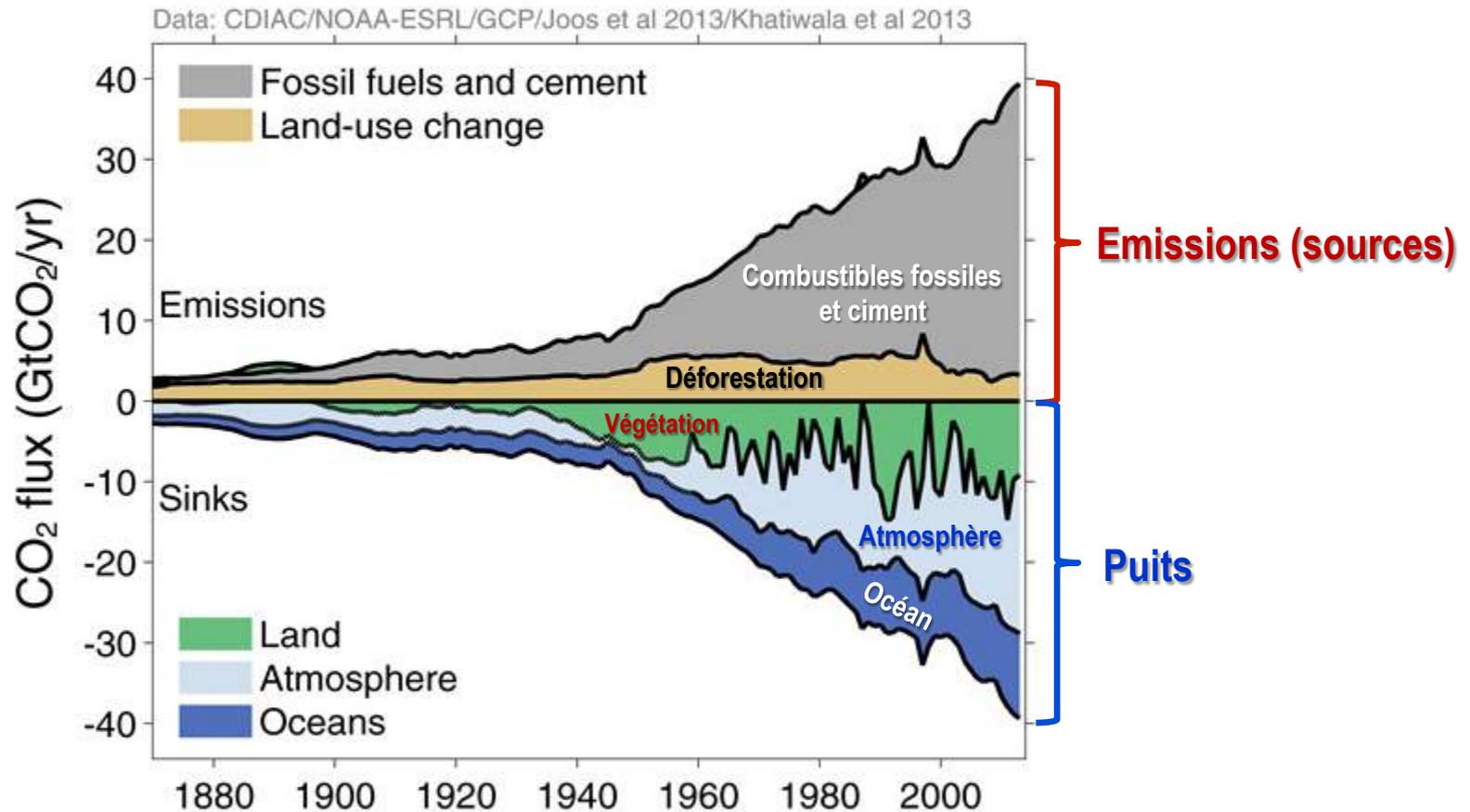
1Gt = 1 milliard de tonnes

## Emissions de CO<sub>2</sub> en milliards de tonnes depuis 1960

**En 2013, 4 pays/régions ont contribué pour 59% aux émissions totales :  
Chine (28%), USA (14%), Union Européenne (10%), Inde (7%)**



## Evolution des Sources et Puits de CO<sub>2</sub> depuis 1870 (en Gt CO<sub>2</sub> / an)

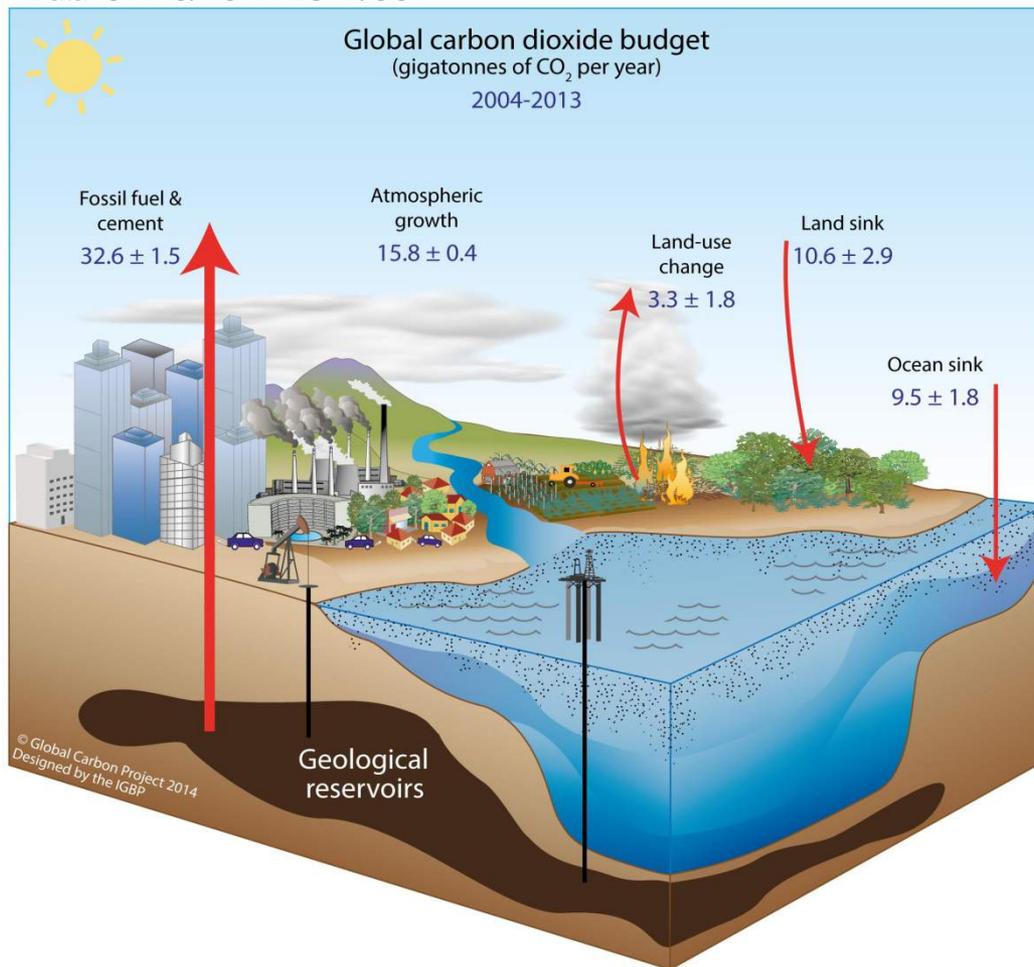


# Perturbations du cycle global du carbone dues aux activités humaines

## Sources et Puits de CO<sub>2</sub> pour la période 2004-2013 (GtCO<sub>2</sub>/an)

Data: CDIAC/NOAA-ESRL/GCP

Global carbon dioxide budget  
(gigatonnes of CO<sub>2</sub> per year)  
2004-2013



Emissions  
totales:  
39.5 GtCO<sub>2</sub>/an

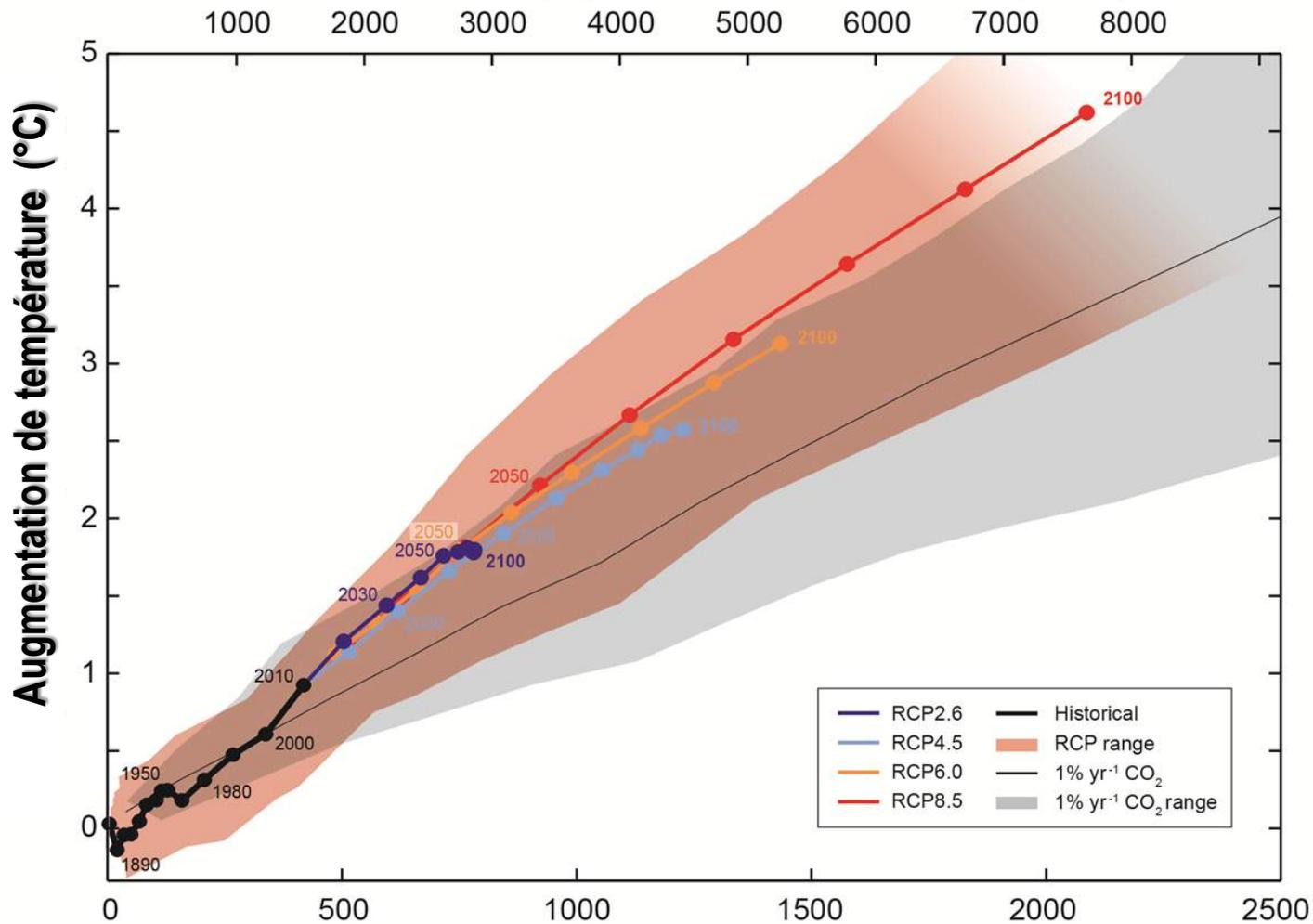
Changements d'occupation  
des sols/déforestation:  
9%  
des émissions totales

L'océan en absorbe  
26%

La végétation en capture  
29%

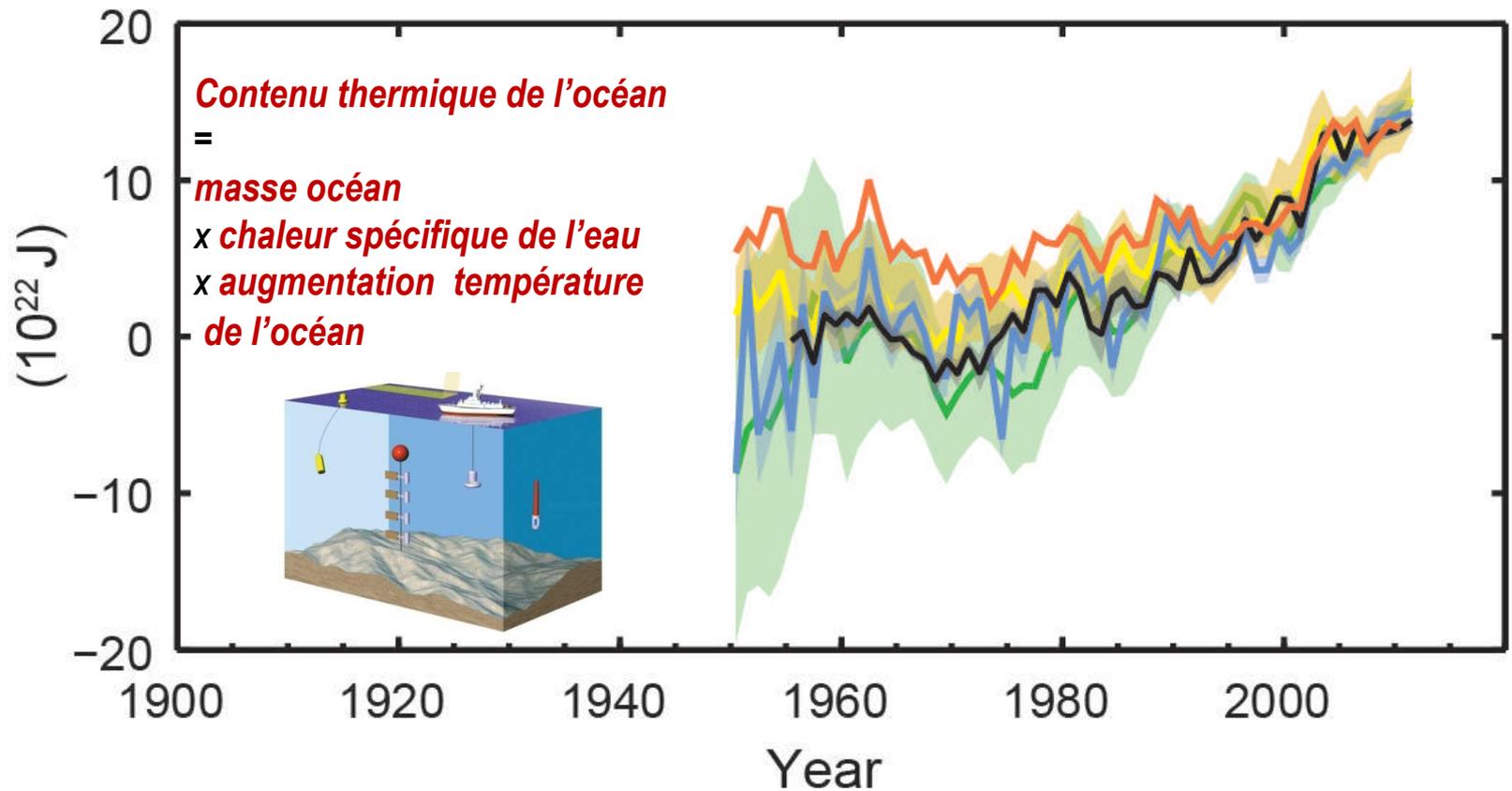
Reste dans l'atmosphère :  
44%

# Relation entre émissions cumulées de CO<sub>2</sub> (depuis 1870) et élévation de la température moyenne de la Terre



Emissions cumulées de CO<sub>2</sub> depuis 1870 (milliards de tonnes de carbone)

# La quantité de chaleur stockée dans l'océan augmente (le contenu thermique de l'océan croît)

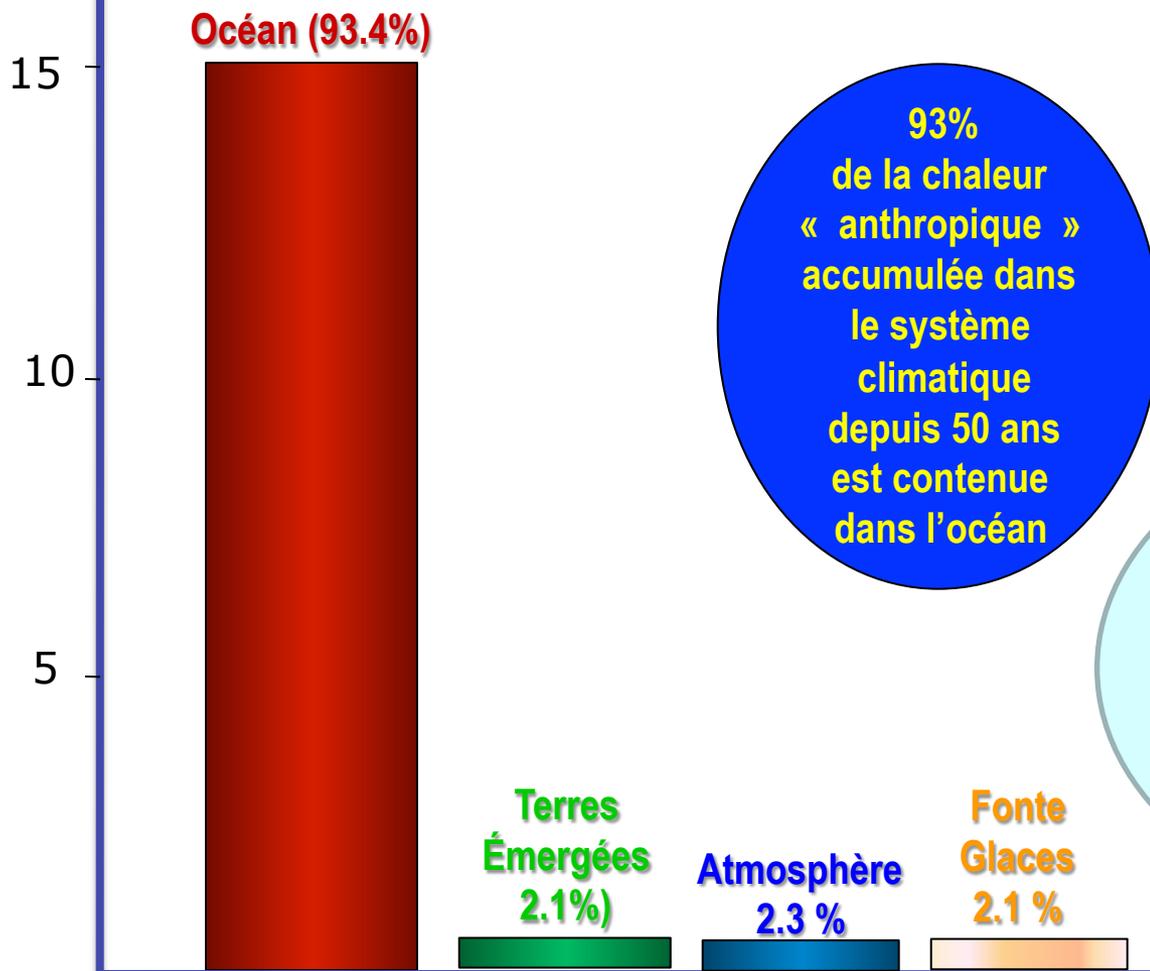


**Autant de chaleur stockée dans les premiers mètres de l'océan  
que dans toute l'atmosphère!**

# Chaleur stockée dans les différents réservoirs du système climatique

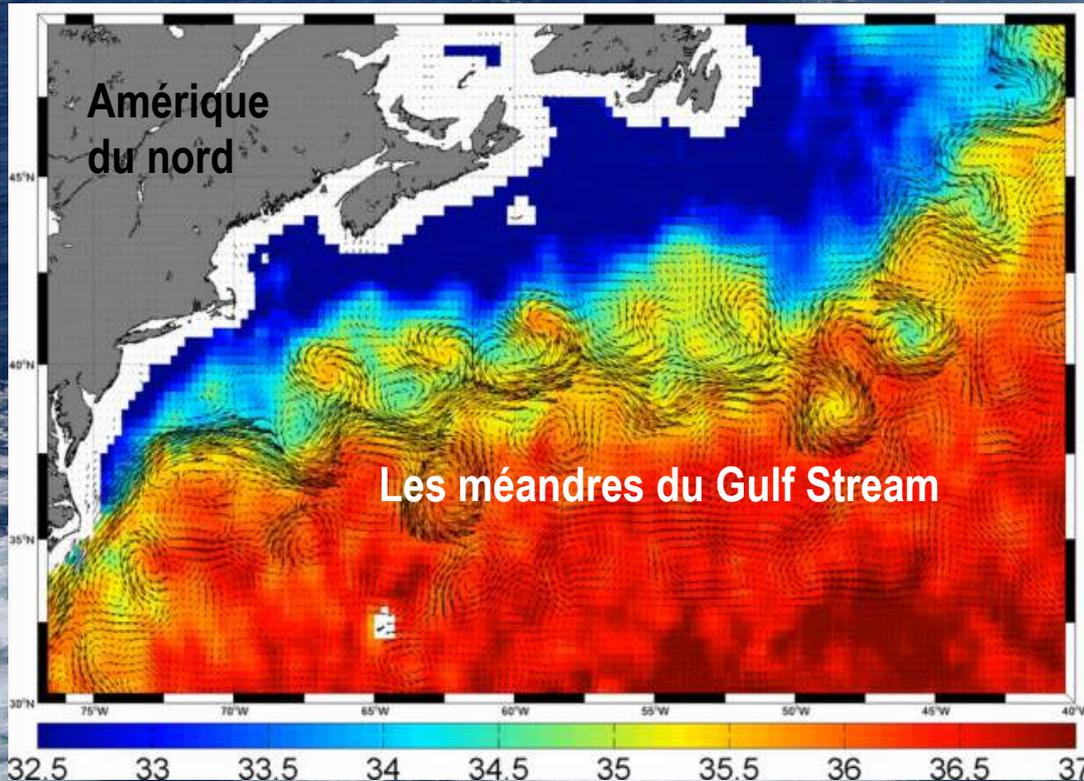
(50 dernières années)

Contenu thermique  
( $10^{22}$  Joules)



93% de la chaleur « anthropique » accumulée dans le système climatique depuis 50 ans est contenue dans l'océan

$5 \times 10^{22}$  Joules = énergie de toutes les ressources fossiles (pétrole, gaz et charbon) actuellement connues sur la Terre!



La circulation océanique

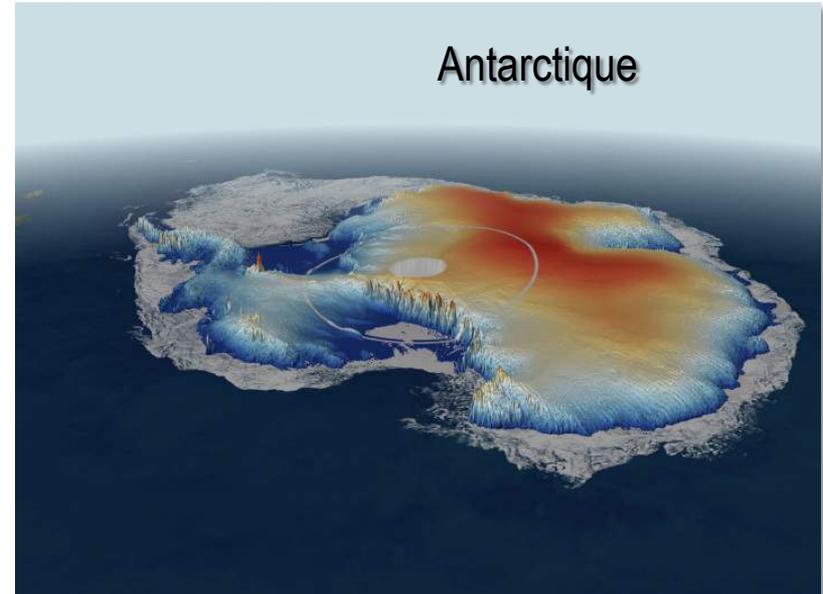
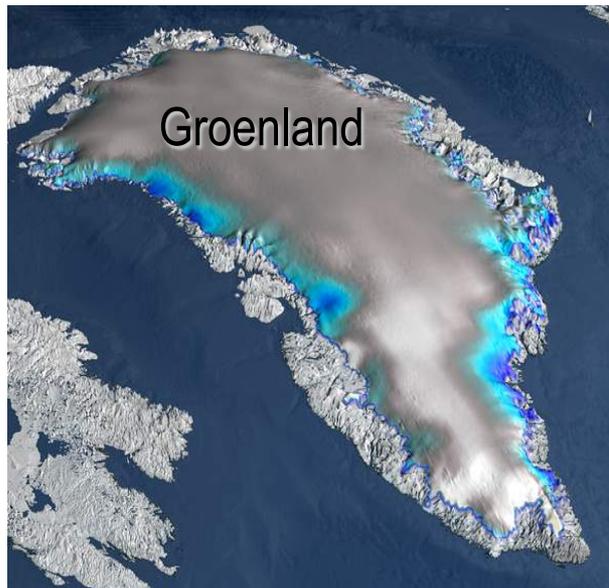
## L'océan et le climat

- *Principal réservoir de chaleur du système climatique :*  
*Grande inertie thermique →*
  - *Masse de l'océan = 300 fois celle de l'atmosphère*
  - *Chaleur spécifique de l'eau = 4 fois celle de l'air*
  - *Capacité à stocker la chaleur 1200 fois > à celle de l'atmosphère*
- *Transporte et redistribue la chaleur sur des échelles de temps beaucoup plus longues que l'atmosphère*
- *Mémoire à long terme du système climatique*

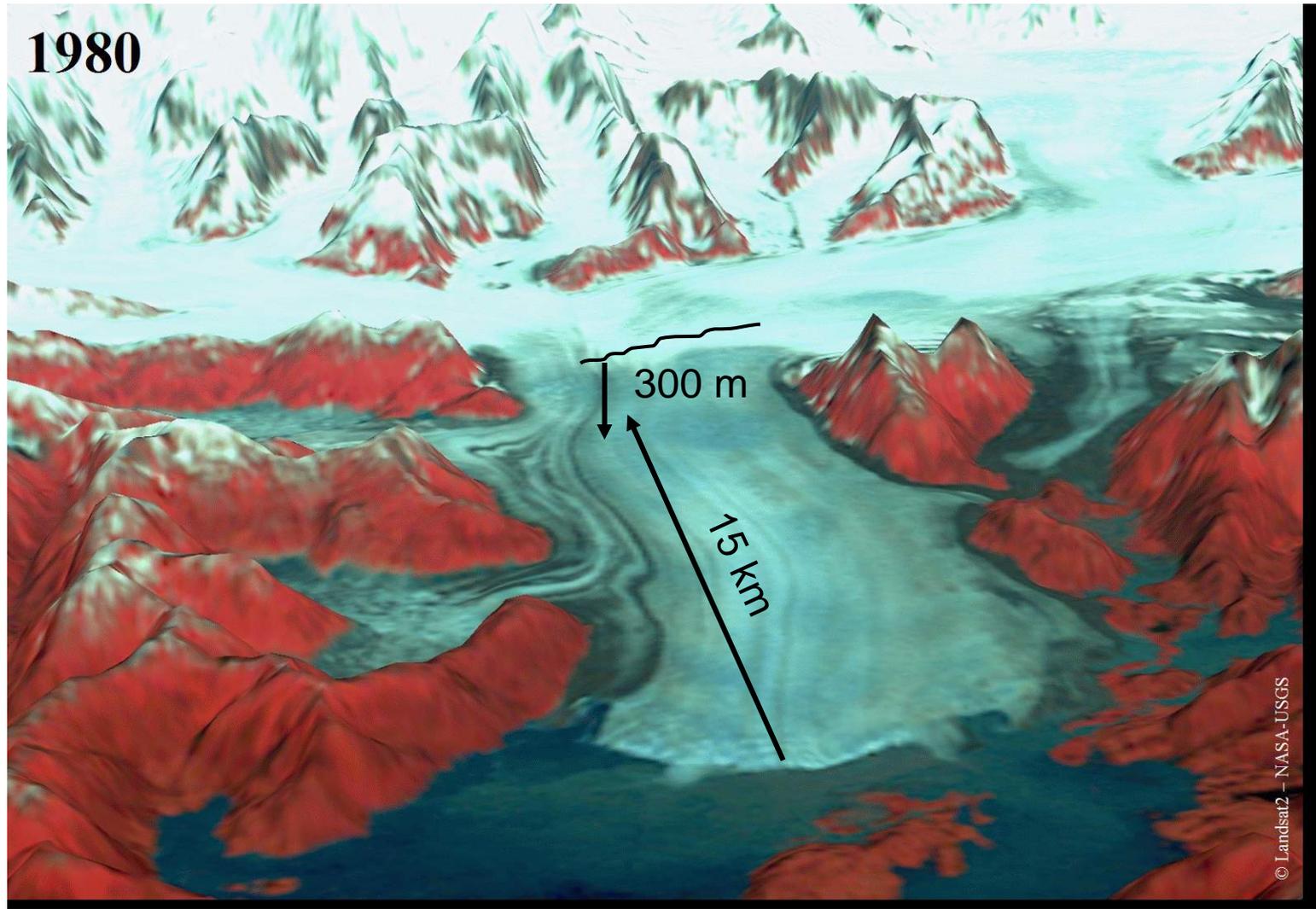
# Les glaces continentales fondent ...



*Glacier Rhone ( Alpes suisses)*

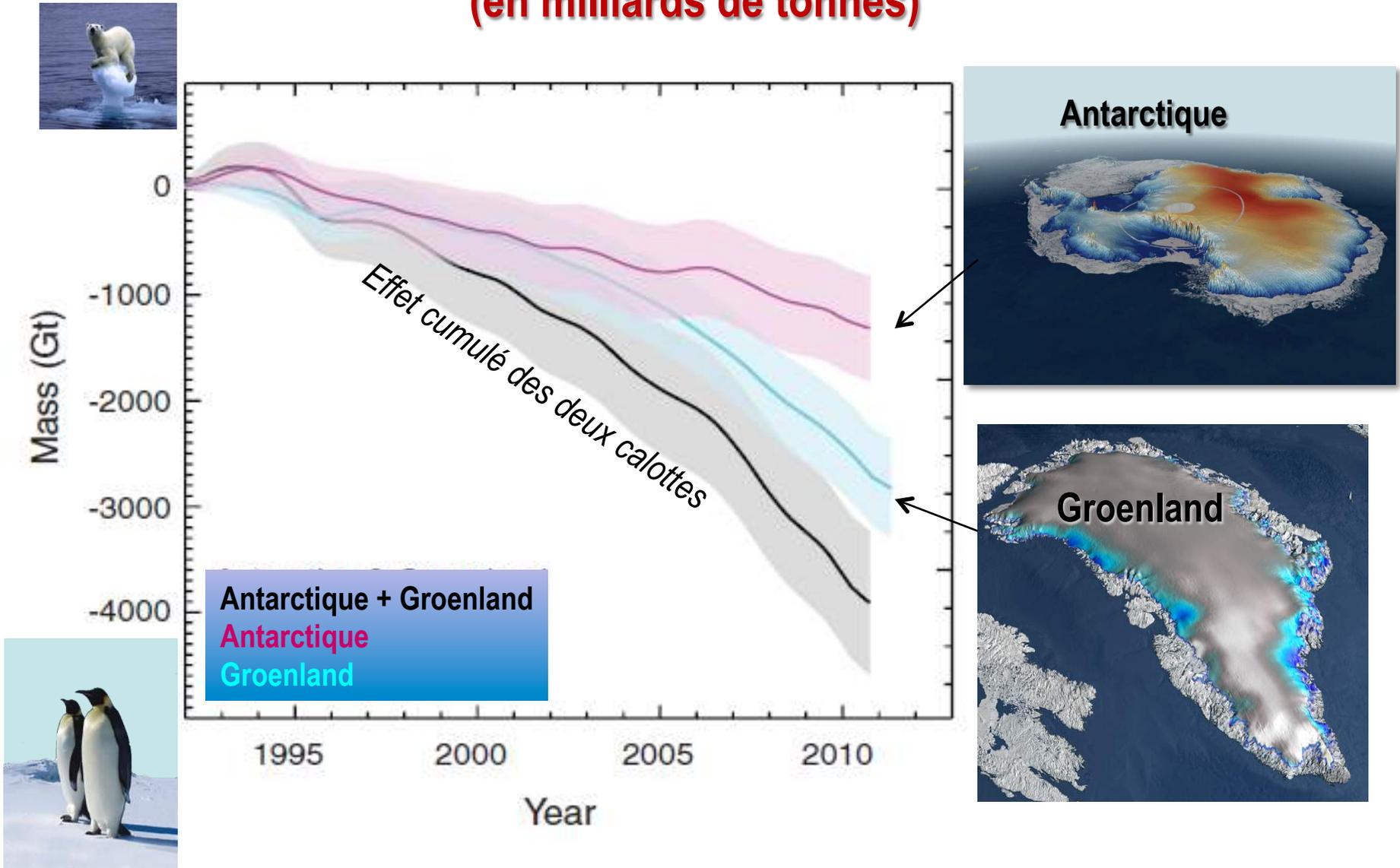


# Recul et amincissement des glaciers mesurés par imagerie « satellite »

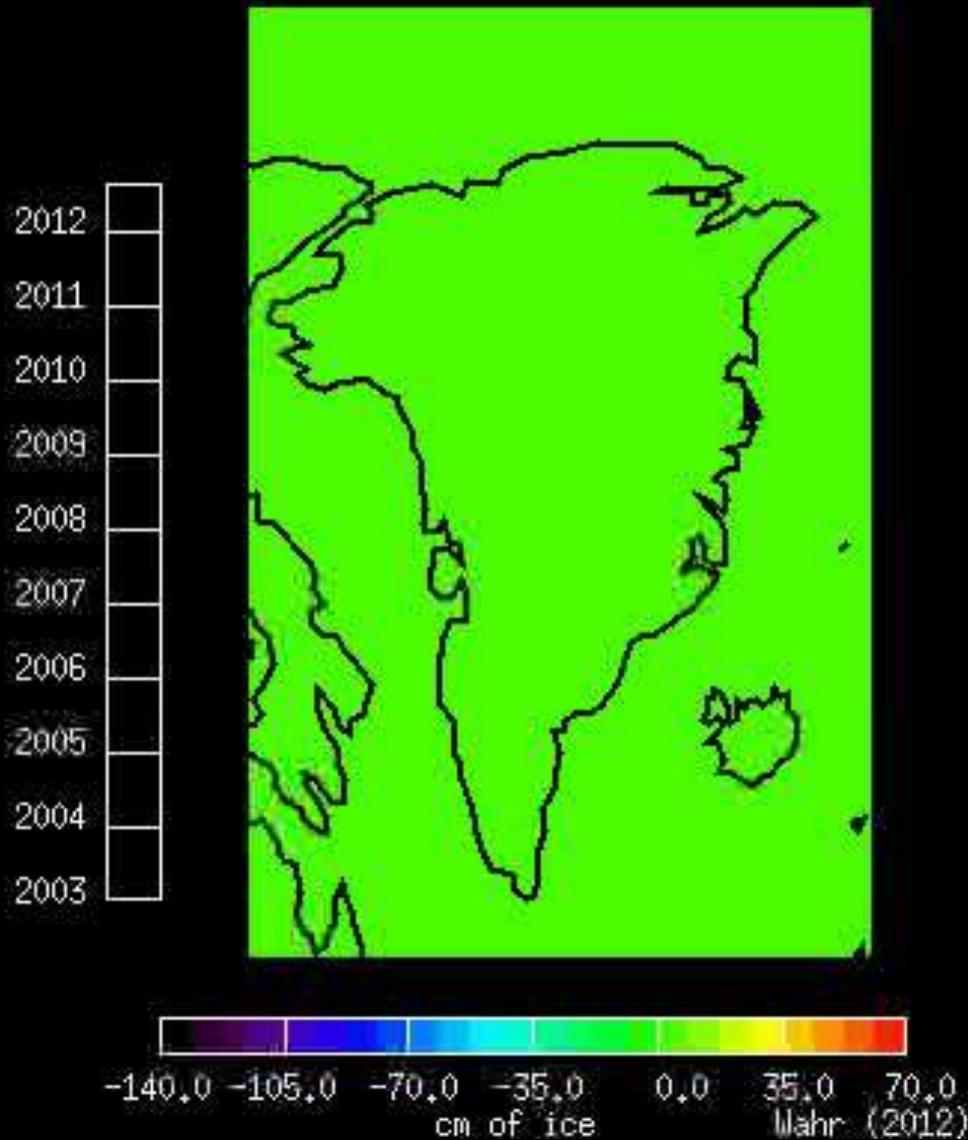


*Recul et amincissement du glacier Columbia (Alaska) entre 1980 et 2007*

# Perte de masse de glace des calottes polaires mesurée par différents satellites depuis le début des années 1990 (en milliards de tonnes)



# Perte de masse de glace (couleurs bleu-violet-noir) au Groenland entre 2003 et 2012 observée par les satellites GRACE

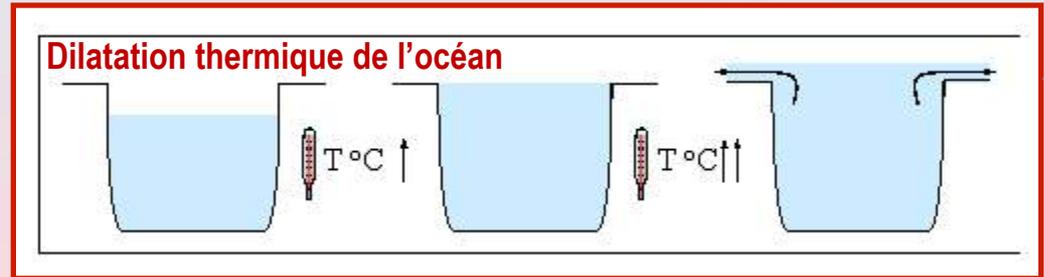


Source: J. Wahr

# Et la mer monte ...

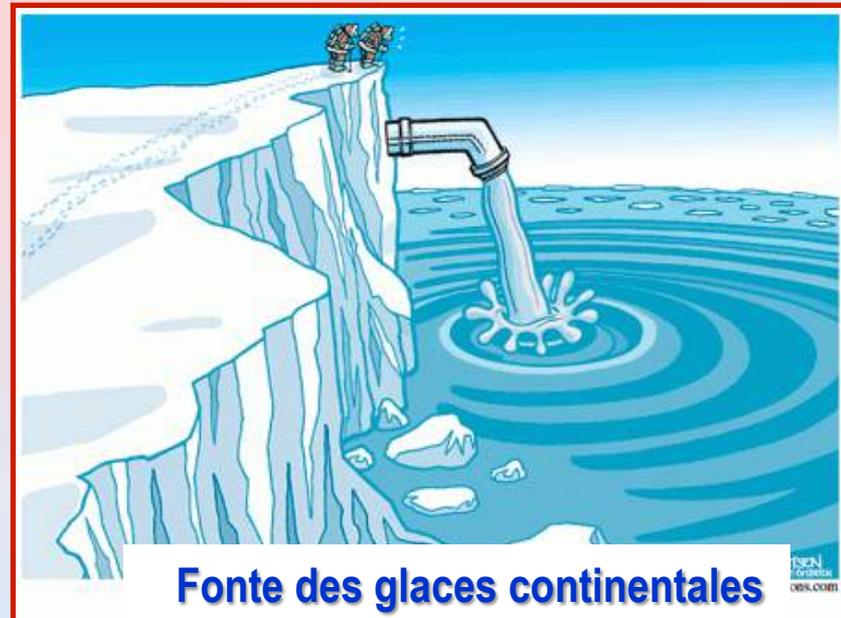
-Augmentation du volume de l'océan

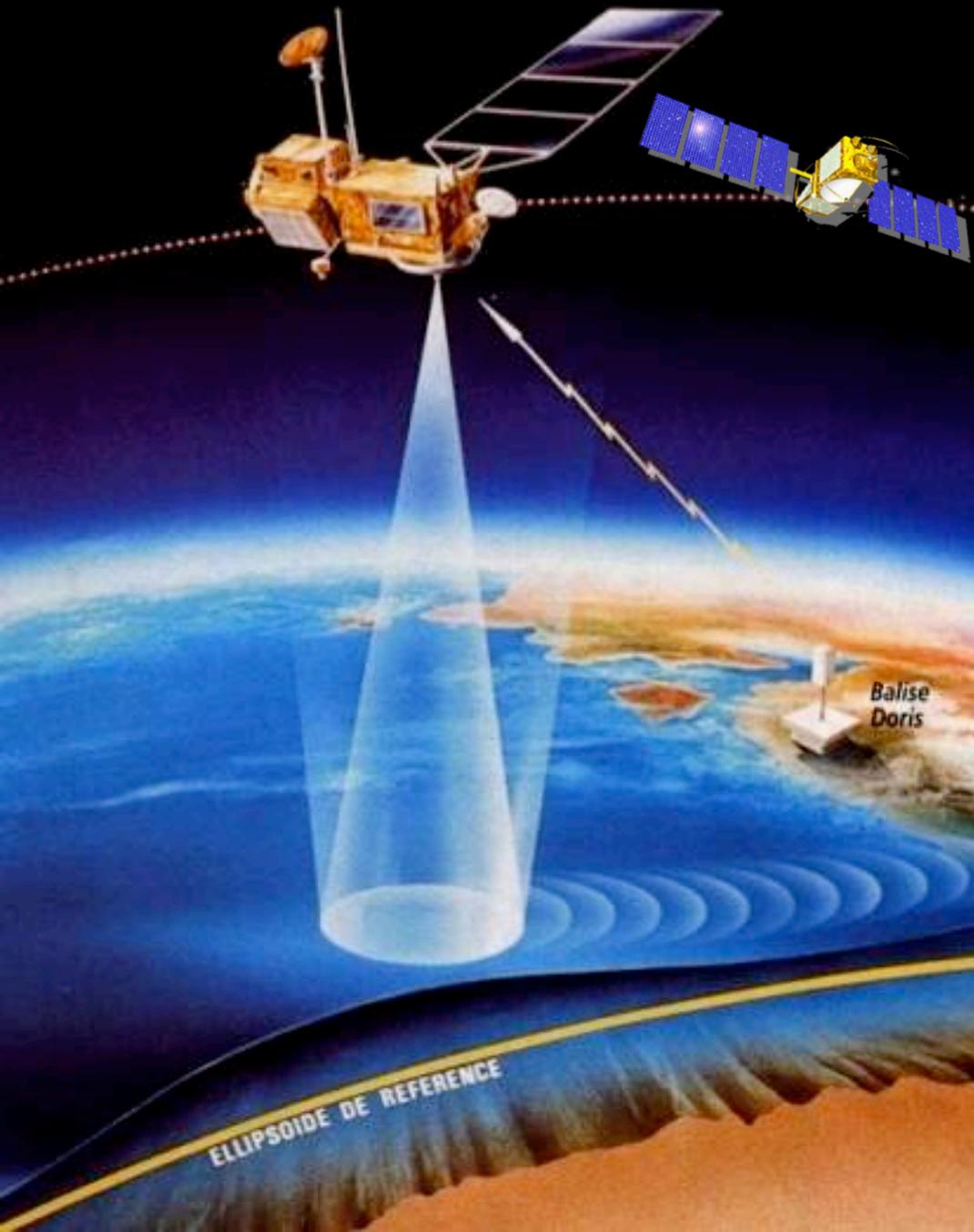
→ dilatation thermique  
l'océan se réchauffe, l'eau se dilate



-Augmentation de la masse de l'océan

→  
-Fonte des glaciers  
-Perte de masse des calottes polaires  
-Pompage de l'eau dans les nappes





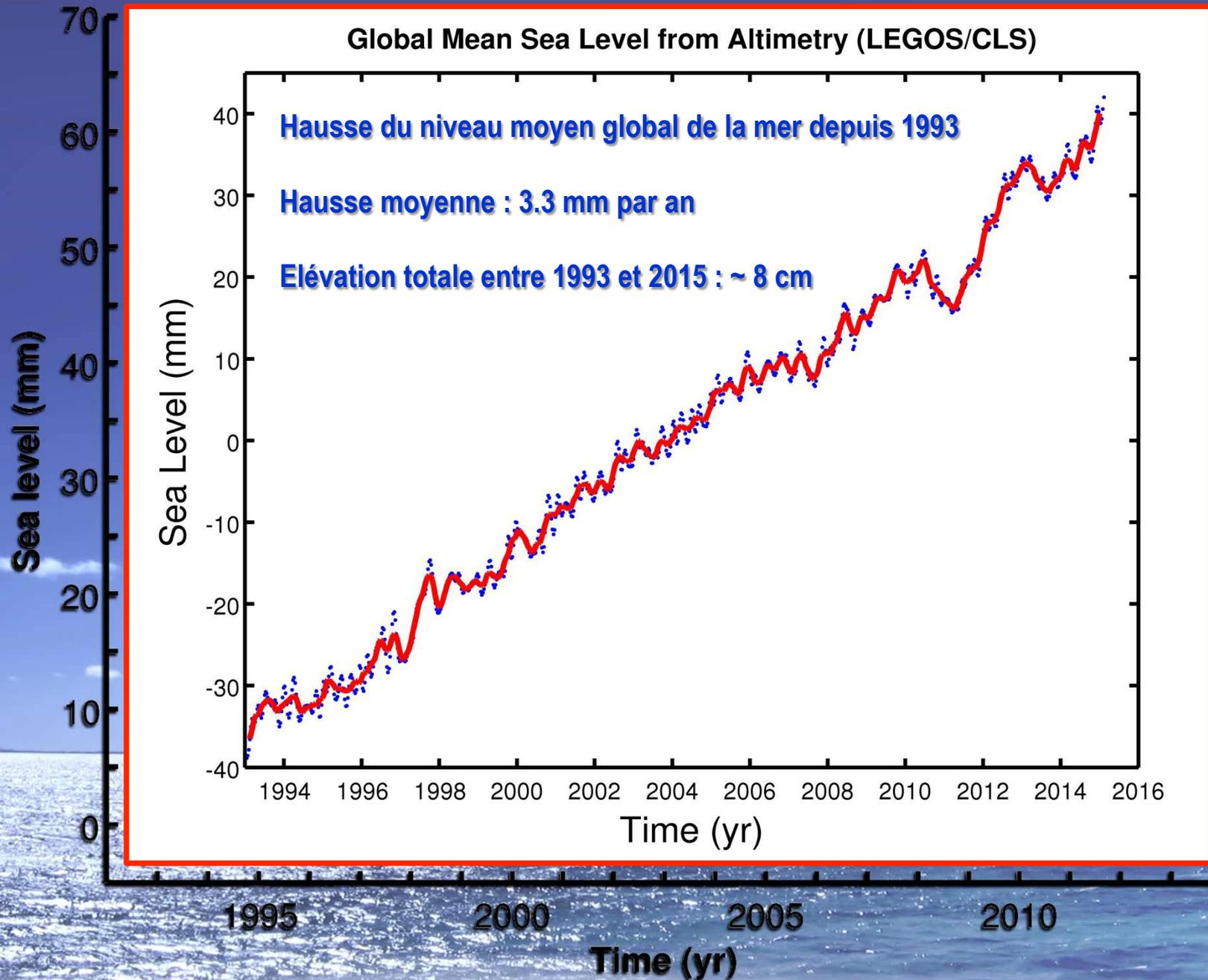
Depuis 1992  
→ altimétrie spatiale



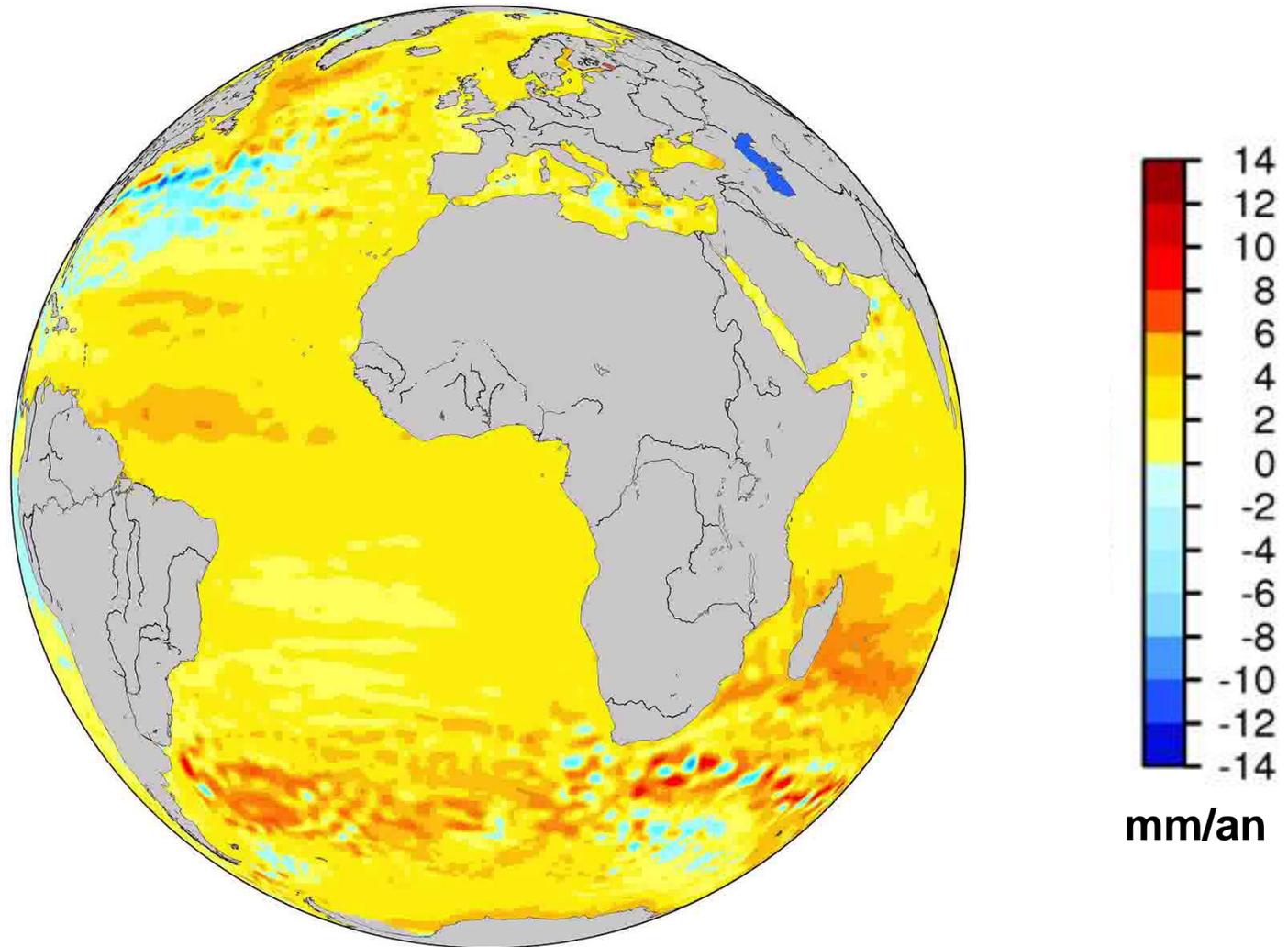
Mesure de la hauteur de la mer  
avec une précision de 1-2 cm



Couverture globale des océans  
en quelques jours

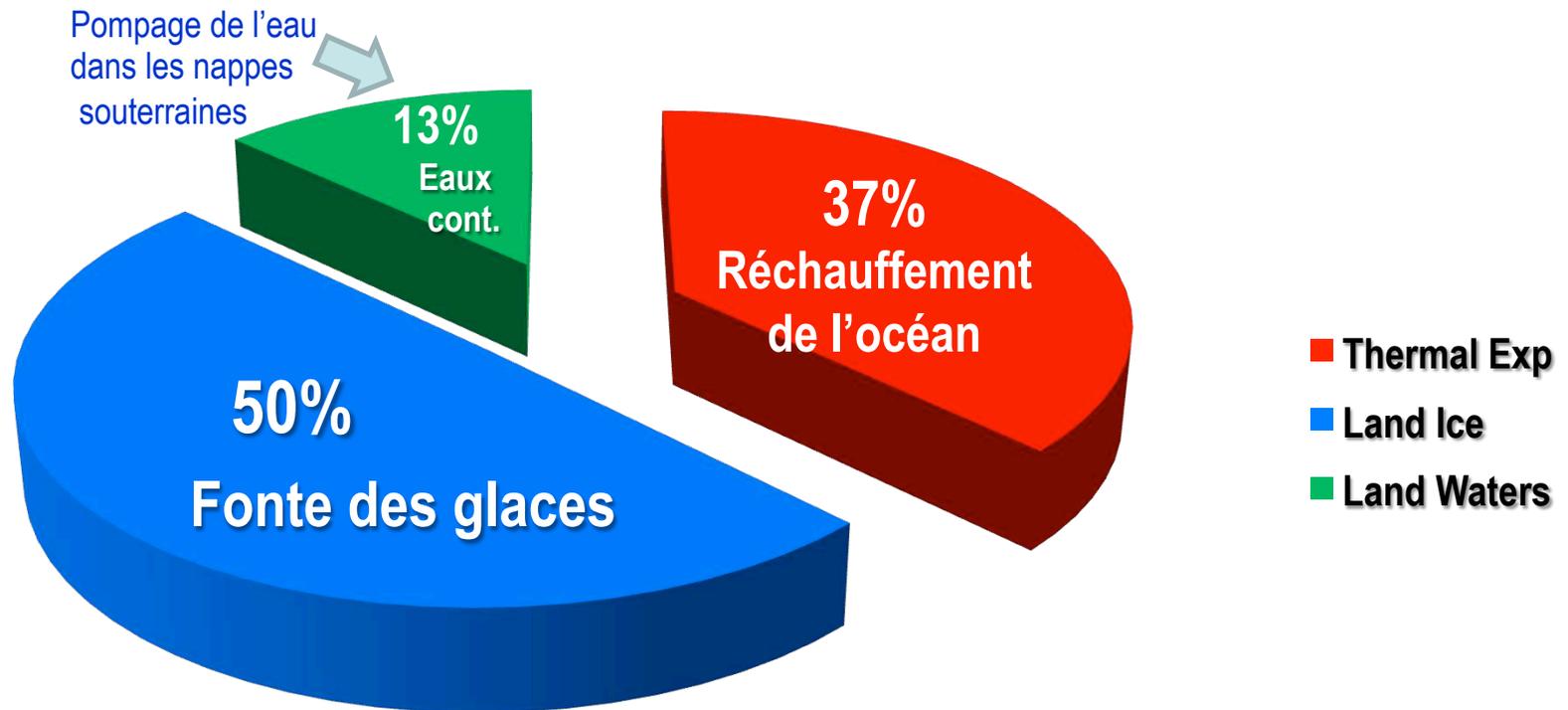


# La hausse de la mer n'est pas uniforme!

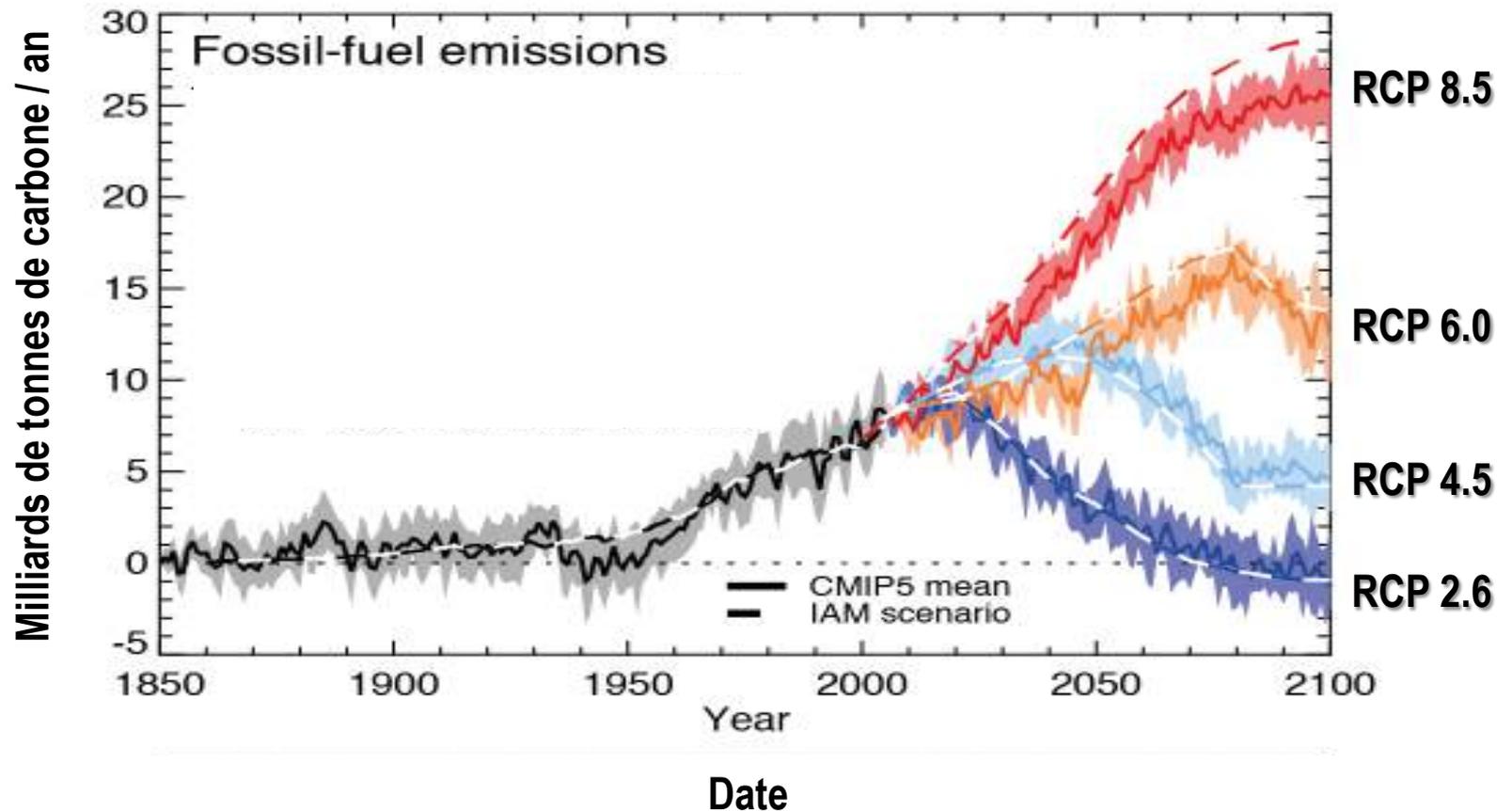


Disparités régionales de la hausse de la mer révélées par altimétrie spatiale (1993-2014)

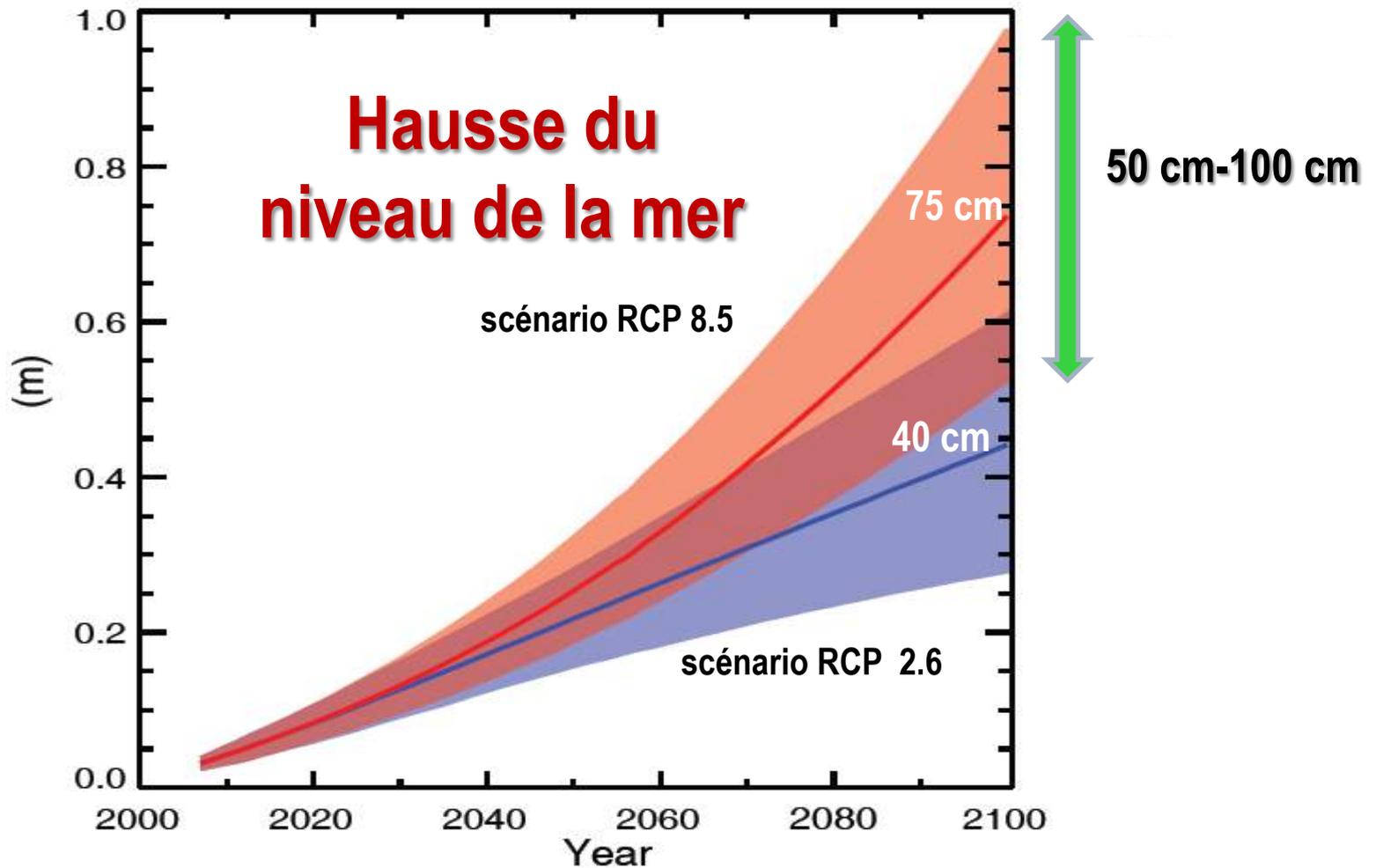
## ***Contributions des différentes sources sur les 2 dernières décennies (% de la hausse observée)***



## Les 4 scénarios de réchauffement du GIEC et émissions de GES associées



## Evolution du niveau moyen global de la mer

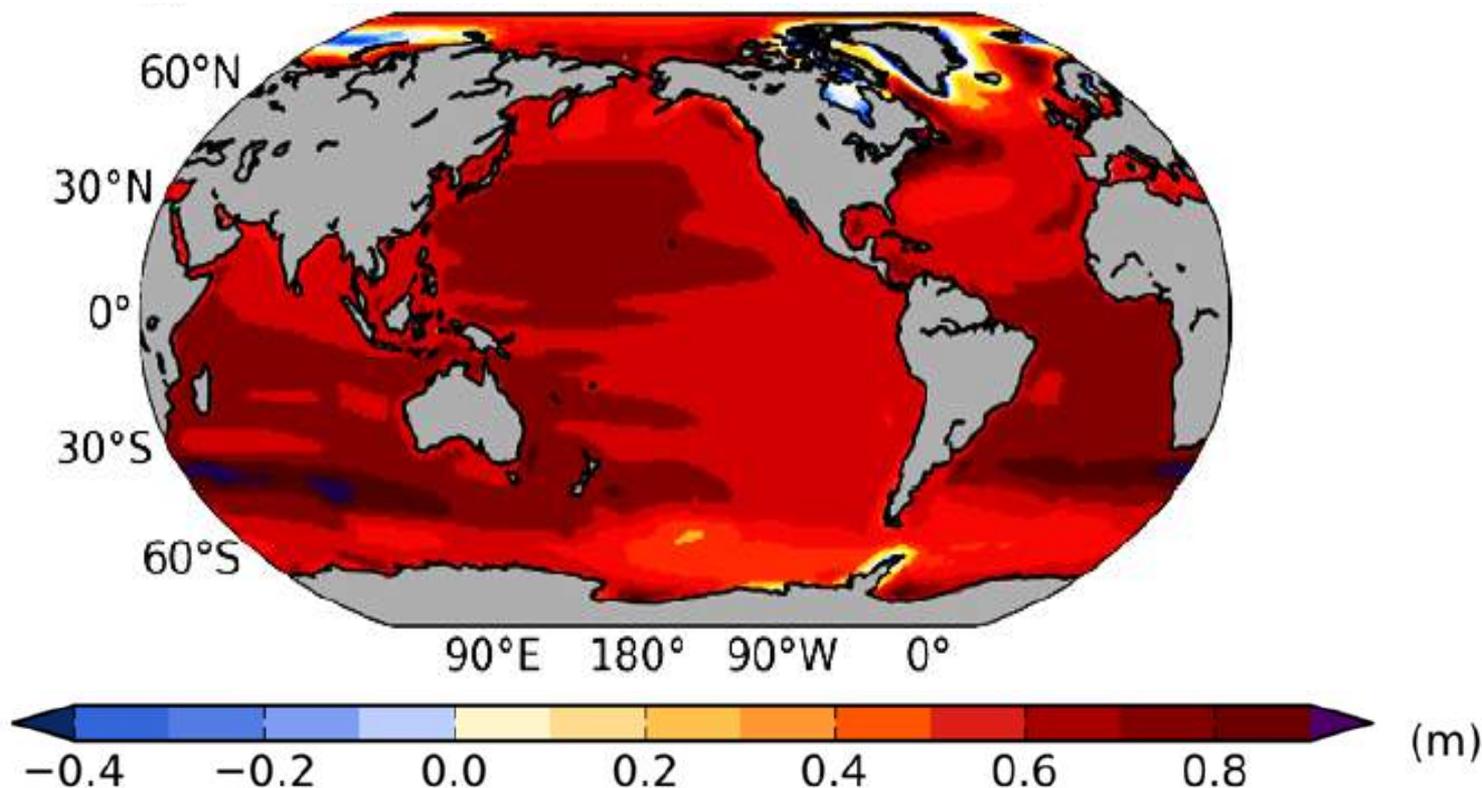


# ***Elévation totale de la mer (m) à la fin du 21ème siècle (RCP8.5)***

***due au réchauffement de l'océan et aux variations de salinité***

***+ fonte des glaciers et des calottes polaires***

***(+ effets des déformations des bassins océaniques causées par la fonte des glaces)***

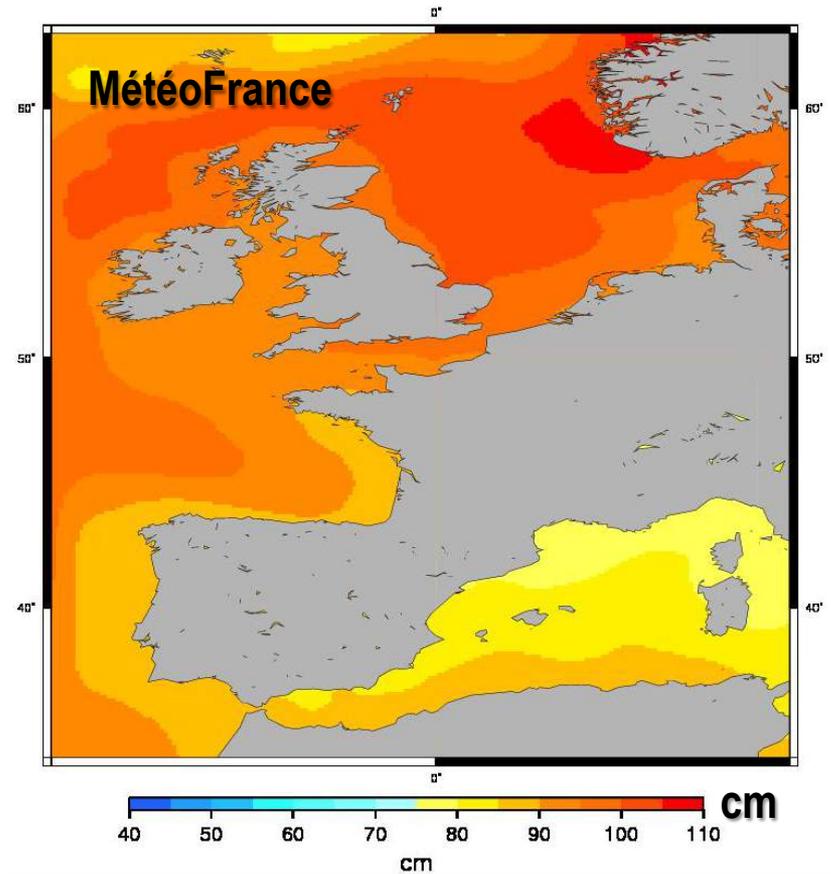
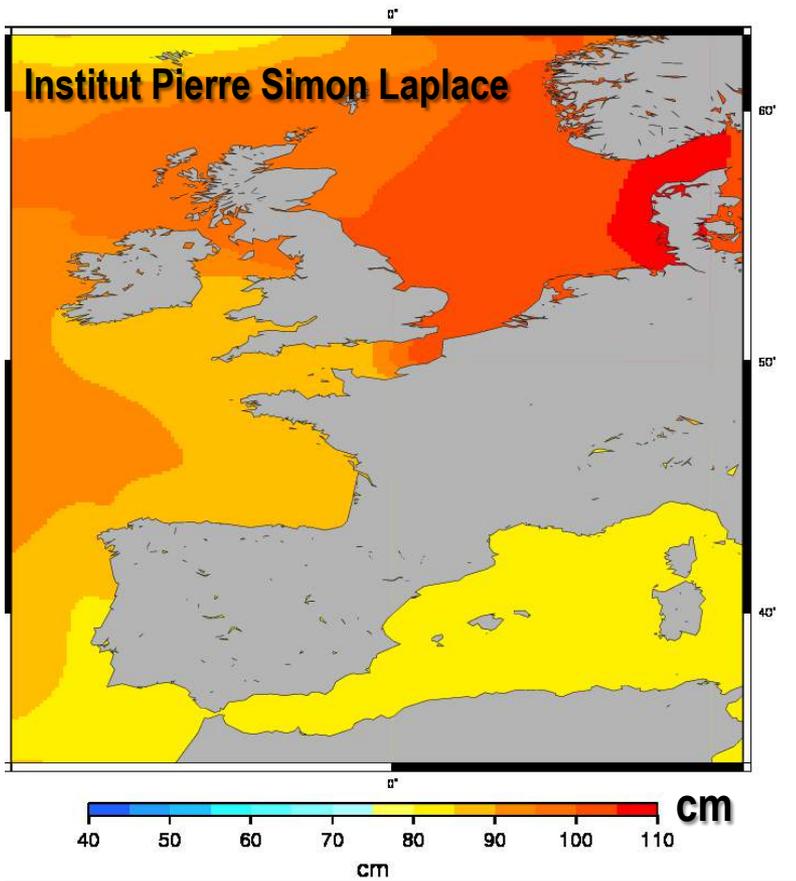


***Hausse moyenne globale = 75 +/- 25 cm***

# Élévation du niveau de la mer en Europe occidentale en 2100 (par rapport à aujourd'hui)

Scénario RCP8.5 (hausse moyenne globale = 75 cm)

Exemple de projections régionales basées sur les deux modèles de climat français



# Au-delà du 21<sup>ème</sup> siècle....

*De nombreux aspects du changement climatique persisteront pendant plusieurs siècles même si on arrêta aujourd'hui les émissions de GES!*

- **20% du CO<sub>2</sub> émis restera dans l'atmosphère pendant au moins 1000 ans**
- **Le niveau de la mer continuera à monter pendant plusieurs siècles à cause de la grande inertie thermique de l'océan**
- **La perte de glace du Groenland peut s'emballer**  
→ **au dessus d'un certain seuil de réchauffement (entre 1°C et 4°C) le phénomène peut devenir irréversible: la calotte groenlandaise pourrait totalement disparaître en quelques siècles**  
(→ **7 m de hausse du niveau de la mer**)

## Quelques questions...

- Pourquoi tant d'incertitude dans les projections climatiques (pour un scénario donné)?  
→ par ex. 50 cm à 1 m d'élévation du niveau de la mer en 2100 (RCP 8.5)
- Pourquoi est-il difficile d'estimer la hausse future totale de la mer à la côte?
- Pourquoi l'estimation des impacts associés (submersion, érosion...) est-elle complexe?
- Quel est le rôle de l'élévation du niveau marin dans le recul actuel du trait de côte observé dans de nombreuses régions du monde, dont la France?

.....

# MERCI DE VOTRE ATTENTION

