

Océans, Glaces, Eaux Continentales et Satellites



Anny Cazenave, LEGOS, Toulouse

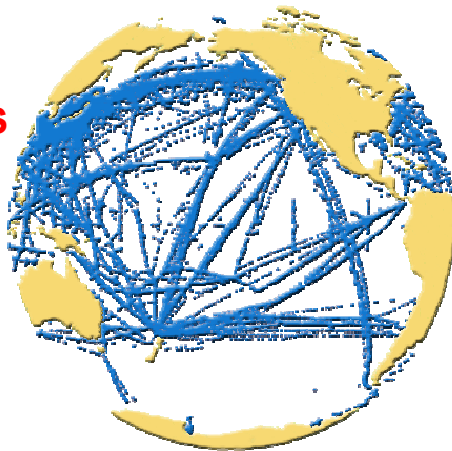
« Journée Christian Le Provost »

St Brieuc

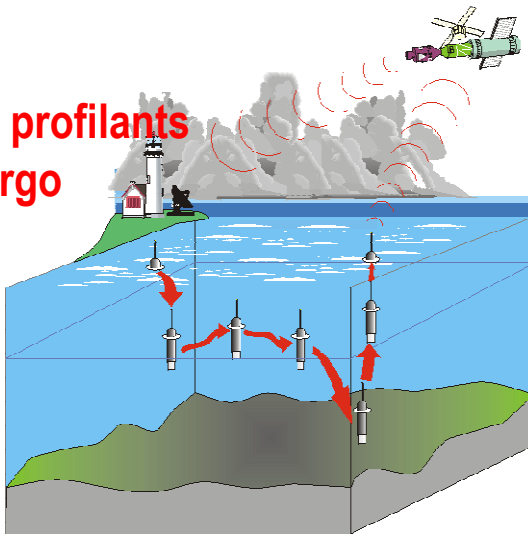
22 octobre 2010

L'observation spatiale en complément des mesures 'in situ'

Principales
routes
maritimes



Flotteurs profilants
Argo

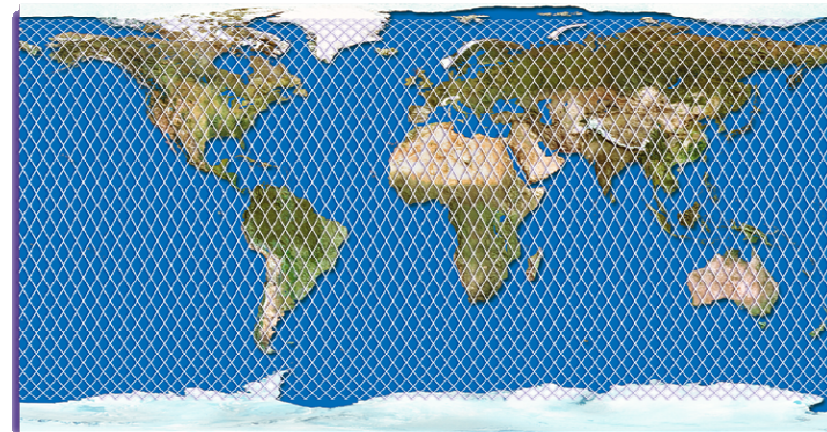


L'observation des océans depuis l'espace



+

Couverture de l'océan en quelques jours seulement

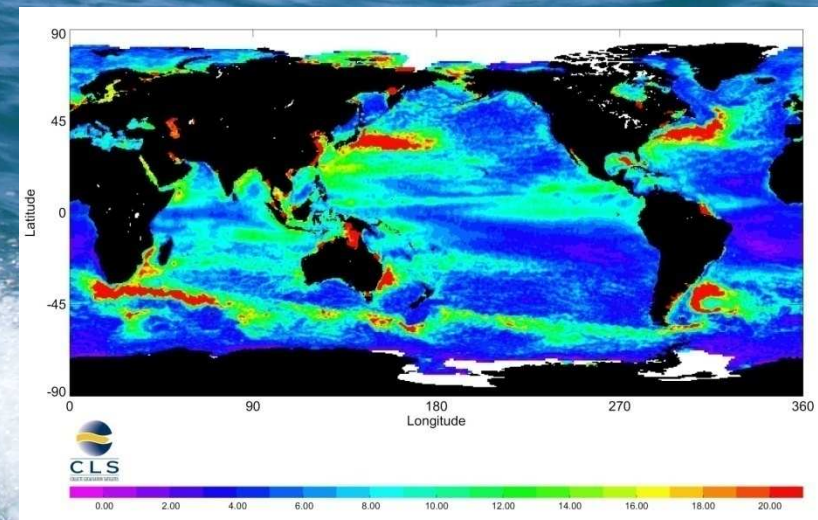
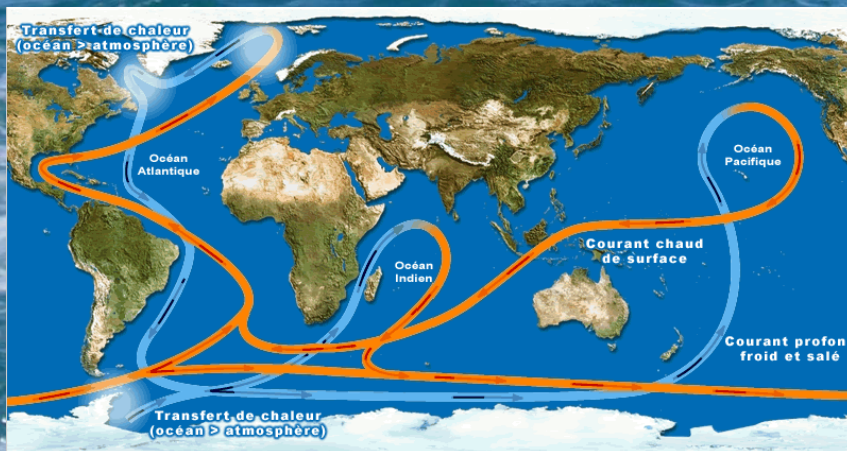


Circulation océanique complexe

- Echanges avec l'atmosphère (flux de masse et de chaleur) :
variations des propriétés de l'eau (température, pression, salinité)
⇒ circulation profonde et convection

- Vents entraînent l'eau en surface
⇒ courants de surface

- Rotation de la Terre +Gravité
sens de rotation des grands courants dans les bassins océaniques
⇒ circulation géostrophique
⇒ circulation verticale, marées



L'océan et le climat

- Rôle régulateur de l'océan:
 - Emmagasine, transporte et redistribue la chaleur du système climatique
 - Dynamique plus lente que l'atmosphère
→ mémoire à long terme
 - Puits pour le carbone « anthropique »

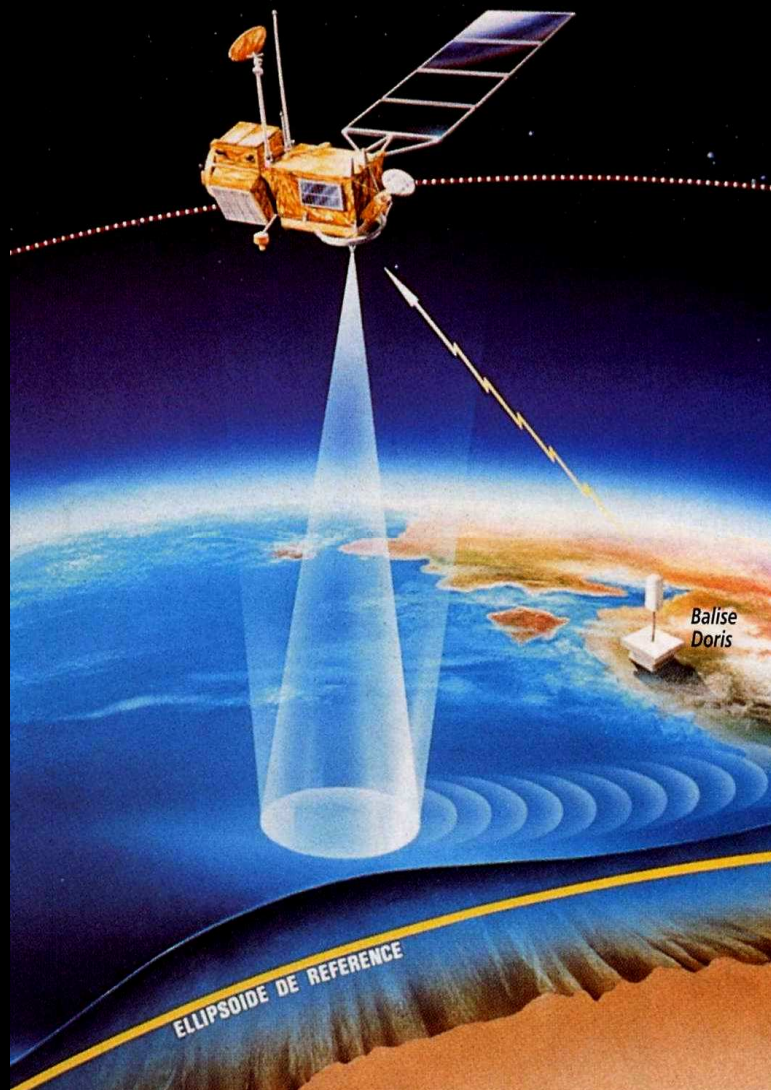
Océans: mesures depuis l'espace

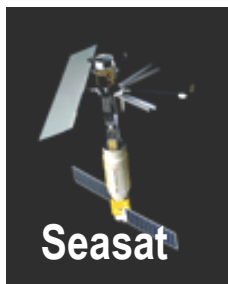
Quelques exemples...

- **Température de surface** : **Microondes passives** (satellites météo, ERS, Envisat, ...)
- **Salinité de surface** : **Radiométrie/interférométrie** (SMOS)
- **Hauteur et spectre des vagues** : **Altimétrie** (ERS, Envisat)
Imagerie Radar (ERS, Envisat, RadarSat-1/2/3)
- **Couleur de l'eau (phytoplacton)**: **Imagerie multispectrale** (SeaWiFS, MODIS, ADEOS-2, ENVISAT)
- **Surface moyenne (géoïde)** : **Altimétrie; Gravimétrie spatiale** (GRACE, GOCE)
- **Topographie de surface de l'océan** → courants, El Nino, niveau de la mer...
Altimétrie spatiale (TOPEX/POSEIDON, ERS, GFO, ENVISAT, JASON-1, JASON-2, Altika)

Altimétrie spatiale

Mesure
de la hauteur instantanée
de la mer
avec une précision
de 1 à 2 cm
aujourd'hui!





Seasat

1978



Geosat

1985



ERS-1/2

1991; 1995



Topex

1992



Jason-1

2001



Envisat

2002

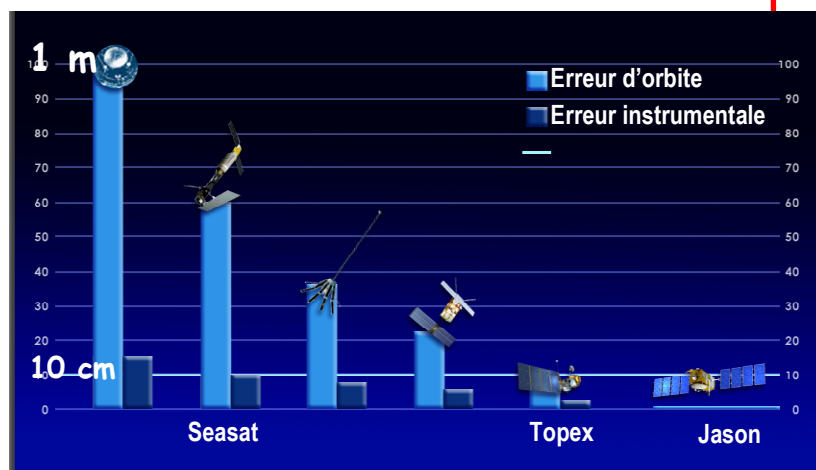


Jason-2

2008

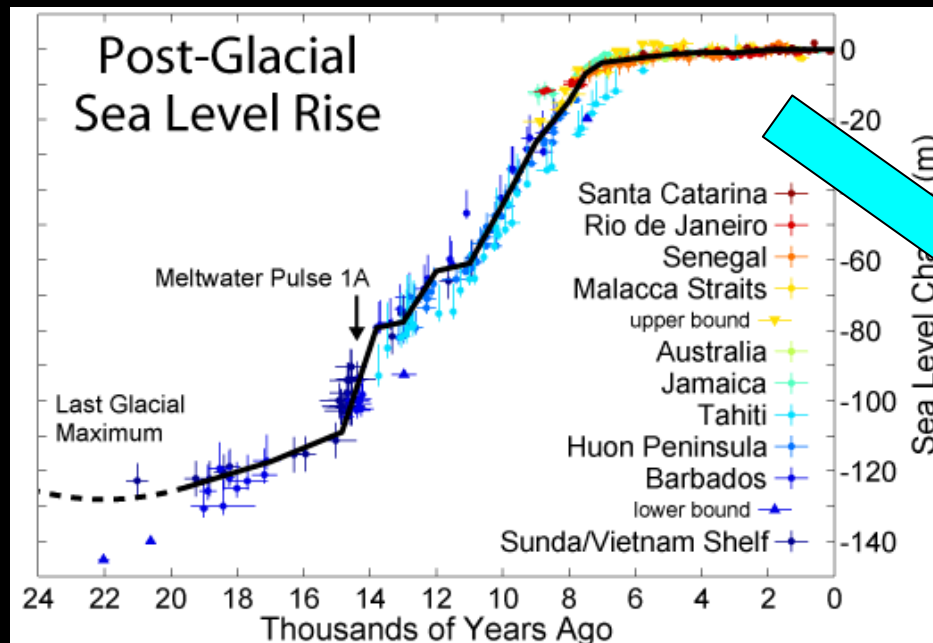
Missions d'altimétrie spatiale

**Altimétrie de haute précision
→ Début de l'océanographie spatiale**



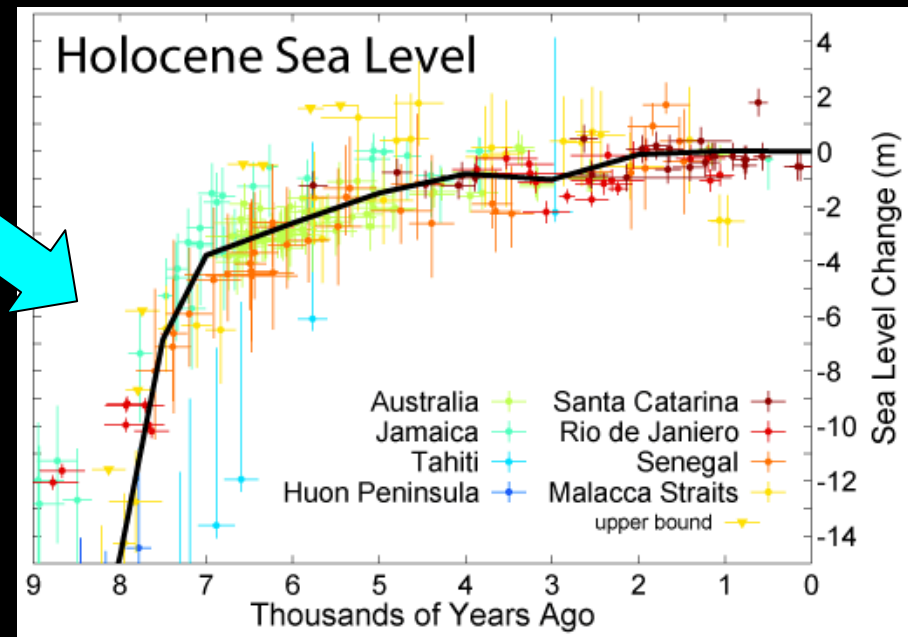
*Application climatique:
Hausse du niveau de la mer*

Evolution du niveau de la mer depuis le dernier maximum glaciaire (- 20 000 ans)



Milliers d'années

Présent



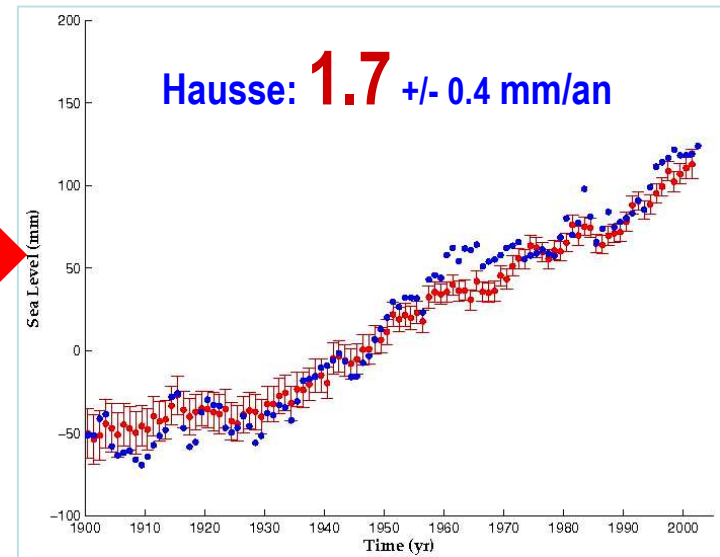
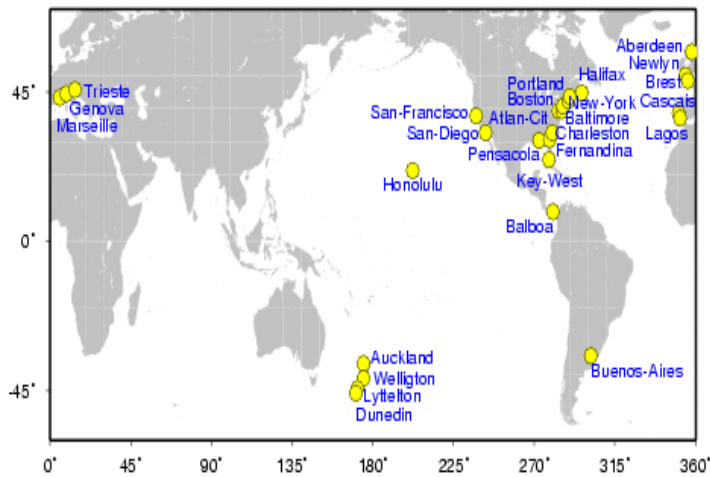
Milliers d'années

Présent

2 derniers millénaires : < 0.7 mm/an

Fleming et al., 1998; Milne et al., 2005

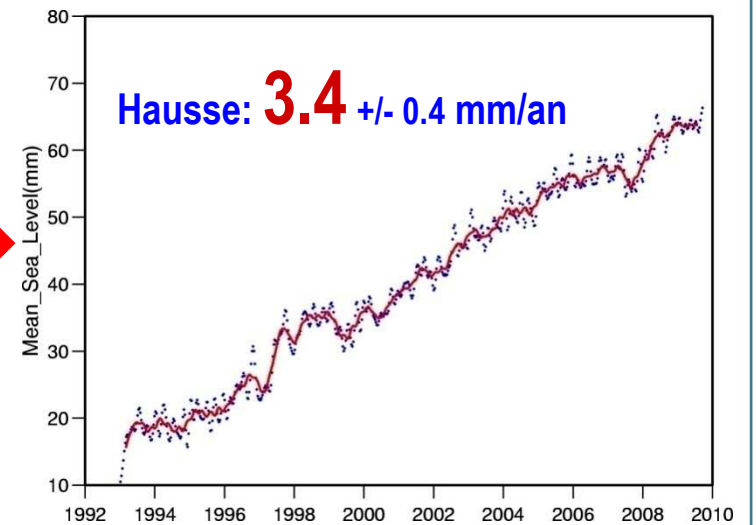
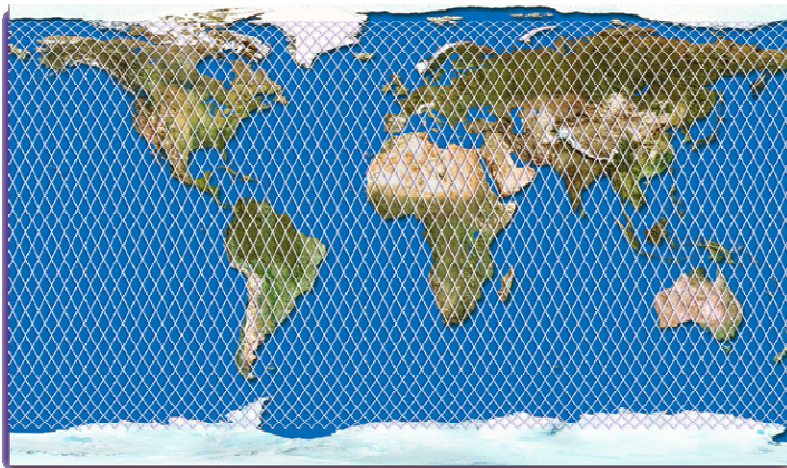
Marégraphie (20^{ème} siècle)



1900

2000

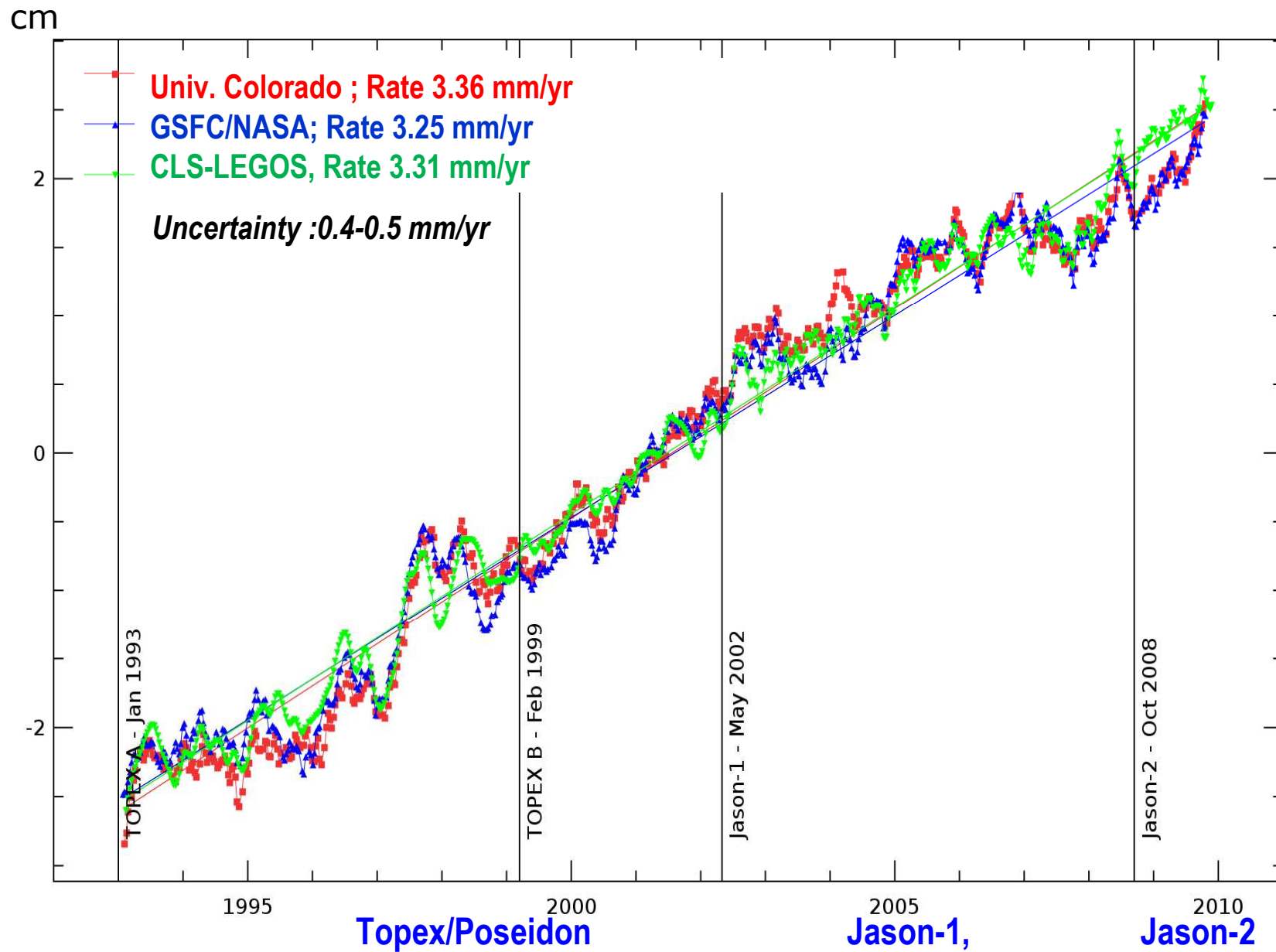
Altimétrie spatiale (2 dernières décennies)



1992

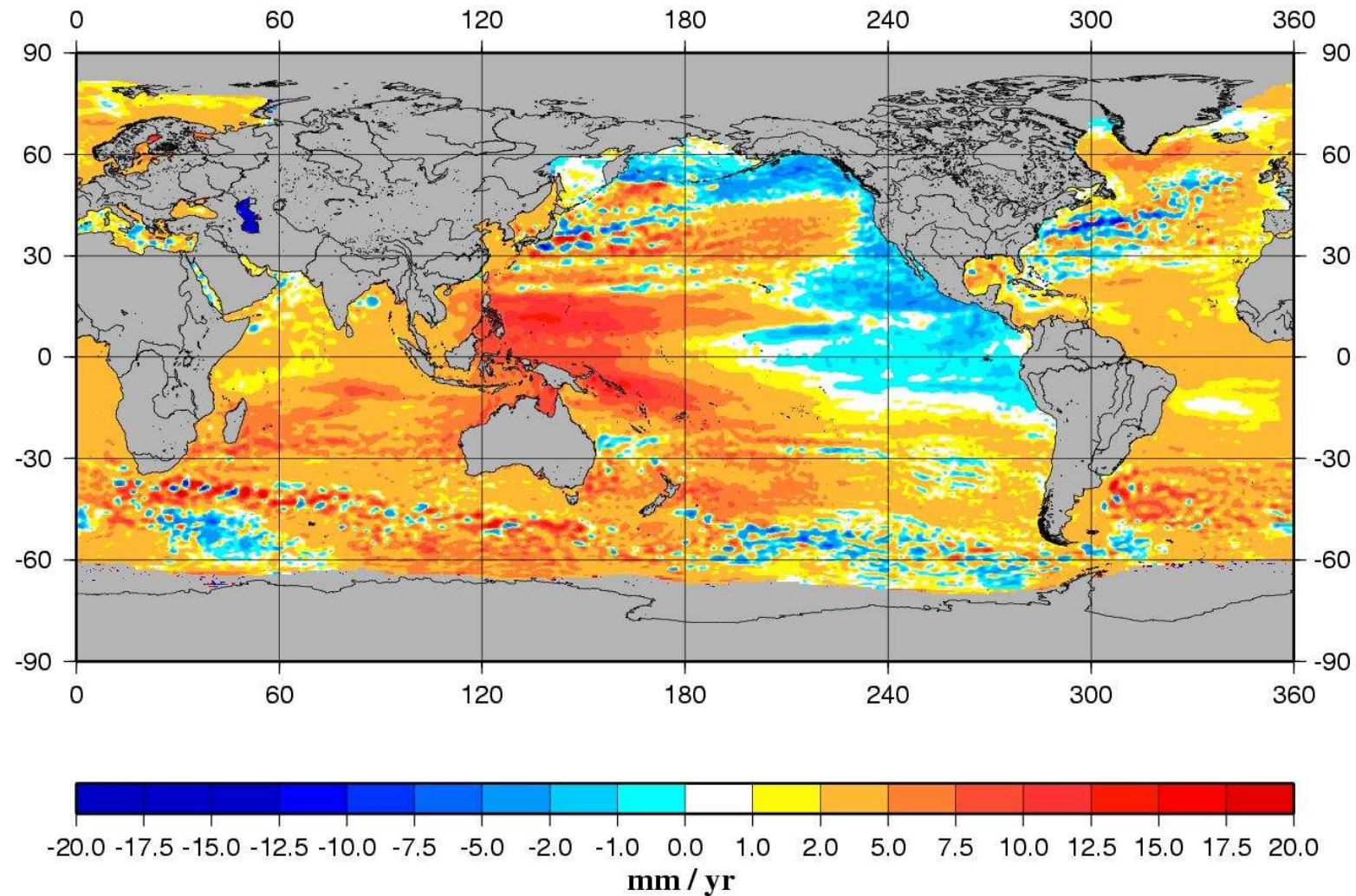
2010

Altimetry-derived global mean sea level



Hausse actuelle du niveau de la mer : pas uniforme!

Variabilité régionale des vitesses de variation du niveau de la mer (1993-2009)



2 causes principales...

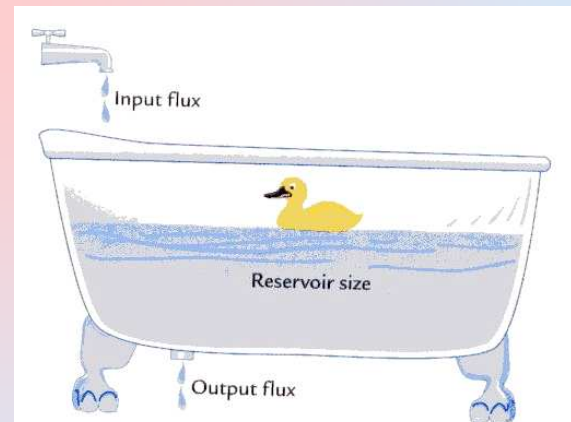
-Dilatation thermique
de l'océan



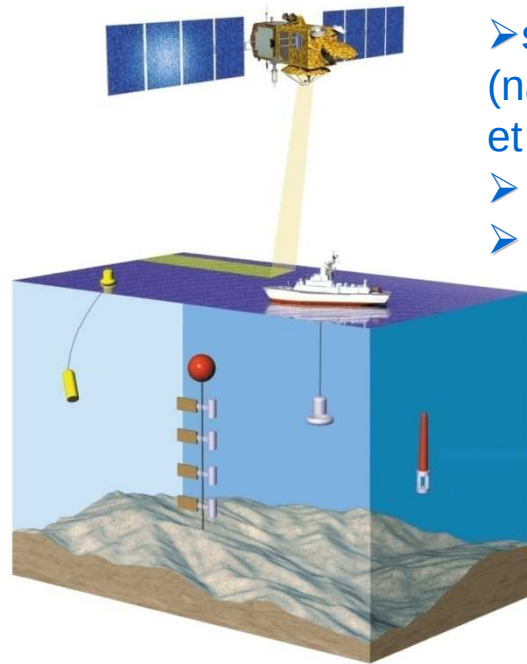
l'océan se réchauffe,
l'eau se dilate et la mer monte



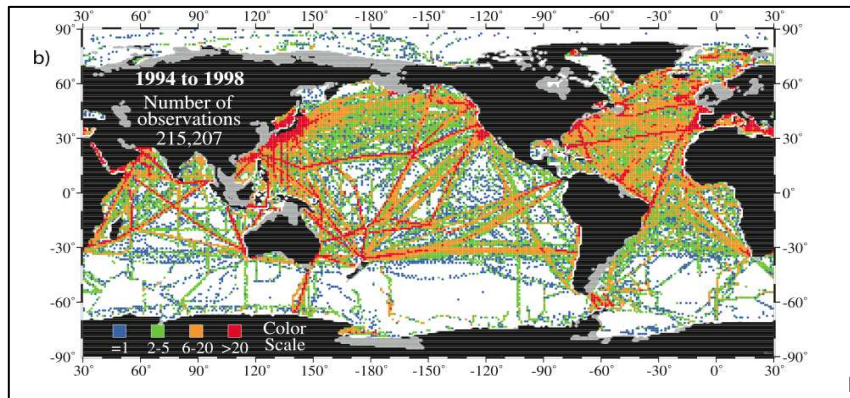
- Apports d'eau douce
(fonte des glaces
+ eaux continentales)



Mesures de la température de l'océan

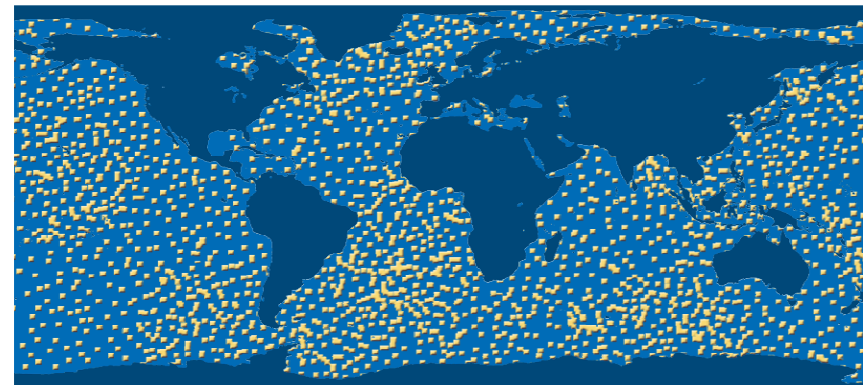
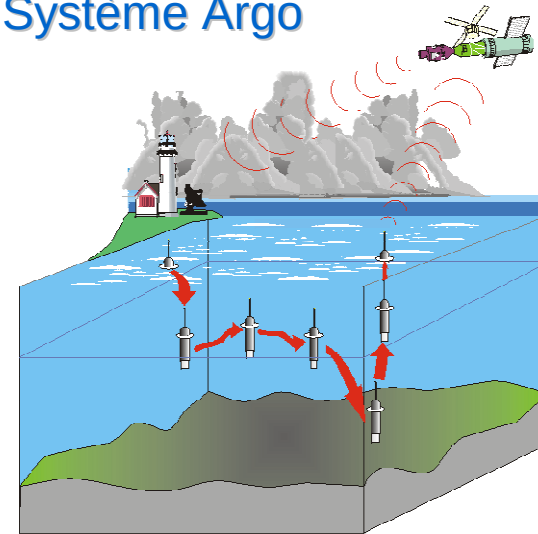


- sondes (navires marchands et océanographiques)
- mouillages
- bouées dérivantes



jusqu'à ~ 2003

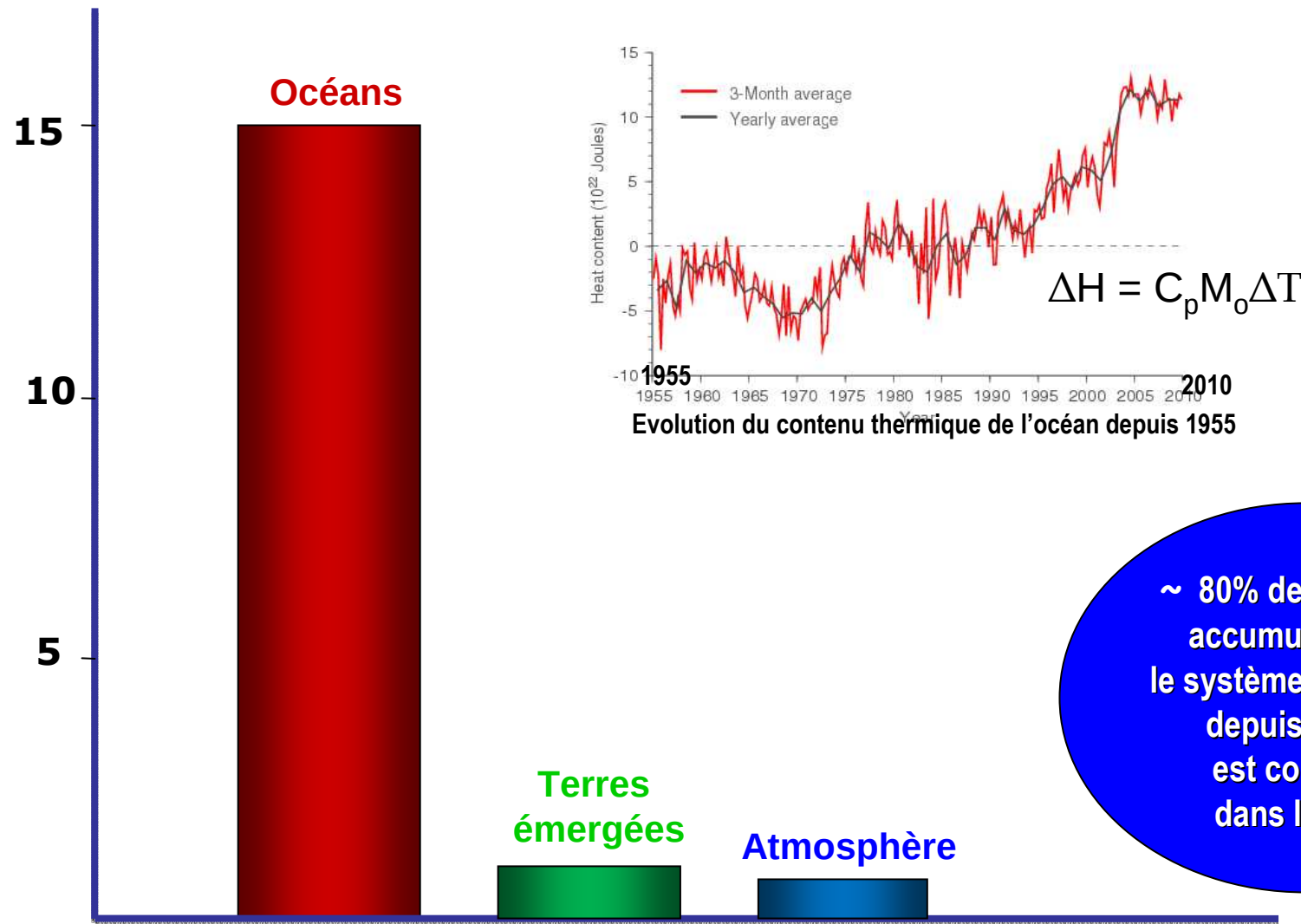
- flotteurs profilants de sub-surface → Système Argo



depuis ~2003

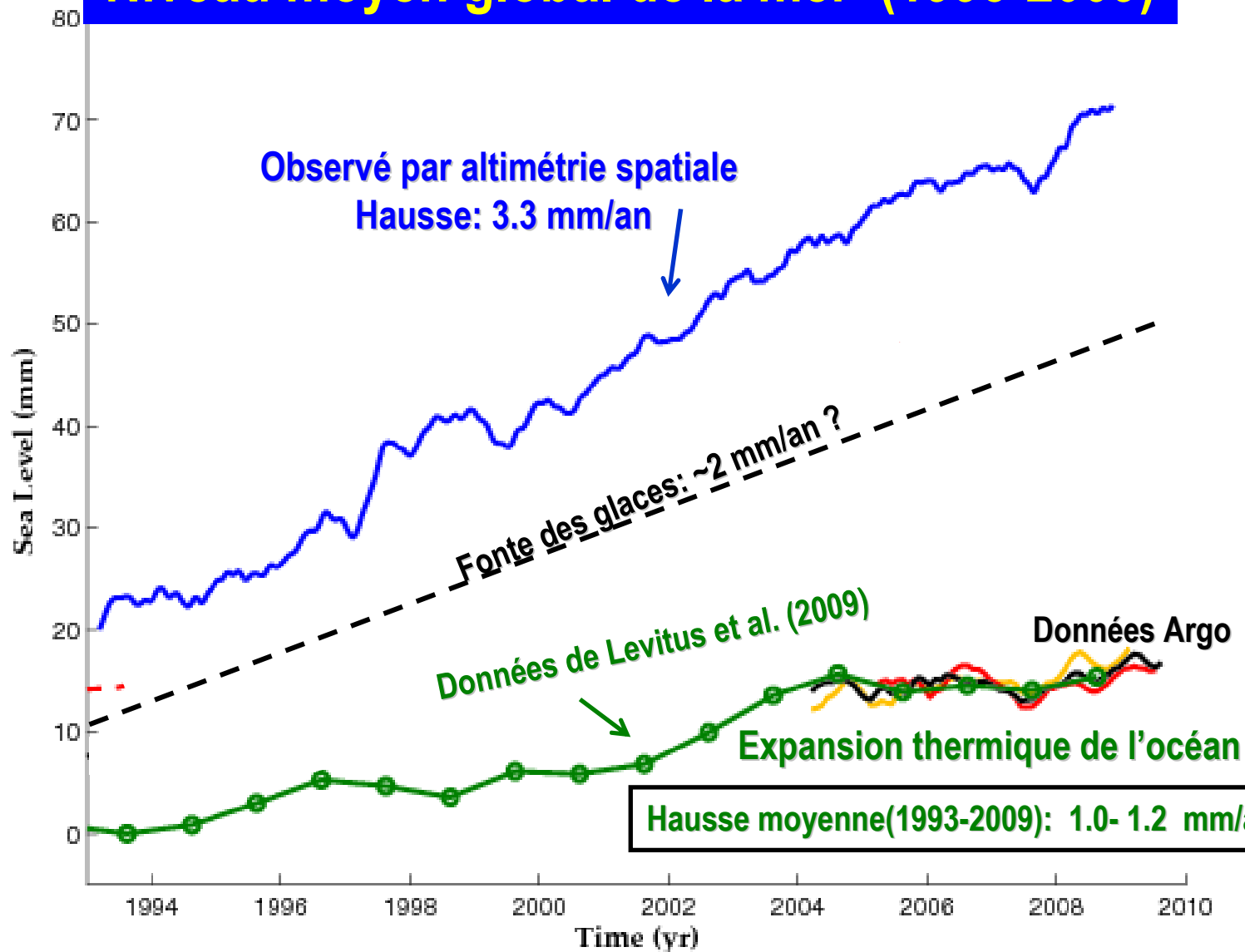
Bilan thermique du système climatique (50 dernières années)

Contenu thermique (10^{22} J)

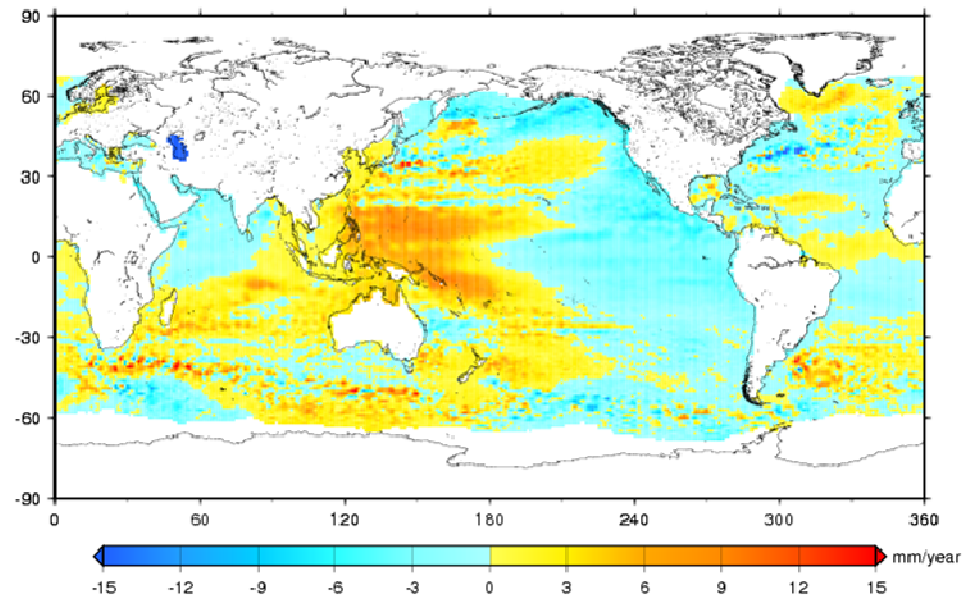


~ 80% de la chaleur
accumulée dans
le système climatique
depuis 50 ans
est contenue
dans l'océan

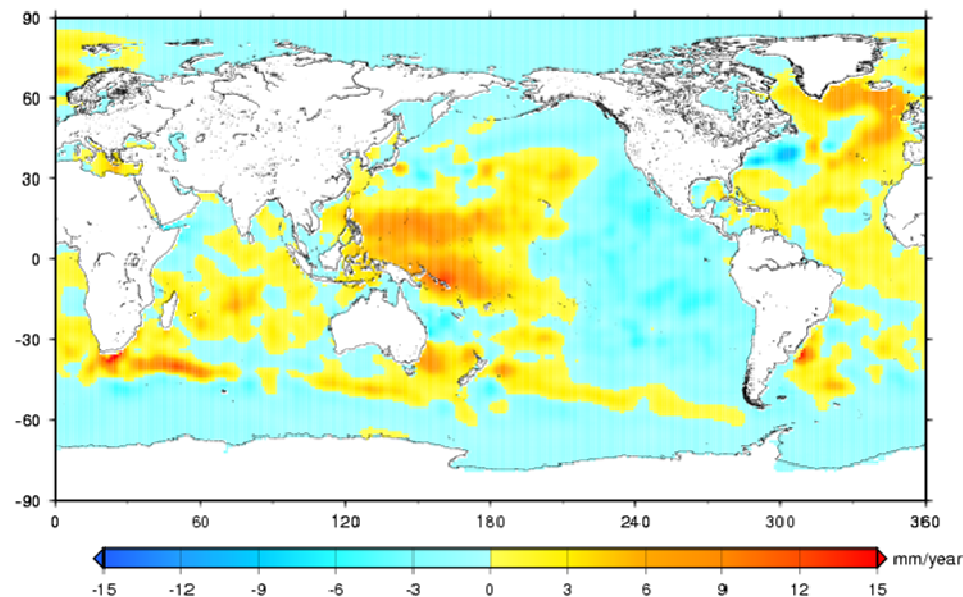
Niveau moyen global de la mer (1993-2009)



Variabilité régionale des vitesses de variation du niveau de la mer...(1993-2008)



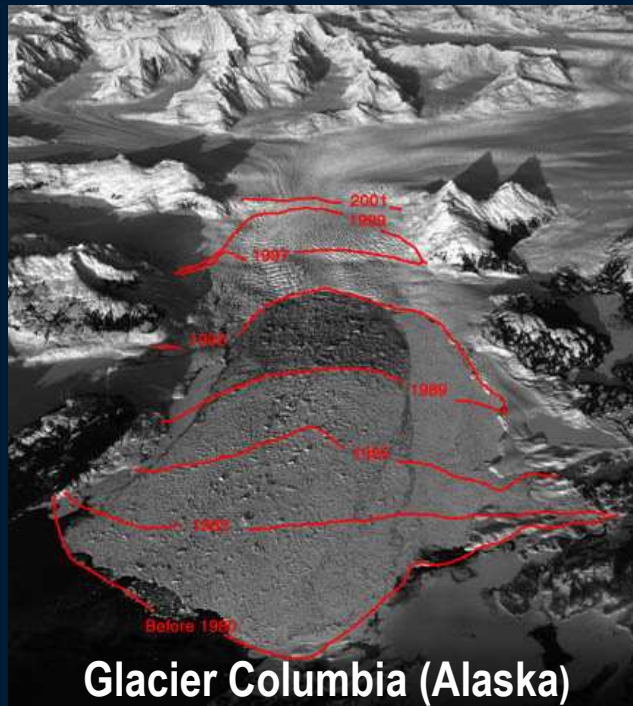
*Observations
-altimétrie spatiale-
(tendance uniforme
de 3.3 mm/an
retirée)*



*Variabilité régionale
de l'expansion thermique
(mesures in situ
de température de l'océan;
d'après Levitus et al. 2009)*

Source: LEGOS
Llovel et al (2010)

Effet de la fonte des glaces continentales sur le niveau de la mer?



Glacier Columbia (Alaska)

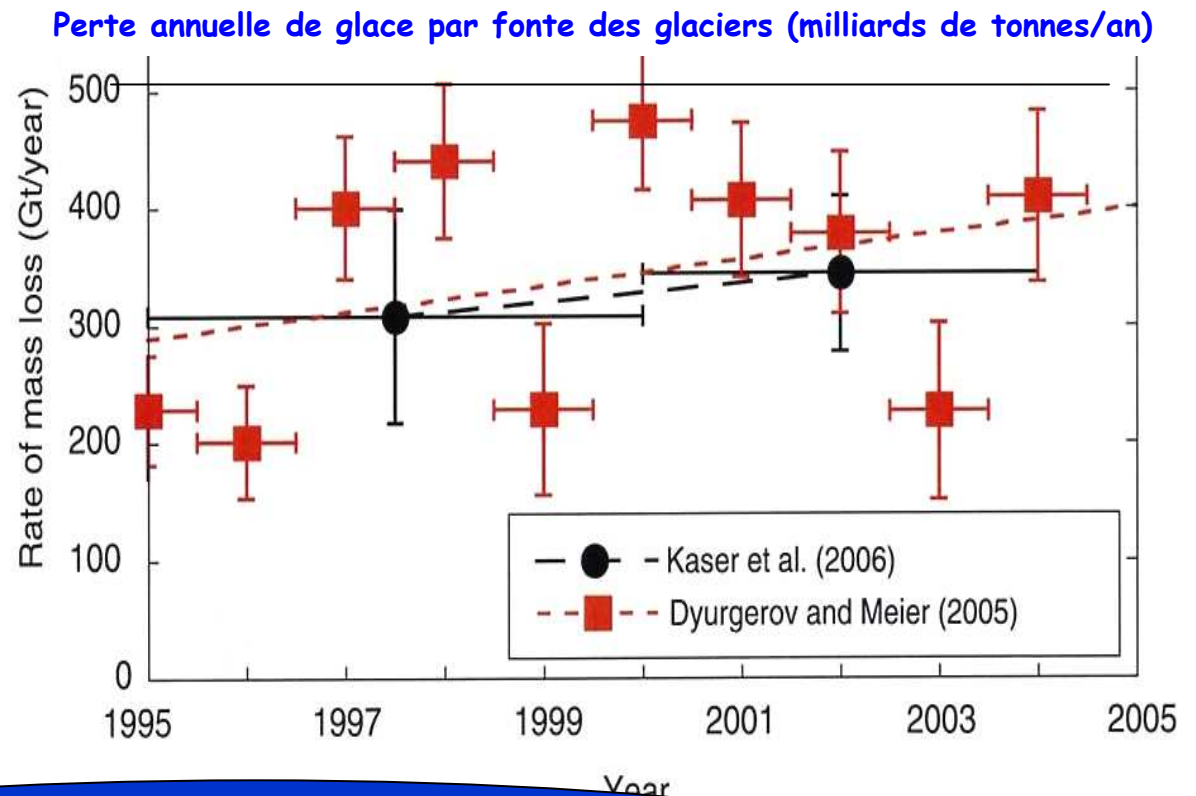


Antarctique



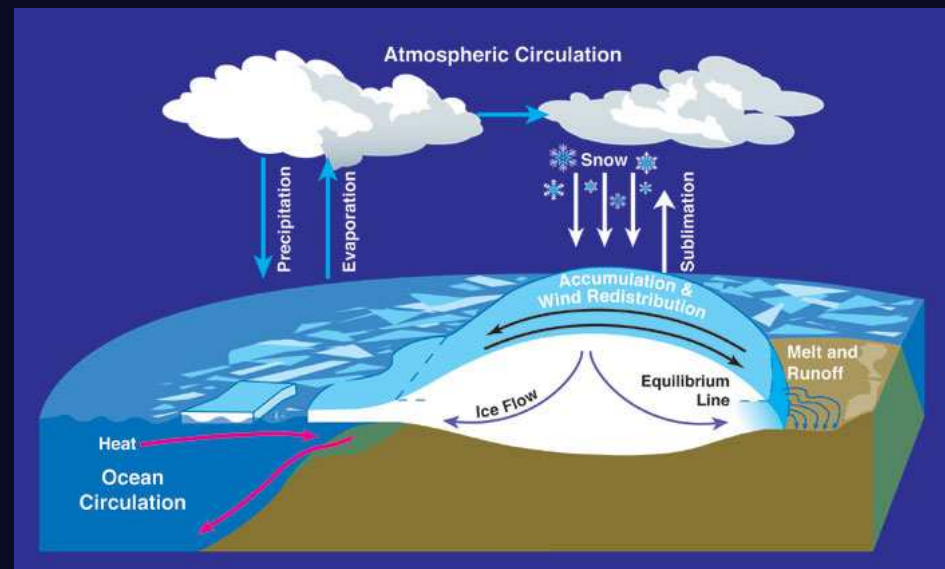
Groenland

Contribution de la fonte des glaciers à la hausse du niveau de la mer



Fonte des glaciers de montagne: ~ 300 milliards de tonnes par an
→ Hausse du niveau de la mer de ~0.8 mm par an
Depuis 2003 → accélération de la fonte

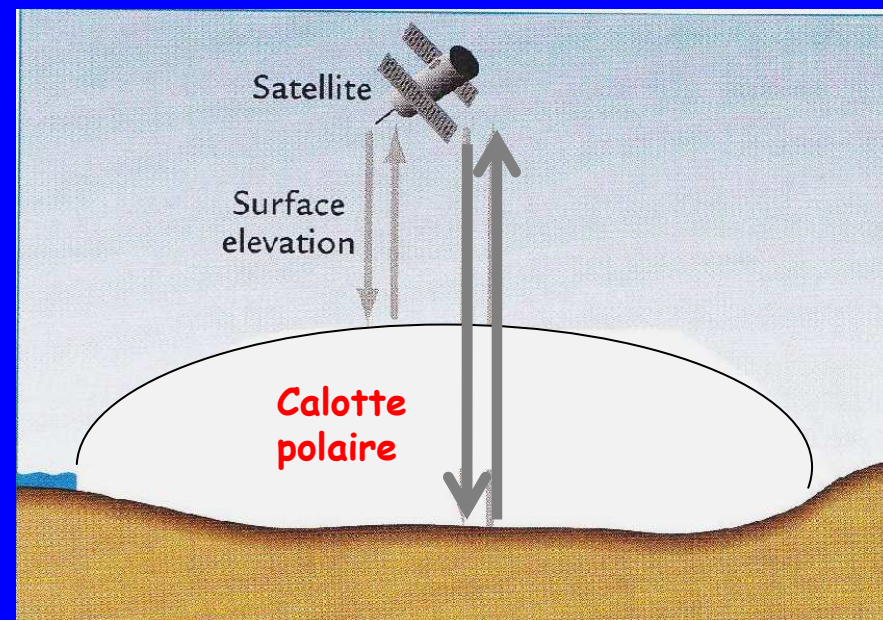
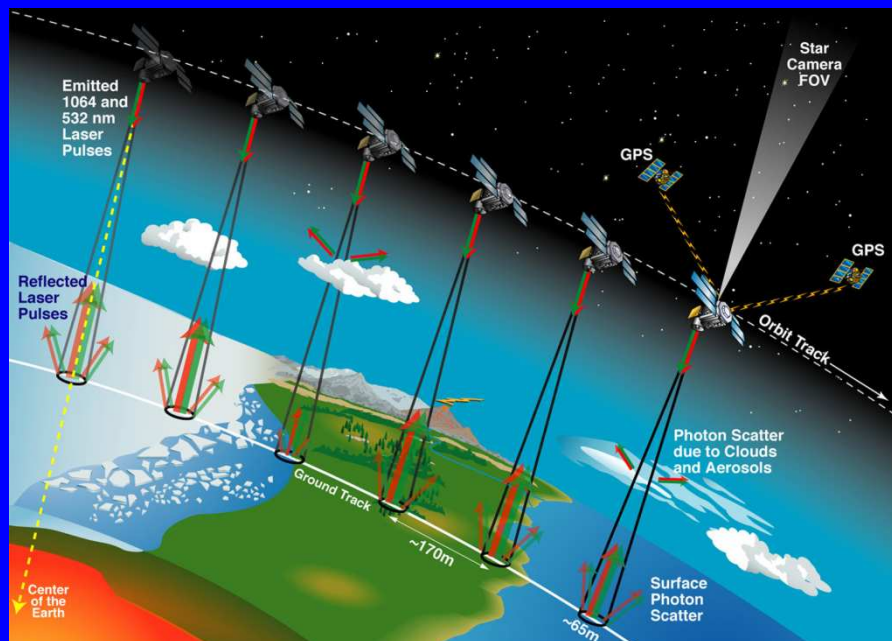
Calottes polaires



Bilan de masse?

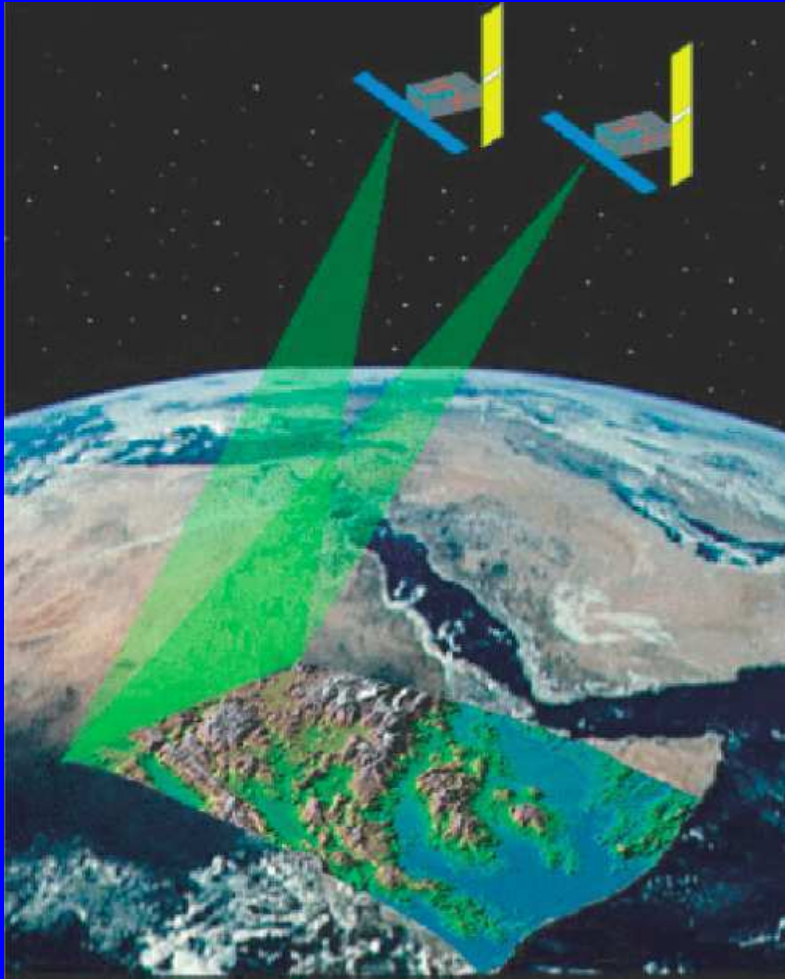


Altimétrie Radar et Laser

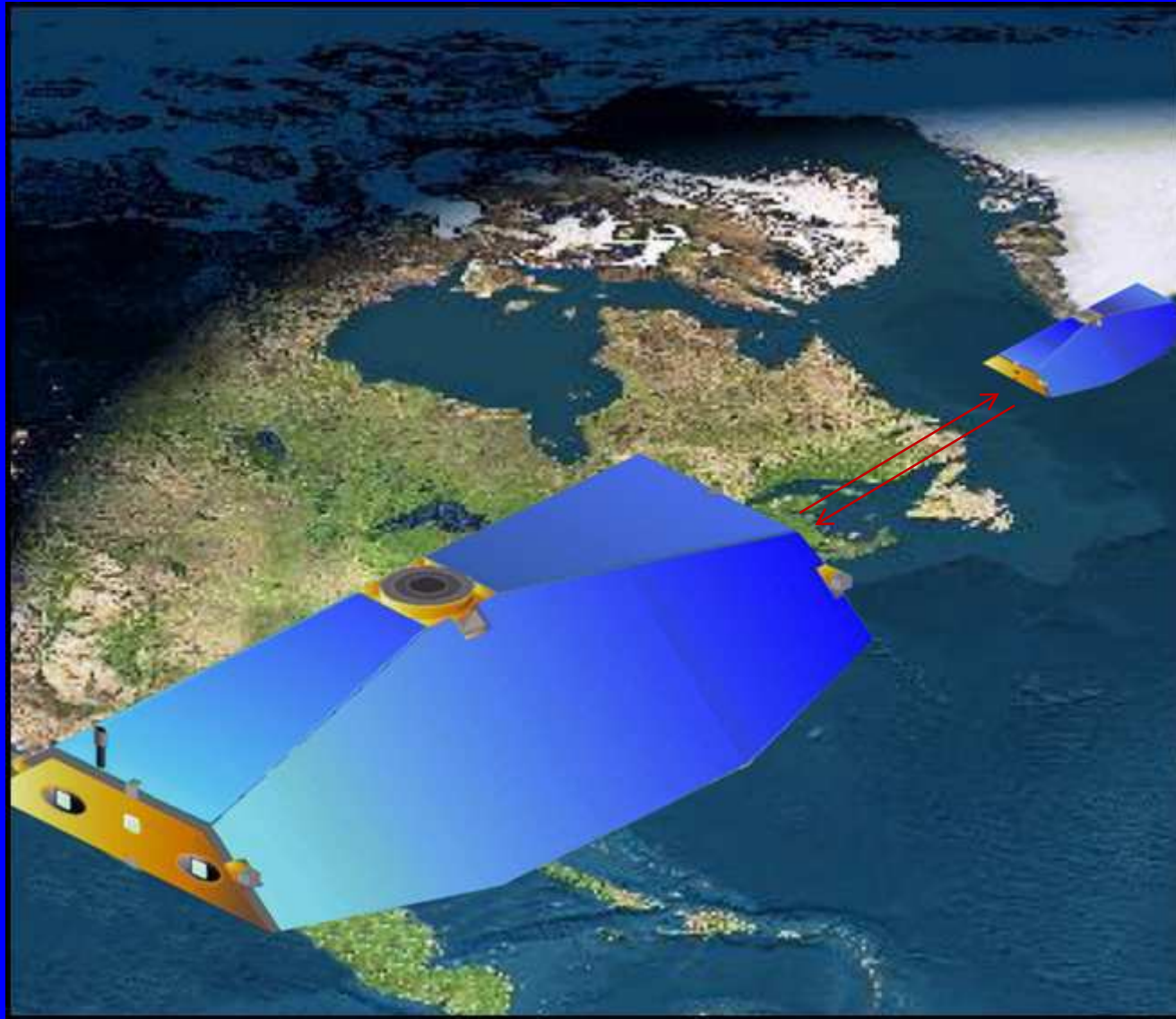


➔ Variation de l'altitude de la calotte

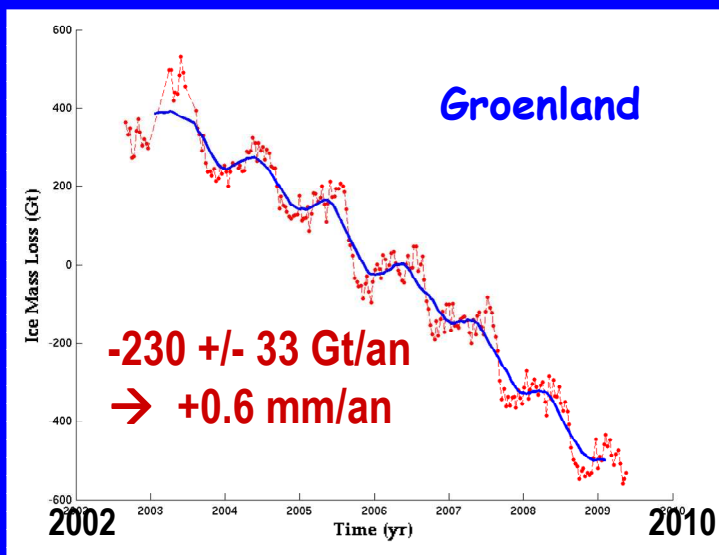
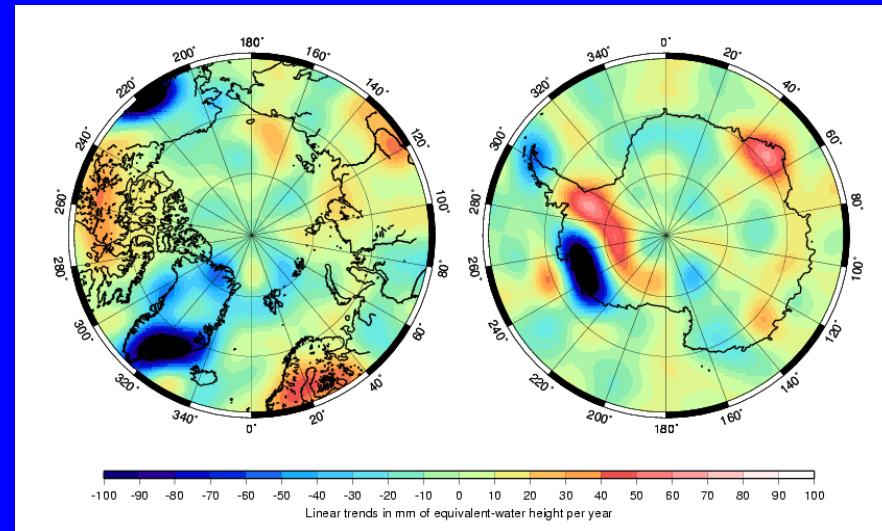
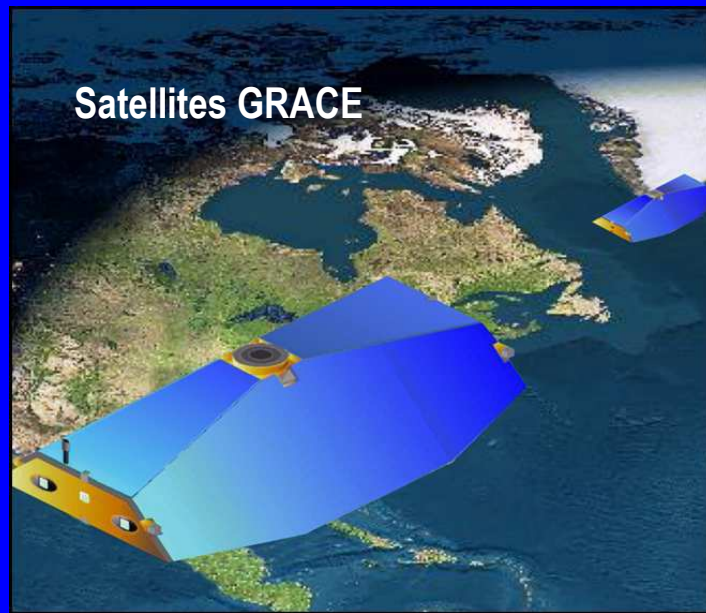
Interférométrie Radar



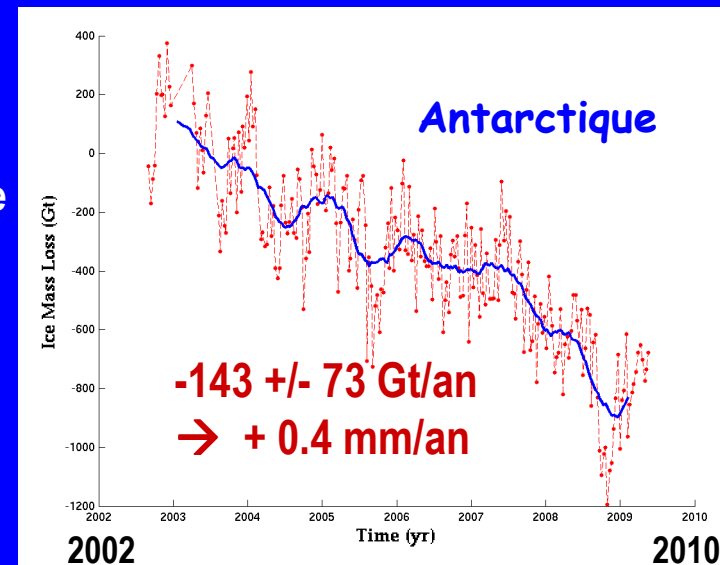
Gravimétrie spatiale: mission GRACE (2002-) → redistribution des masses



GRACE mesure la diminution des glaces du Groenland et de l'Antarctique

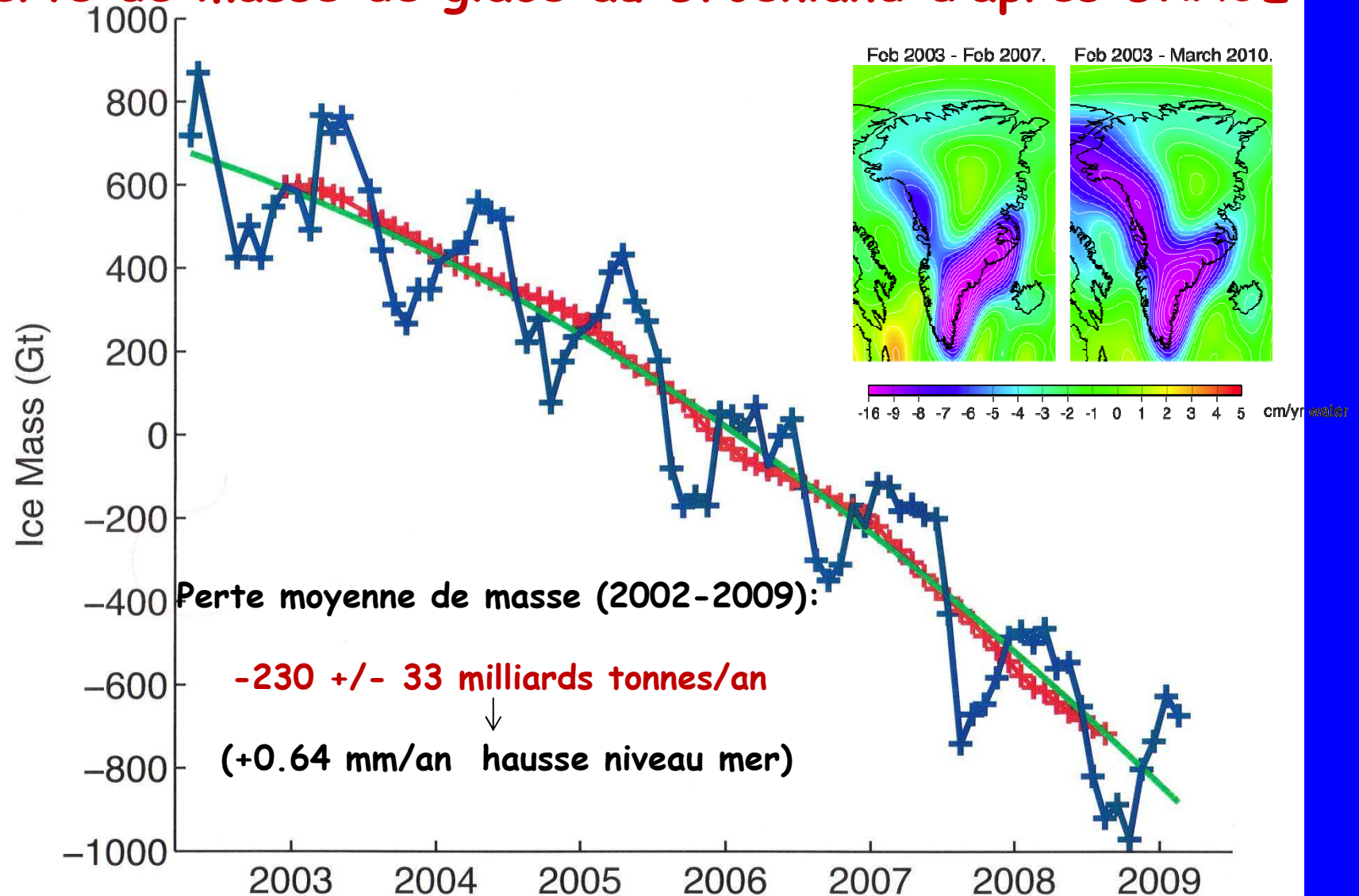


Perte de masse
depuis 2002

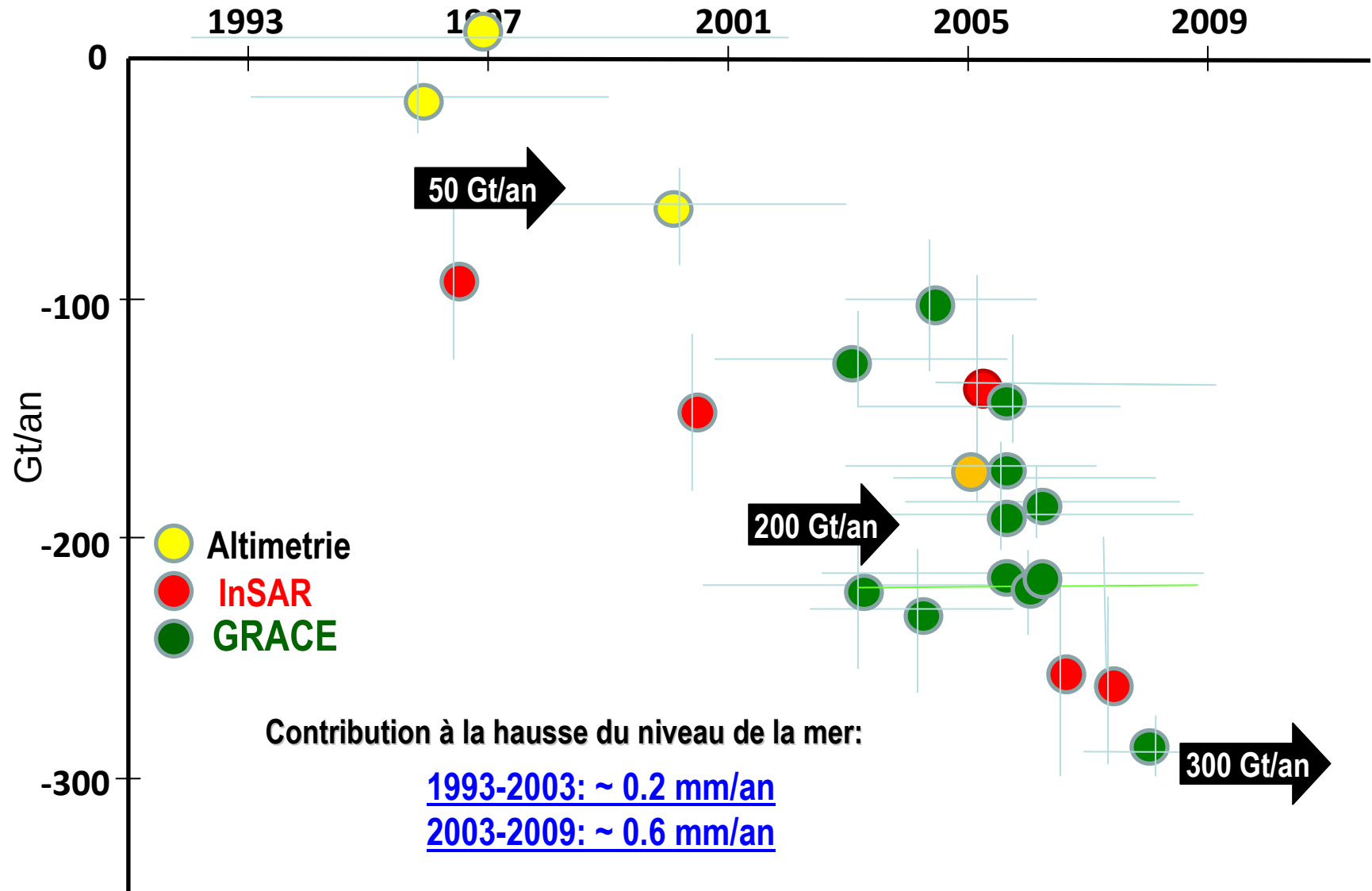


Source: I. Velicogna (GRL, 2009)

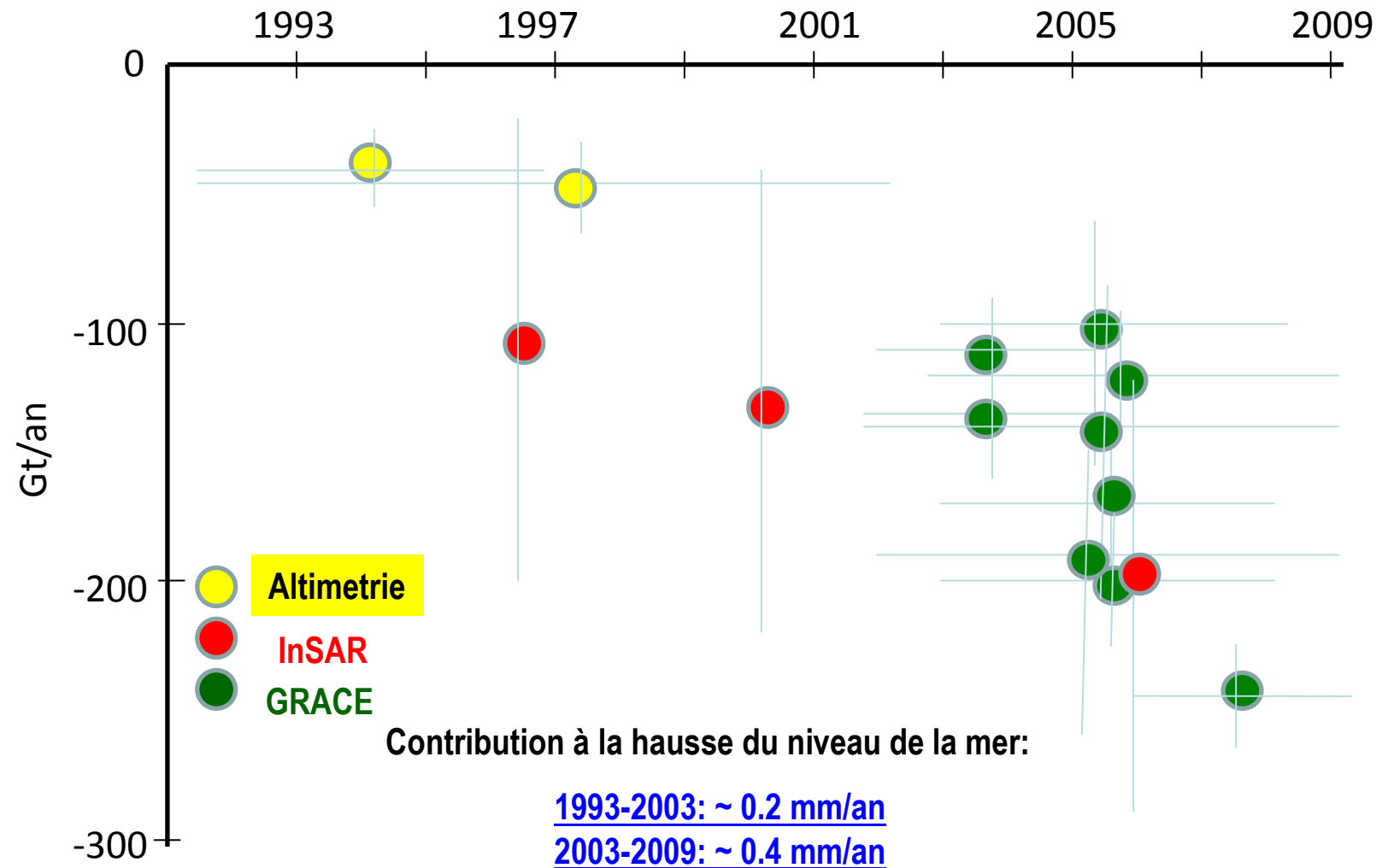
Perte de masse de glace au Groenland d'après GRACE



Perte annuelle de masse de glace au Groenland



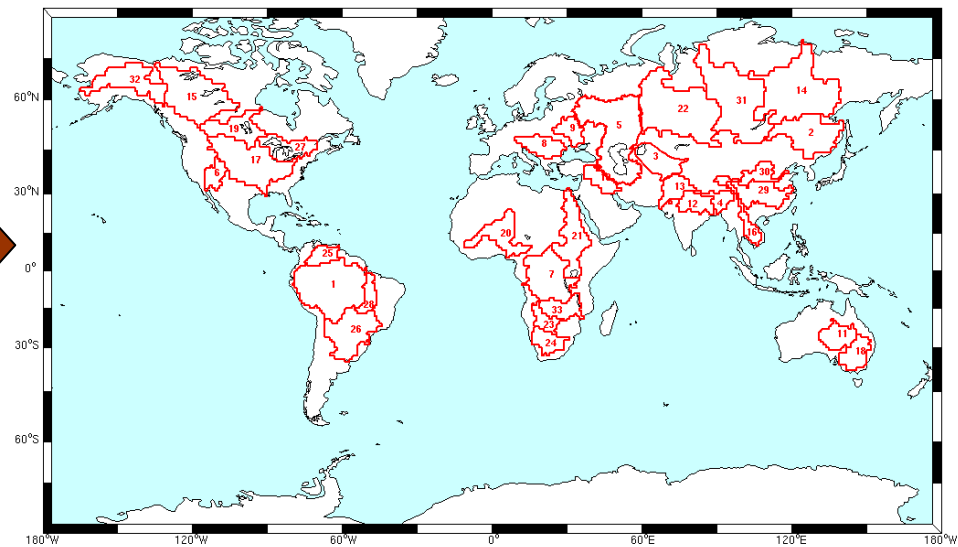
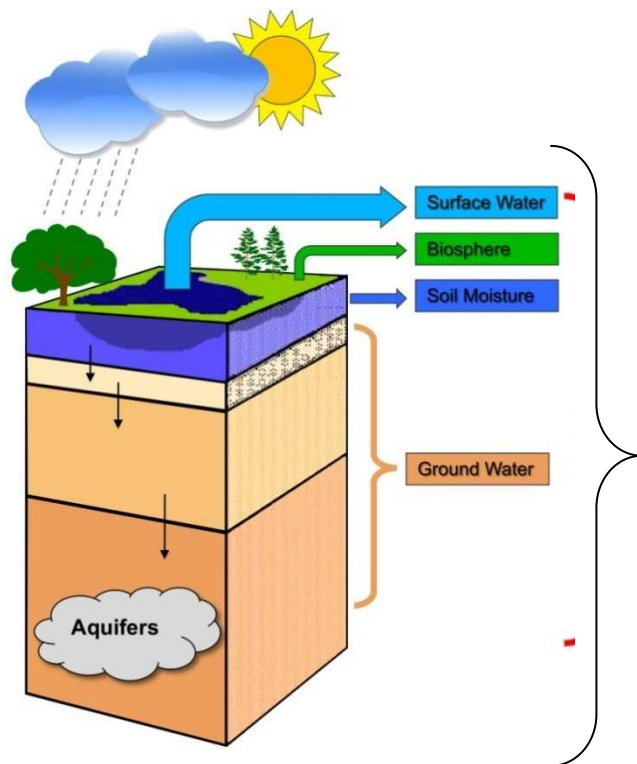
Perte annuelle de masse de glace en Antarctique



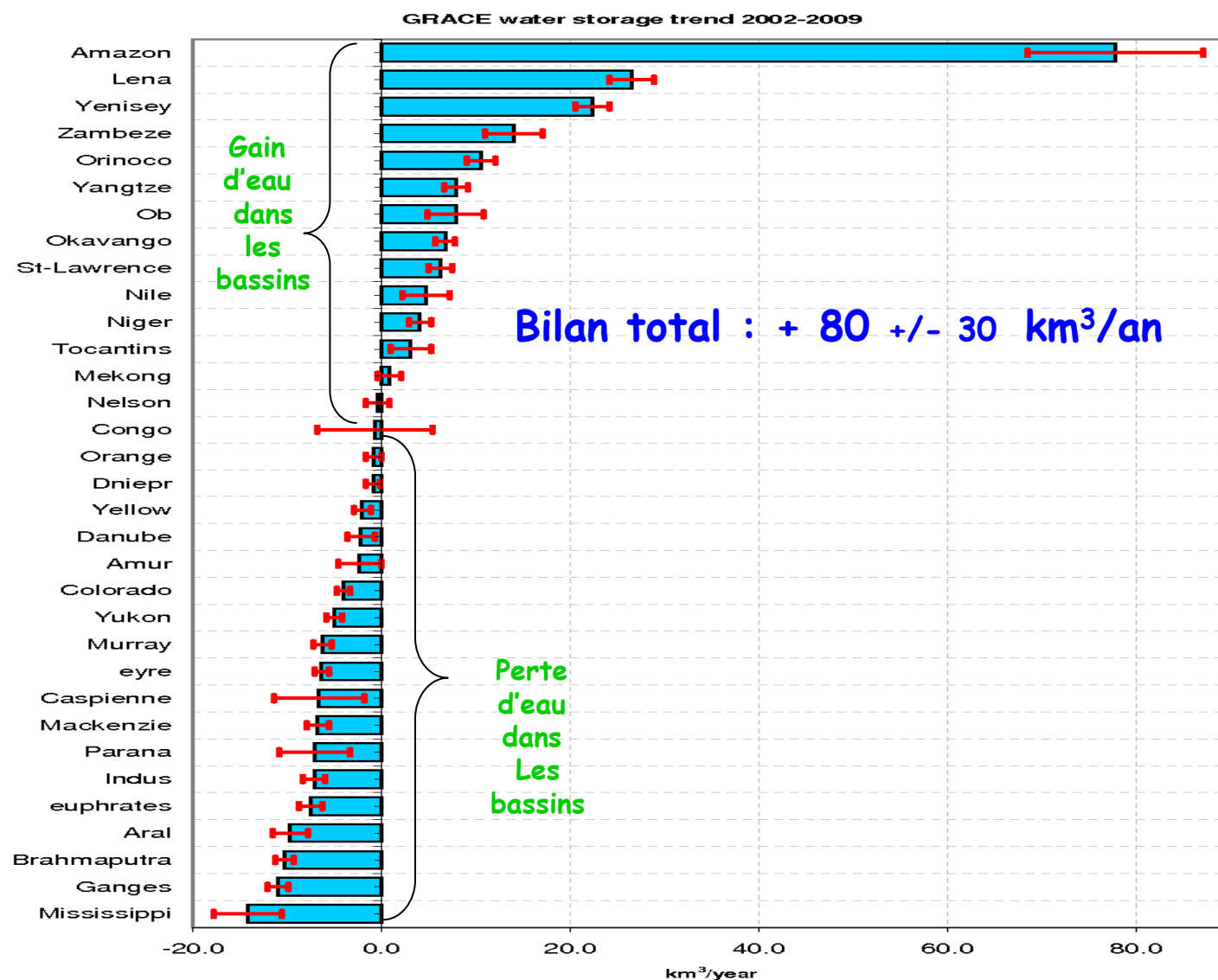


Cycle de l'eau

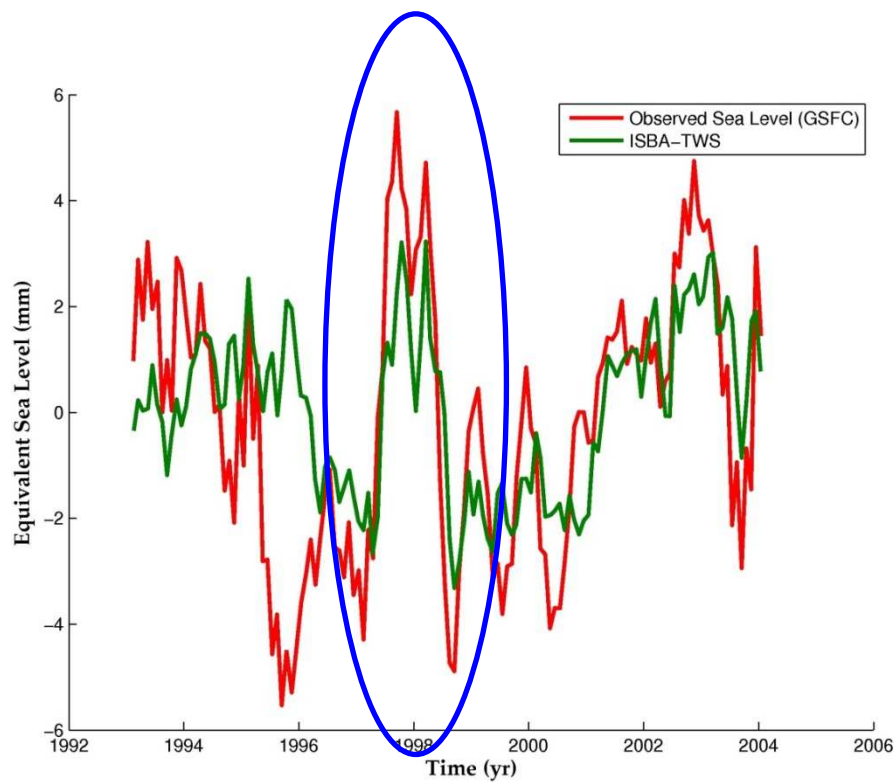
Variations du volume d'eau
dans les bassins fluviaux
d'après GRACE
(2002-2009)



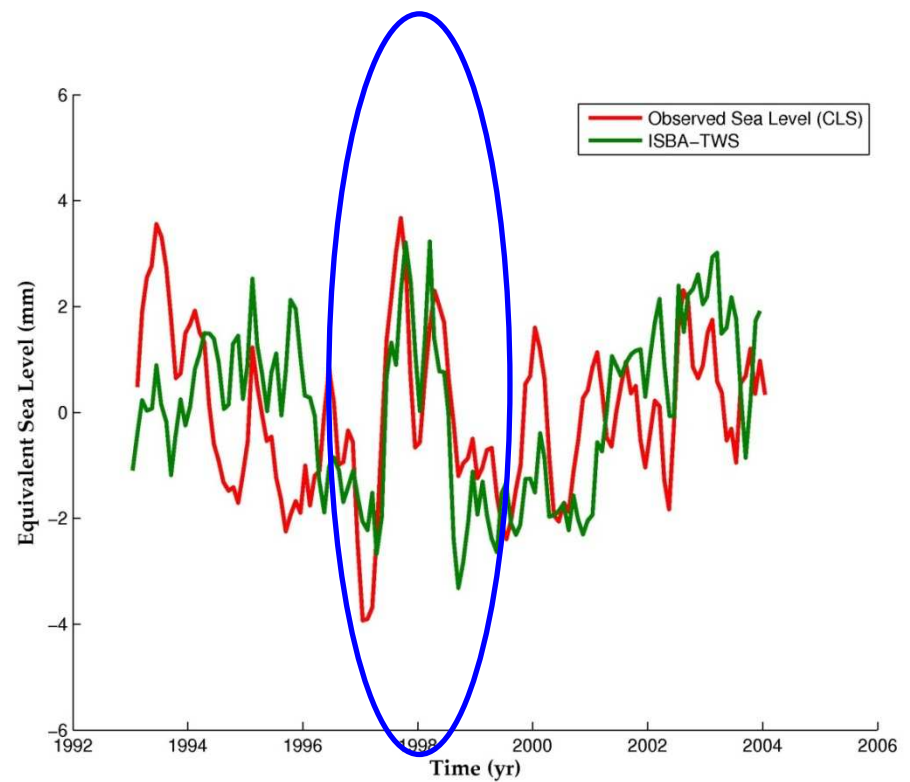
Variation du volume d'eau dans les grands bassins fluviaux d'après GRACE (km³/an) 2002-2009



Detrended global mean sea level
Land water storage from the ISBA-TRIP model

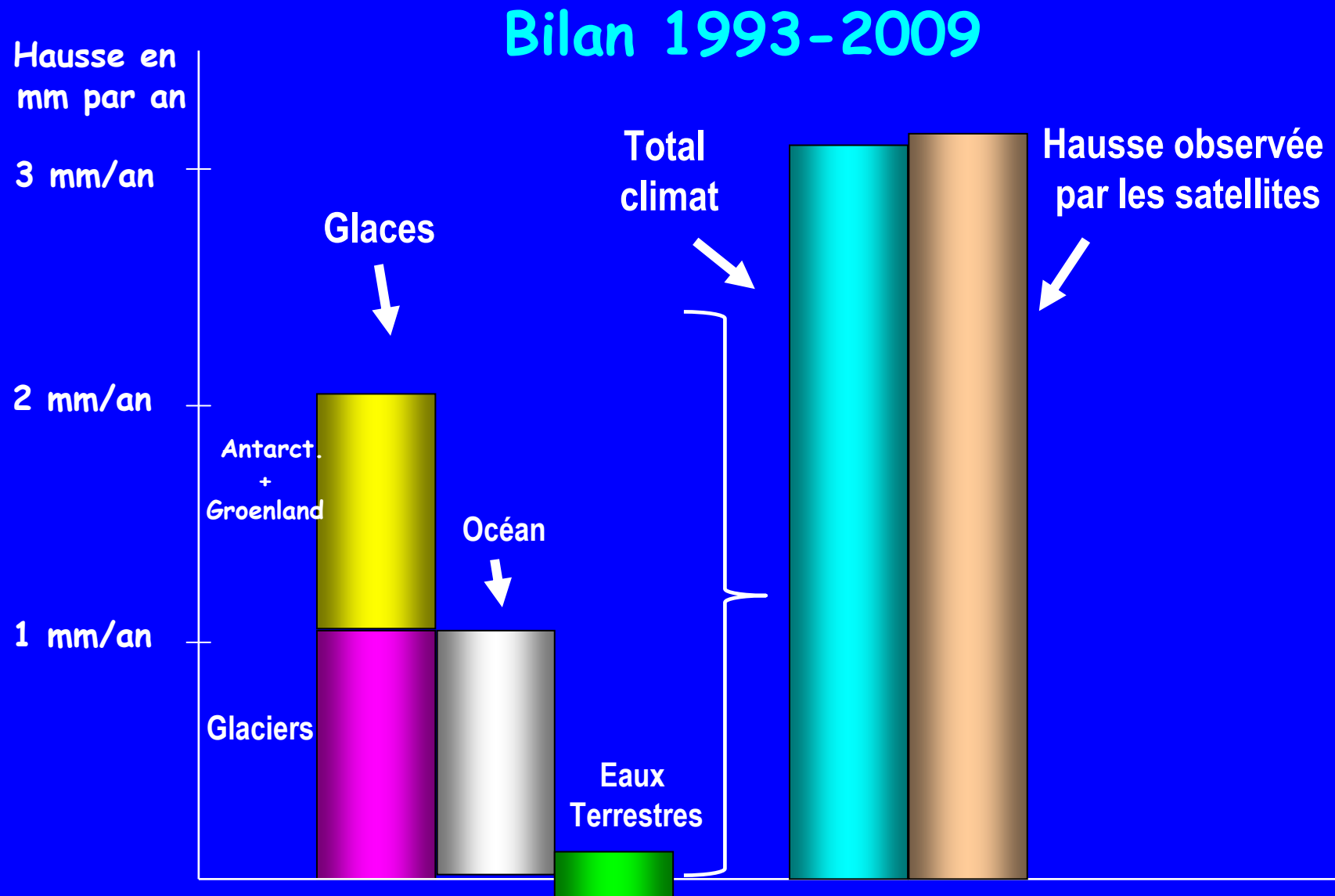


Sea level data from GSFC
(Beckley et al.)



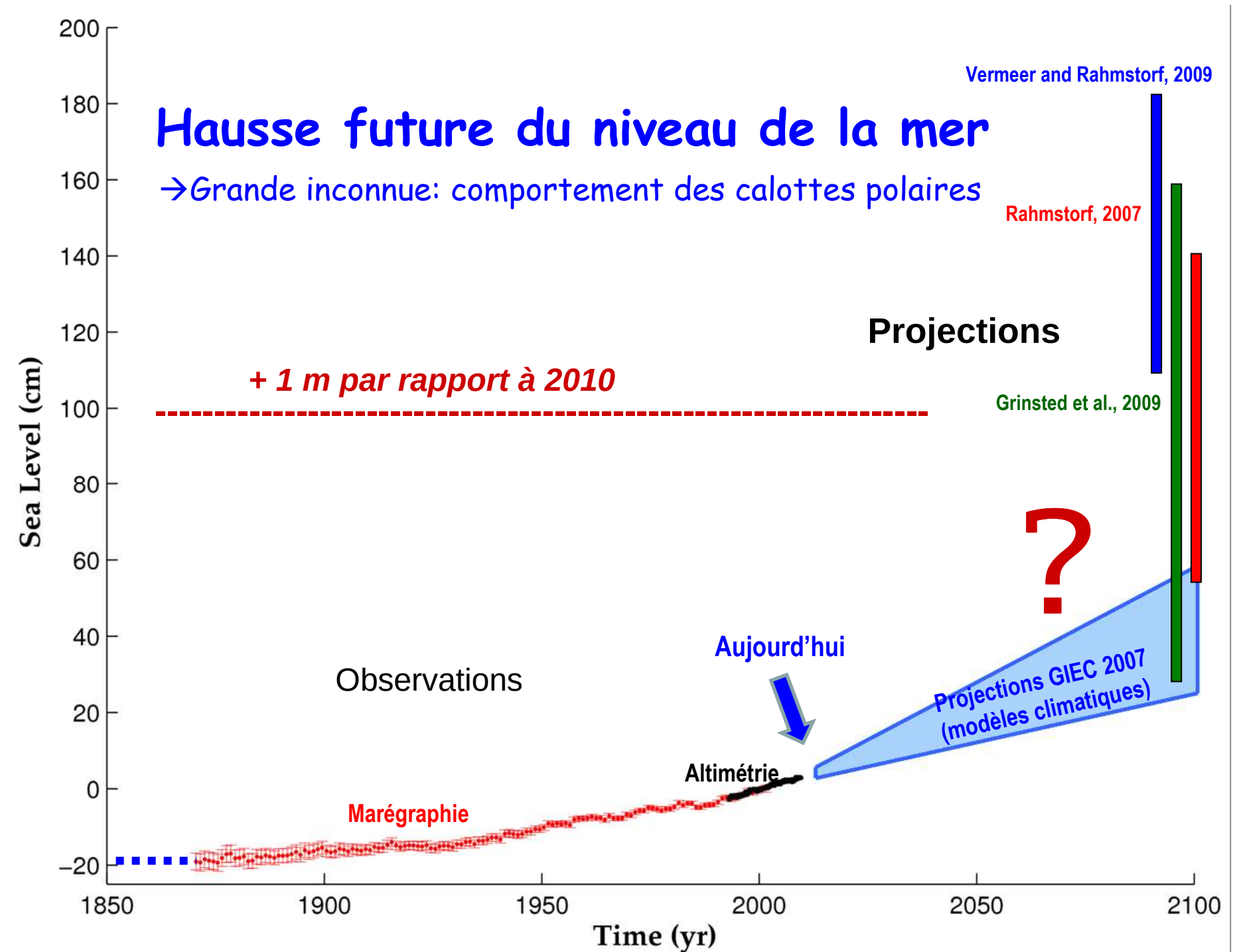
Sea level data from CLS
(Ablain et al.)

Observation du niveau 'absolu' de la mer par altimétrie spatiale et estimation des contributions climatiques





Et pour les prochaines décennies?...





Merci de votre attention