

*LES ENREGISTREMENTS RECIFEAUX
DES VARIATIONS
DU NIVEAU DE LA MER*

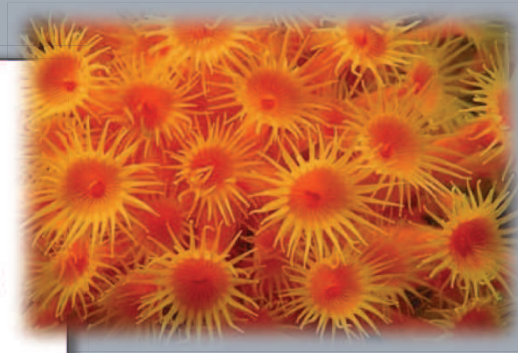
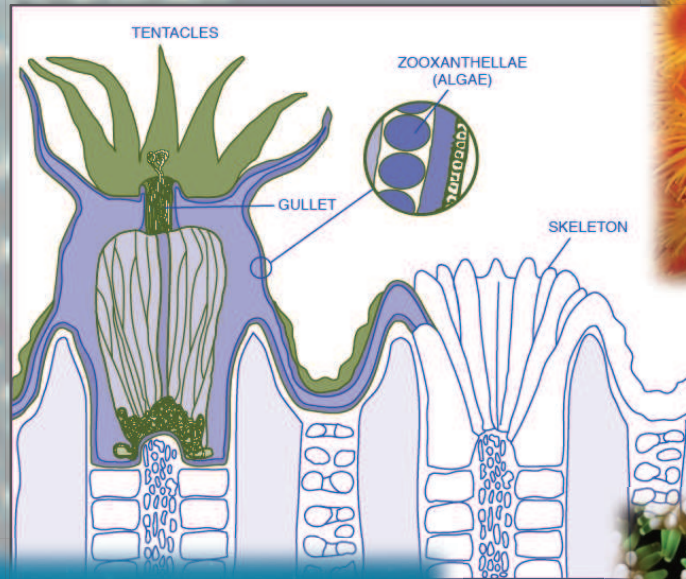
Gilbert CAMOIN

CEREGE, Aix en Provence

camoin@cerege.fr



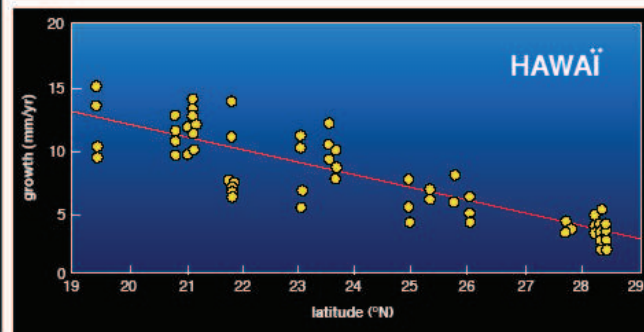
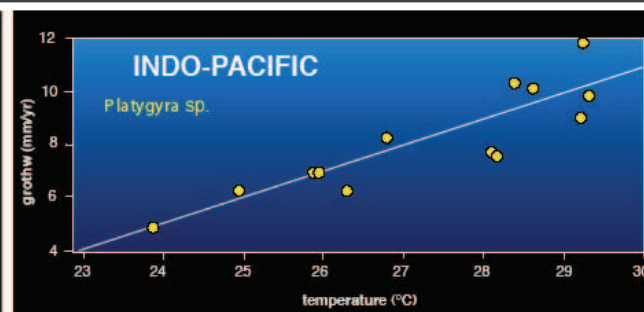
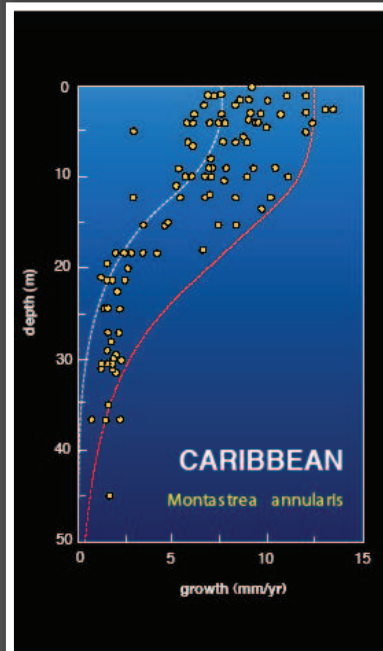
Les récifs coralliens, entités biologiques



Les colonies de coraux sont des animaux qui, associés à des végétaux, forment des minéraux

Les coraux ont des exigences écologiques strictes

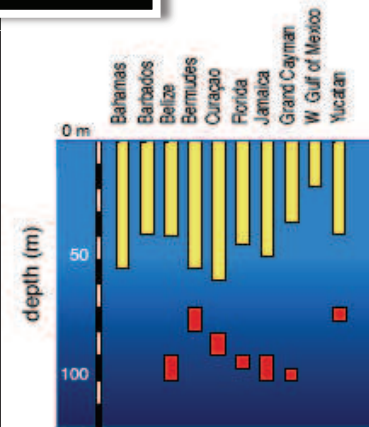
Entités biologiques



✓ Profondeur: < 50 m

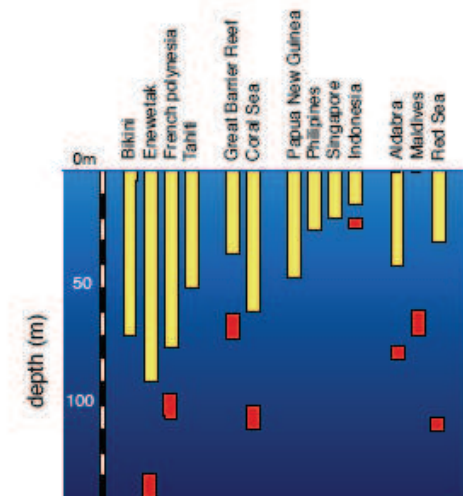
✓ Température des eaux : 18 - 35°C

- ✓ Régime trophique oligotrophe
- ✓ Salinité océanique normale : 35-36‰
- ✓ Eaux claires, oxygénées à faiblement turbides
- ✓ Mode hydrodynamique calme à battu



CARIBBEAN

Active coral growth



INDO-PACIFIC

Maximal depth occurrence of hermatypic corals

Distribution bathymétrique des colonies coralliennes

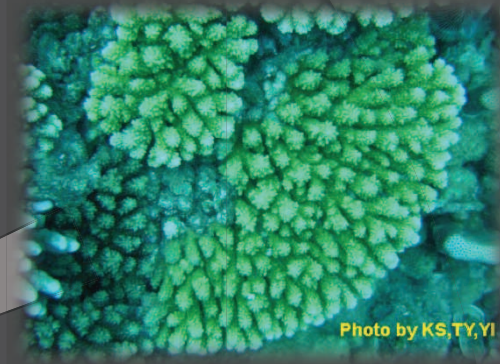
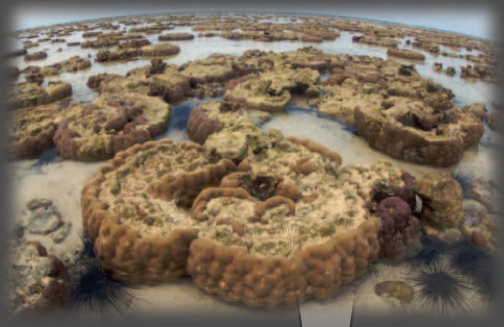
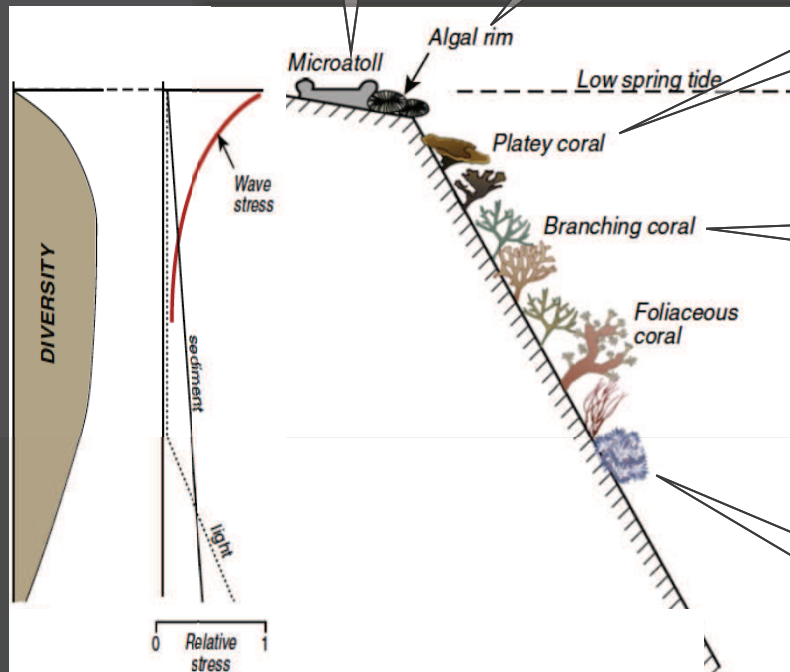
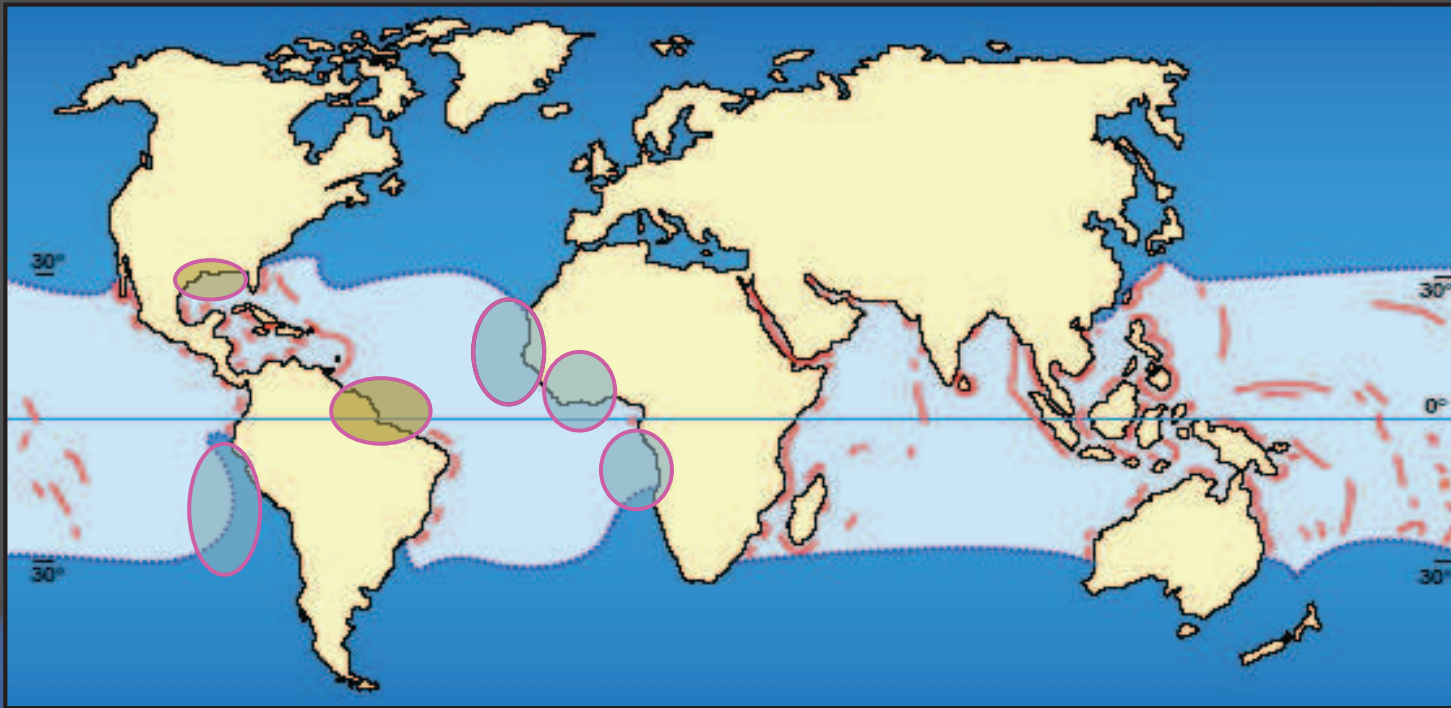


Photo by KS, TY, YI



Distribution géographique des récifs coralliens



- ✓ **Domaine intertropical de trois océans (29° N. et 31° 30' S)**
- ✓ **Distribution globale limitée par t° minimale moyenne de ~18°C**
 - 300.000 km² (< 0,1 % du domaine maritime Mondial)
 - > 30% de la biomasse totale et environ 50% des volumes de carbonates du milieu océanique
- ✓ **Interactions complexes entre les récifs coralliens, la chimie de l'océan, le cycle des carbonates, le cycle du carbone et le climat global**

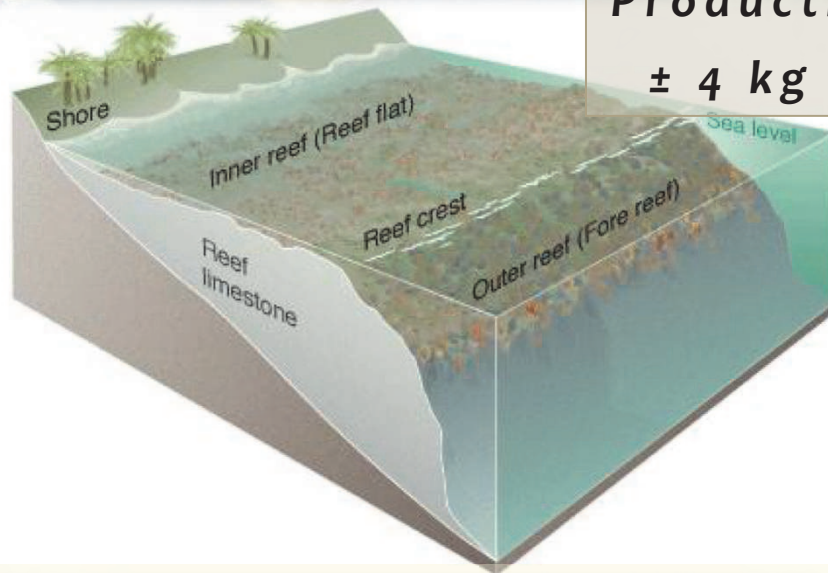
Les récifs coralliens, entités géologiques

Croissance récifale =

+ CaCO_3 (production biologique, apports sédimentaires, cimentation)

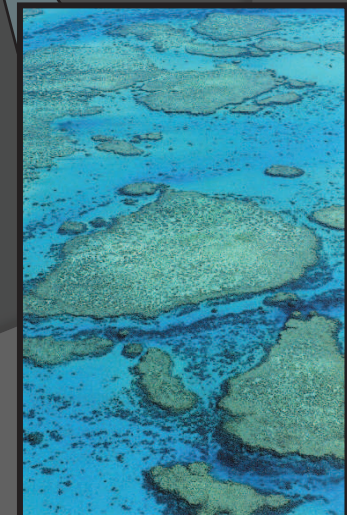
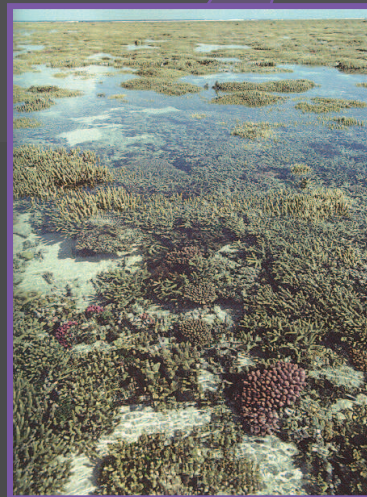
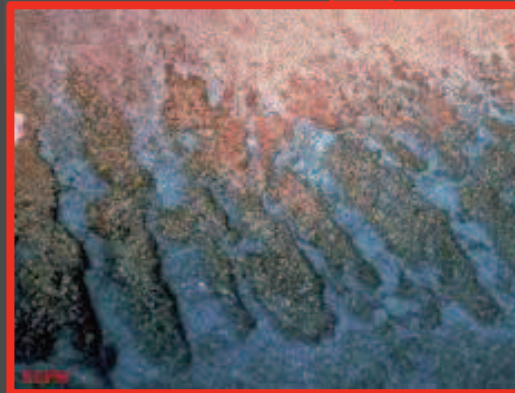
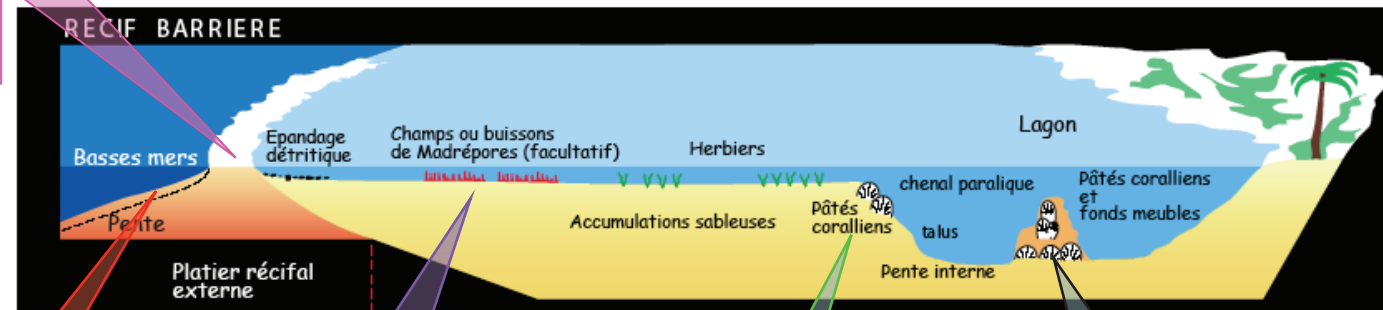
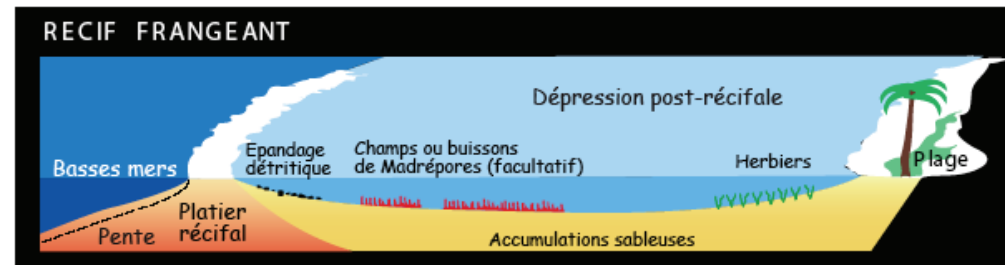
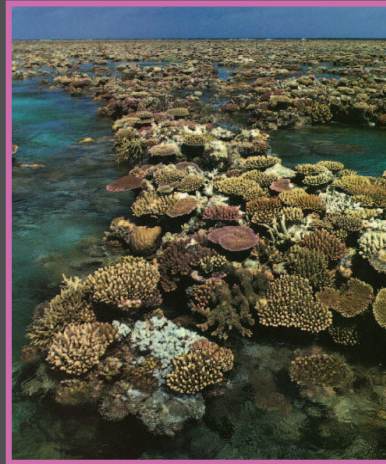
- CaCO_3 (bioérosion, érosion mécanique, exportation de sédiments, dissolution)

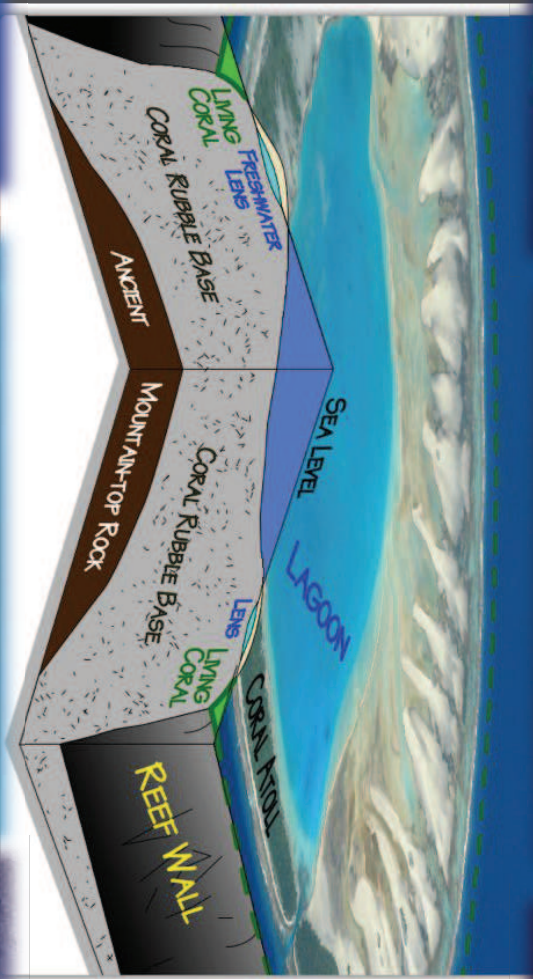
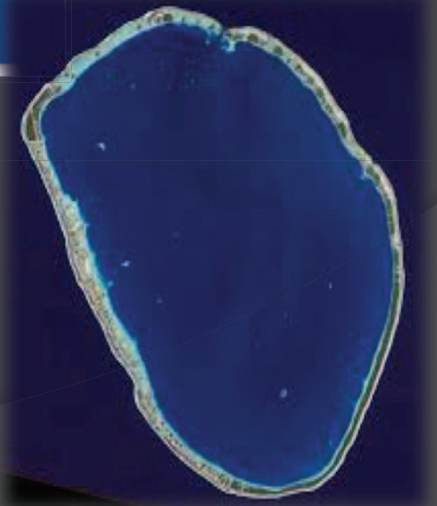
**Production de CaCO_3 =
 $\pm 4 \text{ kg CaCO}_3/\text{m}^2/\text{an}$**



Les récifs coralliens bâtissent leur environnement

Récifs frangeants et récifs barrières





Atolls

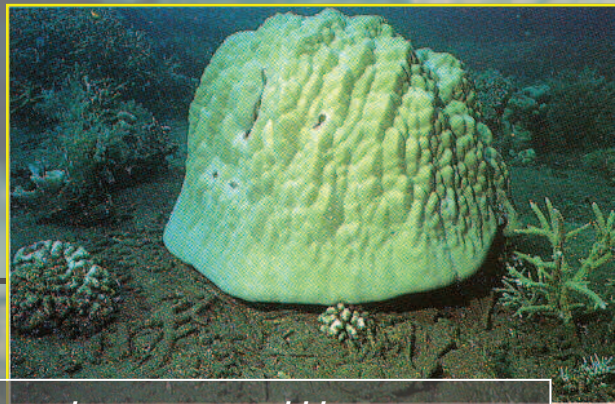


Les récifs coralliens, archives climatiques

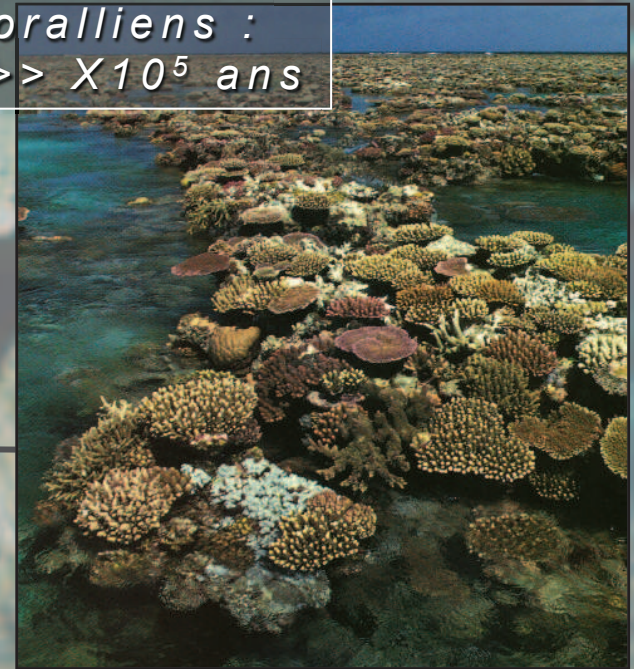
> *Excellents enregistreurs à haute résolution de facteurs climatiques à différentes échelles spatio-temporelles*

Récifs coralliens :
 $X10^3$ ans >> $X10^5$ ans

Echelles de temps



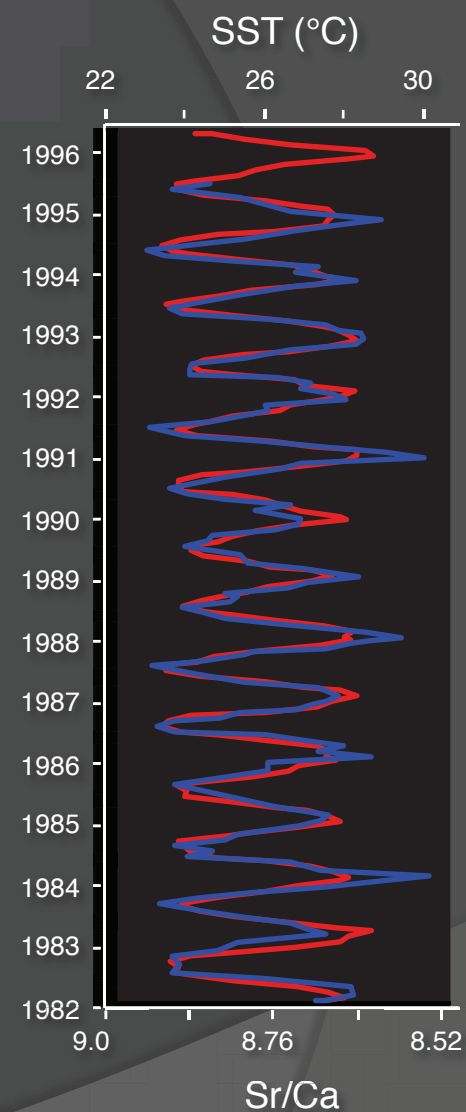
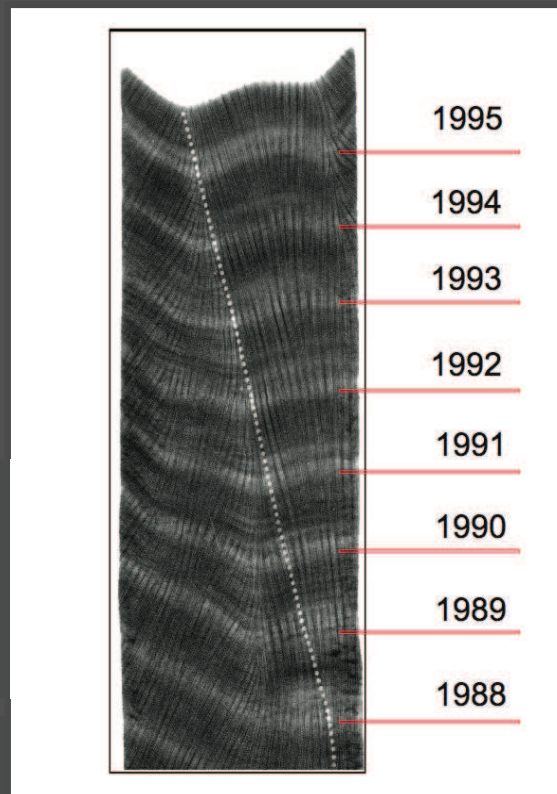
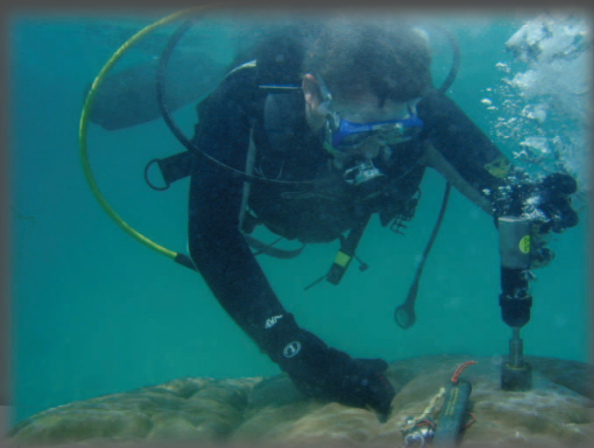
Colonies coralliennes :
>> $X10^2$ ans



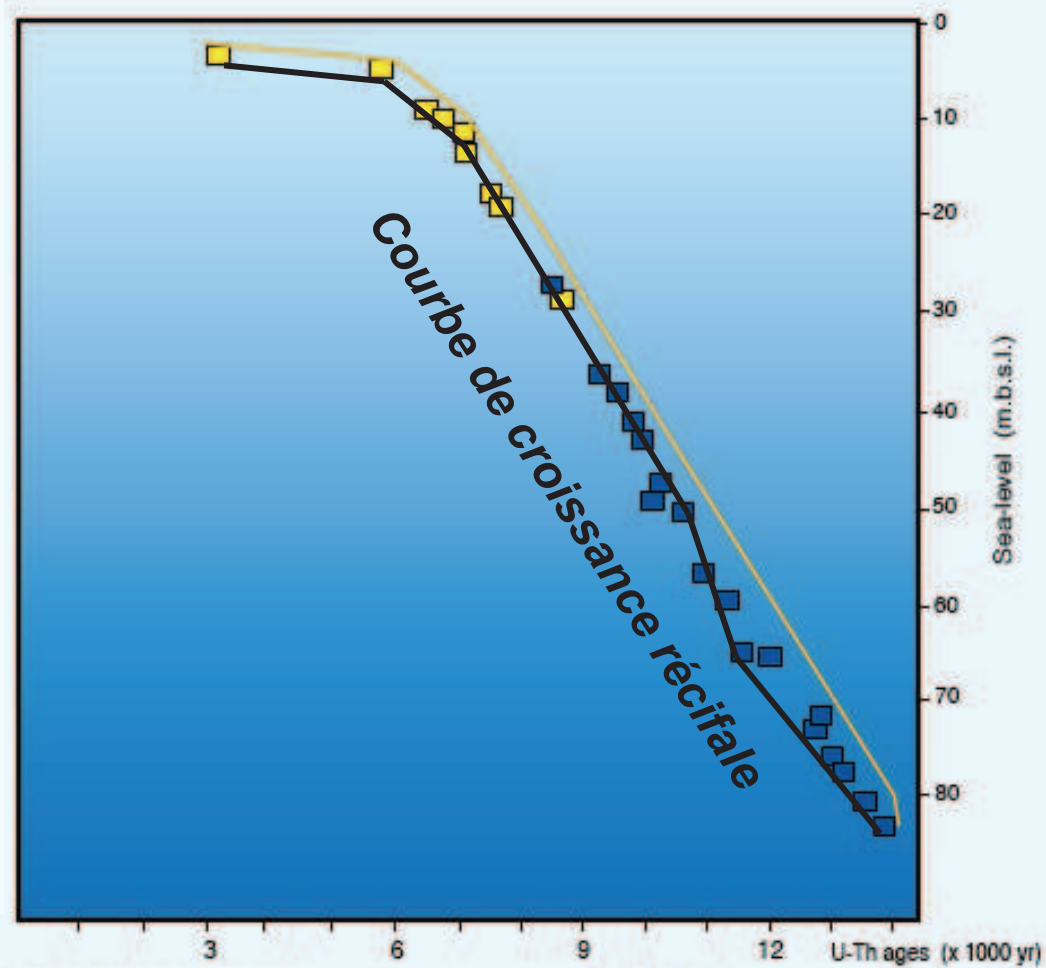
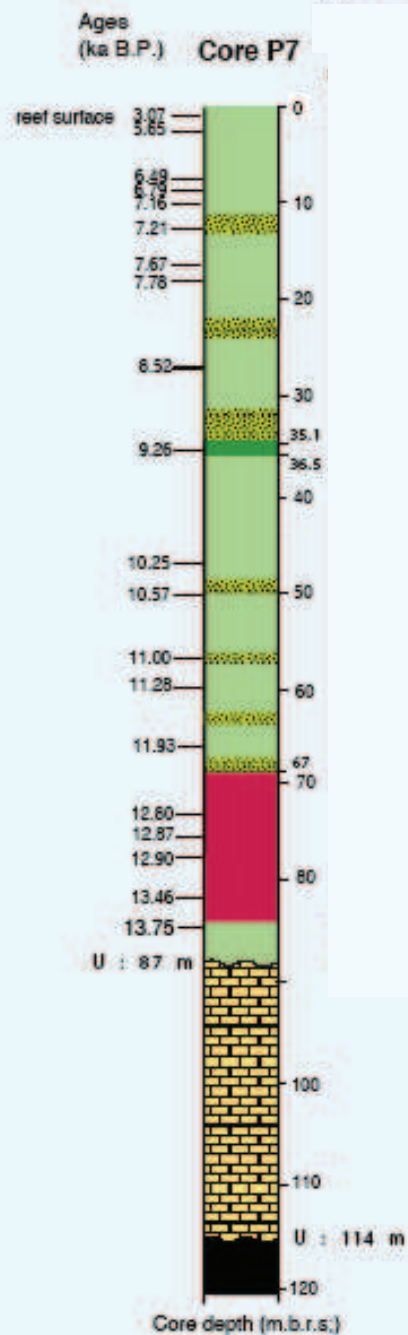
- ✓ Paramètres environnementaux et climatiques
(température, salinité, pH des eaux de surface)
- ✓ Niveau marin

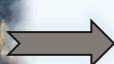


- ✓ Températures des eaux de surface
- ✓ Salinités des eaux de surface



- ✓ Résolution saisonnière
- ✓ Enregistrement continu sur plusieurs décennies / siècles
- ✓ Détection d'événements climatiques (ENSO, NAO etc.)

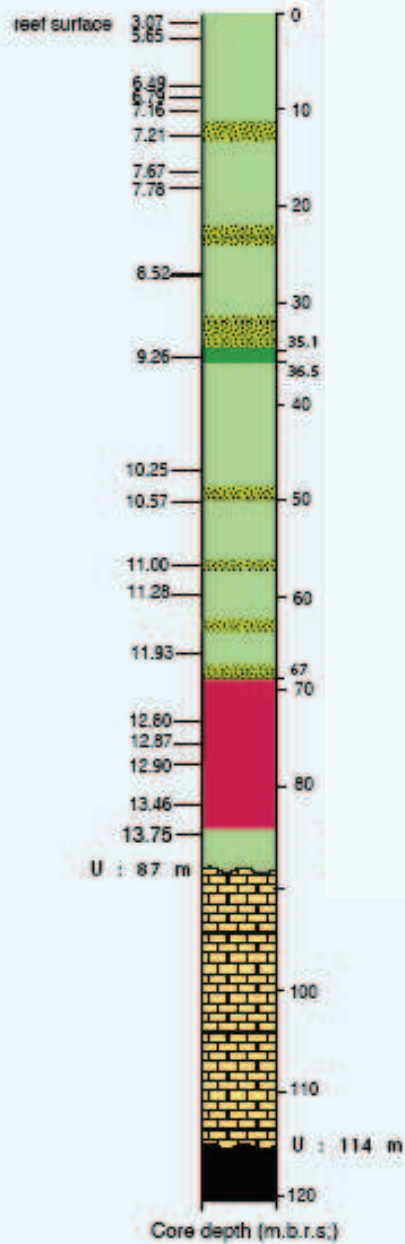




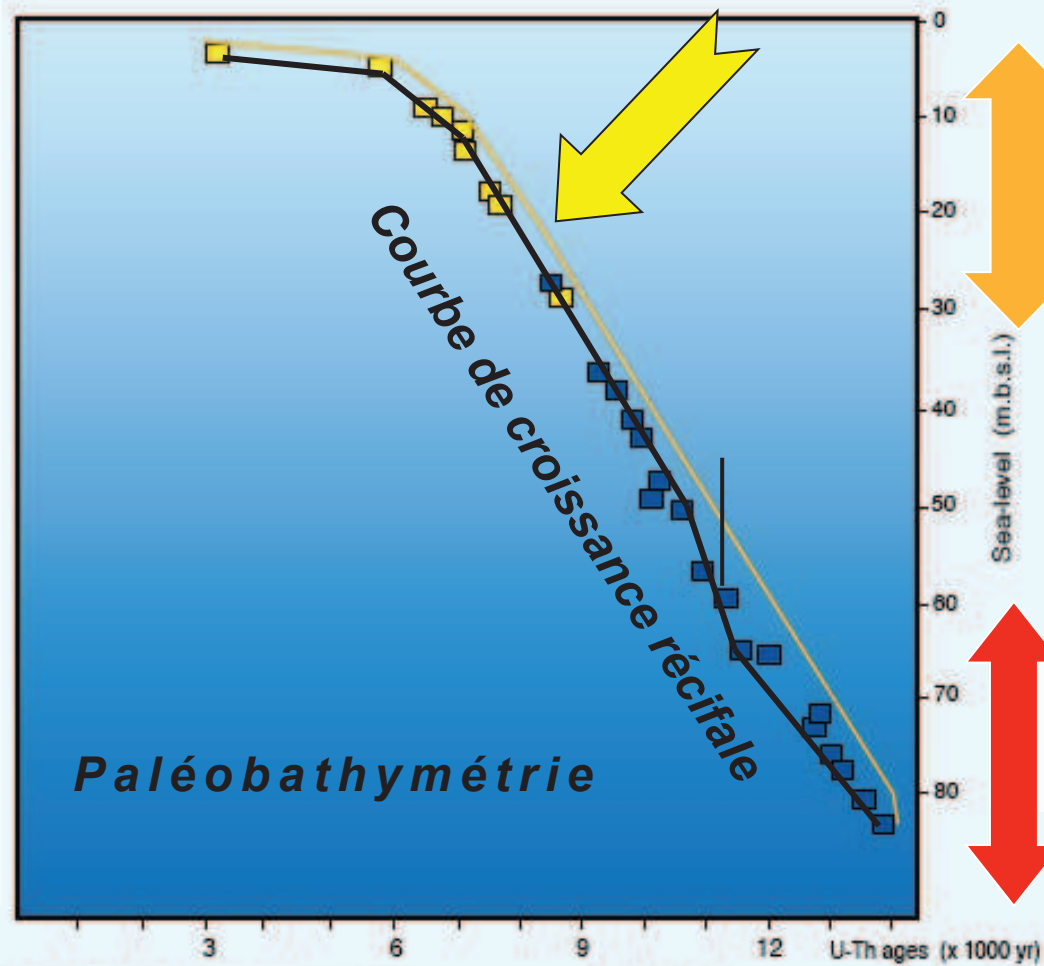
Paléo-profondeurs



Ages
(ka B.P.) Core P7



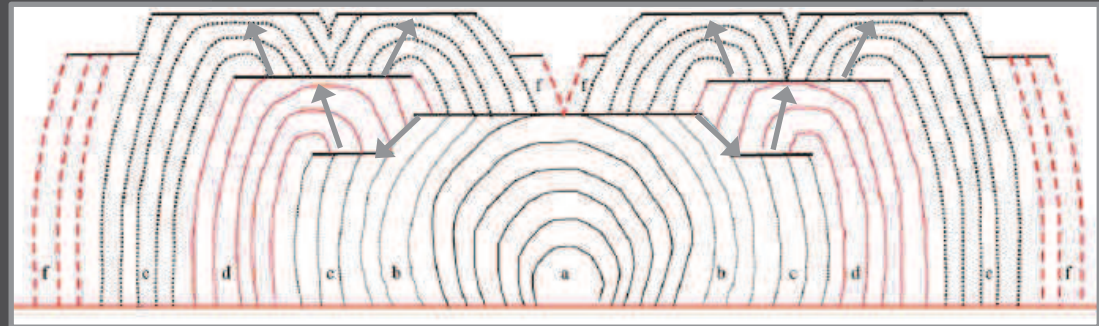
Courbe du niveau marin reconstituée



→ Datations absolues (U/Th, ^{14}C)

→ Paléo-profondeurs

Les microatolls : des marégraphes naturels



Yu et al. (2009) (d'après Woodroffe and McLean, 1990)

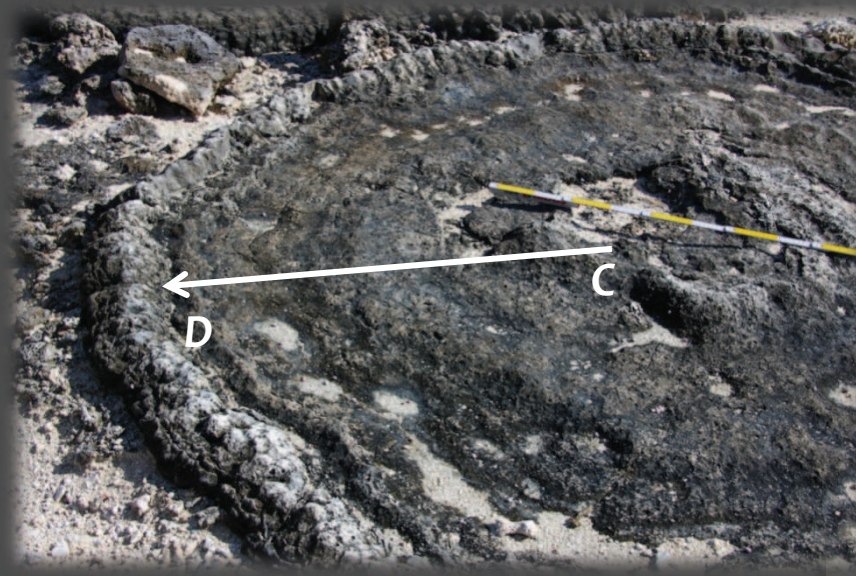
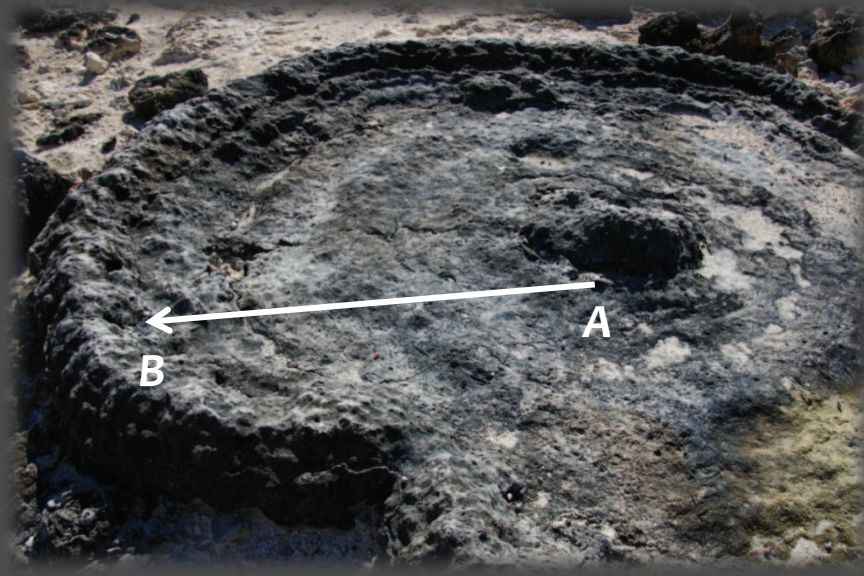
Hausse du n.m.



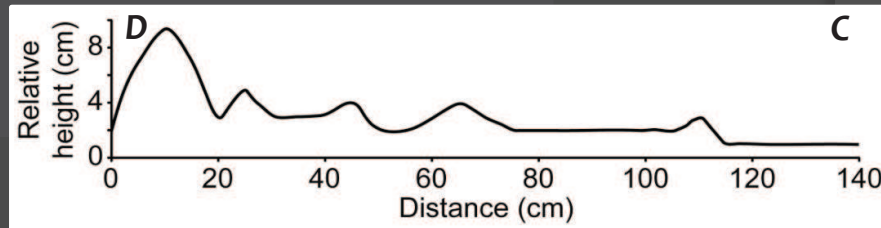
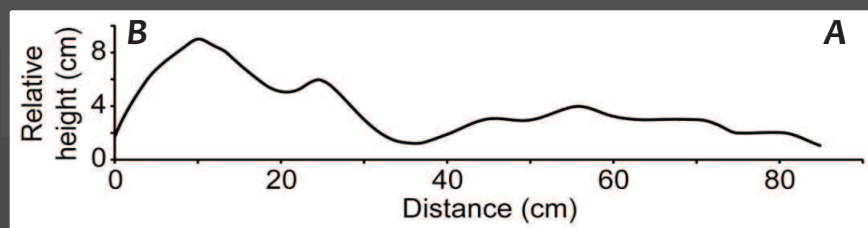
Baisse du n.m.



Les microatolls : enregistreurs des oscillations du niveau marin à haute fréquence



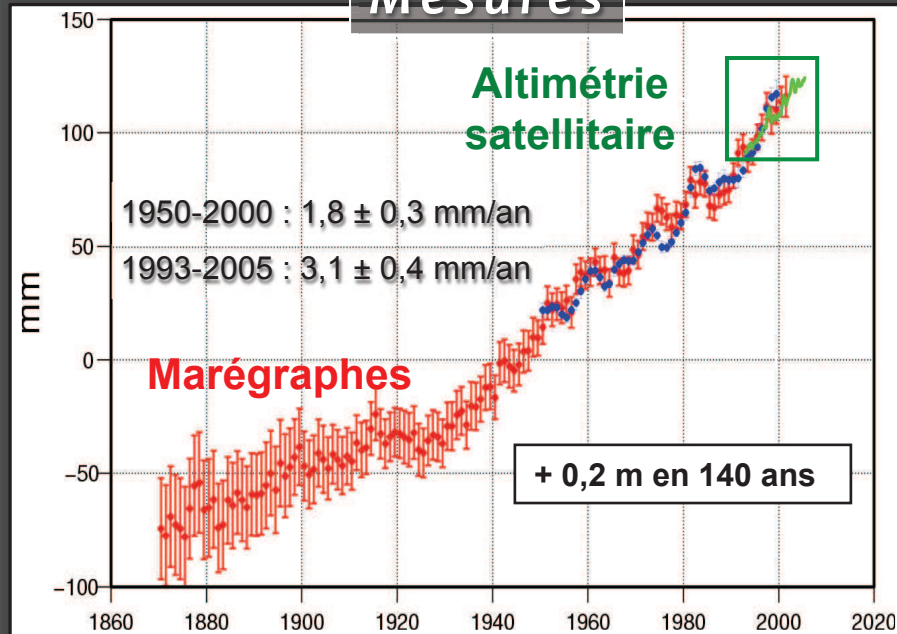
(Hallmann, Camoin et al., travaux en cours)



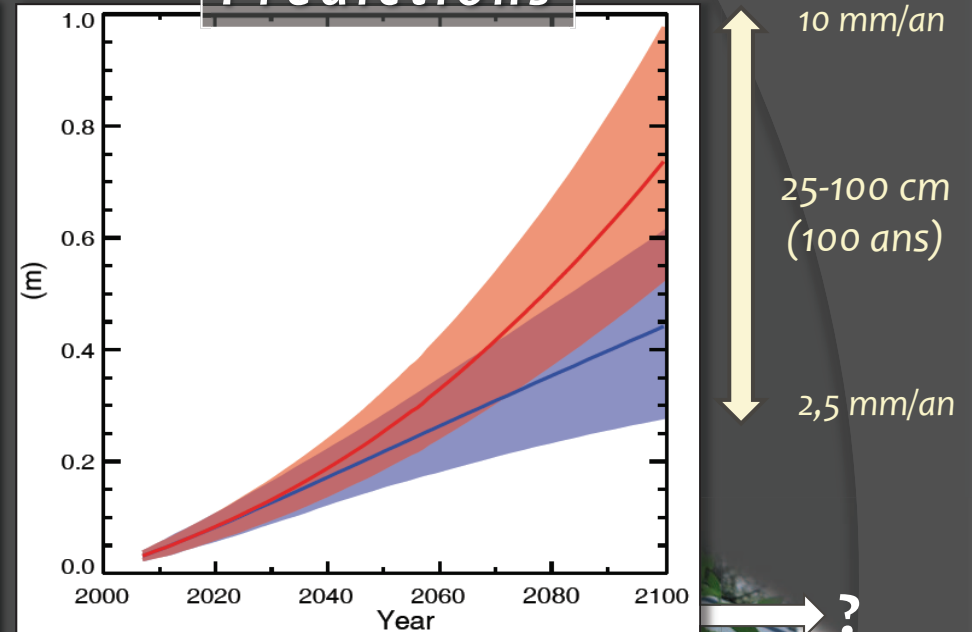
- ✓ Variations annuelles à décennales du n.m. (ex. ENSO)
- ✓ Distance entre les rides : 5–10 cm
- ✓ Hauteur des rides : jusqu'à 15 cm

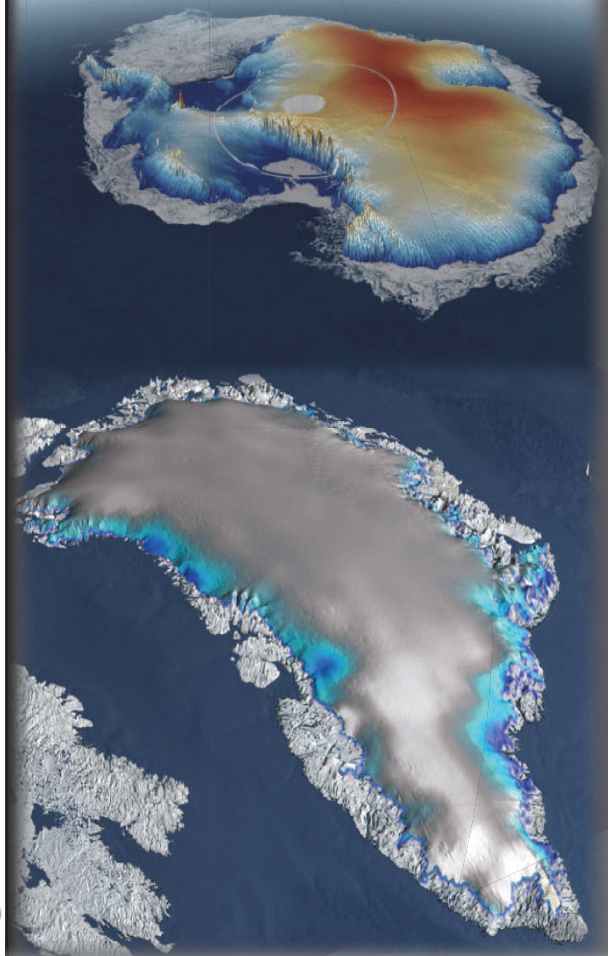
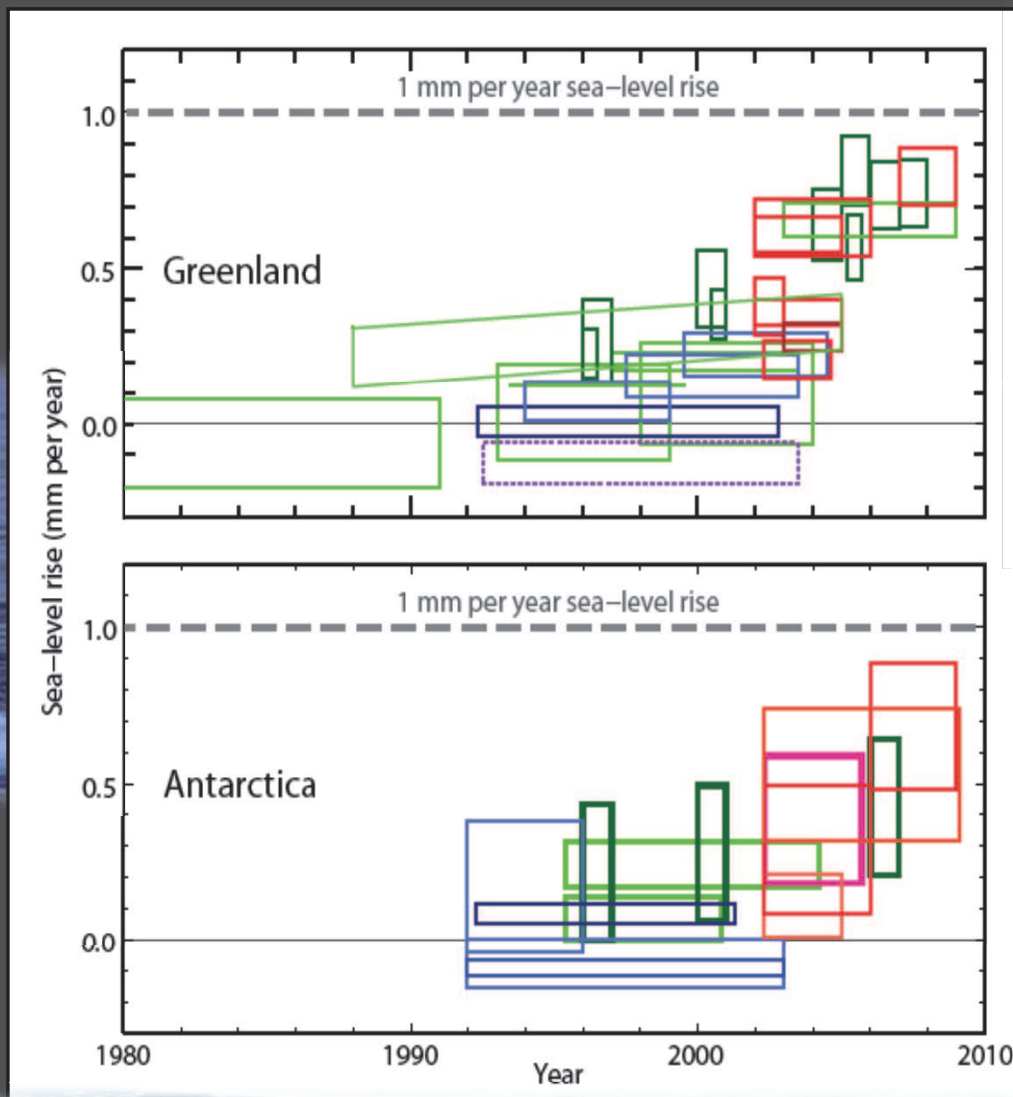
Niveau marin : variations récentes et prédictions

Mesures



Prédictions

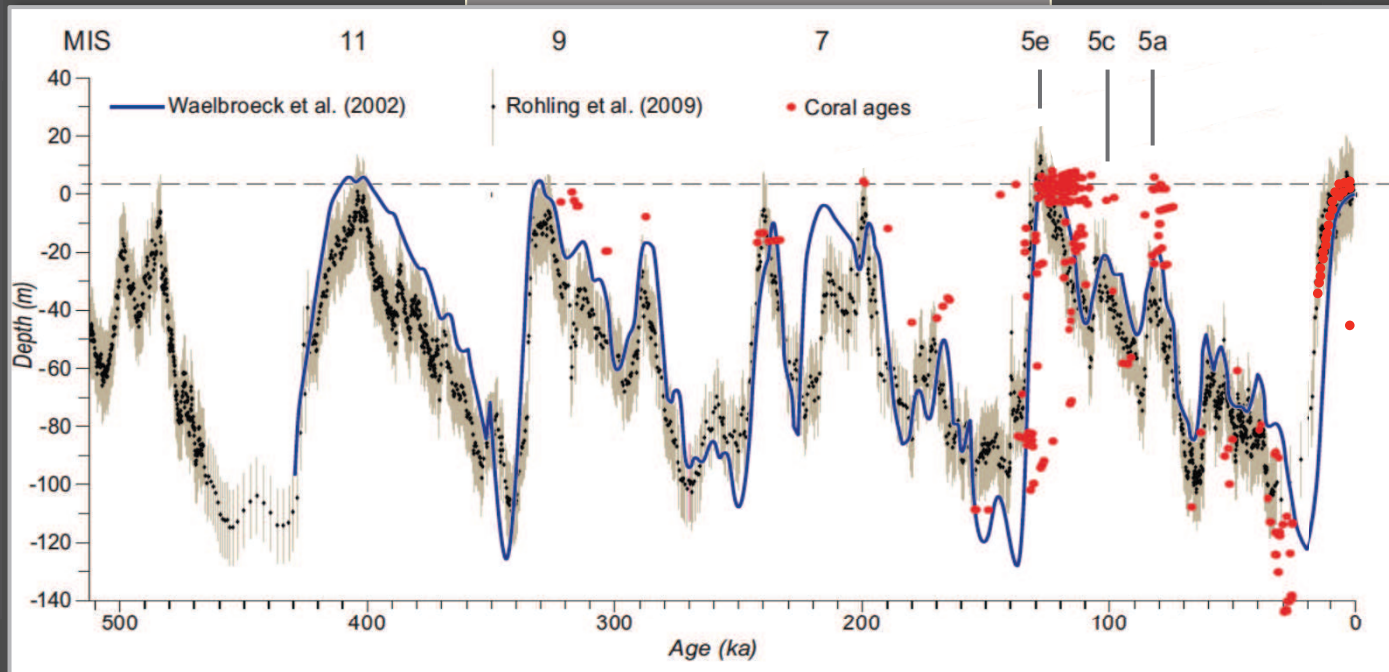




La fonte des calottes polaires du Groenland et de l'Antarctique représente le plus grand risque d'élévation du niveau marin (~65 m équiv. niv. marin)

Les variations du niveau marin au Quaternaire

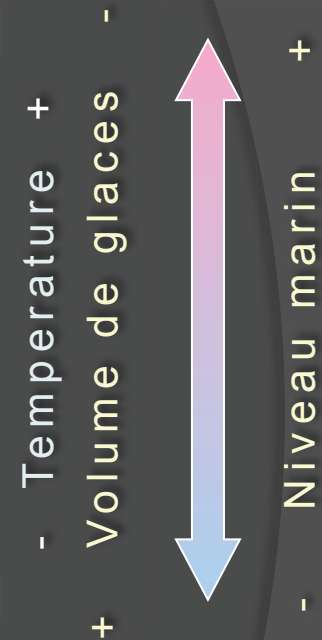
Hauts niveaux marins



Bas niveaux marins

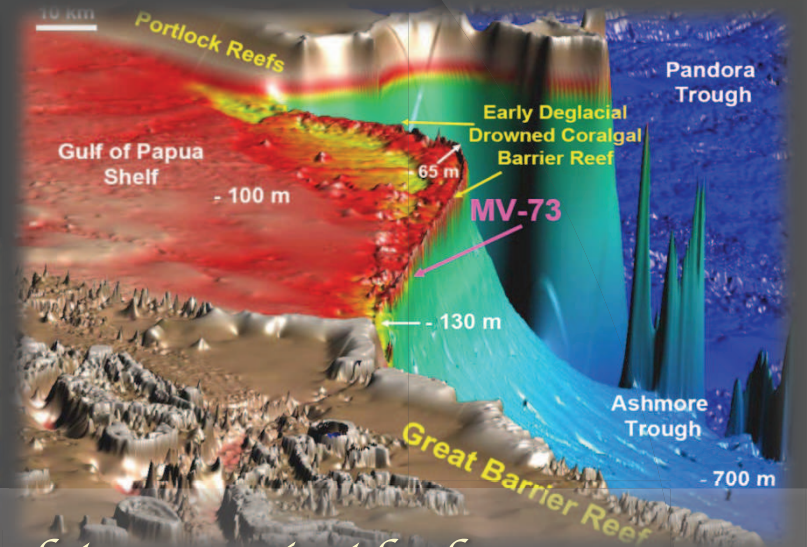
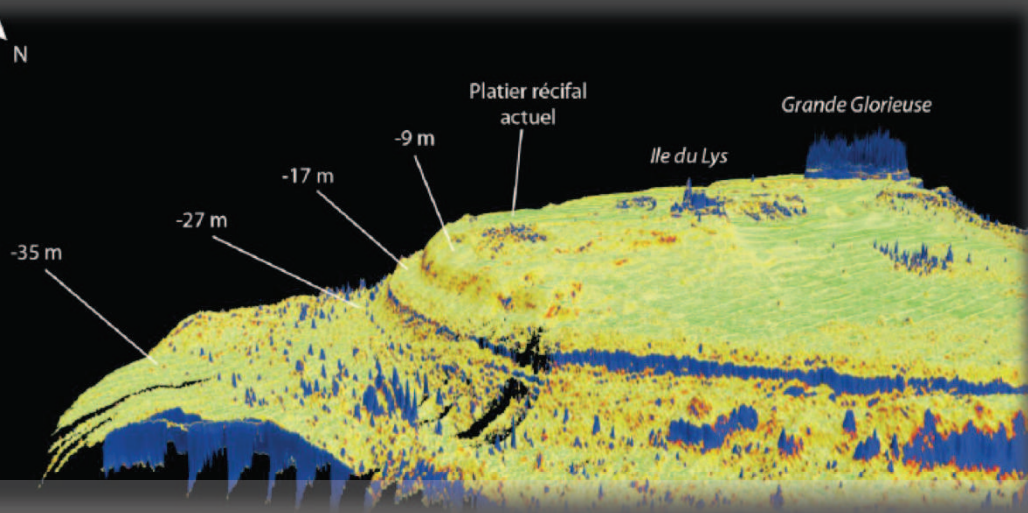
- > *Déglaciations* : variations rapides du n.m.
- > *Interglaciaires* : variations de faible amplitude du n.m. à haute fréquence

Interglaciaire

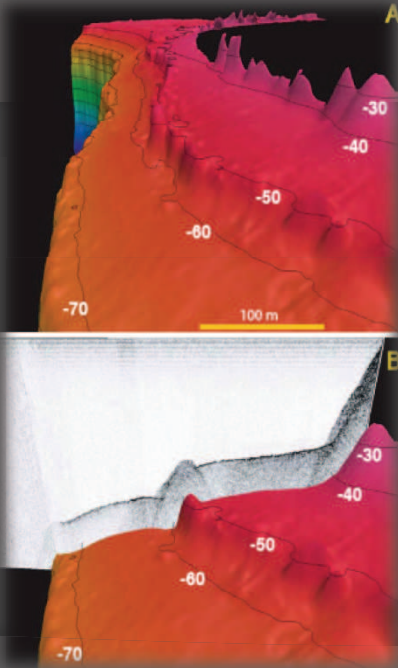


Glaciaire

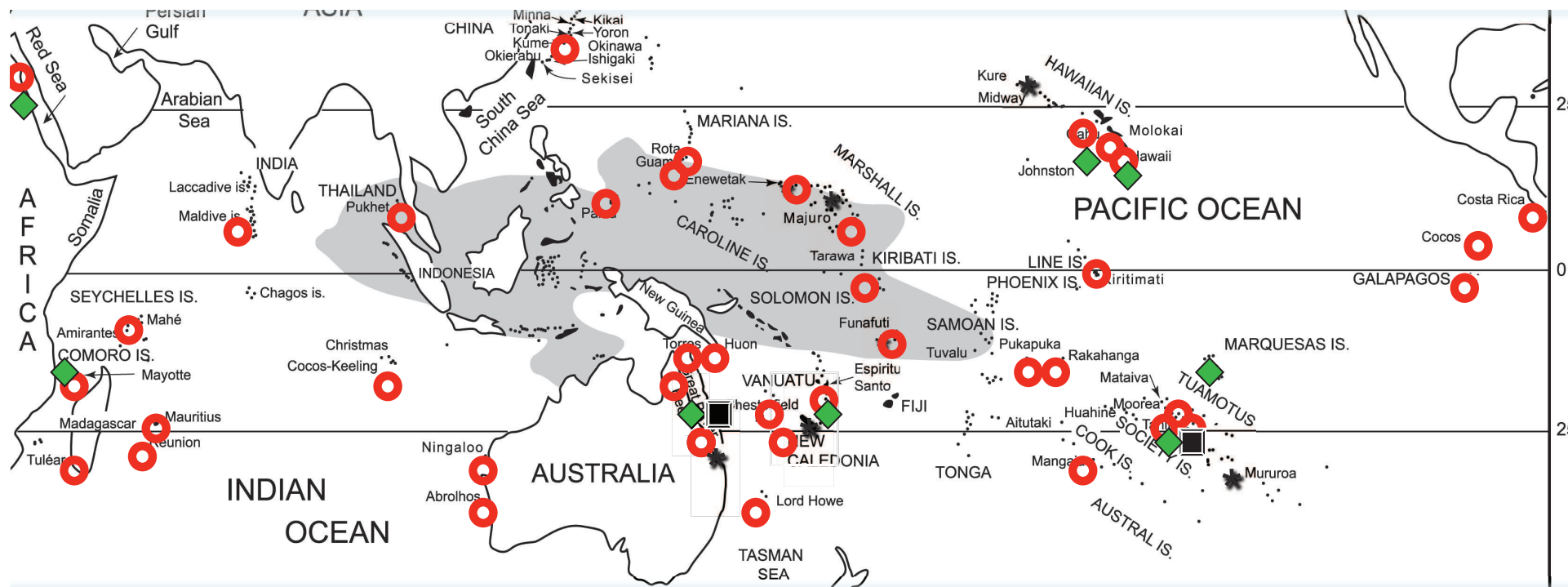




*La majeure partie des archives récifales
quaternaires se trouve sous les pentes
des systèmes récifaux modernes*



Archives récifales quaternaires de l'Indo-Pacifique



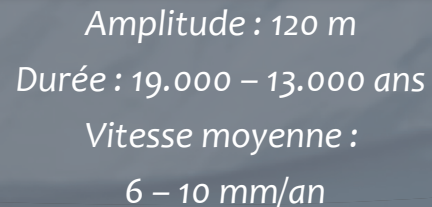
* Forages profonds

○ Forages superficiels

◆ Plongées submersibles

■ Forages offshore

Voitiplég Déglaitions



- ✓ 120 m de remontée du niveau de la mer en 13.000 ans
- ✓ Périodes de remontée très rapides du niveau de la mer : à chaque phase de débâcle glaciaire l'équivalent de 1,5 à 3 calottes actuelles du Groenland était additionné aux océans en quelques siècles

(Camoin, Iryu, McInroy et al. 2007)

Déglaciations



Site TAH-02A
TIAREI

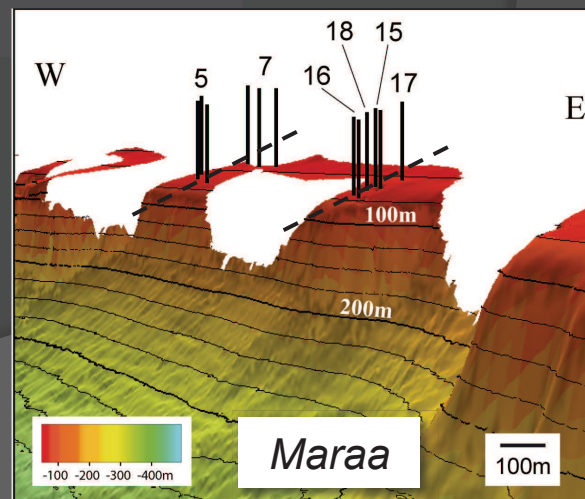
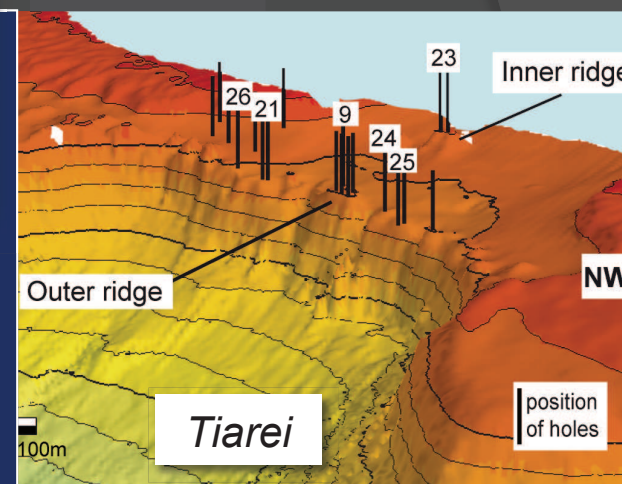
P drill cores

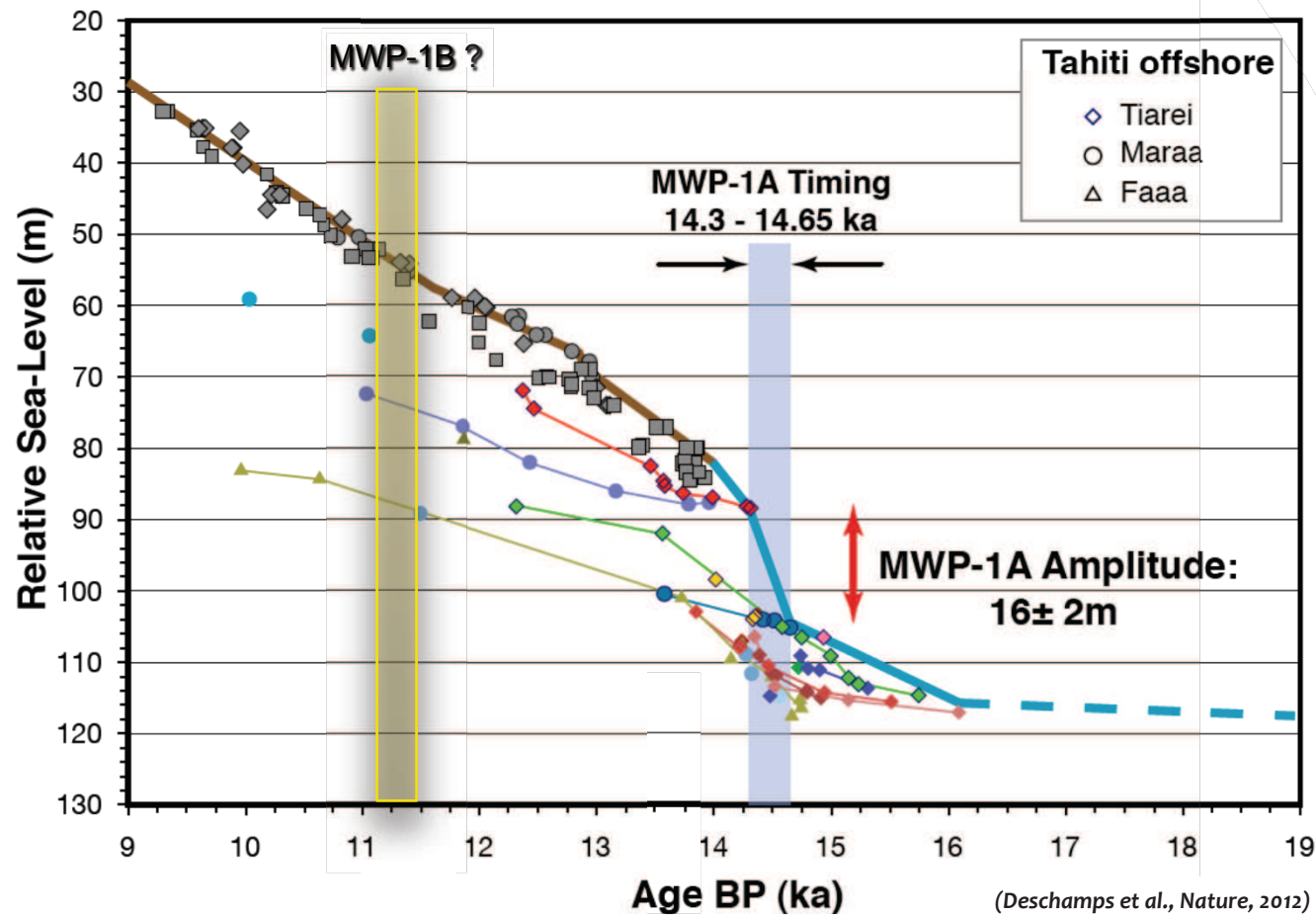
Site TAH-01A
FAAA

Site TAH-03A
MARAA

42 jours (10/06/05 > 11/16/05)

22 sites - 3 zones - 3 transects

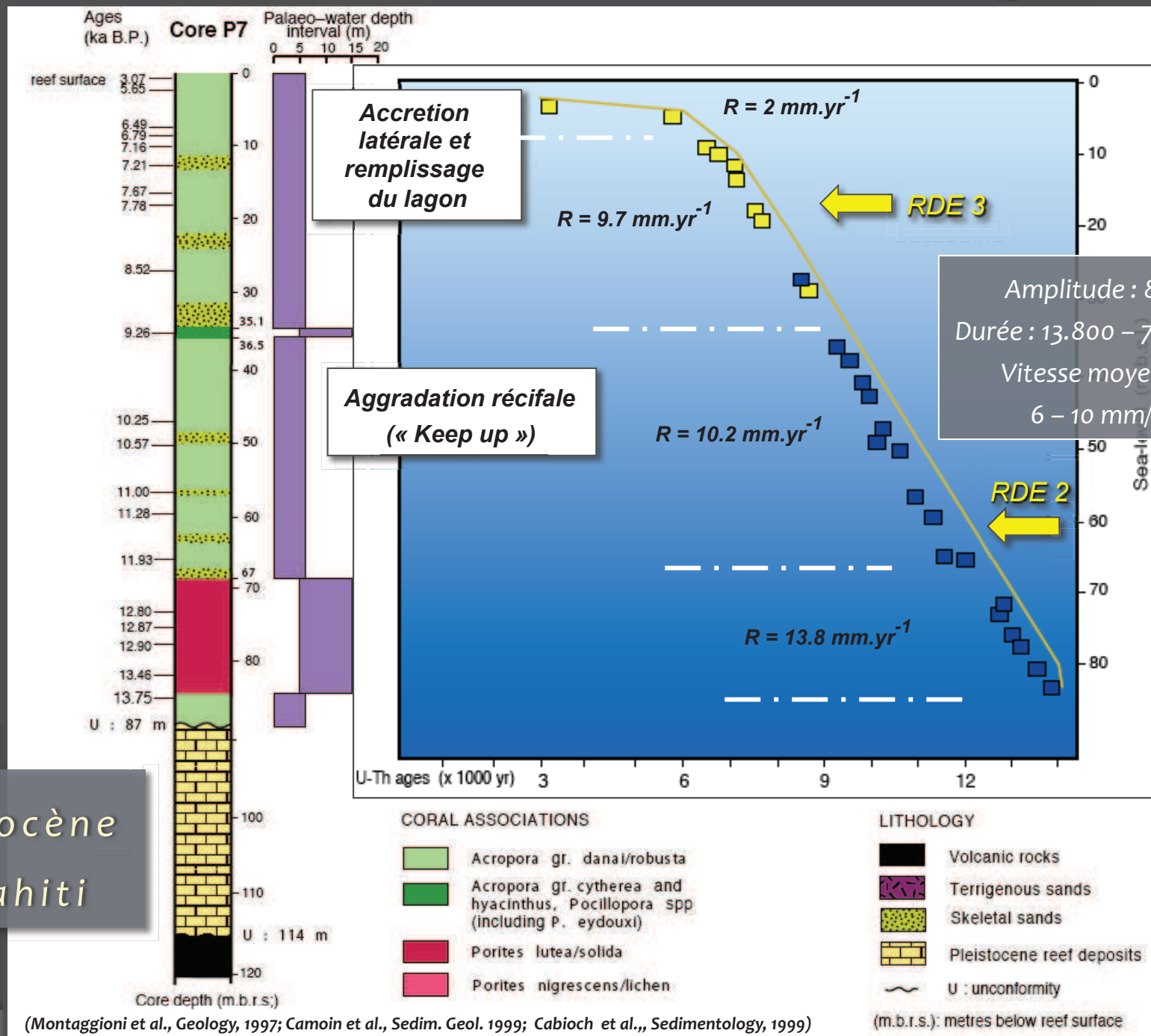


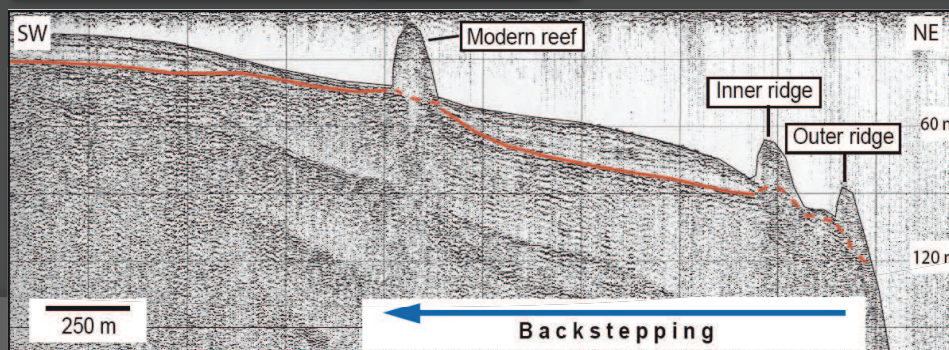
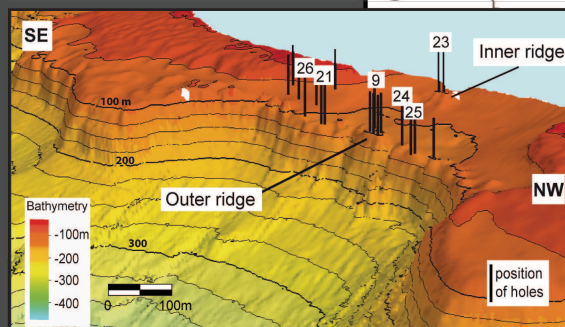
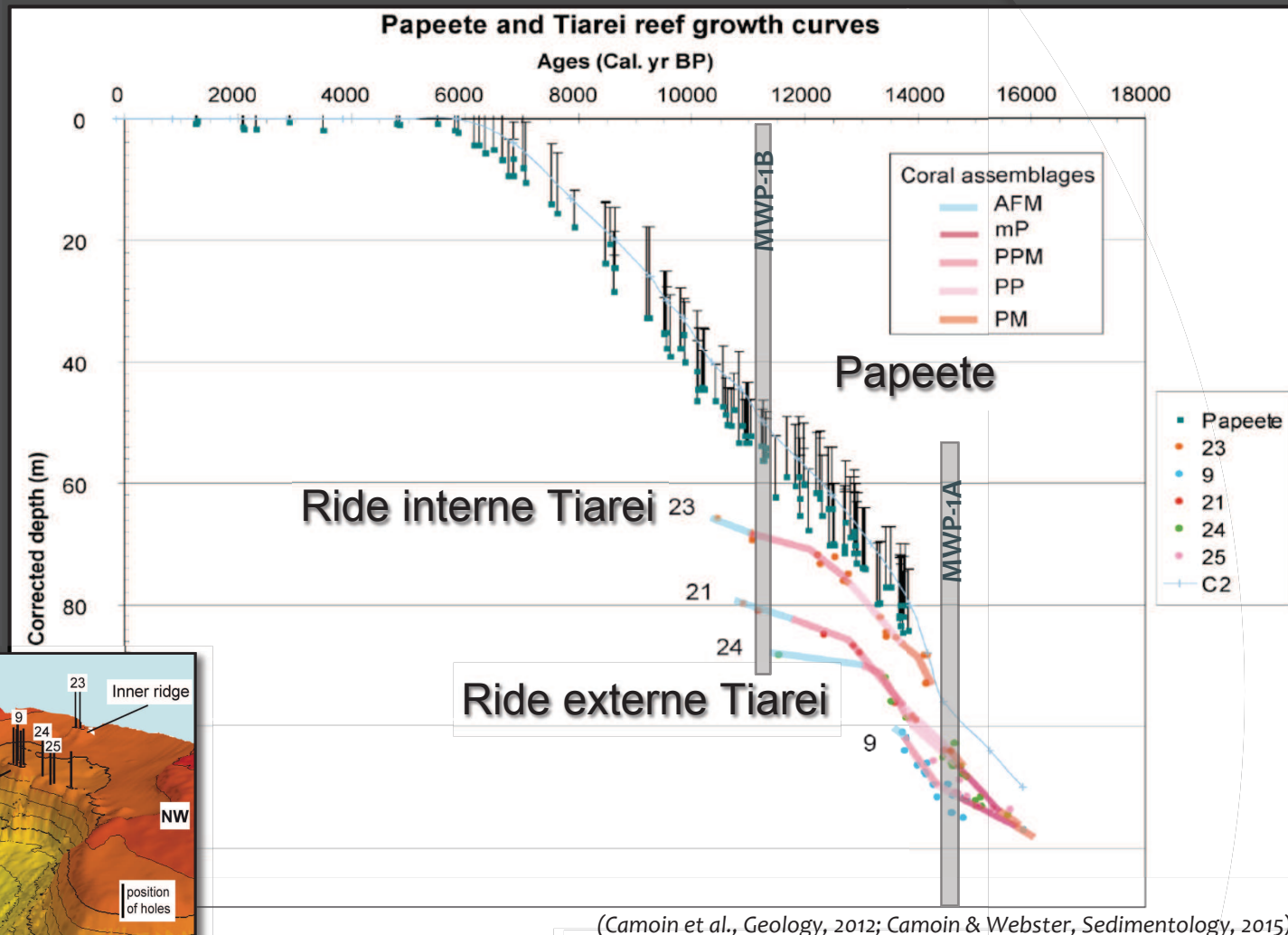


- ✓ Datation précise du MWP-1A : 14.65-14.3 ka
- ✓ Amplitude du MWP-1A : 16 ± 2 m
- ✓ Remontée du n.m. au cours du MWP-1A : $\rightarrow 50$ mm/an



Holocène Tahiti

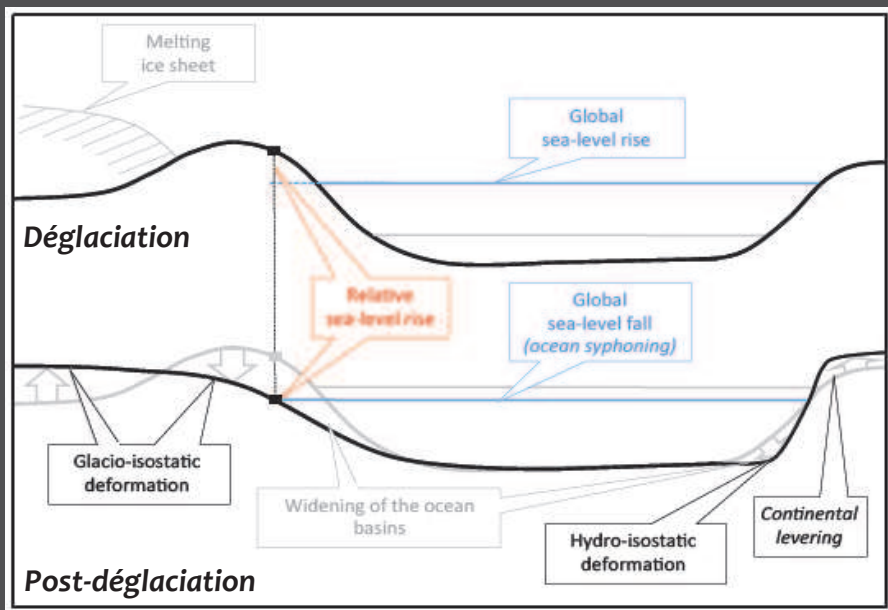




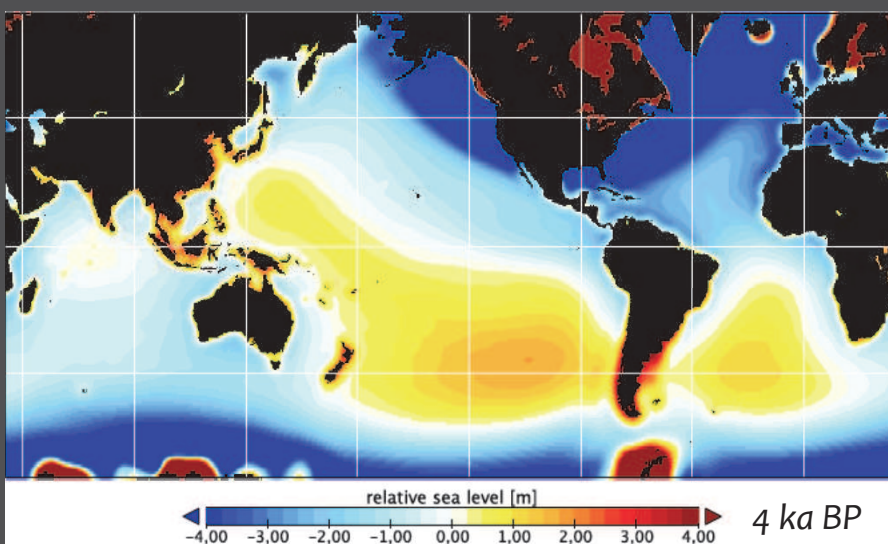
> 3 segments successifs :

- Rides fossiles (ex. Tiarei)

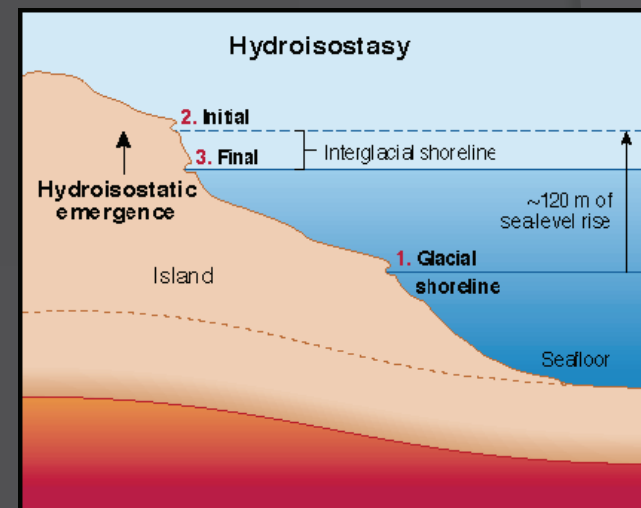
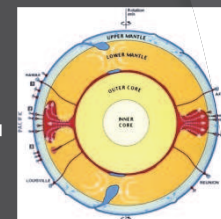
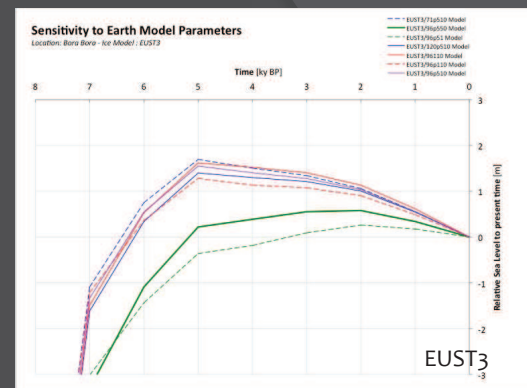
- Récif moderne (ex. Papeete)



(From Botella, 2015)



Modèles de rebond post-glaciaire



✓ Amplitude des variations du n.m. : 1 à 2 m

✓ Vitesses de variations du n.m. : 1 à 2 mm/an



*Plate-forme holocène
à microatolls*

*Plate-forme holocène
à microatolls*



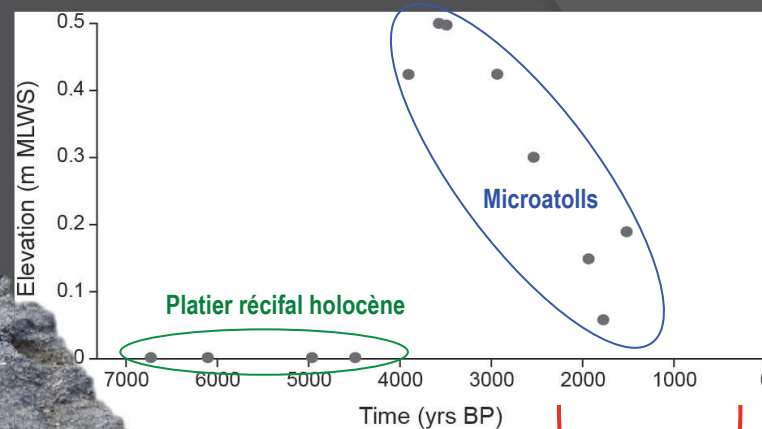
Microatolls actuels

Platier récifal holocène

Conglomérats

Plate-forme holocène

MAU 97
MAU 99
MAU 98
MAU 100
MAU 102
MAU 101



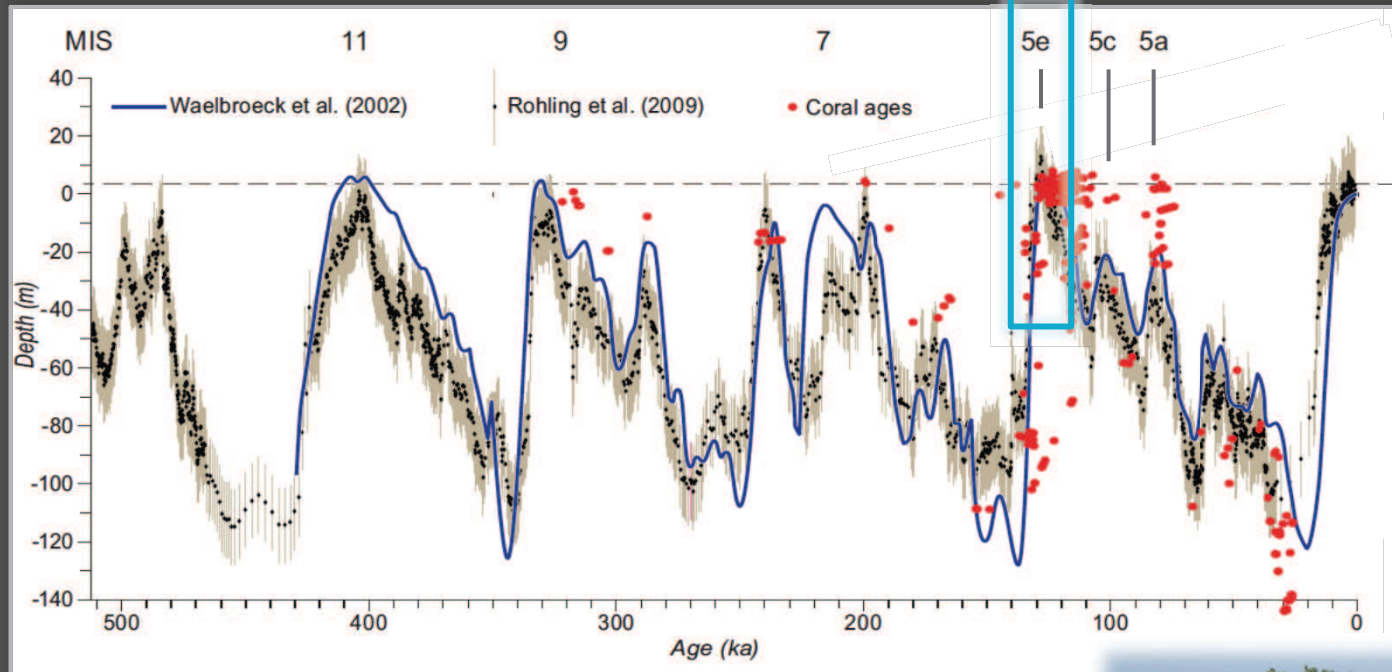
Conglomérats

(Hallmann, Camoin et al., travaux en cours)

Amplitude : 0.6 → 0.9 m

Durée : 1000 ans

Vitesse moyenne : 0.6 → 0.9 mm/an



(Woodroffe & Webster, Mar. Geol. 2014; Camoin & Webster, Sedimentology, 2015)

✓ Chronologie : 128/124- 116/119 ka

✓ Durée : 5-12 kyrs

✓ Amplitude :

- Siddall et al. (2006) : $+ 3 \pm 1$ m

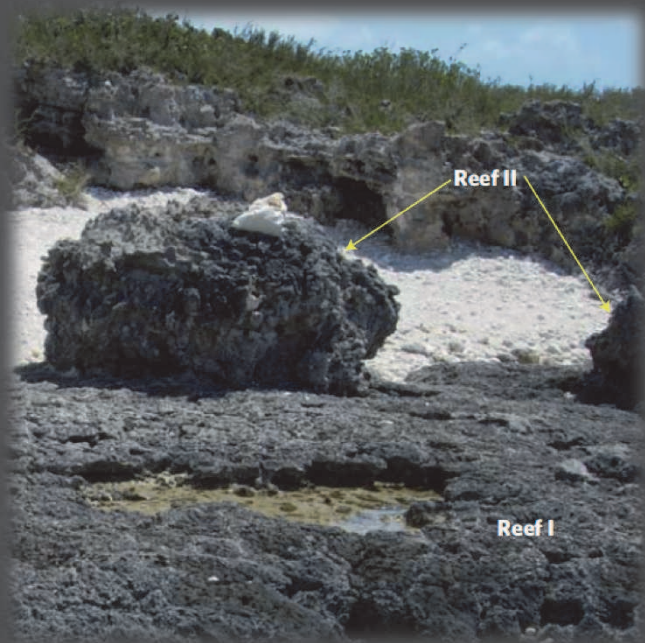
- Kopp et al. (2009) : $> + 6.6$ m (95%)
 $+ 8.0$ m (67%)

✓ Remontée moyenne du n.m. : > 5.6 mm.yr⁻¹

✓ Variabilité de la chronologie et de l'amplitude du n.m.

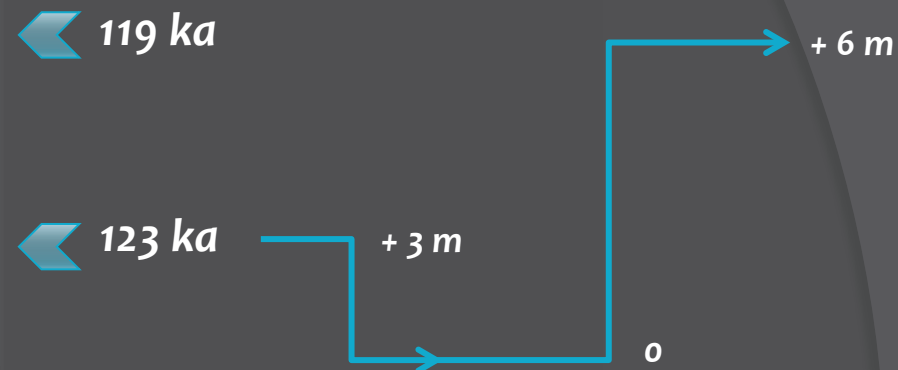
+ 2°C → + 5°C



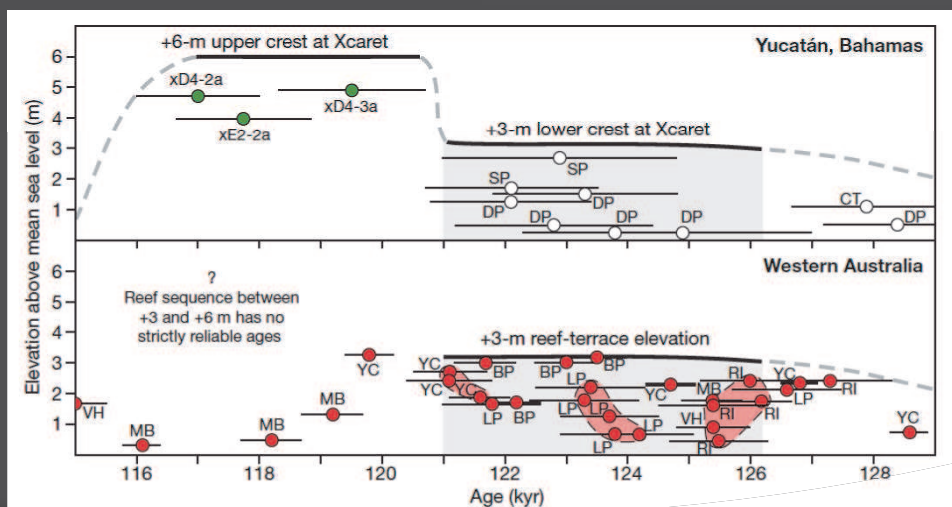


(Thompson et al., NatGeosc., 2011)

Amplitude : 6 m
Durée : 4 kyrs
Vitesse moyenne : 3 mm.yr^{-1}



✓ Instabilité des calottes polaires



(Blanchon et al., Nature, 2009)



Amplitude : 3 m
Durée : 4 kyrs
Vitesse moyenne : 0.75 mm.yr^{-1}

mm/yr

40

35

30

25

20

15

10

5

0

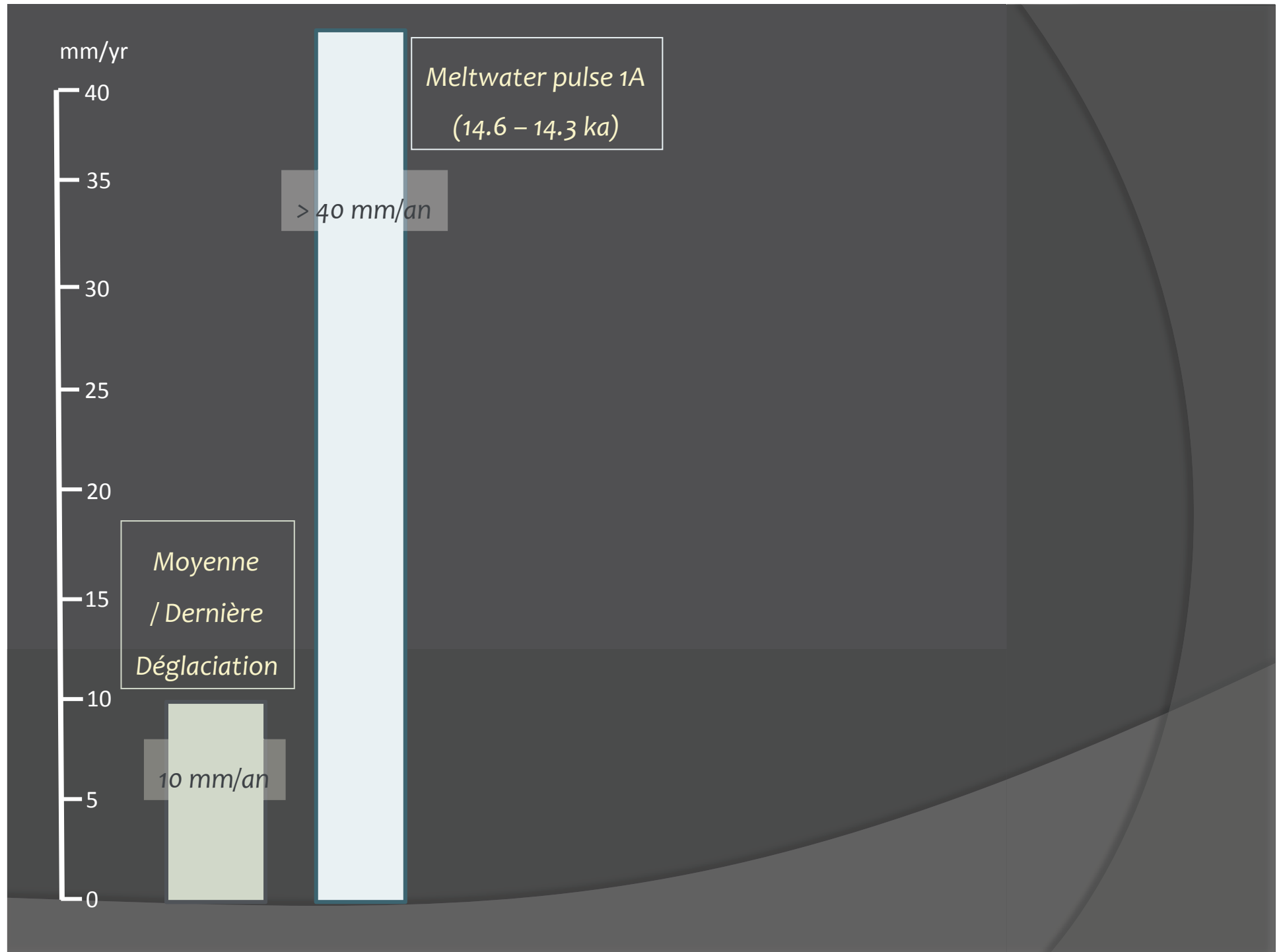
Meltwater pulse 1A

(14.6 – 14.3 ka)

> 40 mm/an

*Moyenne
/ Dernière
Déglaciation*

10 mm/an



mm/yr

40

35

30

25

20

15

10

5

0

Meltwater pulse 1A
(14.6 – 14.3 ka)

> 40 mm/an

Court terme
/
Dernier
Interglaciaire

11 – 25
mm/an

Long terme
/
Dernier
Interglaciaire

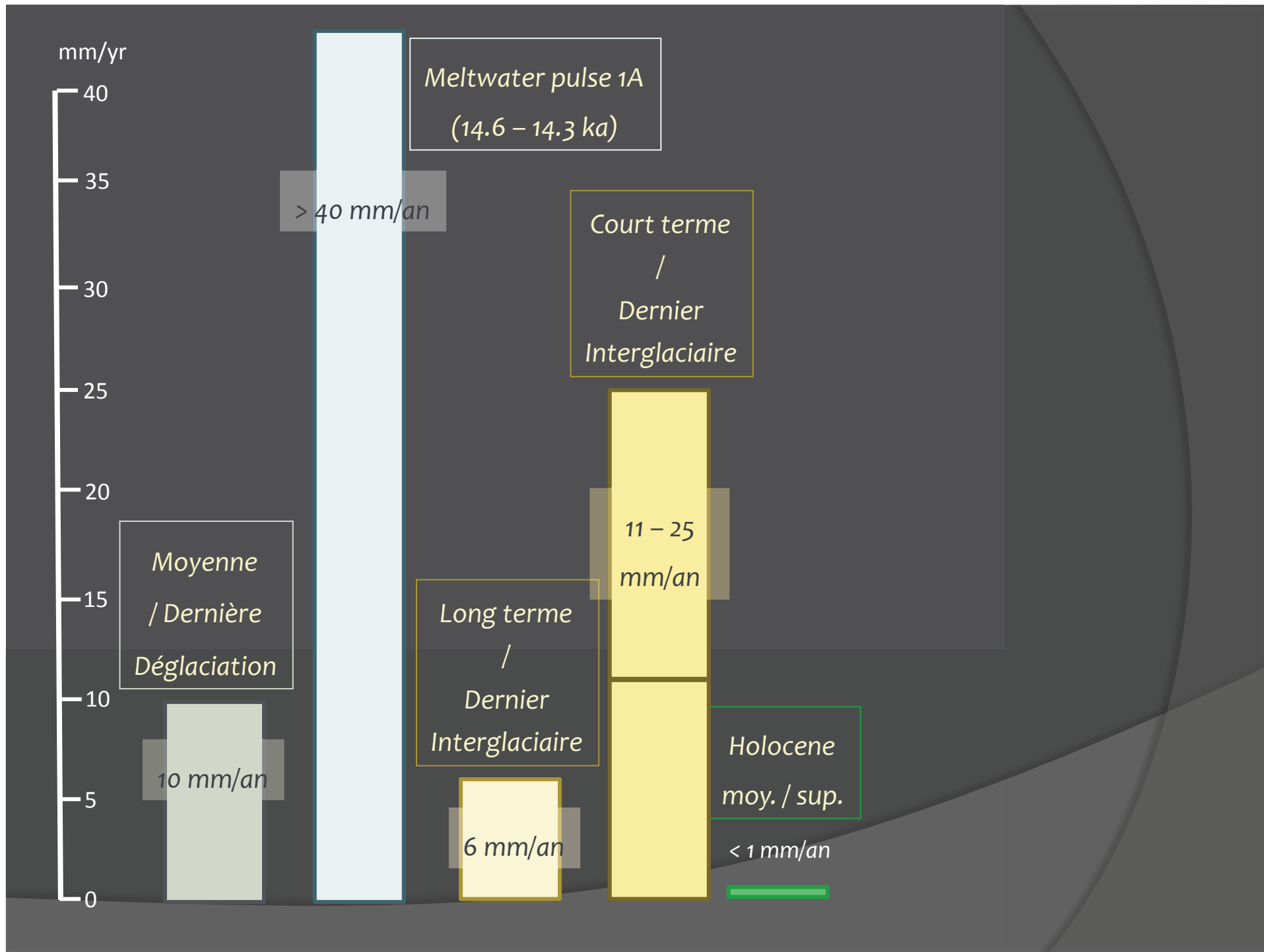
Moyenne
/
Dernière
Déglaciation

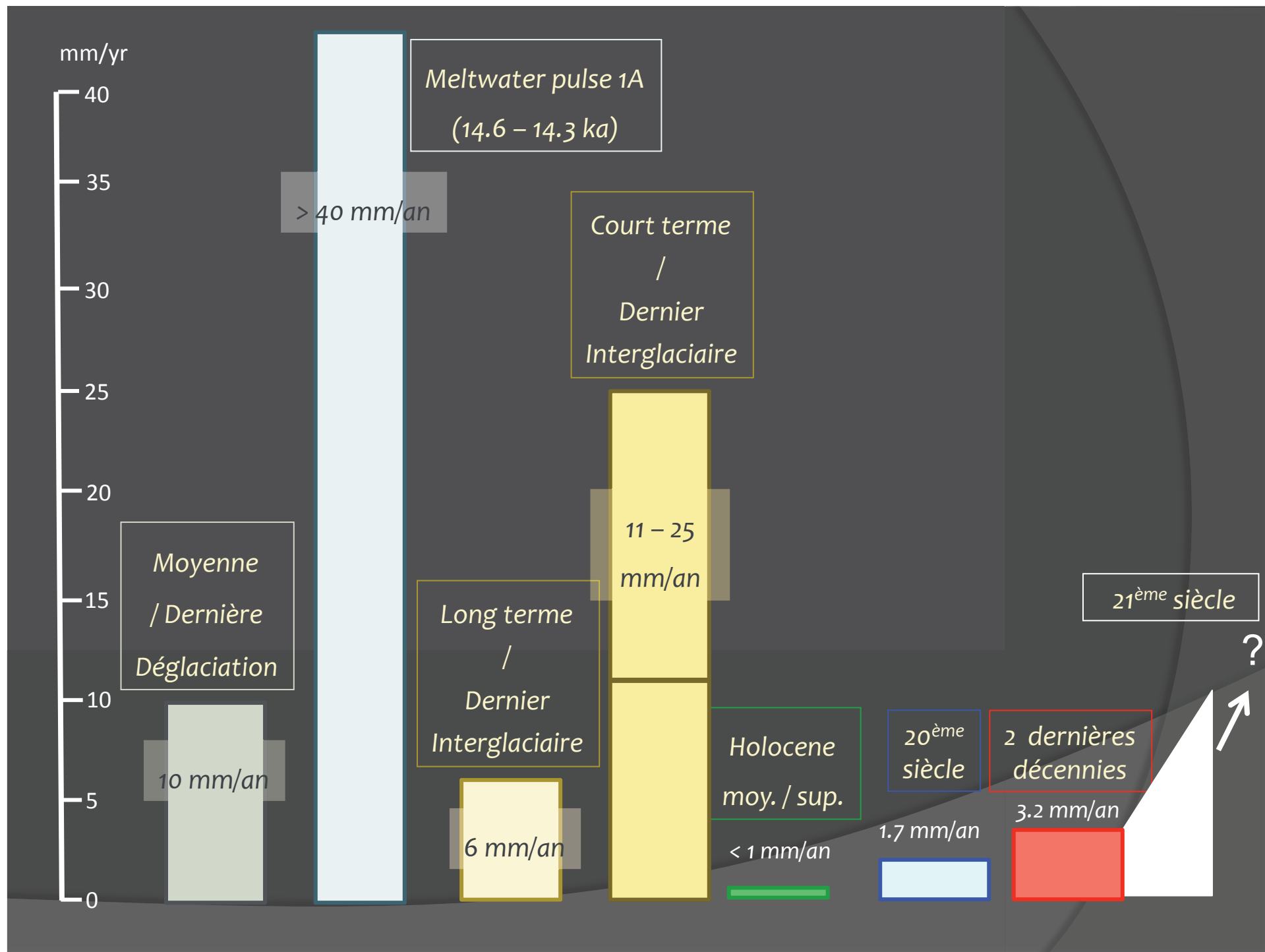
10 mm/an

6 mm/an

Holocene
moy. / sup.

< 1 mm/an





Conclusions / 1

Les récifs coralliens fournissent des enregistrements très fiables de la chronologie et de l'amplitude des variations du niveau marin, incluant les oscillations à haute fréquence (y compris à l'échelle humaine), qui correspondent à des données précieuses pour la reconstitution de la variabilité climatique naturelle à différentes échelles de temps



Conclusions / 2

Conditions limitantes :

- Limites dans le temps des techniques de datation
($< 0.7 \text{ Ma}$)
- Processus diagénétiques
- Challenges technologiques pour obtenir des enregistrements des bas niveaux marins et les transitions glaciaire-interglaciaire



A landscape painting featuring a body of water in the foreground, surrounded by dense, textured foliage in shades of green and yellow. In the background, there are rolling hills under a bright blue sky with scattered white clouds. A semi-transparent dark grey rectangular box is centered over the water, containing the text "Questions ?" in a white, elegant script font.

Questions ?