



# Variations saisonnières et interannuelles du $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ de surface de l'Océan Indien Sud-Ouest [25°S-60°S]

## Une synthèse du S.O. OISO (1998-2005)

Virginie Racapé, Claire Lo Monaco, Nicolas Metzl, Catherine Pierre

LOCEAN-IPSL, PARIS VI

# INTRODUCTION

$[\text{CO}_2]_{\text{atm}} \nearrow 1,7 \text{ ppm.an}^{-1}$



# INTRODUCTION

$[\text{CO}_2]_{\text{atm}} \nearrow 1,7 \text{ ppm.an}^{-1}$

$9,9 \text{ PgC.an}^{-1}$   
[Canadell et al, 2007]



**Combustion des  
énergies fossiles**



# INTRODUCTION

$[\text{CO}_2]_{\text{atm}} \nearrow 1,7 \text{ ppm.an}^{-1}$

$9,9 \text{ PgC.an}^{-1}$   
[Canadell et al, 2007]



$^{12}\text{CO}_2$   
 $^{13}\text{CO}_2$

**Combustion des  
énergies fossiles**



# INTRODUCTION

$[\text{CO}_2]_{\text{atm}} \nearrow 1,7 \text{ ppm.an}^{-1}$

$\delta^{13}\text{C}_{\text{atm}} \searrow - 0,02 \text{ ‰.an}^{-1}$

$9,9 \text{ PgC.an}^{-1}$   
[Canadell et al, 2007]



$^{12}\text{CO}_2$   
 $^{13}\text{CO}_2$

**Combustion des  
énergies fossiles**

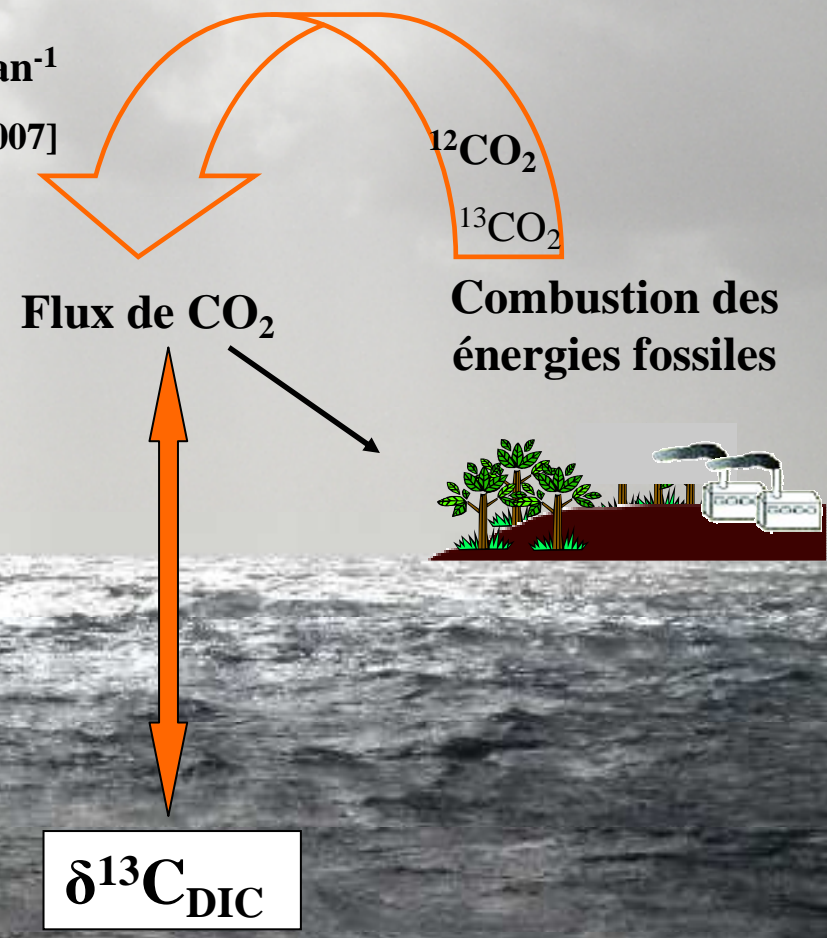


# INTRODUCTION

$[\text{CO}_2]_{\text{atm}} \nearrow 1,7 \text{ ppm.an}^{-1}$

$\delta^{13}\text{C}_{\text{atm}} \searrow -0,02 \text{ ‰.an}^{-1}$

9,9 PgC.an<sup>-1</sup>  
[Canadell et al, 2007]

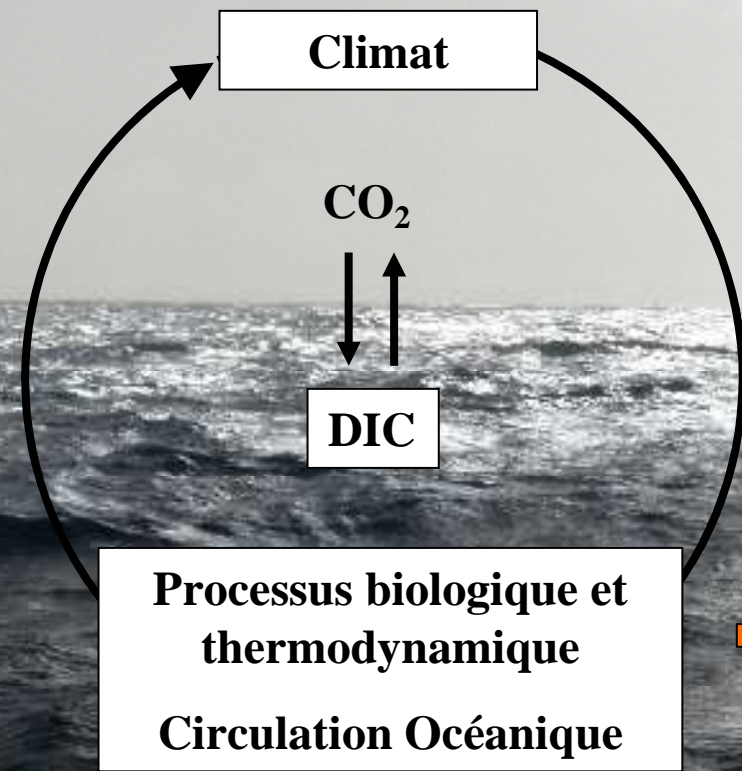
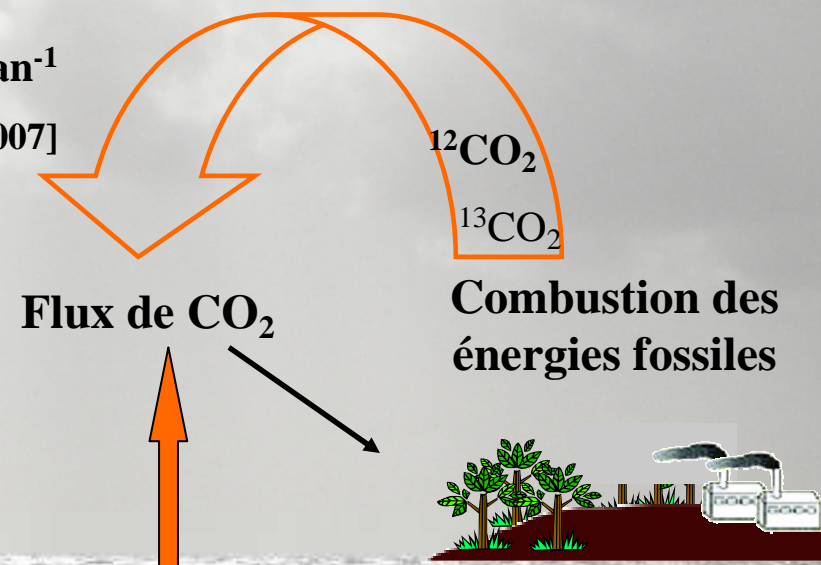


# INTRODUCTION

$[\text{CO}_2]_{\text{atm}} \nearrow 1,7 \text{ ppm.an}^{-1}$

$\delta^{13}\text{C}_{\text{atm}} \searrow -0,02 \text{ ‰.an}^{-1}$

9,9 PgC.an<sup>-1</sup>  
[Canadell et al, 2007]

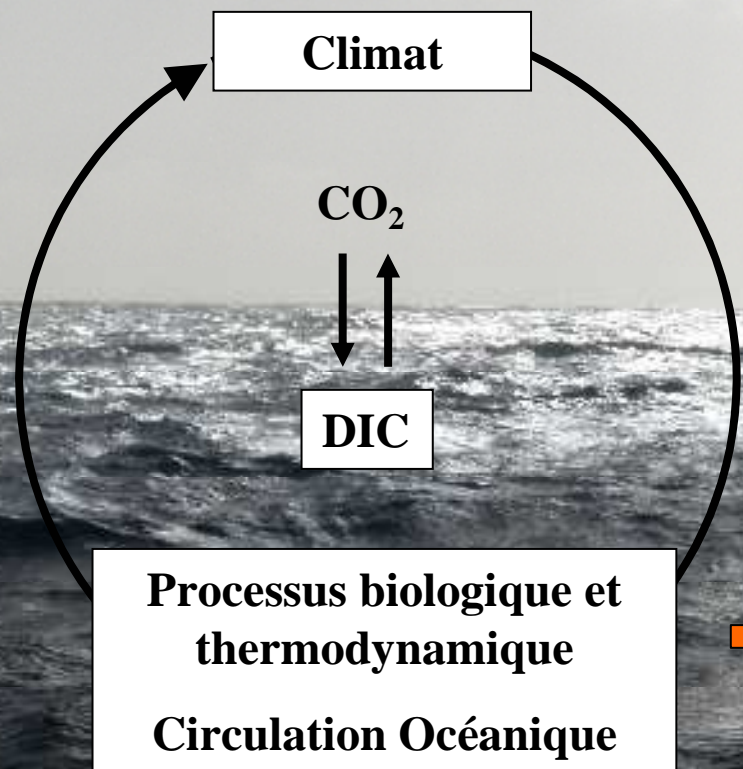
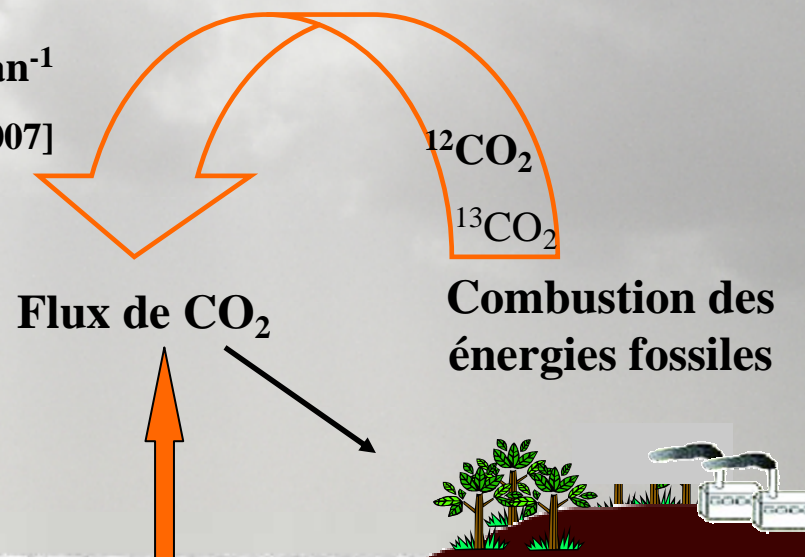


# INTRODUCTION

$[\text{CO}_2]_{\text{atm}} \nearrow 1,7 \text{ ppm.an}^{-1}$

$\delta^{13}\text{C}_{\text{atm}} \searrow -0,02 \text{ ‰.an}^{-1}$

$9,9 \text{ PgC.an}^{-1}$   
[Canadell et al, 2007]

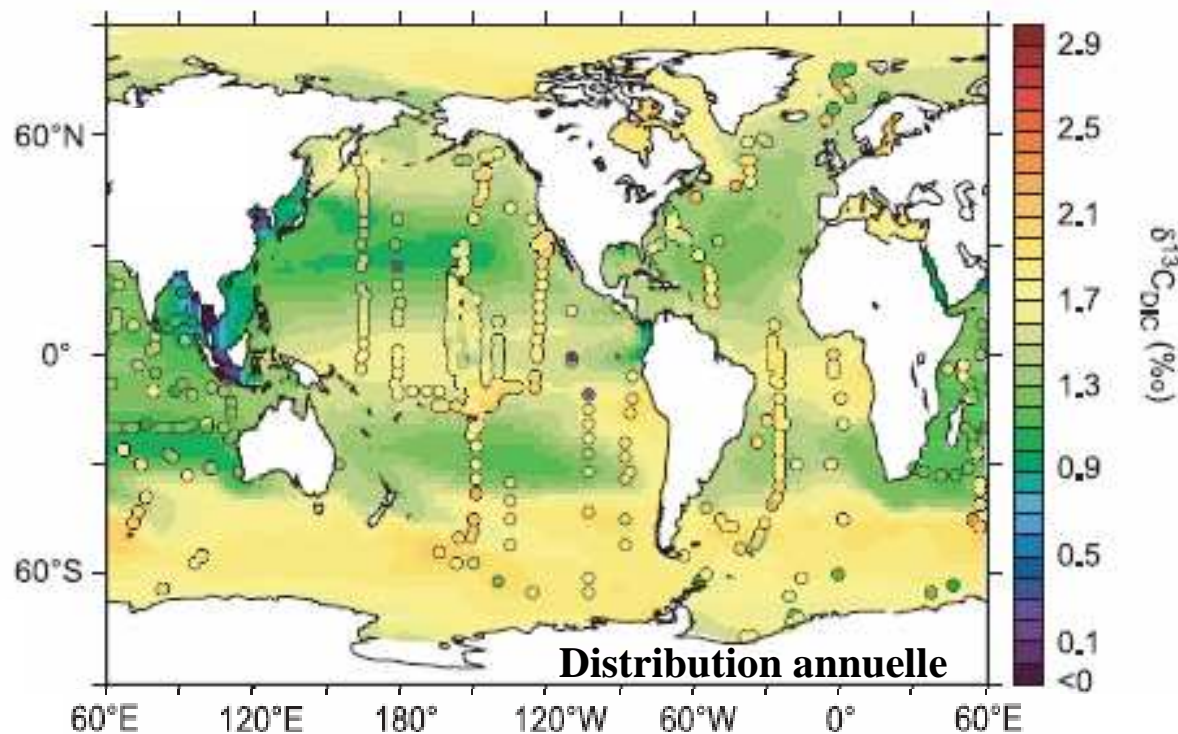


$\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$  et  $\text{CO}_2 =$  contraintes pour le cycle du carbone



# INTRODUCTION

## Actualité cycle du $^{13}\text{C}$ : observation/modélisation



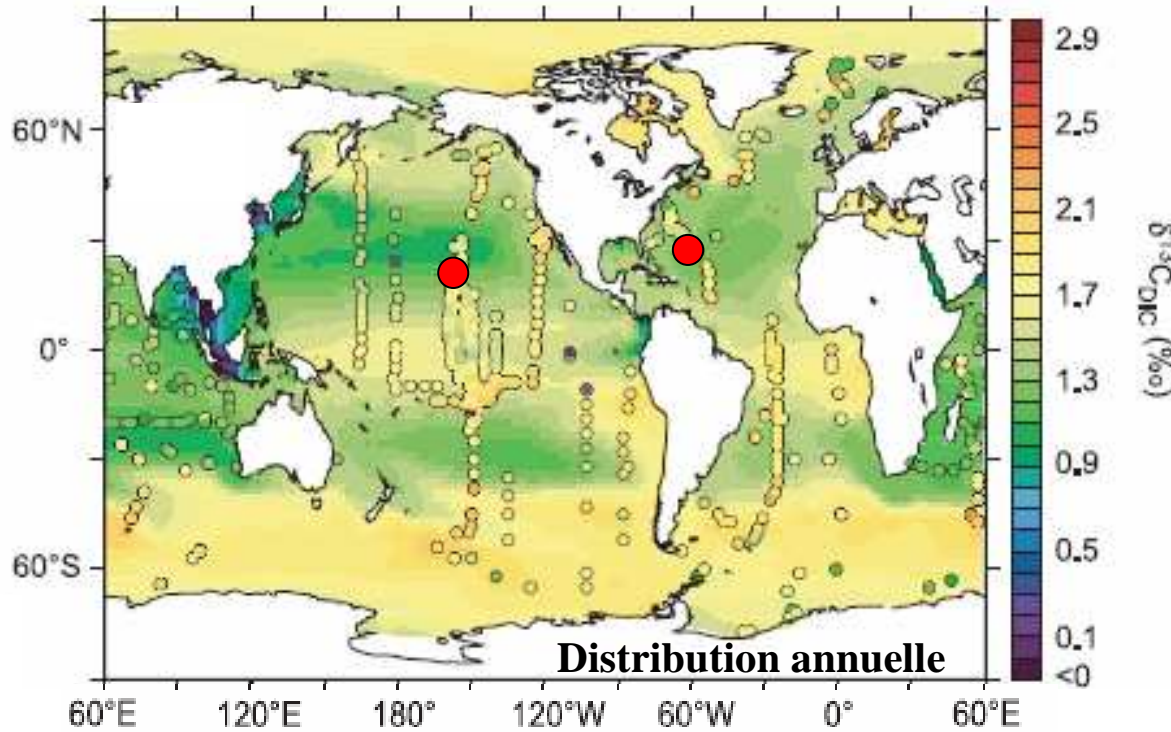
[Extrait de Tagliabue et Bopp, 2008]

Quelques programmes:

- GEOSECS (années 70)
- TTO (années 80)
- WOCE (années 90)
- BATS } Séries
- HOTS } Temporelles

# INTRODUCTION

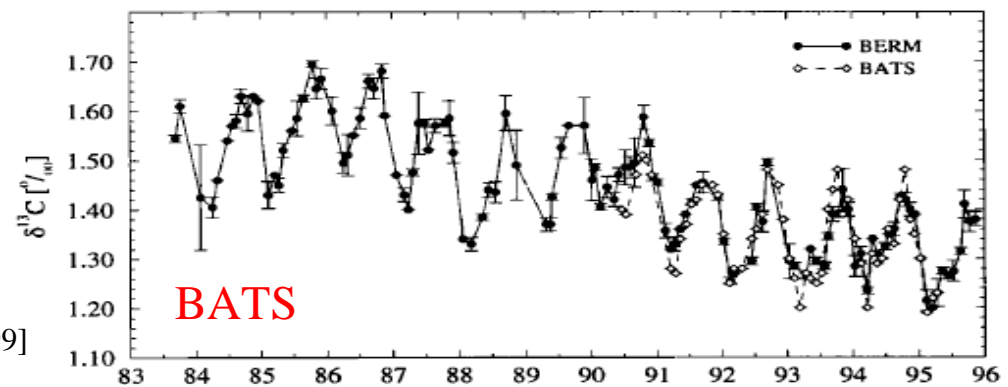
## Actualité cycle du $^{13}\text{C}$ : observation/modélisation



Quelques programmes:

- GEOSECS (années 70)
- TTO (années 80)
- WOCE (années 90)
- BATS } Séries
- HOTS } Temporelles

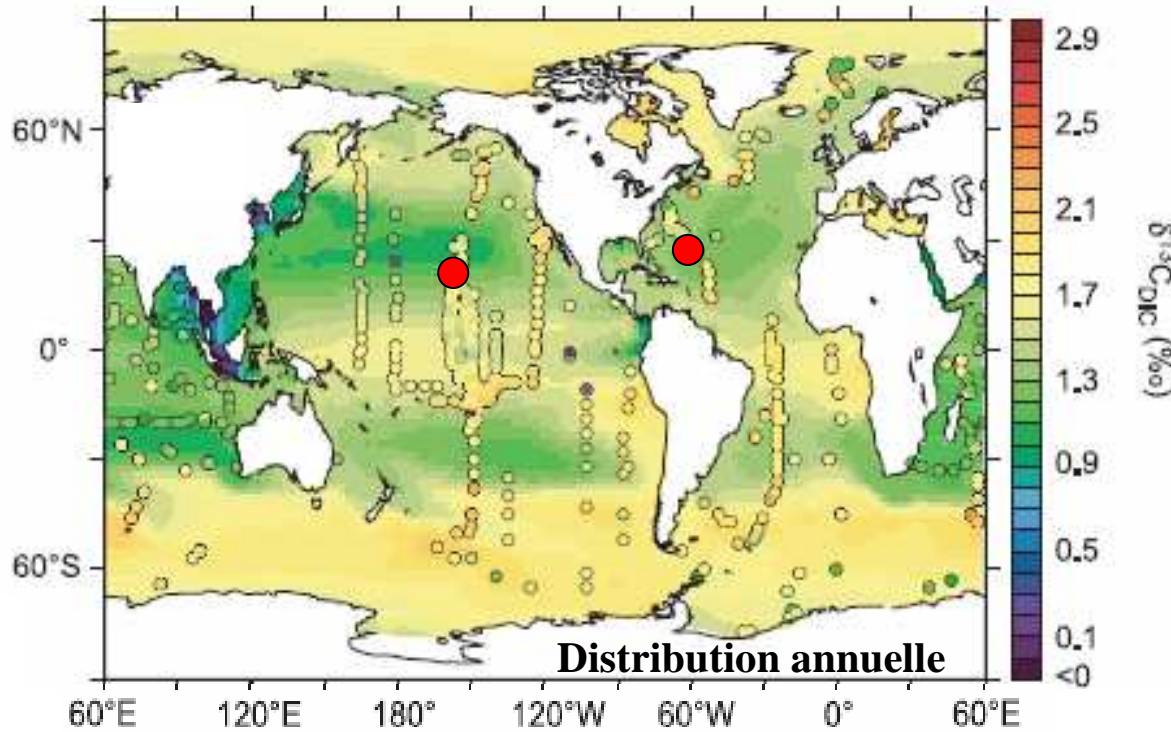
[Extrait de Tagliabue et Bopp, 2008]



[Extrait de Gruber et al, 1999]

# INTRODUCTION

## Actualité cycle du $^{13}\text{C}$ : observation/modélisation

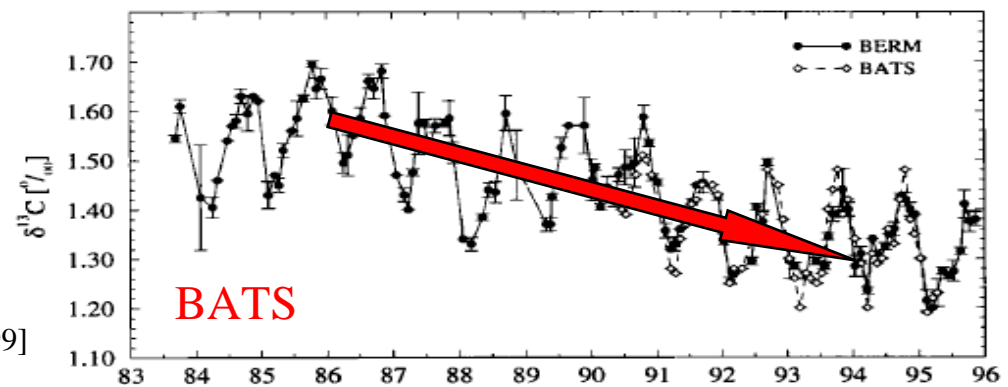


Quelques programmes:

- GEOSECS (années 70)
- TTO (années 80)
- WOCE (années 90)

- BATS } Séries
- HOTS } Temporelles

[Extrait de Tagliabue et Bopp, 2008]



[Extrait de Gruber et al, 1999]

# PLAN

---

## Variations saisonnières et interannuelles du $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ de surface de l'Océan Indien Sud-Ouest

# PLAN

---

## Variations saisonnières et interannuelles du $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ de surface de l'Océan Indien Sud-Ouest

- Zone d'étude

# PLAN

---

## Variations saisonnières et interannuelles du $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ de surface de l'Océan Indien Sud-Ouest

- Zone d'étude
- Mécanismes de contrôle de la distribution  $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$

## Variations saisonnières et interannuelles du $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ de surface de l'Océan Indien Sud-Ouest

- Zone d'étude
- Mécanismes de contrôle de la distribution  $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$
- Climatologie du  $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$  de surface
  - Méthode
  - Distribution régionale du  $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$  (été et hiver)

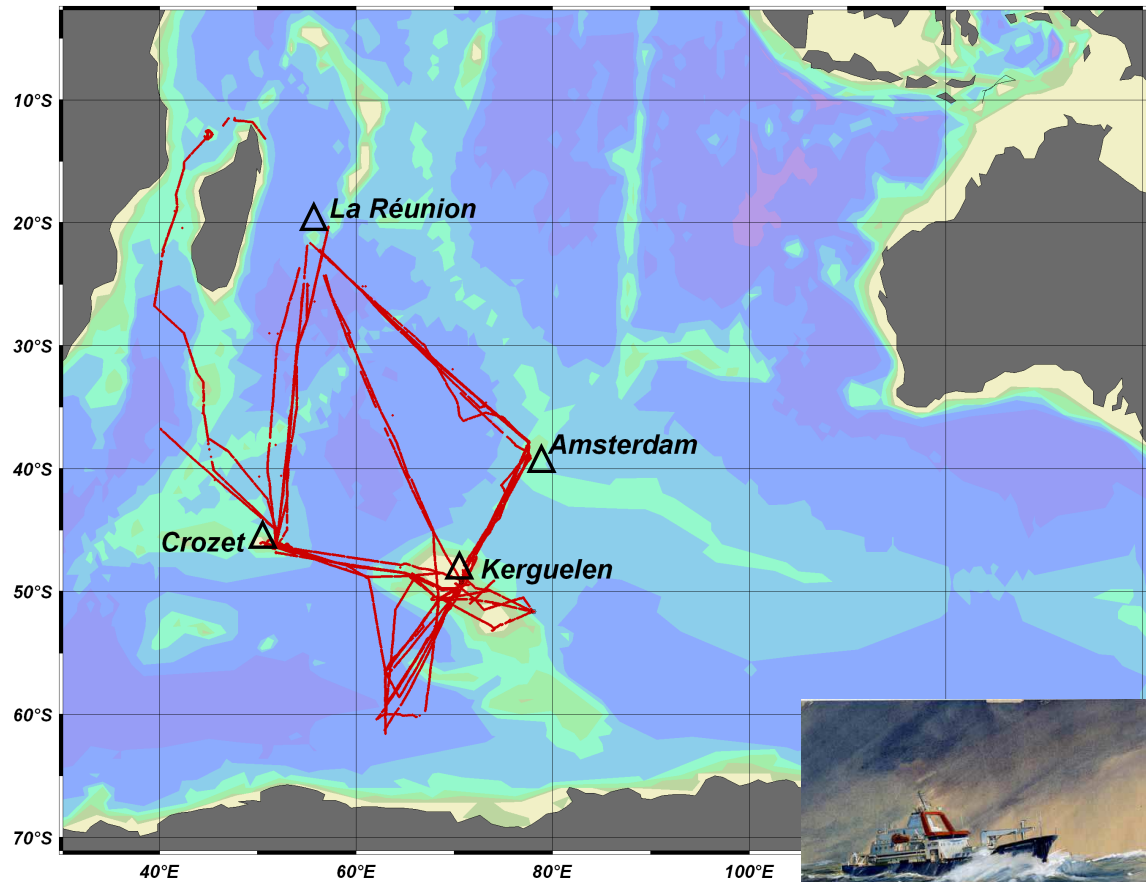
## Variations saisonnières et interannuelles du $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ de surface de l'Océan Indien Sud-Ouest

- Zone d'étude
- Mécanismes de contrôle de la distribution  $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$
- Climatologie du  $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$  de surface
  - Méthode
  - Distribution régionale du  $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$  (été et hiver)
- Conclusion et Perspectives



# ZONE D'ETUDE

## Service d'Observation OISO

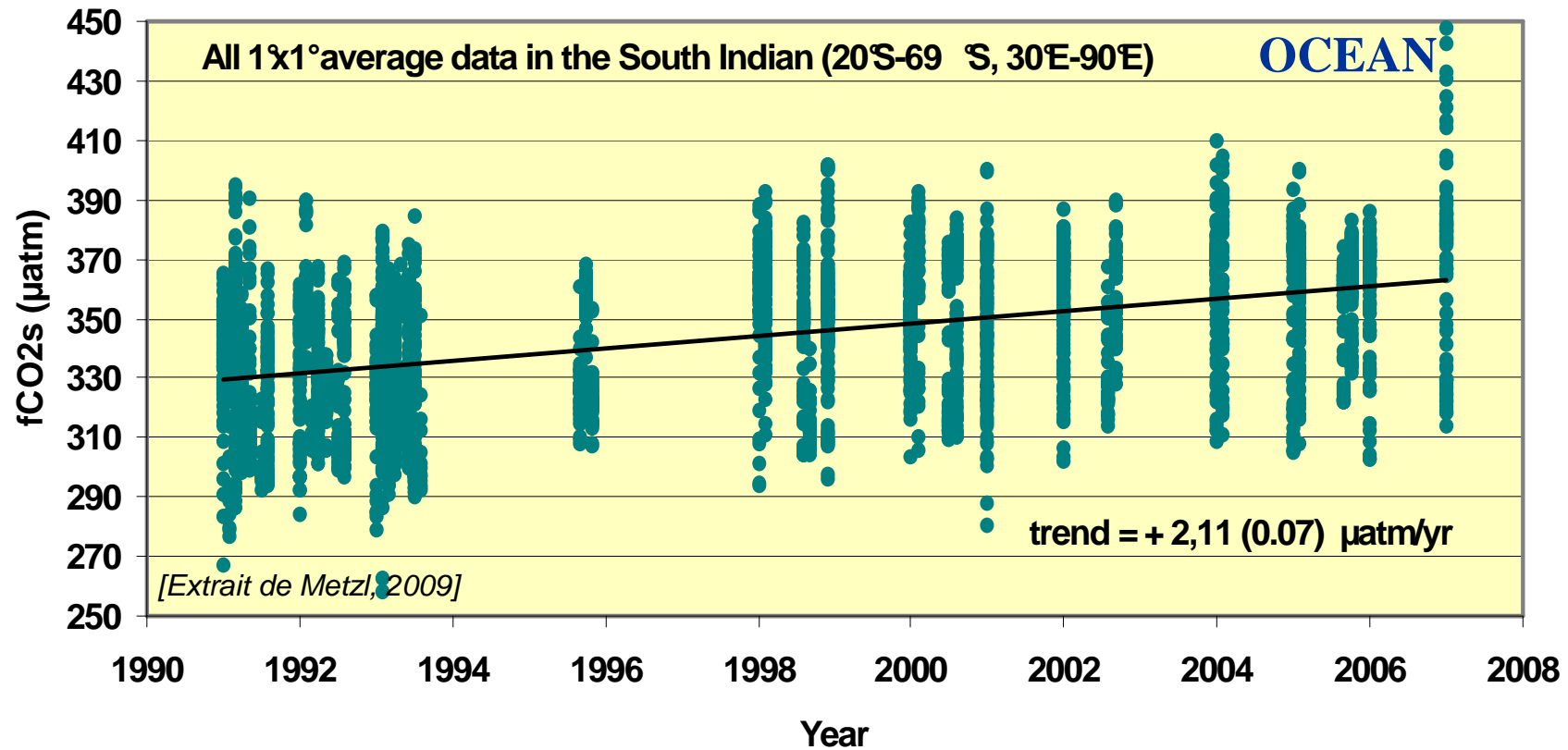


- 1998-2009
- Région Sud de l'Océan Indien et secteur antarctique
- objectif: étude de la variabilité saisonnière à décennale du CO<sub>2</sub> océanique et des paramètres associés



# ZONE D'ETUDE

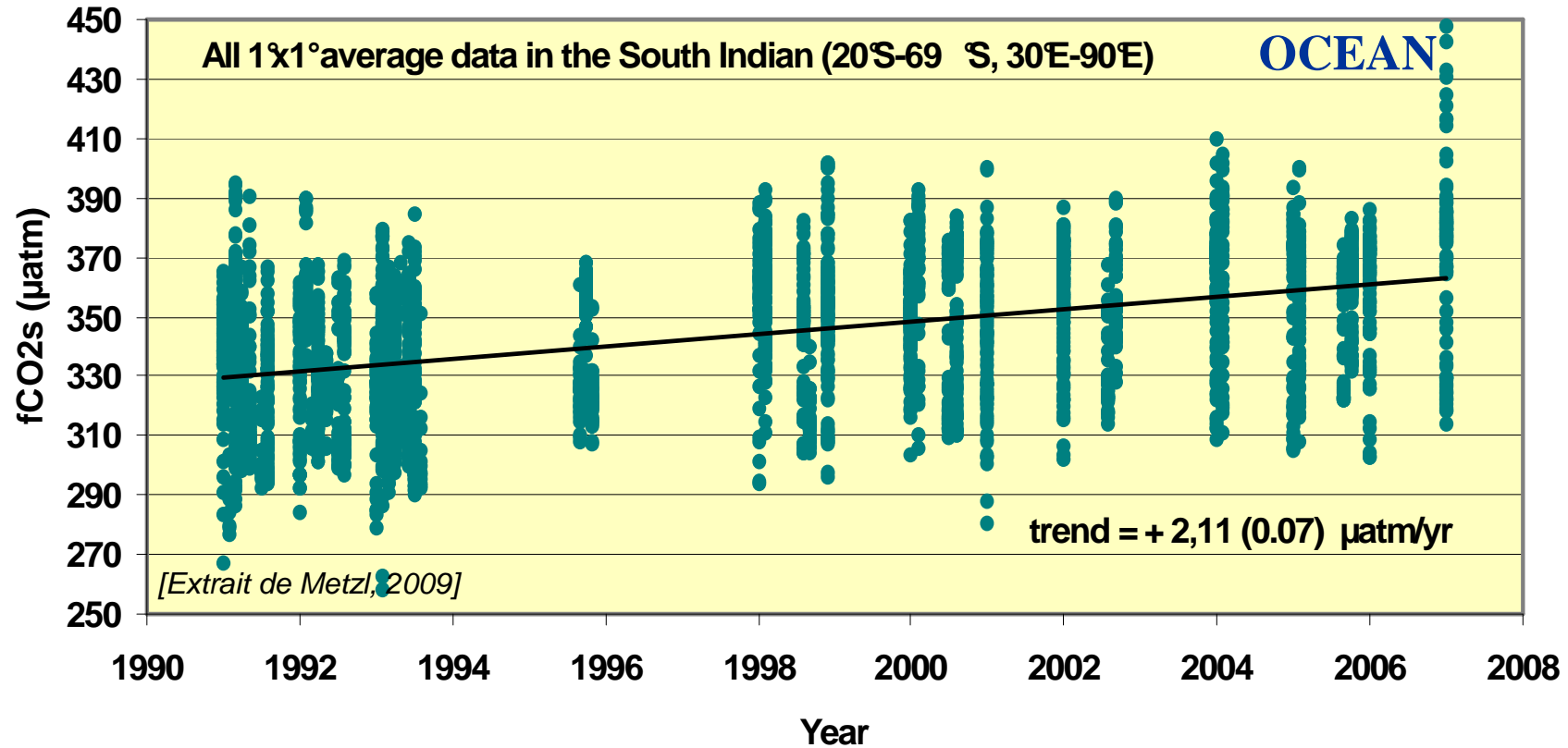
## Service d'Observation OISO



# ZONE D'ETUDE

## Service d'Observation OISO

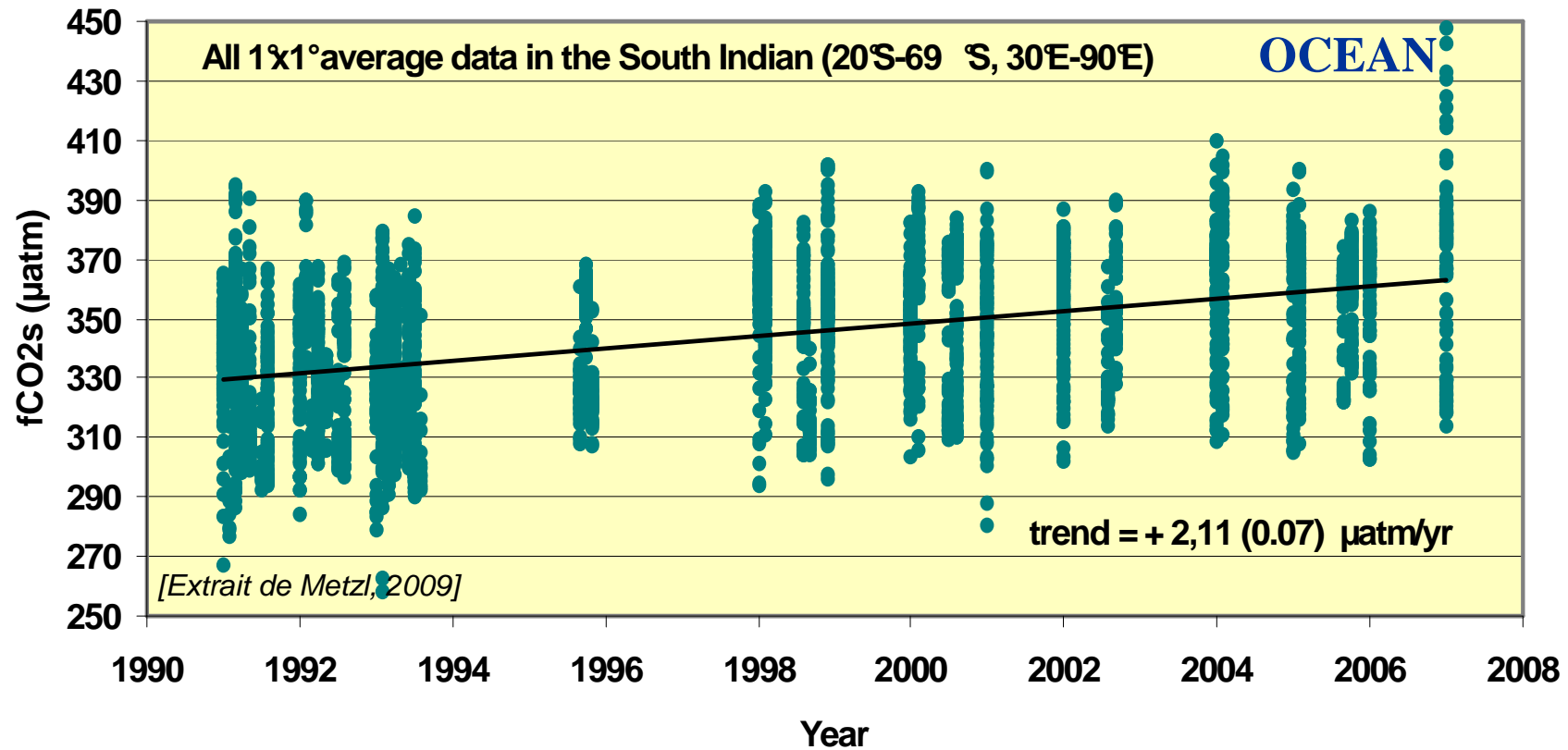
ATMOSPHERE: ↗ 1,7  $\mu\text{atm}\cdot\text{an}^{-1}$



# ZONE D'ETUDE

## Service d'Observation OISO

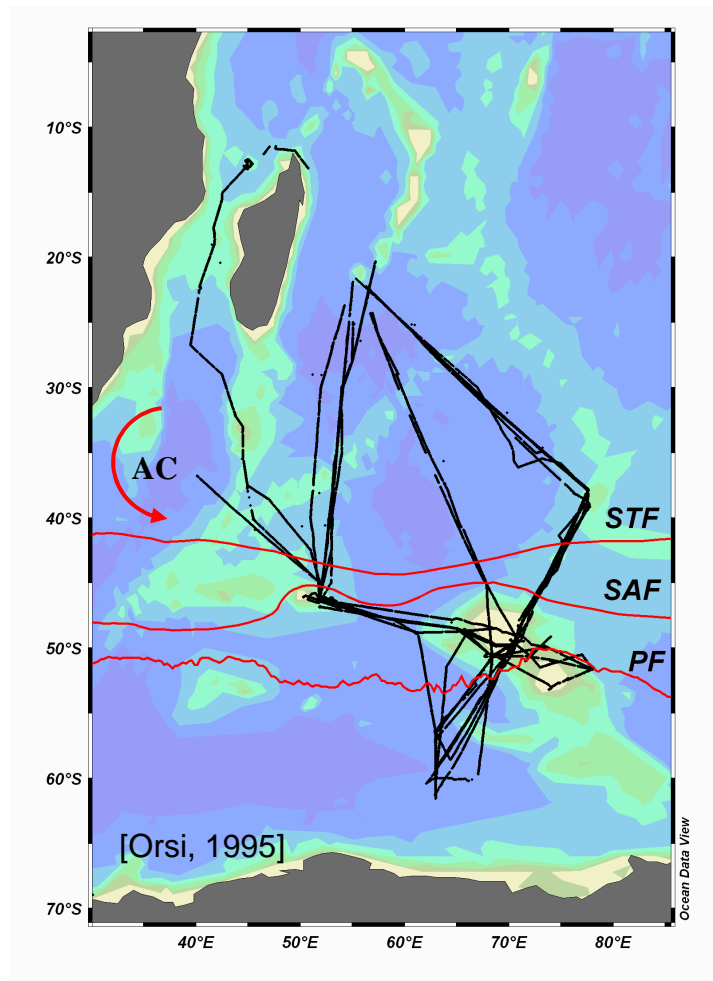
ATMOSPHERE: ↗ 1,7  $\mu\text{atm}\cdot\text{an}^{-1}$



➡ Diminution du puits de CO<sub>2</sub> atmosphérique ?

# ZONE D'ETUDE

## Caractéristiques hydrologiques

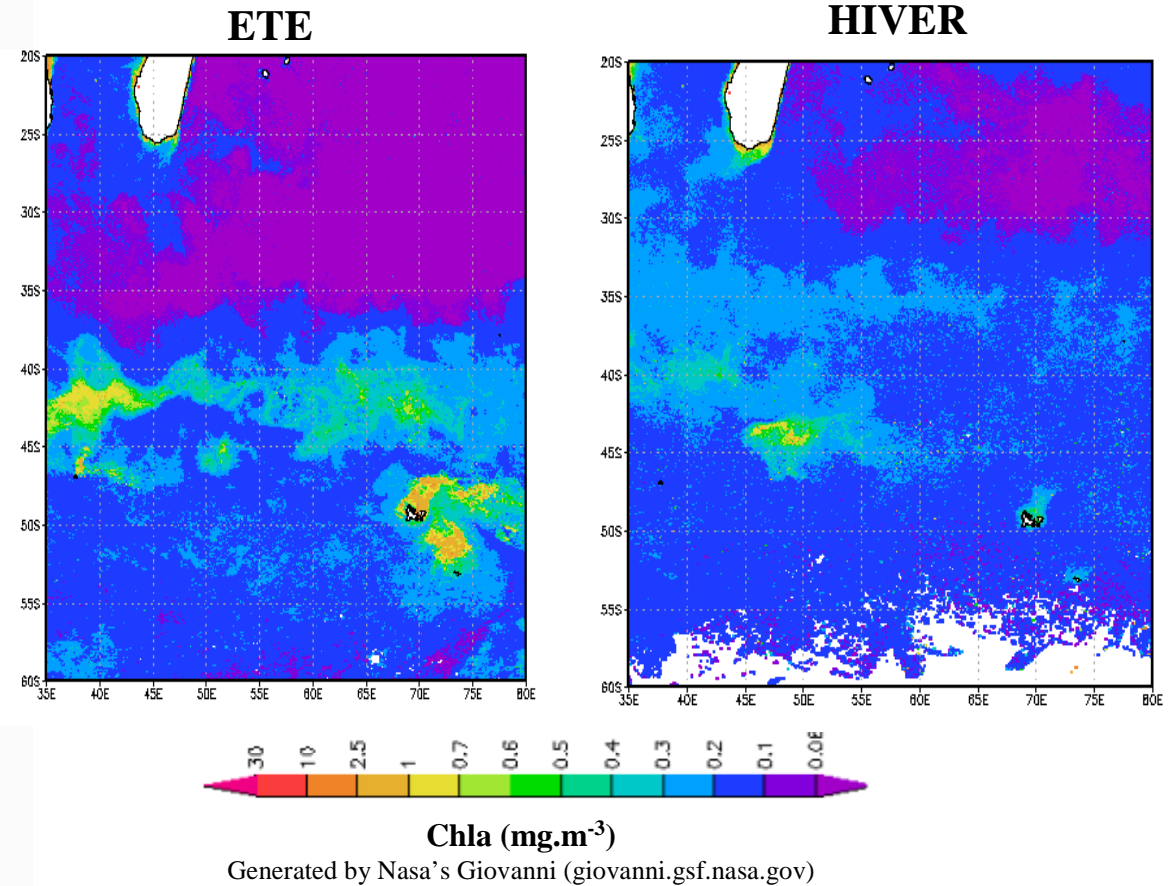
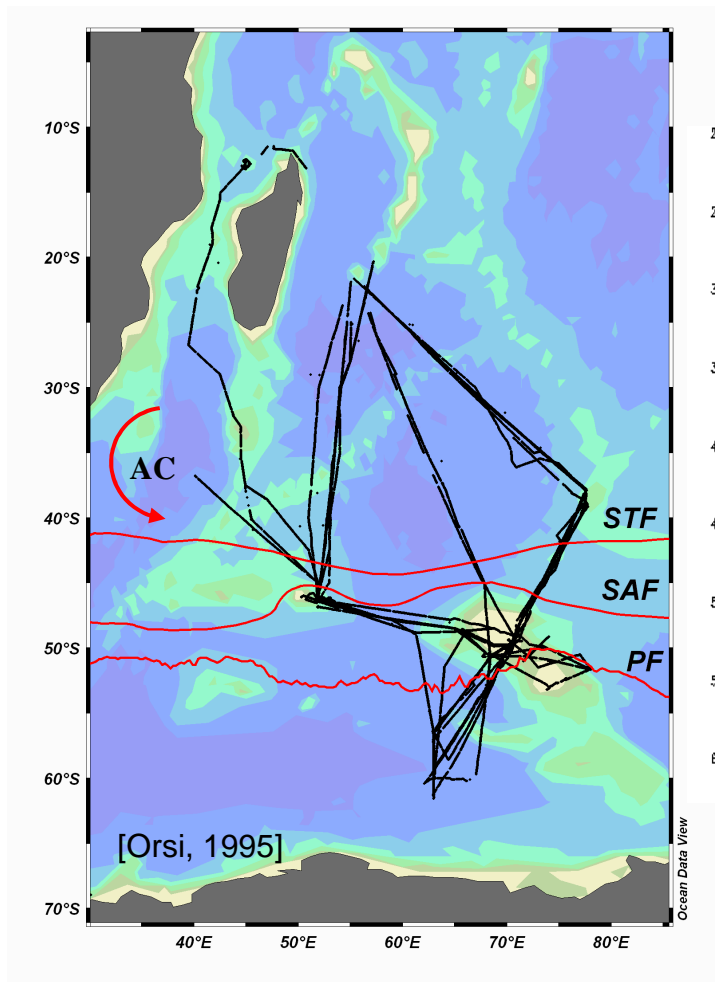


**AC:** Agulhas current, **STF** subtropical front

**SAF:** Subantarctic front; **PF:** polar front

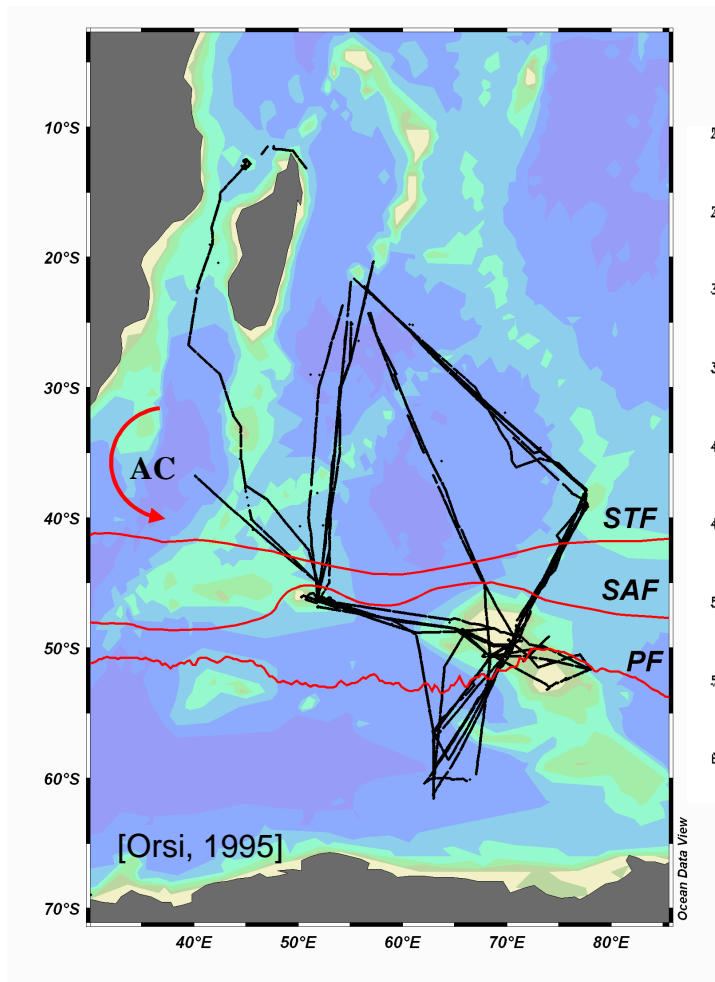
Caractéristiques hydrologiques

Caractéristiques biogéochimiques

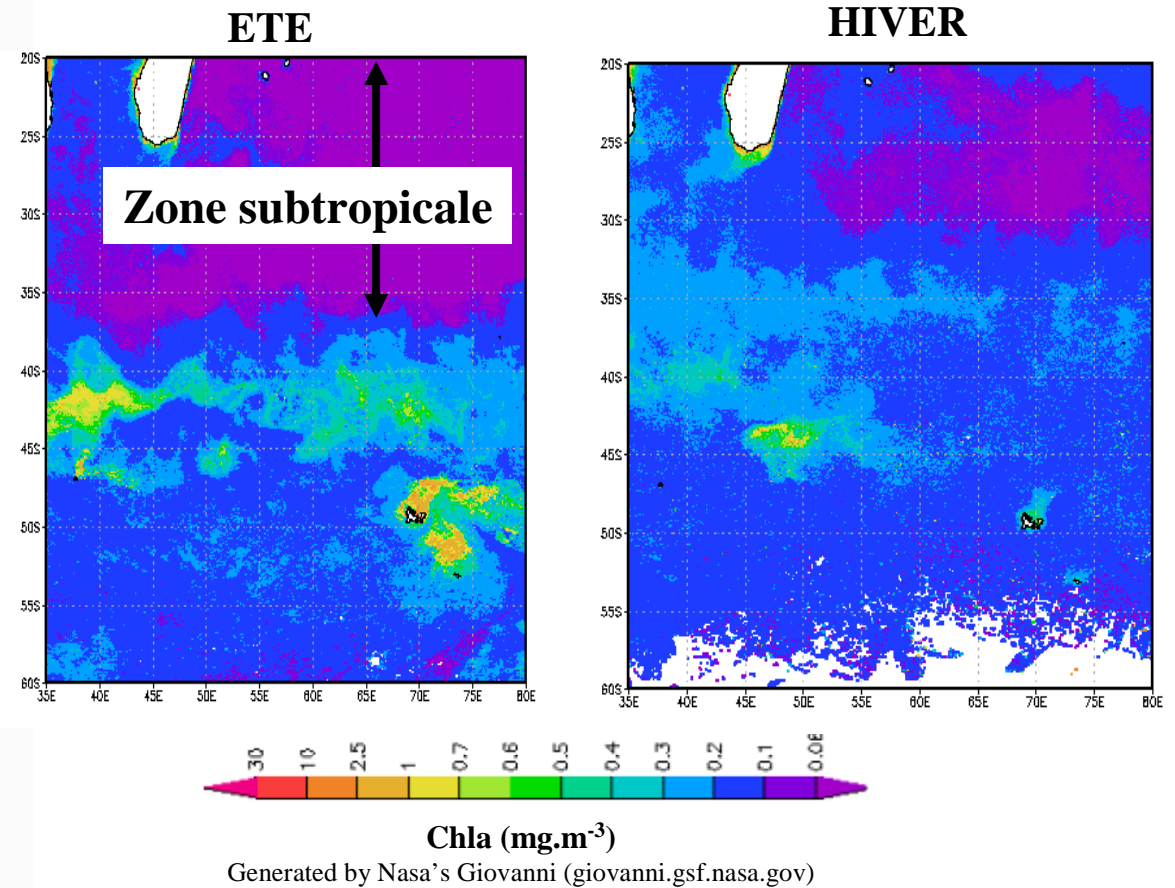


AC: Agulhas current, STF subtropical front  
SAF: Subantarctique front; PF: polar front

## Caractéristiques hydrologiques

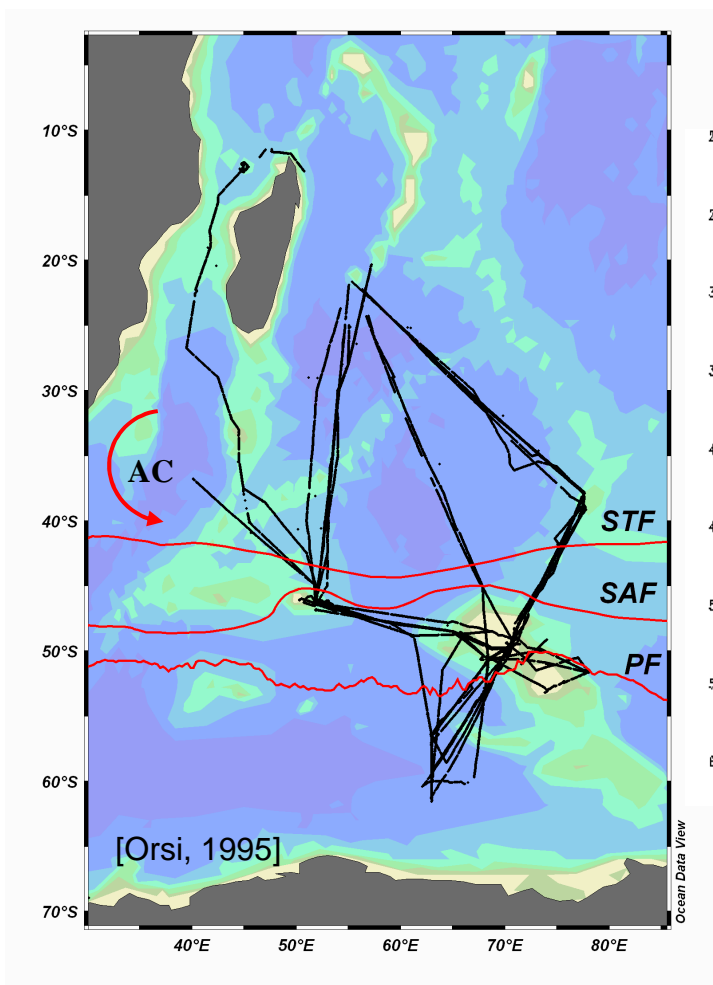


## Caractéristiques biogéochimiques

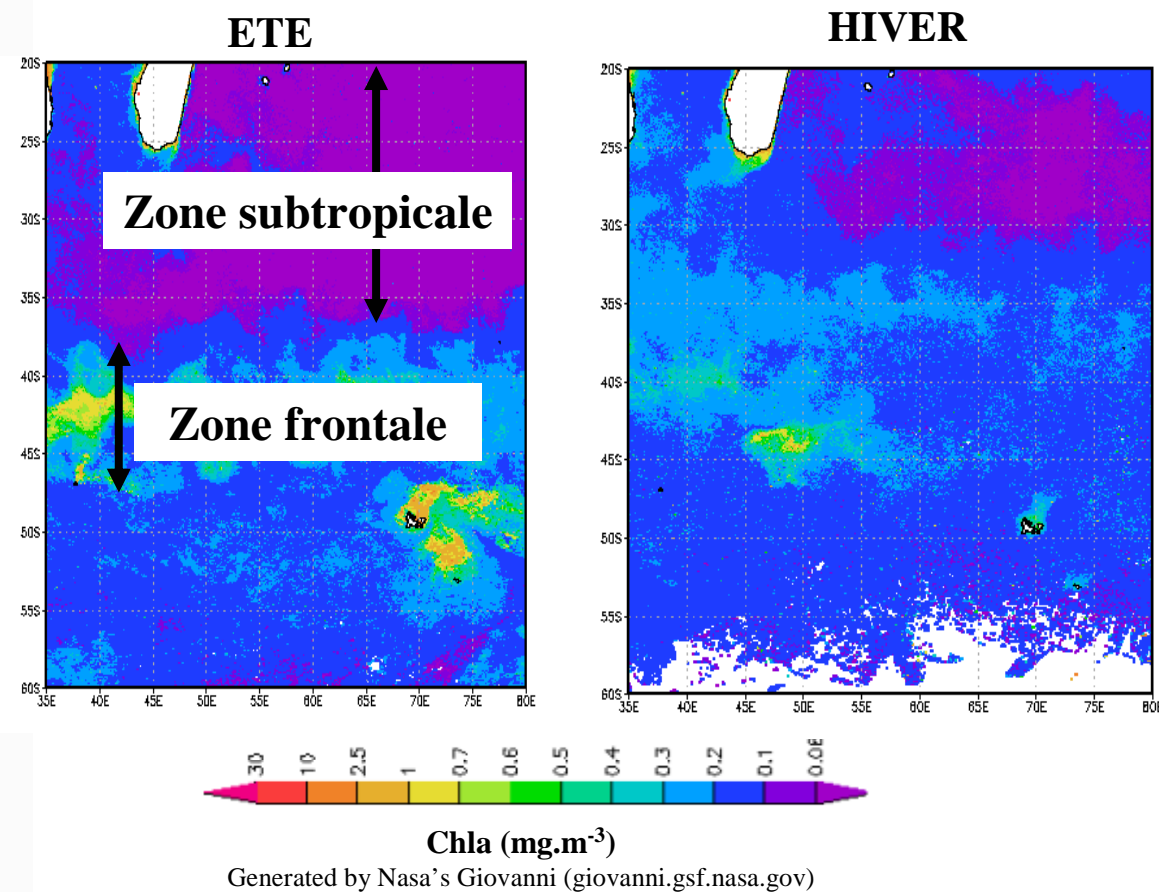


AC: Agulhas current, STF subtropical front  
SAF: Subantarctique front; PF: polar front

## Caractéristiques hydrologiques



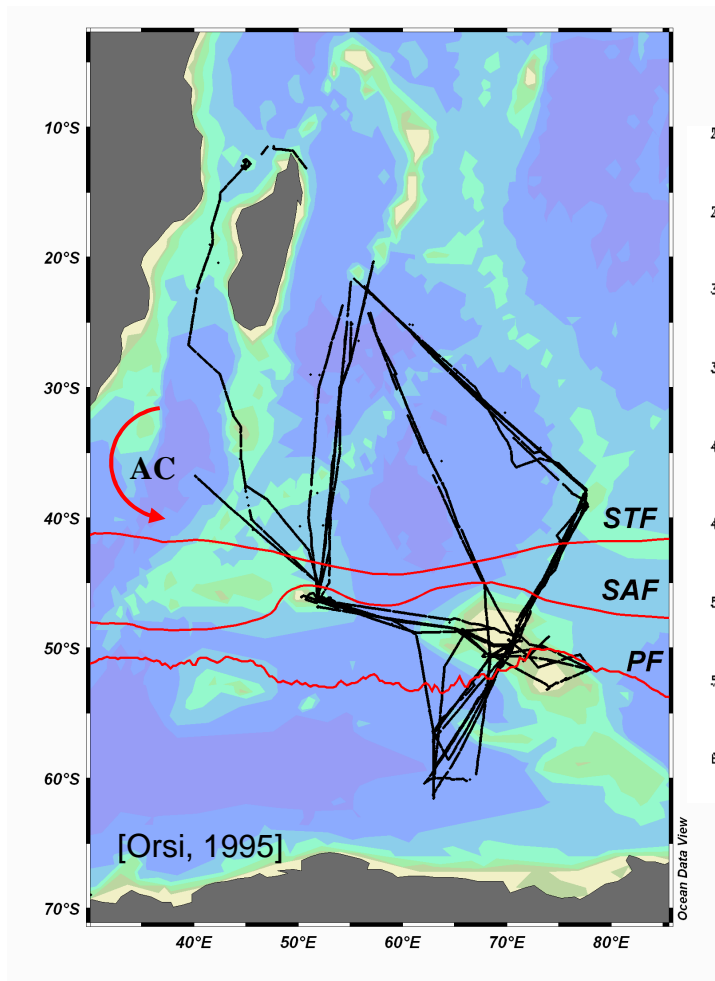
## Caractéristiques biogéochimiques



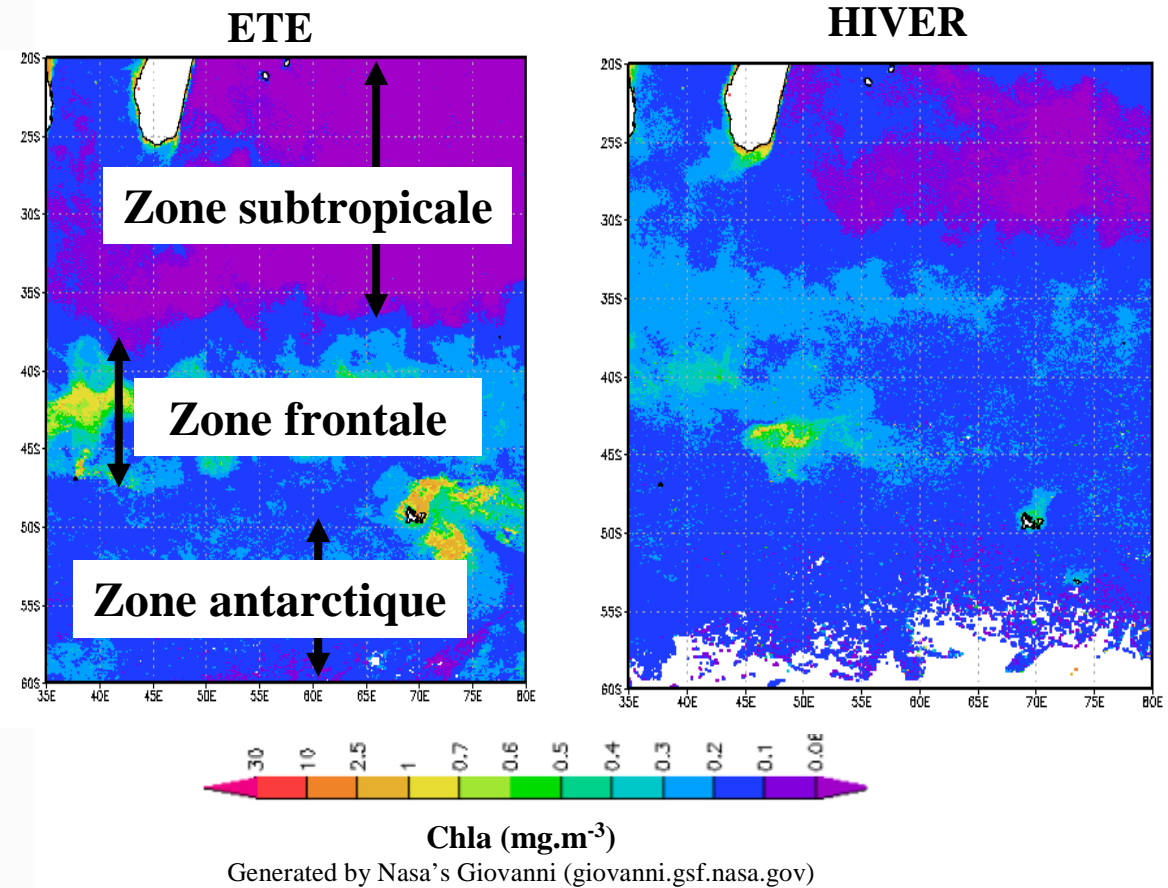
AC: Agulhas current, STF subtropical front  
SAF: Subantarctique front; PF: polar front



## Caractéristiques hydrologiques



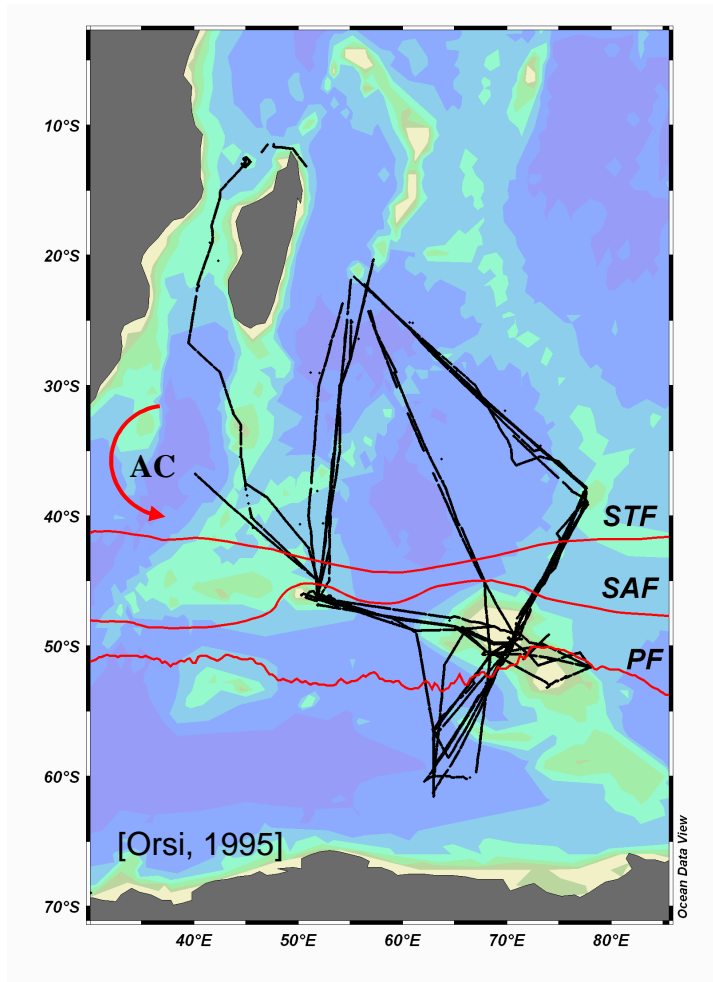
## Caractéristiques biogéochimiques



AC: Agulhas current, STF subtropical front  
SAF: Subantarctique front; PF: polar front

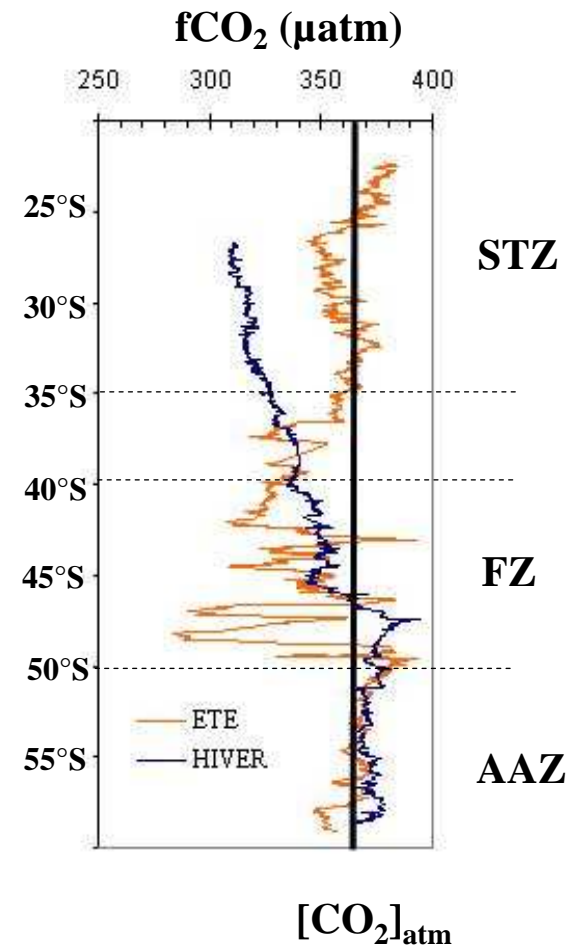
# ZONE D'ETUDE

## Caractéristiques hydrologiques



AC: Agulhas current, STF subtropical front  
 SAF: Subantarctique front; PF: polar front

## Caractéristiques biogéochimiques



$[CO_2]_{atm}$

# MECANISMES

**Processus  
thermodynamiques**

**Remontée d'eaux  
profondes**

**Processus  
biologiques**

$^{12}\text{CO}_2$

$^{13}\text{CO}_2$

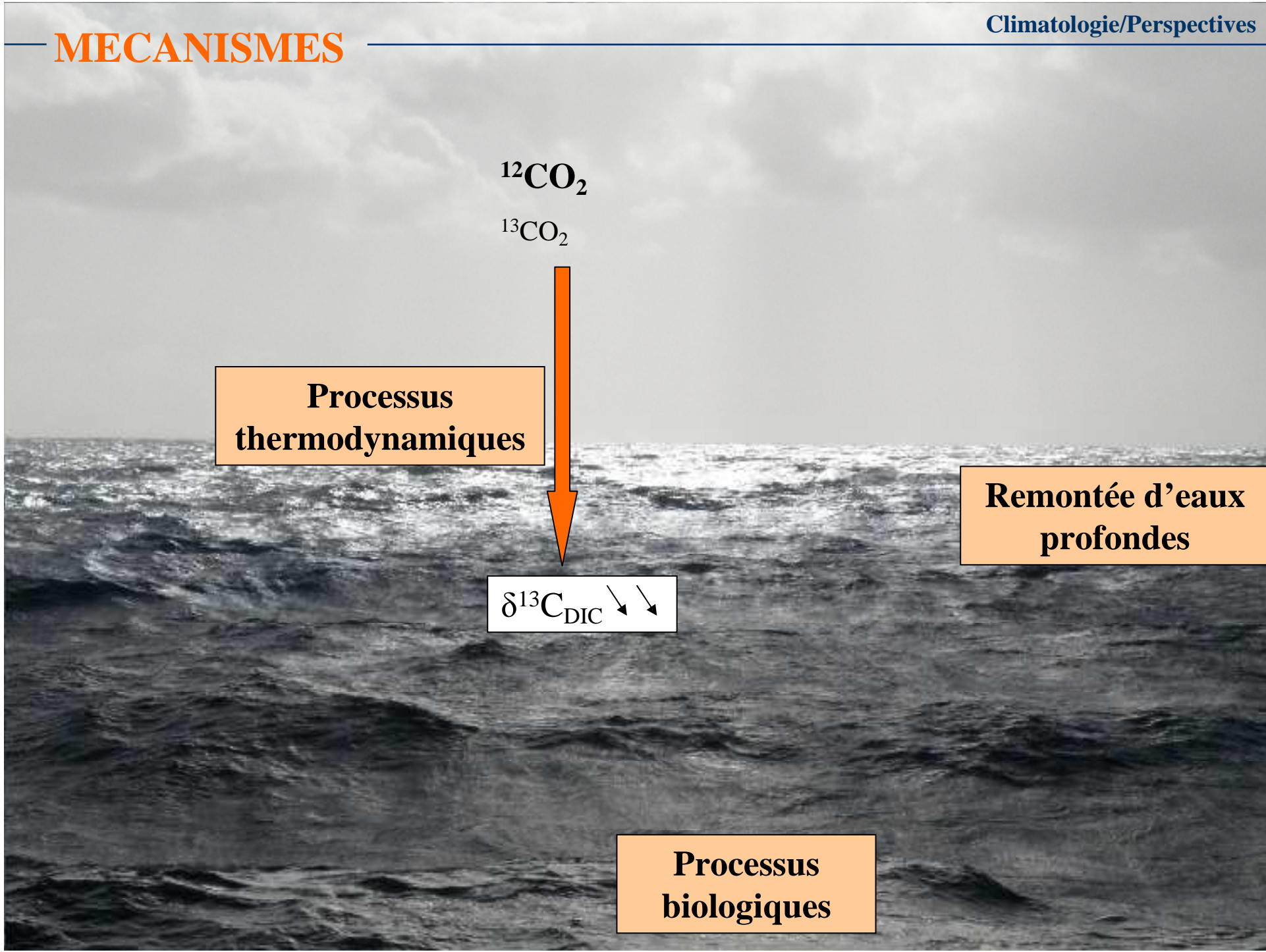
**Processus  
thermodynamiques**



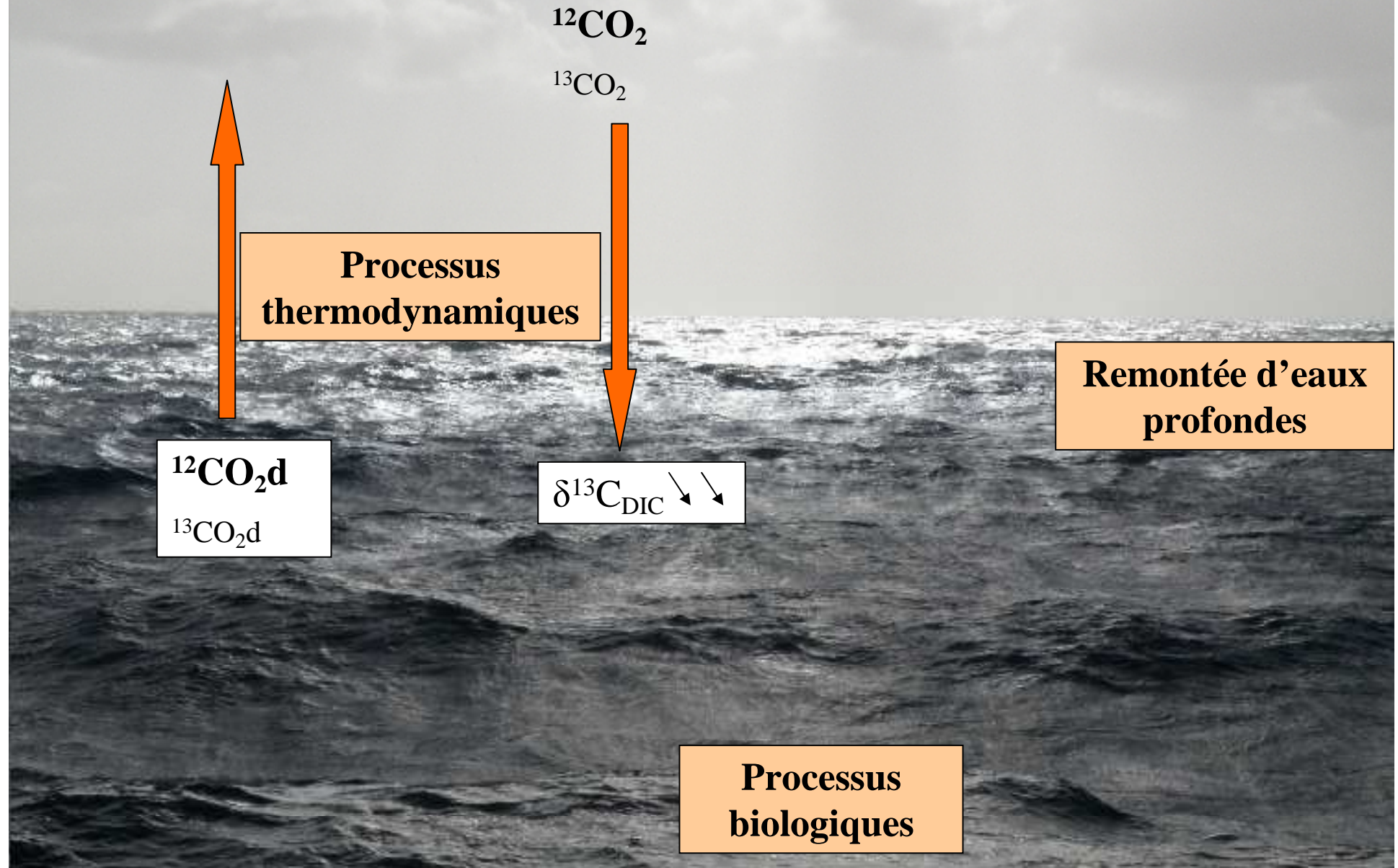
**Remontée d'eaux  
profondes**

$\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$

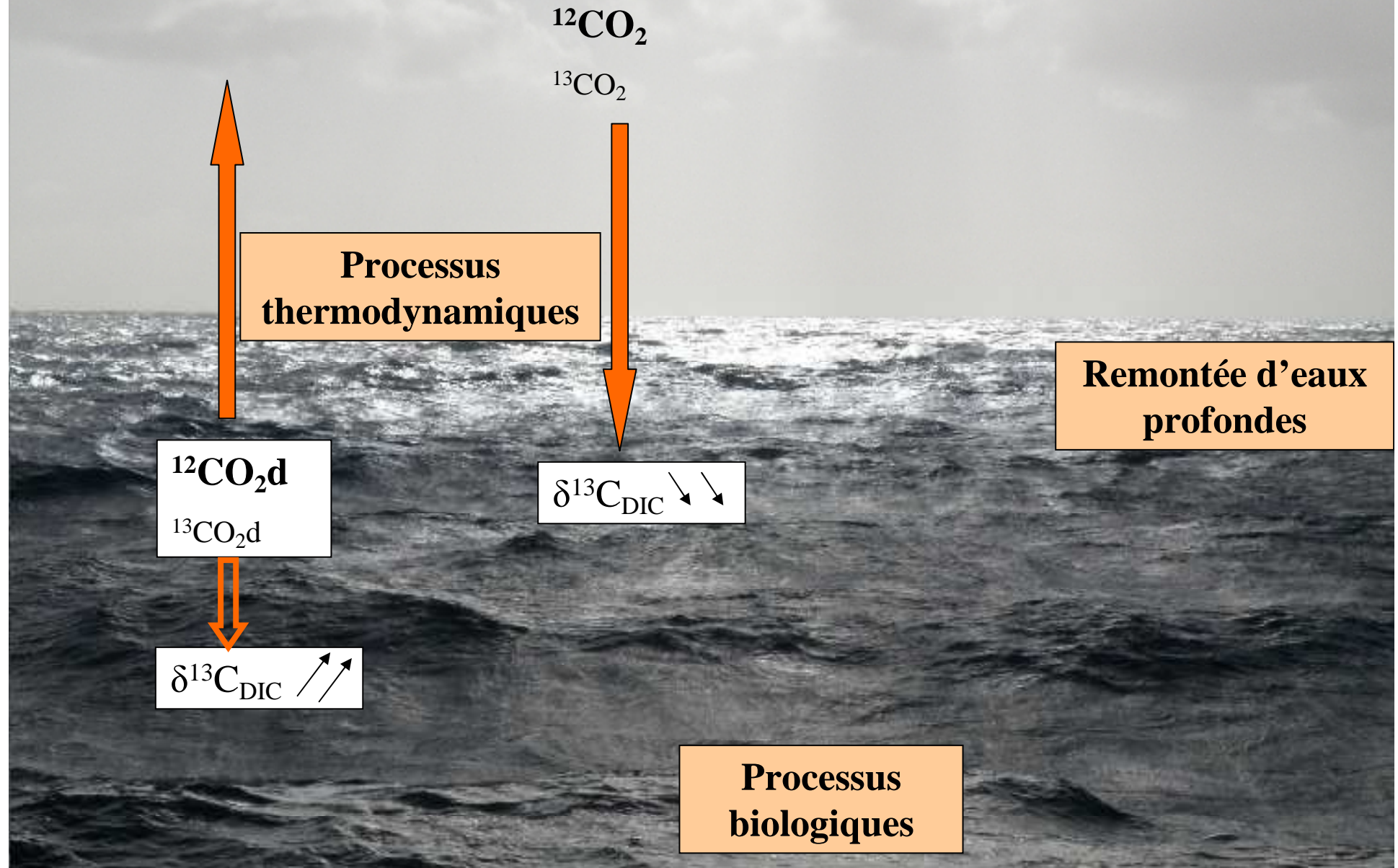
**Processus  
biologiques**



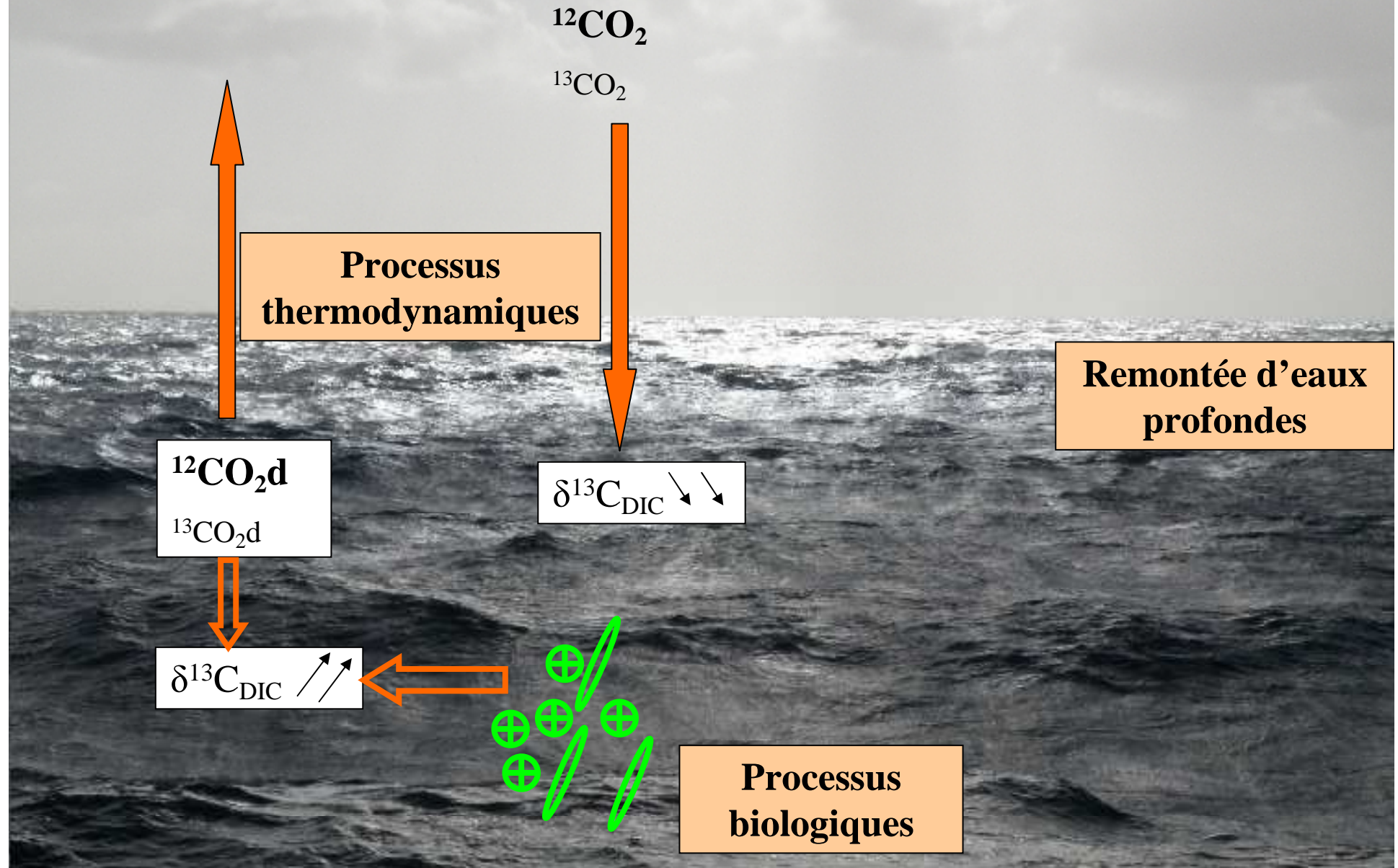
# MECANISMES

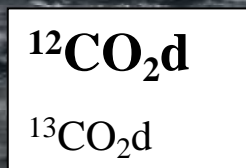
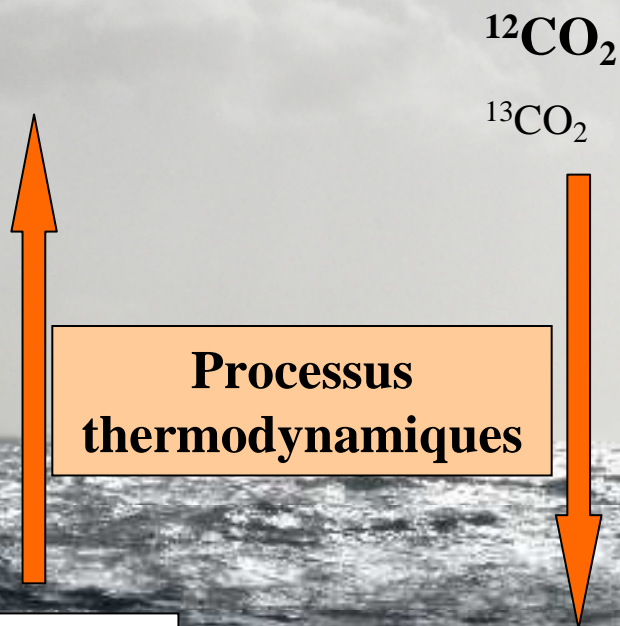


# MECANISMES



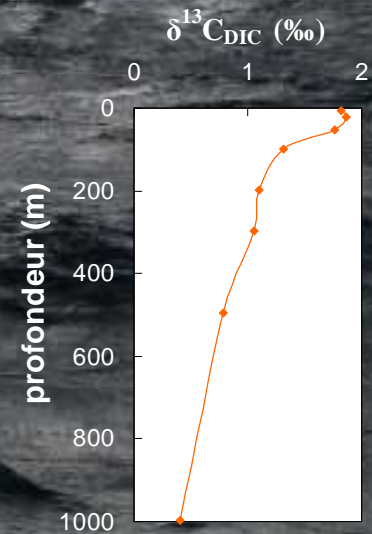
# MECANISMES





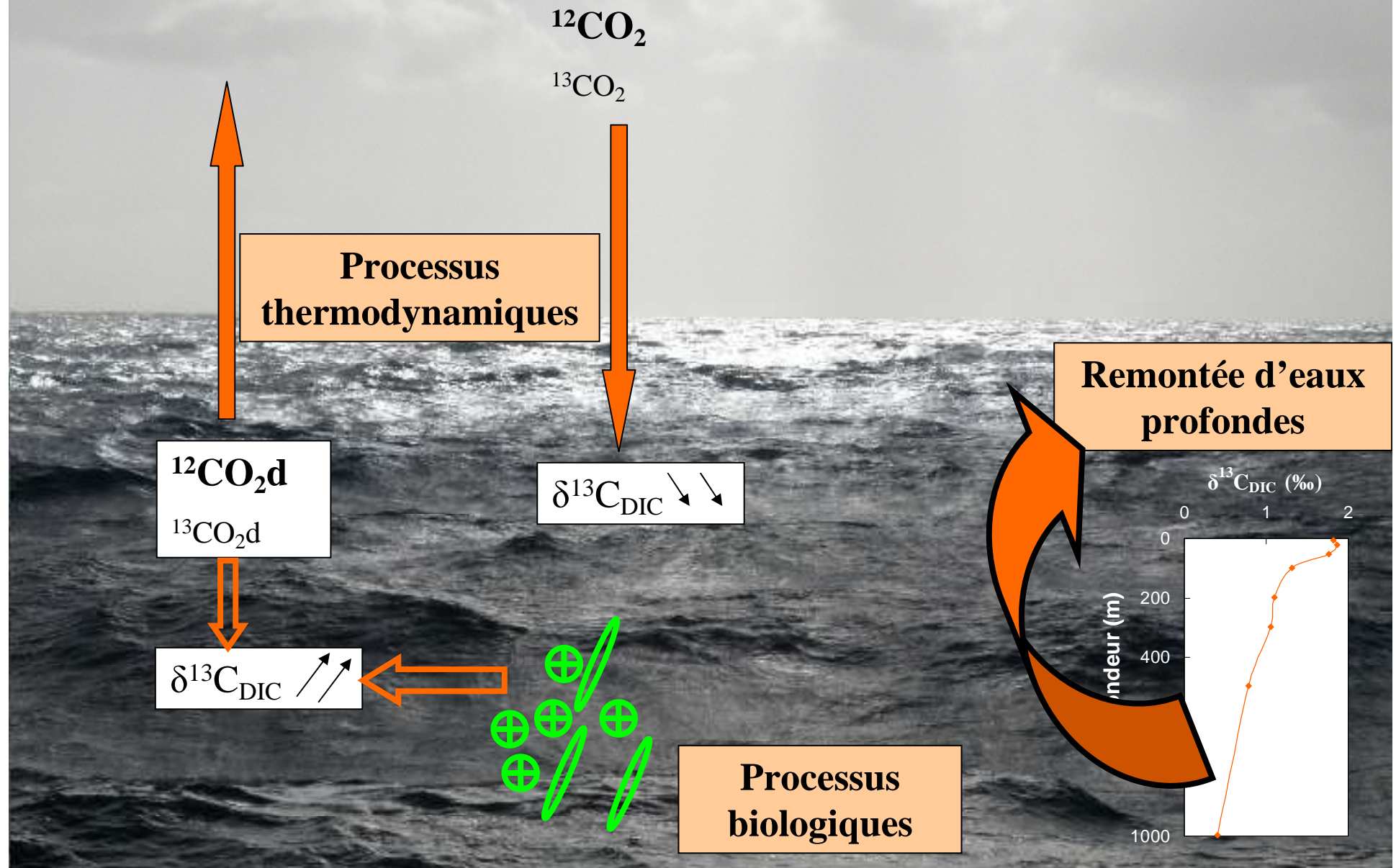
**Processus biologiques**

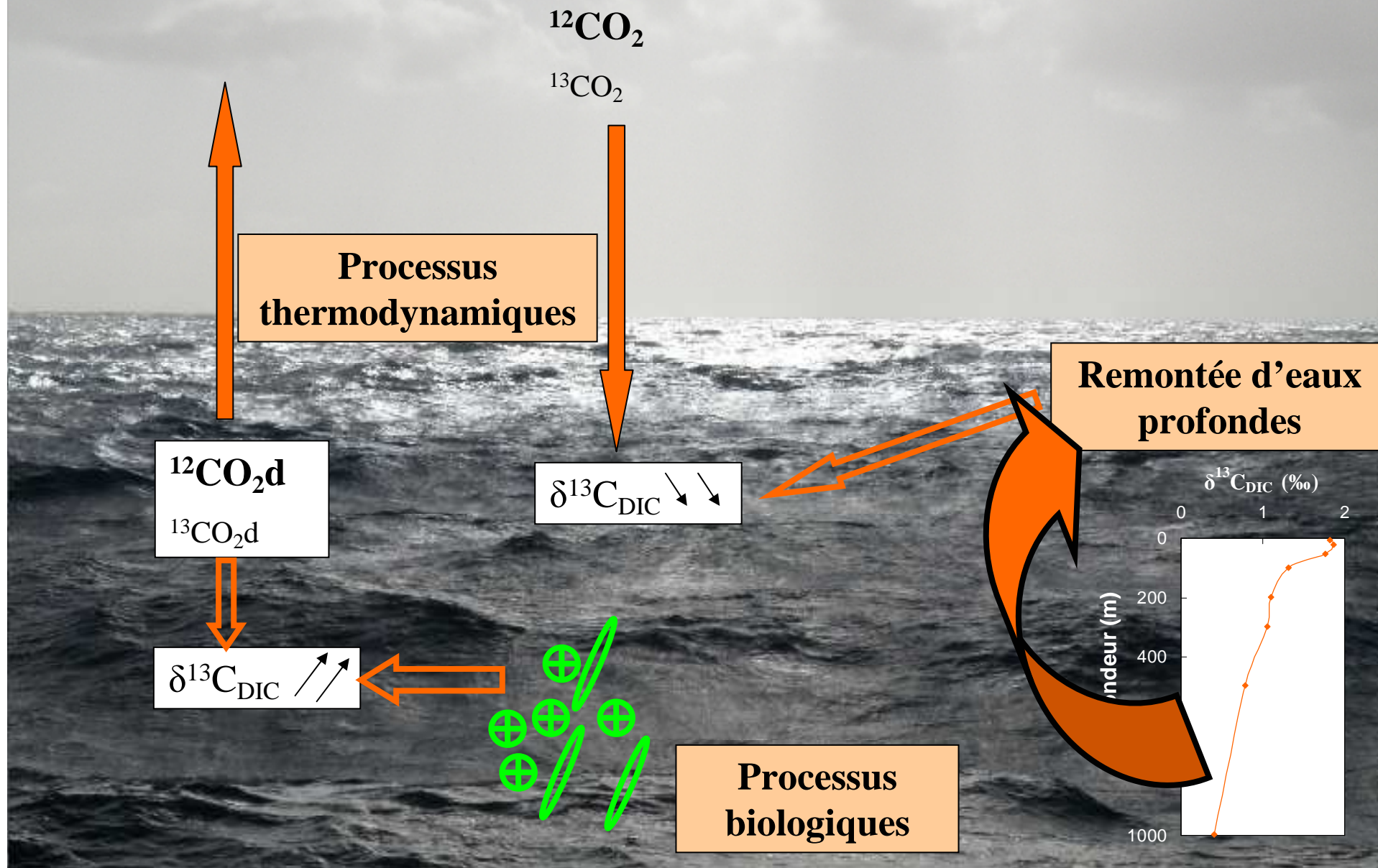
**Remontée d'eaux profondes**





# MECANISMES





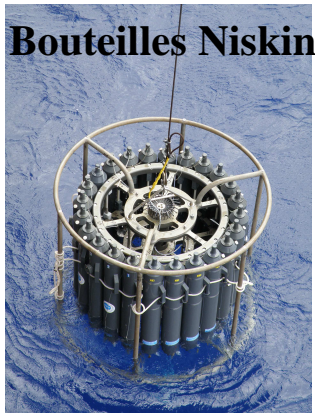
# CLIMATOLOGIE

---

## Données

- période 1998-2005
- 10 campagnes OISO (7 étés et 3 hivers)
- Prélèvement dans la région Sud-Ouest de l'Océan Indien et secteur antarctique [25°S-60°S]

## A bord (prélèvements)



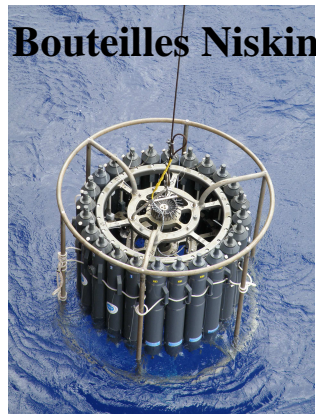
**Pompage des  
eaux de surface**

**Eaux de mer**  
**Flacon 125ml**

**+ HgCl<sub>2</sub>**  
(stoppe activité  
biologique)

**Stockage**

## A bord (prélèvements)



**Pompage des  
eaux de surface**

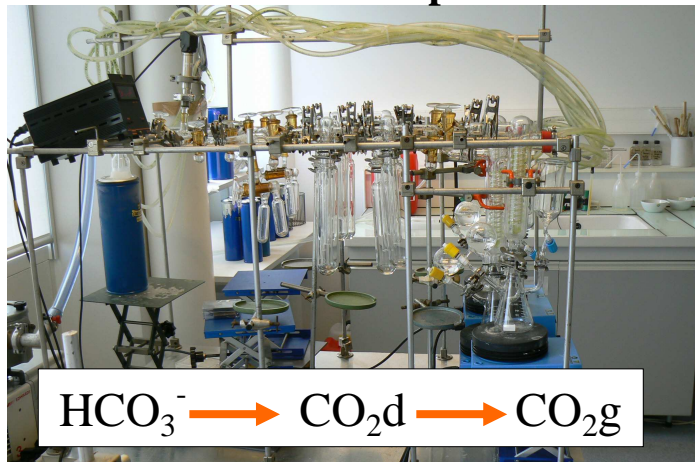
**Eaux de mer  
Flacon 125ml**

**+ HgCl<sub>2</sub>**  
(stoppe activité  
biologique)

**Stockage**

## En laboratoire (mesures)

**Rampe à extraction**



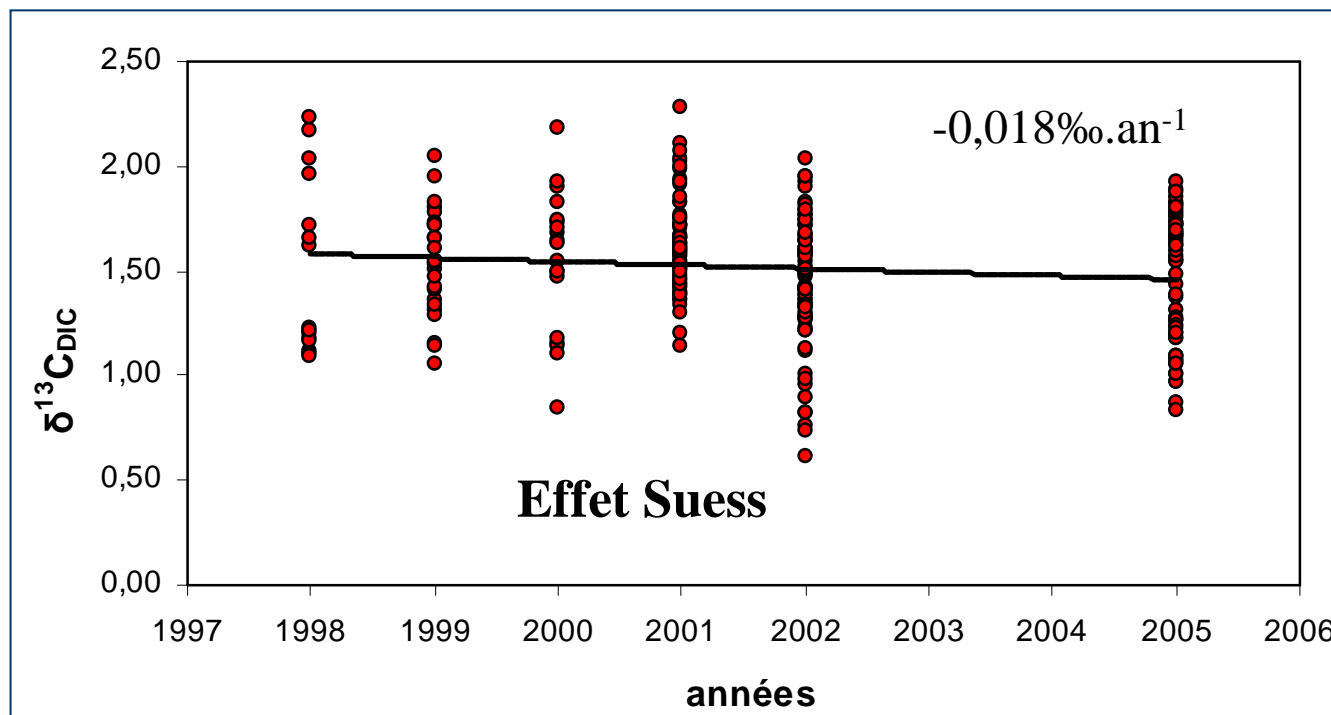
**Spectromètre de masse**

- Quantification <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C(éch)
- Comparaison vs <sup>13</sup>C/<sup>12</sup>C(PDB)
- Erreur sur la mesure: 0,01‰

## Données

- période 1998-2005
- 10 campagnes OISO (7 étés et 3 hivers)
- Prélèvement dans la région Sud-Ouest de l'Océan Indien et secteur antarctique [25°S-60°S]

## Tendance annuelle



# CLIMATOLOGIE

---

## Données

- période 1998-2005
- 10 campagnes OISO (7 étés et 3 hivers)
- Prélèvement dans la région Sud-Ouest de l'Océan Indien et secteur antarctique [25°S-60°S]

## Tendance annuelle

- OISO : variation du  $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$  de surface de **-0,018 ‰.an<sup>-1</sup>**
- Comparable à la littérature (entre 0,01 et 0,02 ‰ .an<sup>-1</sup>)

# CLIMATOLOGIE

---

## Données

- période 1998-2005
- 10 campagnes OISO (7 étés et 3 hivers)
- Prélèvement dans la région Sud-Ouest de l'Océan Indien et secteur antarctique [25°S-60°S]

## Tendance annuelle

- OISO : variation du  $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$  de surface de **-0,018 ‰.an<sup>-1</sup>**
- Comparable à la littérature (entre 0,01 et 0,02 ‰ .an<sup>-1</sup>)

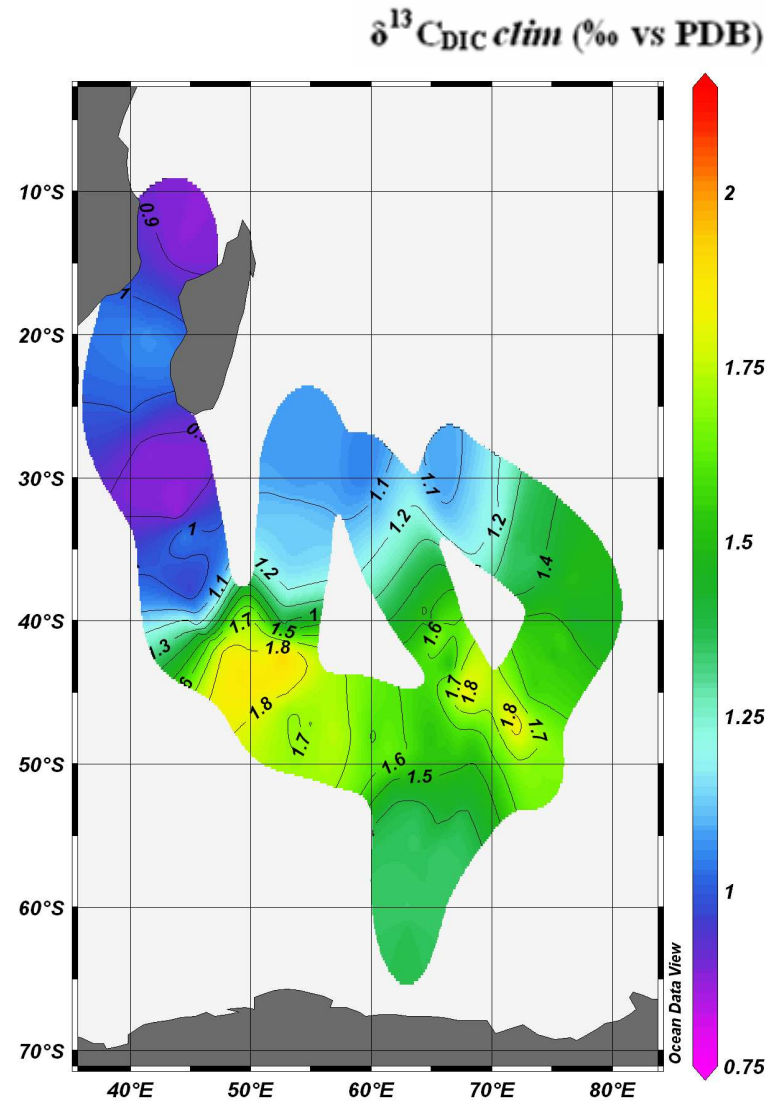
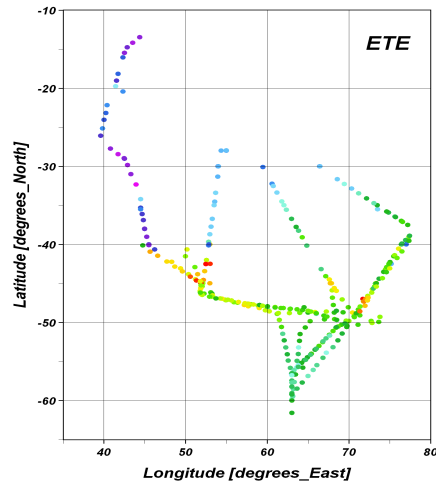
## Correction

- année de référence 2002
- correction de -0,018 ‰.an<sup>-1</sup>



# CLIMATOLOGIE

## Distribution du $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ de surface en ETE

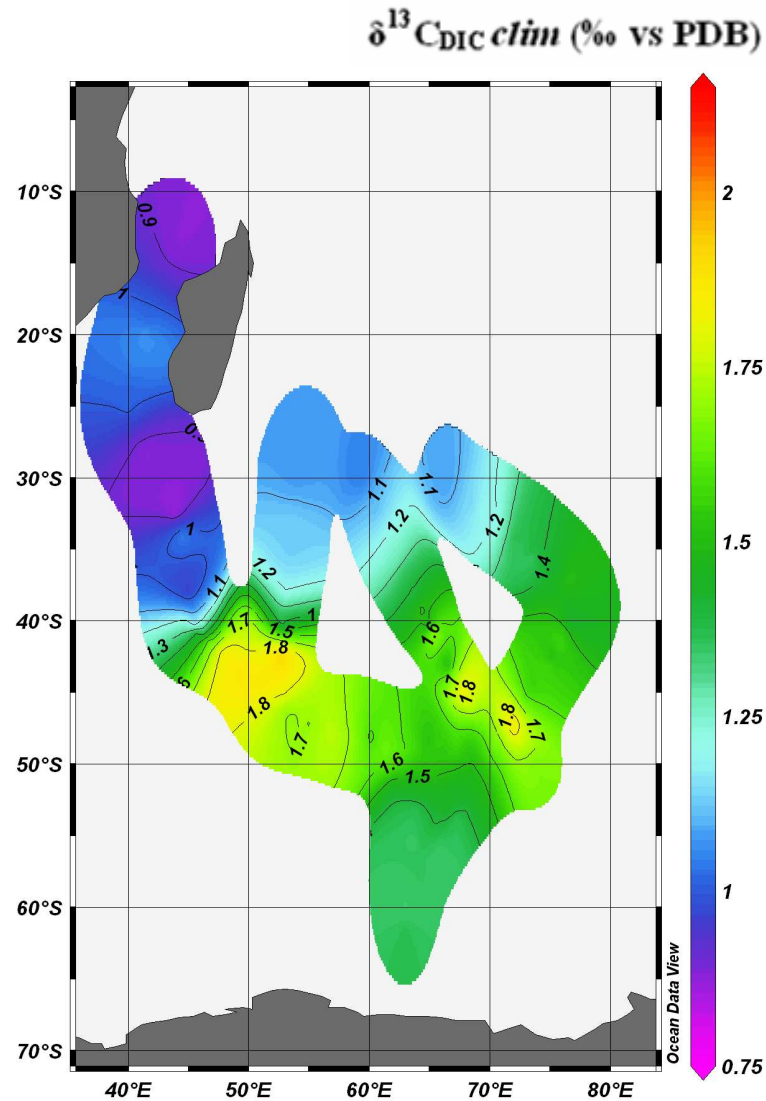
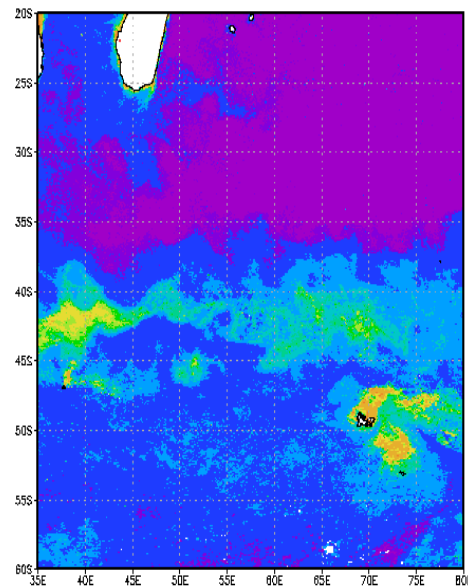
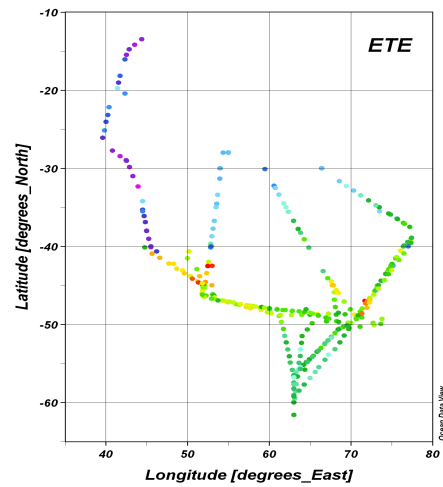


- minimum dans la région subtropicale (~1‰)

- maximum dans la zone frontale (>2 ‰)

# CLIMATOLOGIE

## Distribution du $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ de surface en ETE

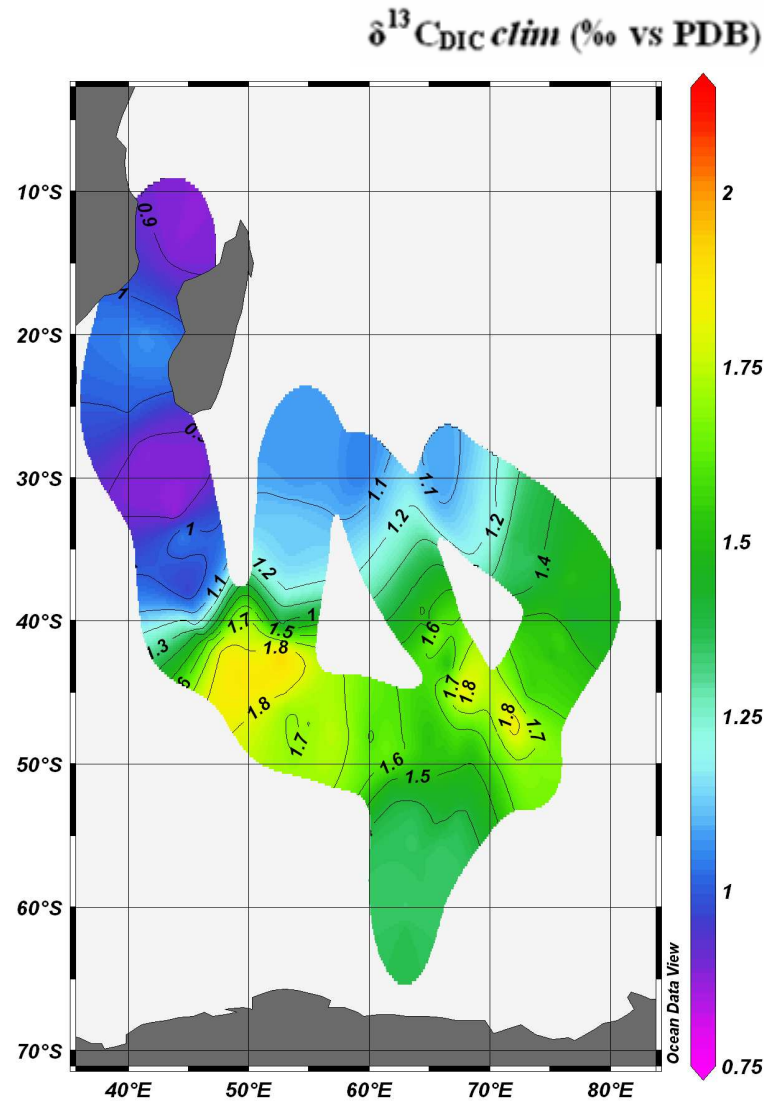
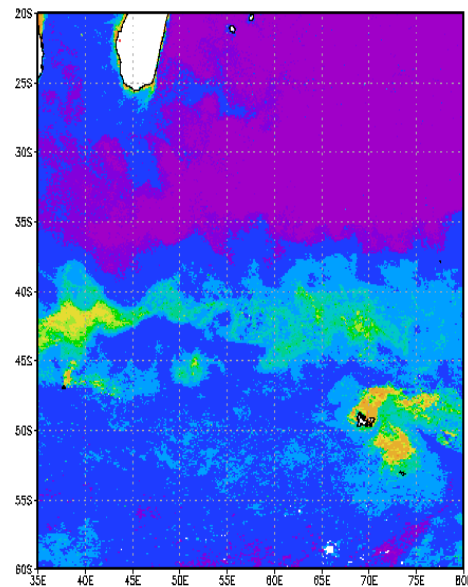
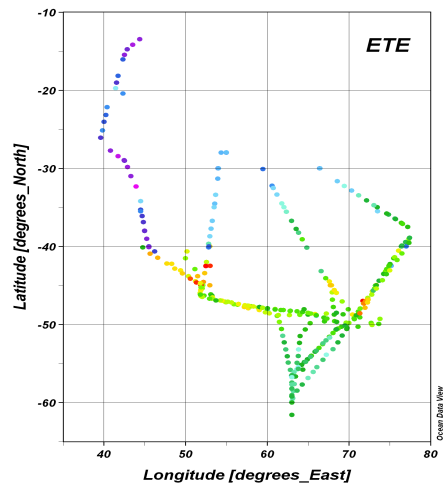


- minimum dans la région subtropicale (~1‰)

- maximum dans la zone frontale (>2 ‰)

# CLIMATOLOGIE

## Distribution du $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ de surface en ETE



- minimum dans la région subtropicale (~1‰)

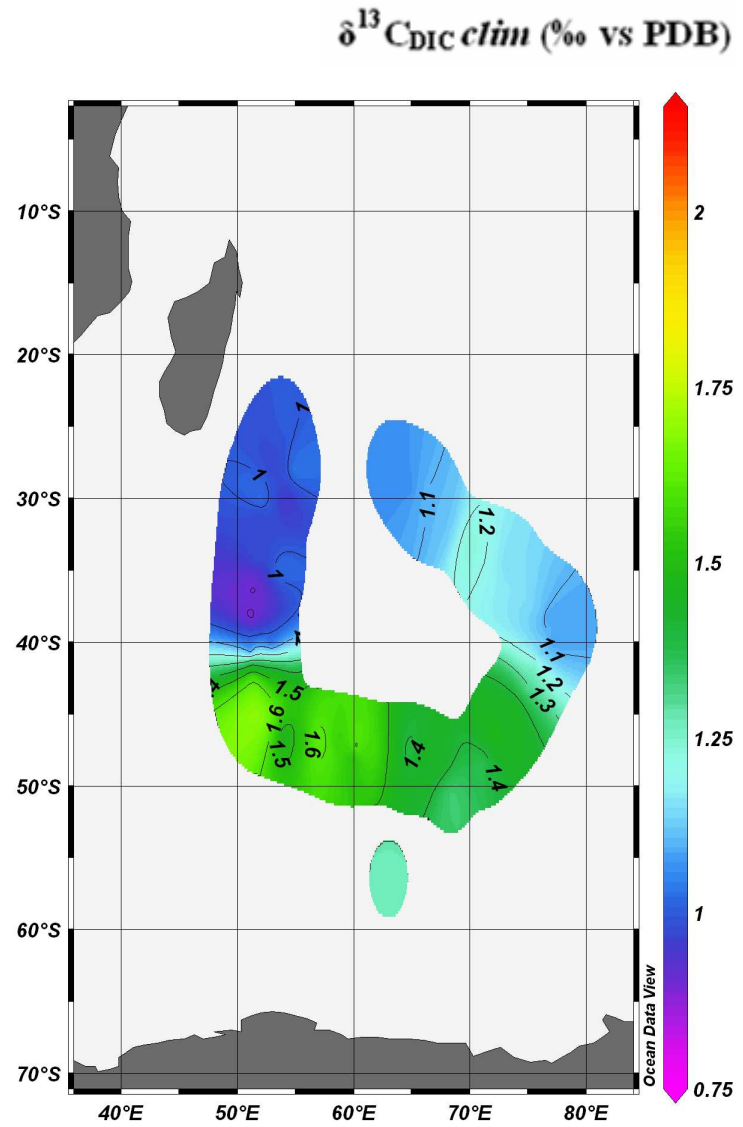
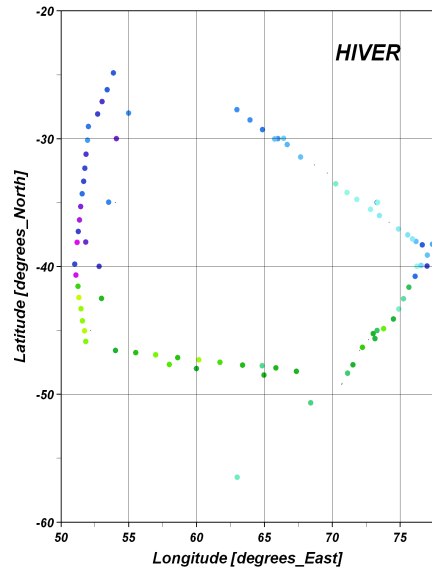
- maximum dans la zone frontale (>2 ‰)

- forte activité biologique

→  $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$  élevé

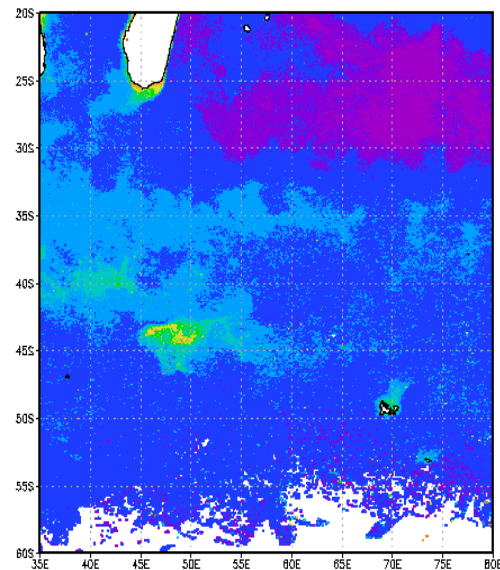
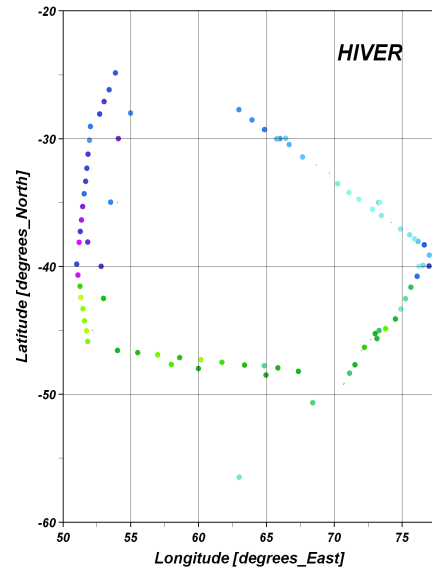
# CLIMATOLOGIE

## Distribution du $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ de surface en HIVER

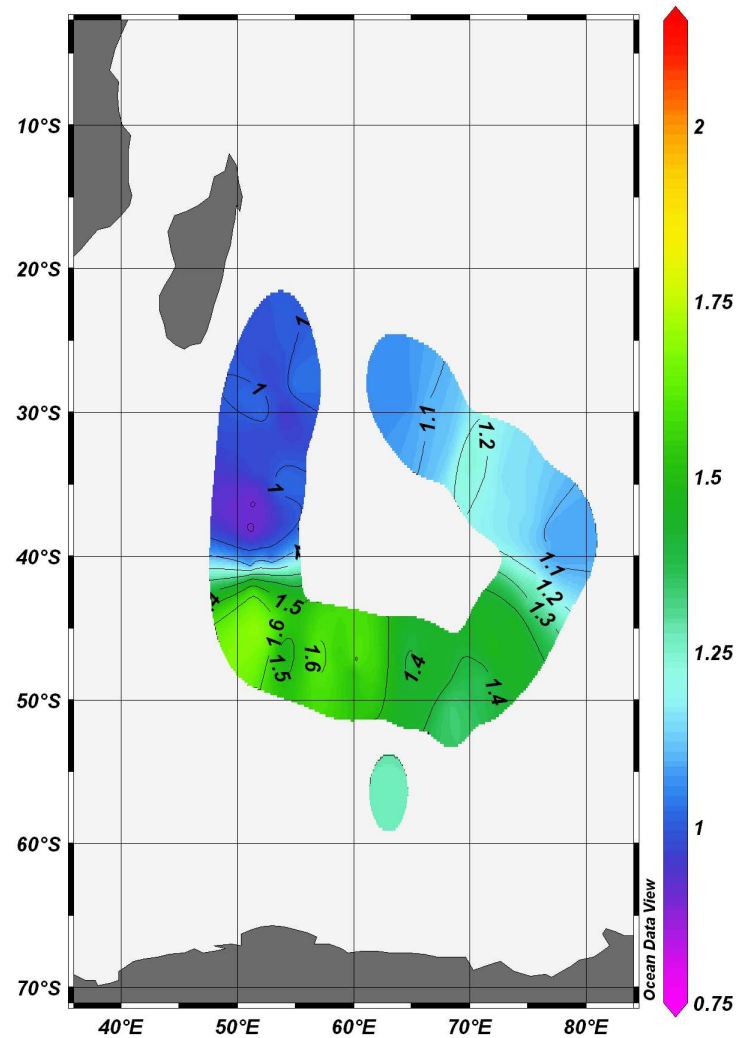


- minimum dans les zones subtropicale et de transition
- maximum dans la zone frontale ( $>1,6$  ‰)

## Distribution du $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ de surface en HIVER



$\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}} \text{ clim } (\text{‰ vs PDB})$



- minimum dans les zones subtropicale et de transition
- maximum dans la zone frontale ( $>1,6 \text{ ‰}$ )
- Activité biologique persistante en hiver

# CONCLUSION

**Zone subtropicale**

**Zone de transition**

**Zone frontale**

**Zone antarctique**

**Processus  
thermodynamiques**

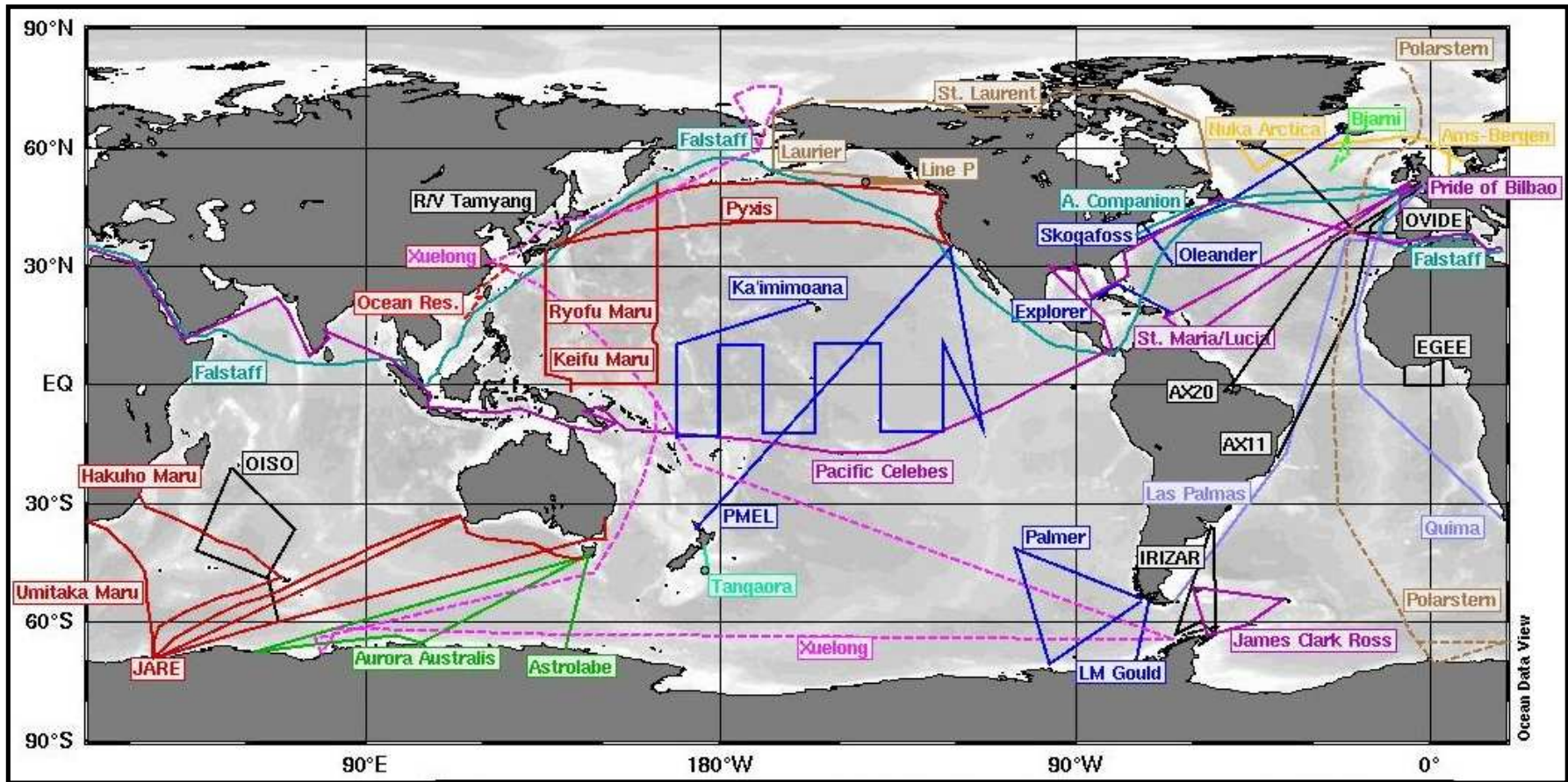
**Processus  
biologiques**

**Processus  
biologiques**

**Mélange vertical**

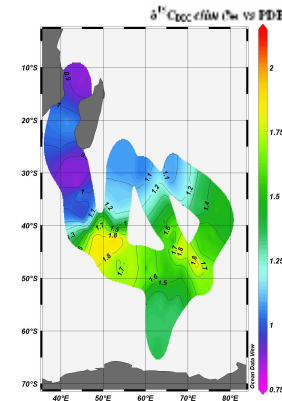
**Remontée d'eaux  
profondes**

# PERSPECTIVES

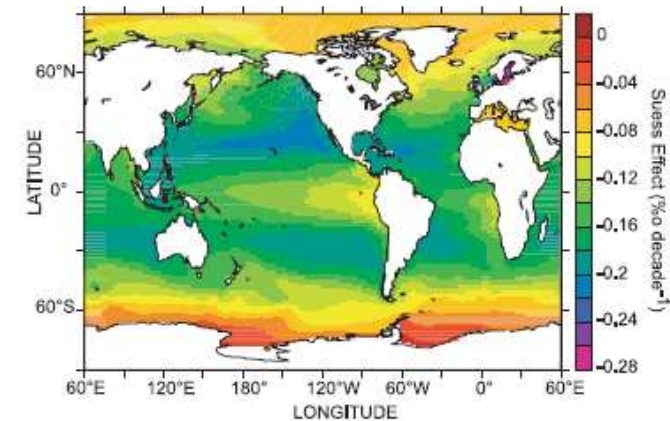


# PERSPECTIVES

Climatologie du  $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$  de surface  
1998-2009



Variabilité décennale ?  
(diminution  $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$  de surface )



Flux de  $\text{CO}_2$  entre l'Océan et  
l'atmosphère ?

[Extrait de Tagliabue et Bopp, 2008]

**Capacité de l'Océan à réguler l'accumulation de  
 $\text{CO}_2$  dans l'atmosphère ?**





**Merci de votre attention...**

# bibliographie

- Canadell, J.G., Le Quéré, C., Raupach, M.R., Field, C.B., Buitehuis, E.T., Ciais, P., Conway, I.J., Gillett, N.P., Houghton, R.A., Marland, G., 2007. Contributions to accelerating atmospheric CO<sub>2</sub> growth from economic activity, carbon intensity, and efficiency of natural sinks. *Proceedings of the National Academy of Sciences* 5.
- Gruber, N., Keeling, C.D., Bacastow, R.B., Guenther, P.R., Lueker, T.J., Wahlen, M., Meijer, H.A.J., Mook, W.G., Stocker, T.F., 1999. Spatiotemporal patterns of carbon-13 in the global surface oceans and the oceanic Suess effect. *Global Biogeochemical Cycles* 13 (2), 307-335.
- Metzl, N., Decadal increase of oceanic carbon dioxide in Southern Indian Ocean surface waters (1991-2007). *Deep-Sea Research II* (2009), doi:10.1016/j.dsr2.2008.12.007
- Orsi, A.H., Whitworth, T., Nowlin, W.D., 1995. On the meridional extent and fronts of the Antarctic Circumpolar Current. *Deep-Sea Research I* 42 (5), 641-673
- Tagliabue, A., Bopp, L., 2008. Towards understanding global variability in ocean carbon-13. *Global Biogeochemical Cycles*