

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]



**Combustion des
énergies fossiles**

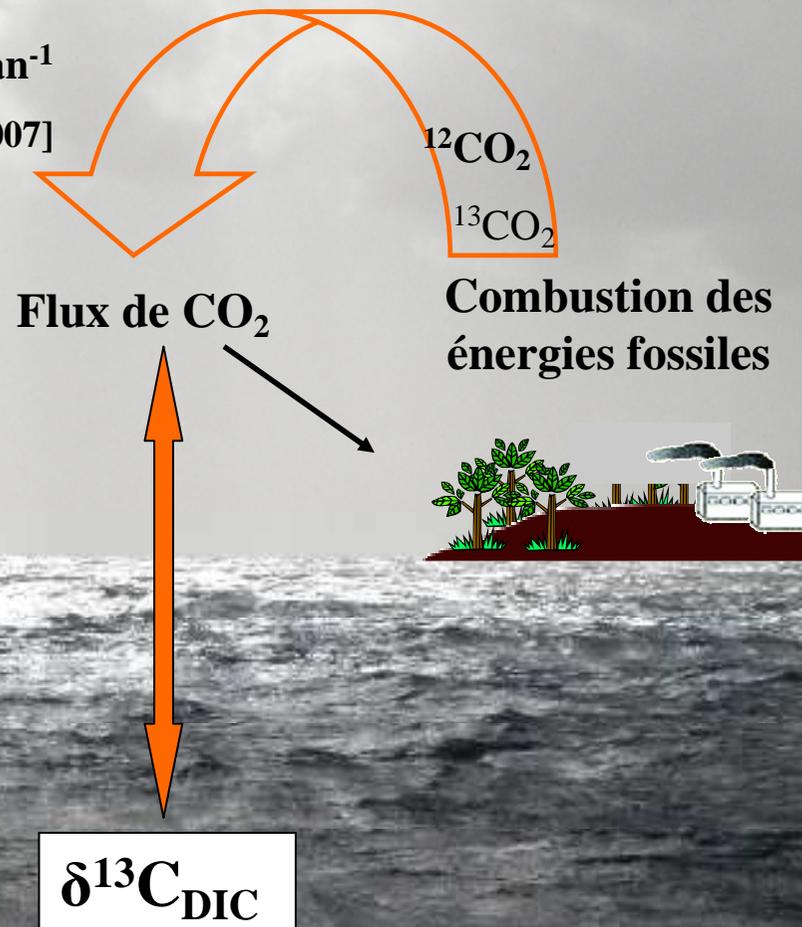


INTRODUCTION

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

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

9,9 PgC.an⁻¹
[Canadell et al, 2007]

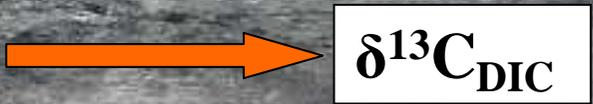
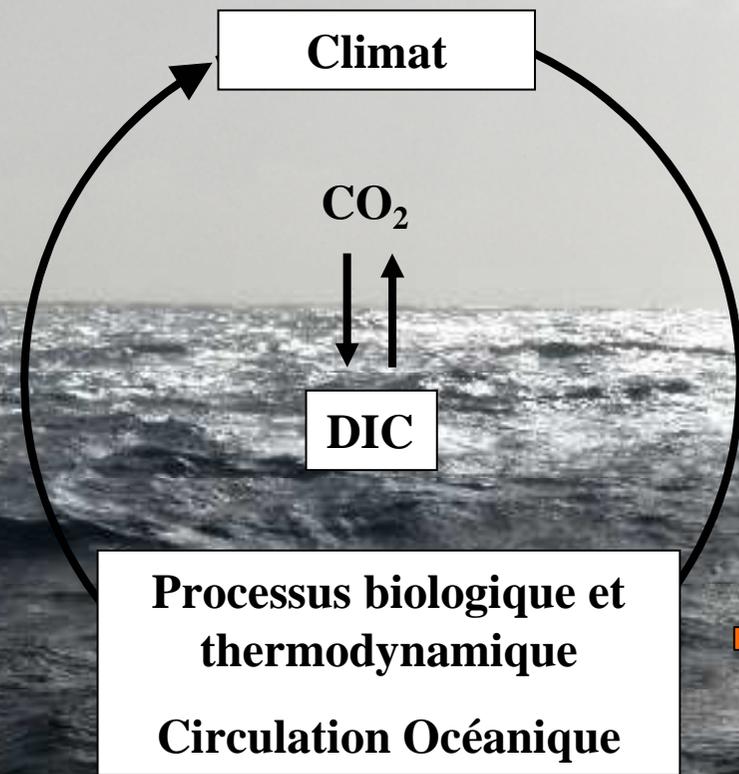
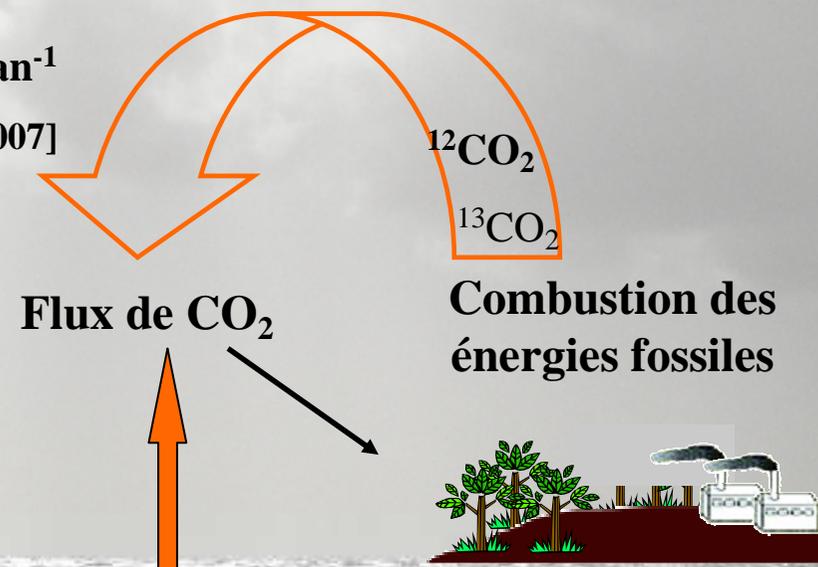


INTRODUCTION

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

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

9,9 PgC.an⁻¹
[Canadell et al, 2007]

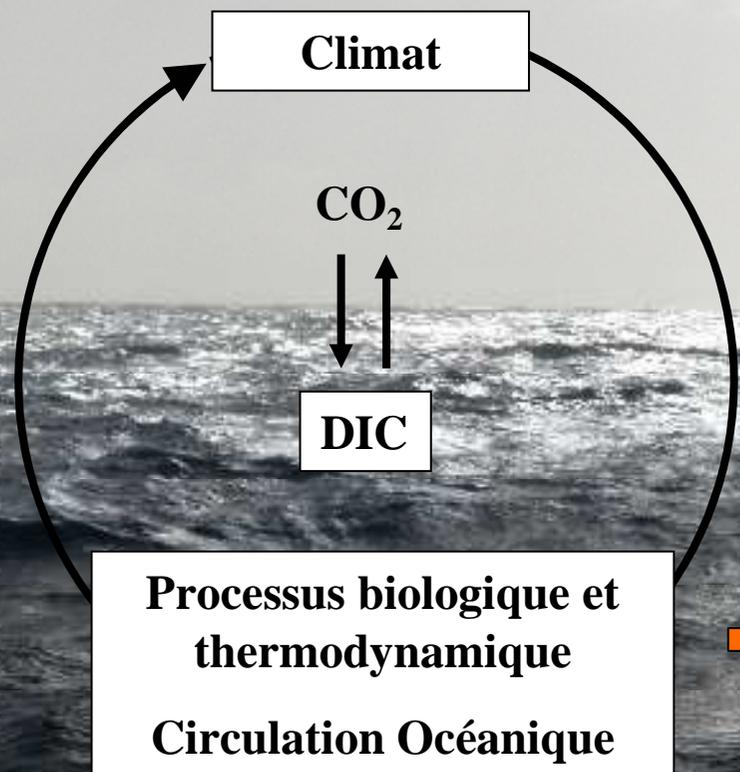
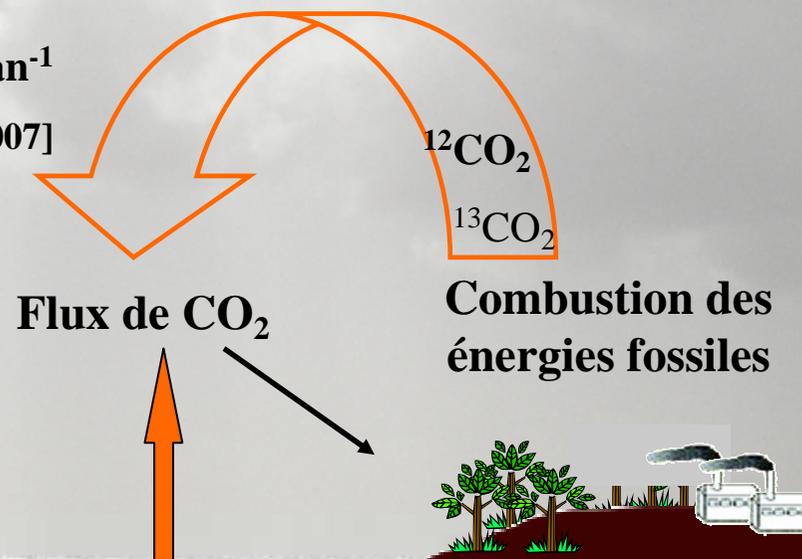


INTRODUCTION

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

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

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

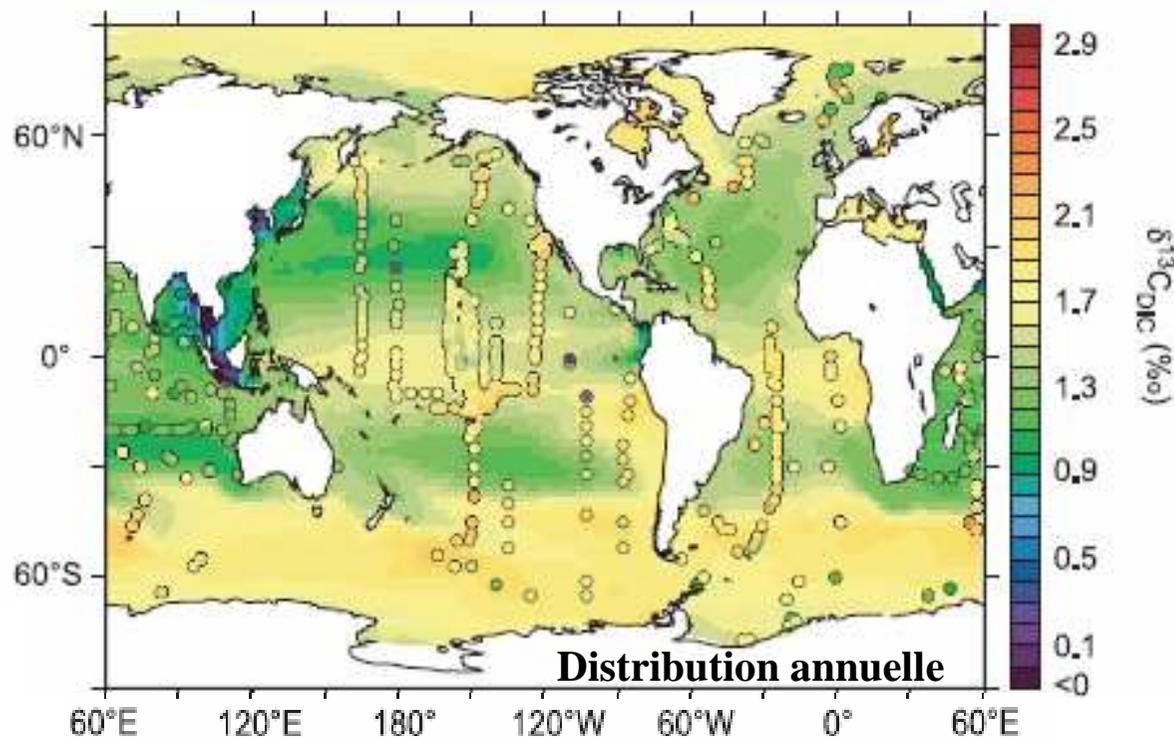


$\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$

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

INTRODUCTION

Actualité cycle du ^{13}C : observation/modélisation



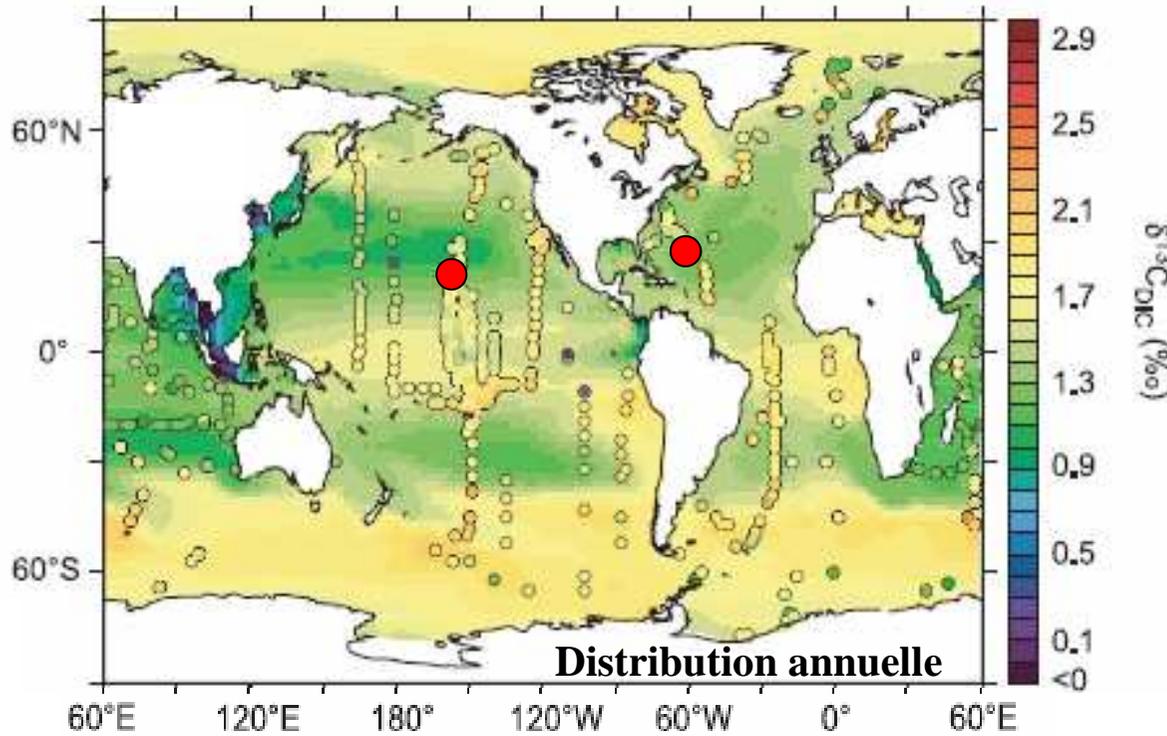
[Extrait de Tagliabue et Bopp, 2008]

Quelques programmes:

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

INTRODUCTION

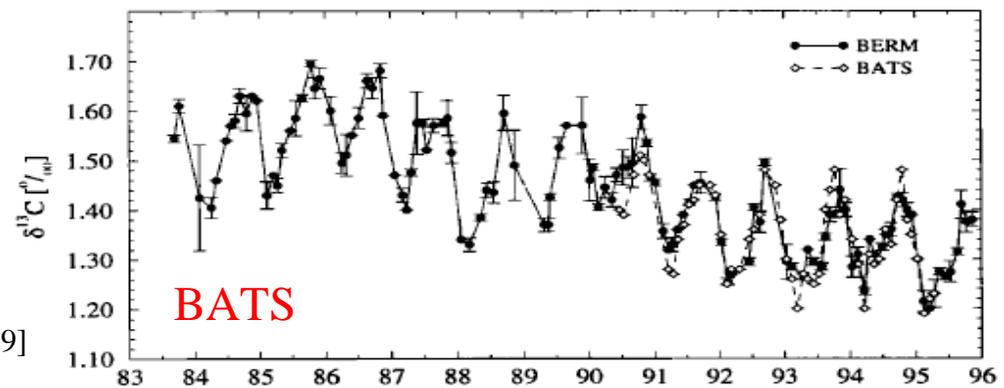
Actualité cycle du ^{13}C : observation/modélisation



[Extrait de Tagliabue et Bopp, 2008]

Quelques programmes:

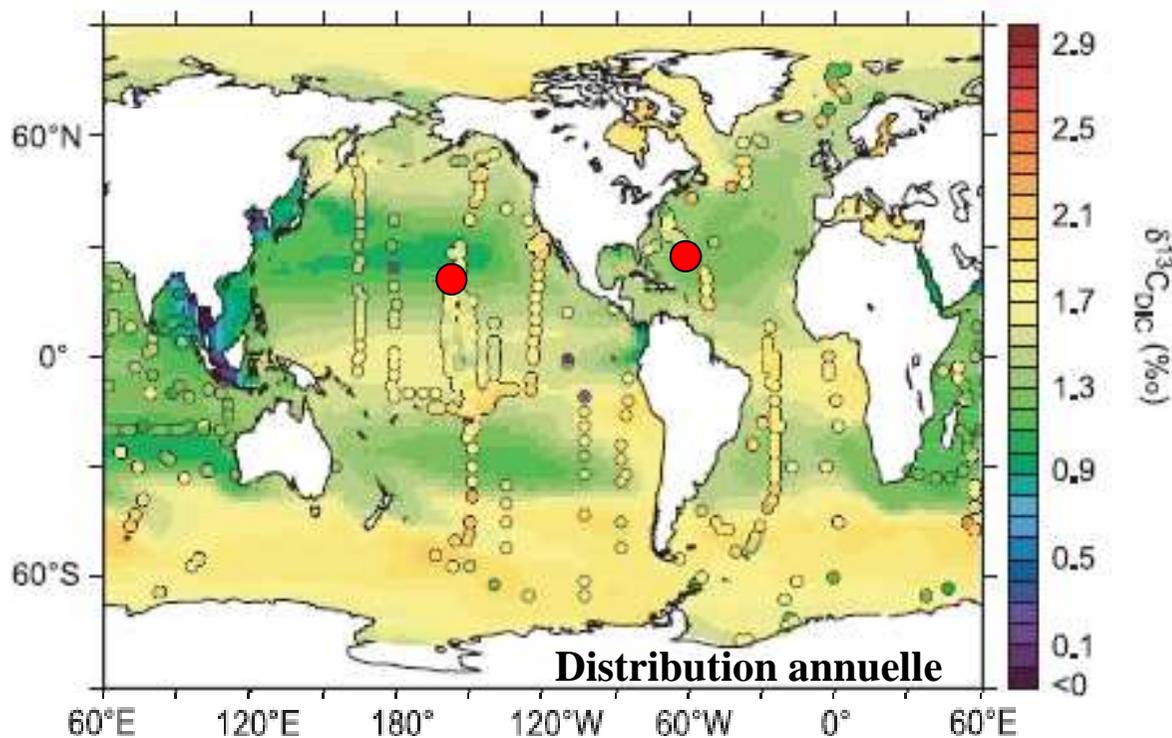
- GEOSECS (années 70)
- TTO (années 80)
- WOCE (années 90)
- BATS } Séries
- HOTS } Temporelles



[Extrait de Gruber et al, 1999]

INTRODUCTION

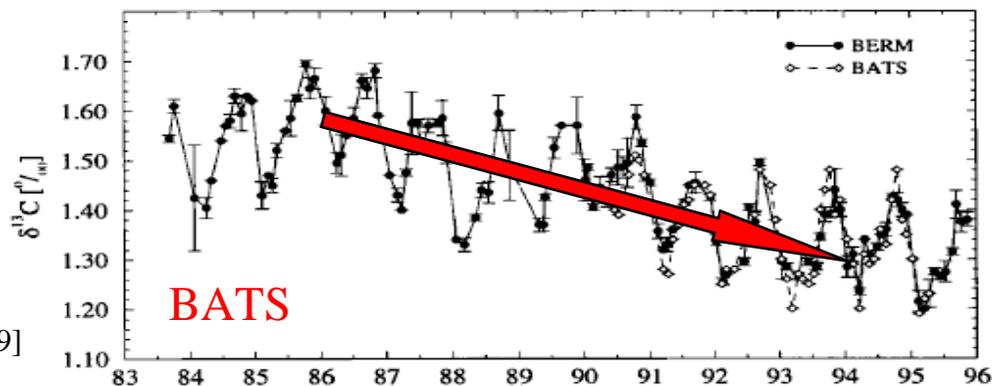
Actualité cycle du ^{13}C : observation/modélisation



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

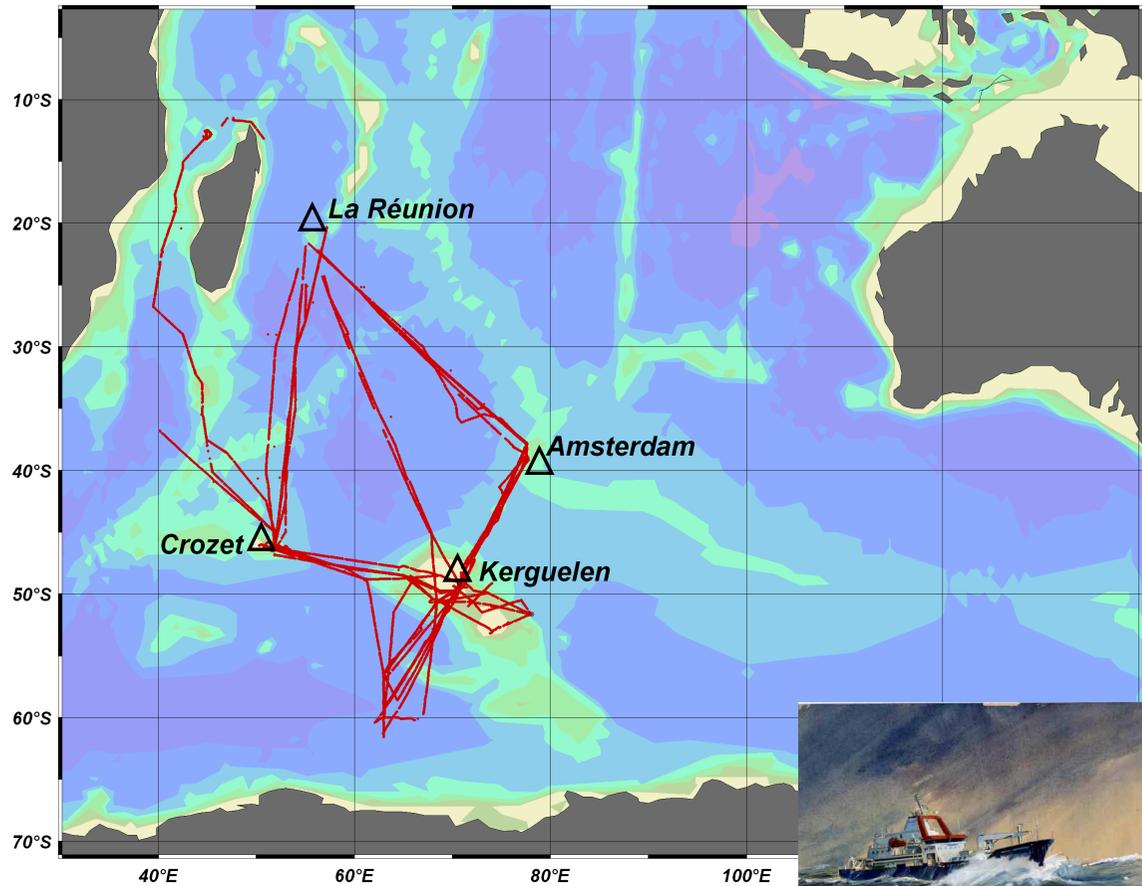
- Zone d'étude
- Mécanismes de contrôle de la distribution $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$
- Climatologie du $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ de surface
 - Méthode
 - Distribution régionale du $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ (été et hiver)

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

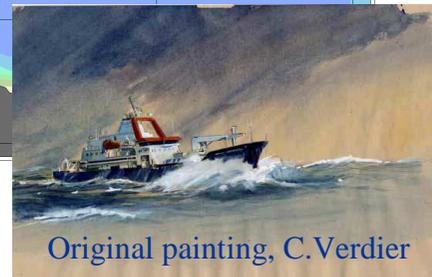
- Zone d'étude
- Mécanismes de contrôle de la distribution $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$
- Climatologie du $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ de surface
 - Méthode
 - Distribution régionale du $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ (été et hiver)
- Conclusion et Perspectives

ZONE D'ETUDE

Service d'Observation OISO

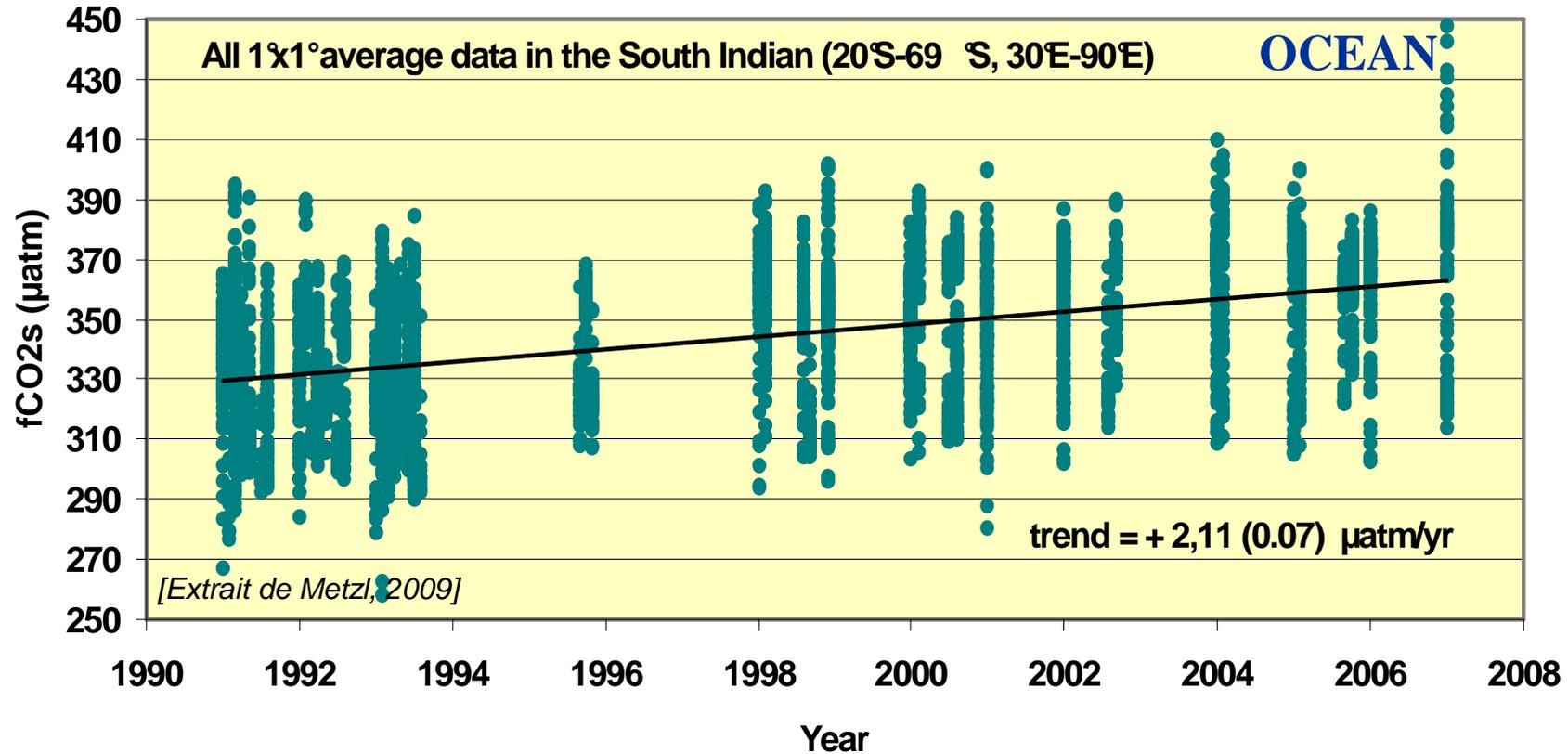


- 1998-2009
- Région Sud de l'Océan Indien et secteur antarctique
- objectif: étude de la variabilité saisonnière à décennale du CO₂ océanique et des paramètres associés



ZONE D'ETUDE

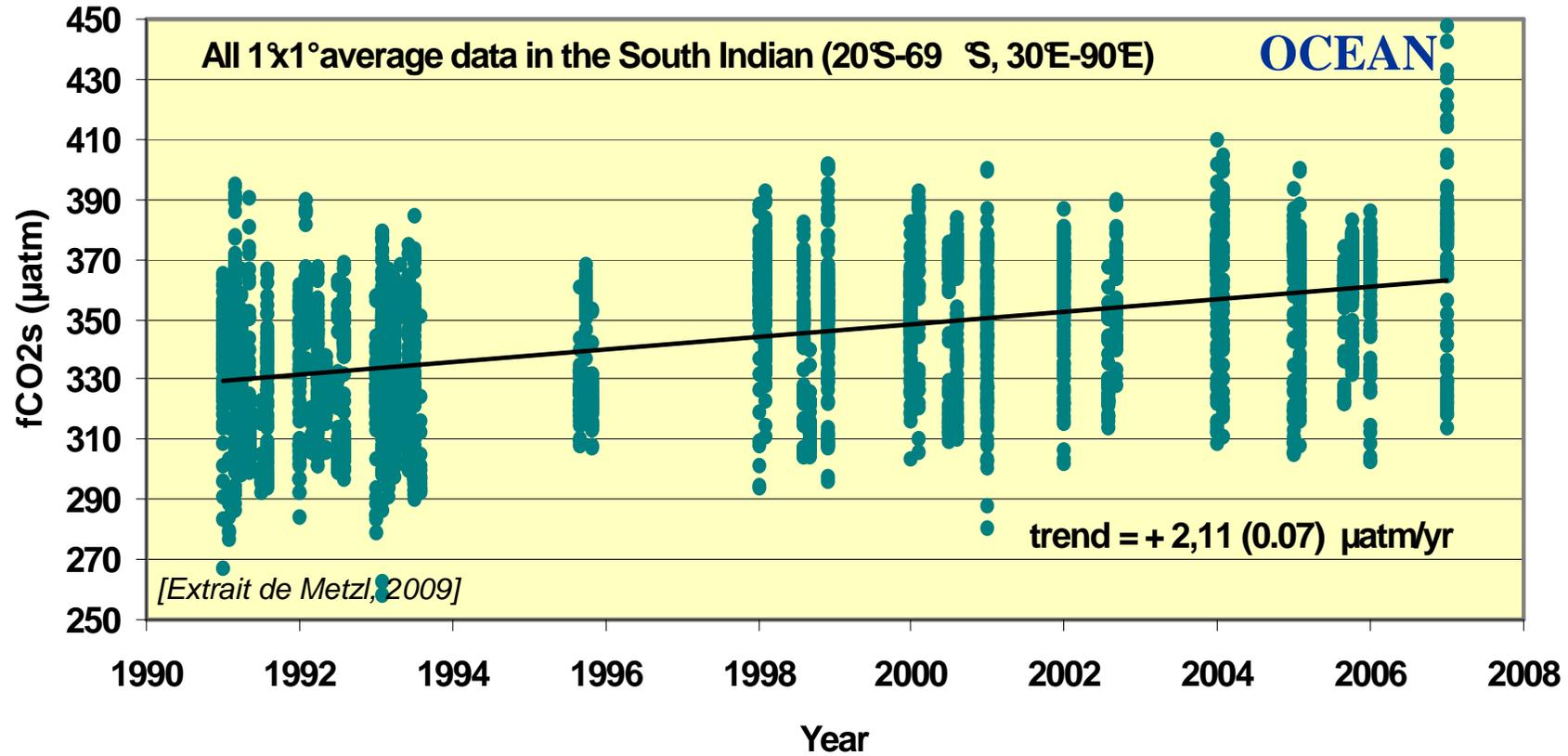
Service d'Observation OISO



ZONE D'ETUDE

Service d'Observation OISO

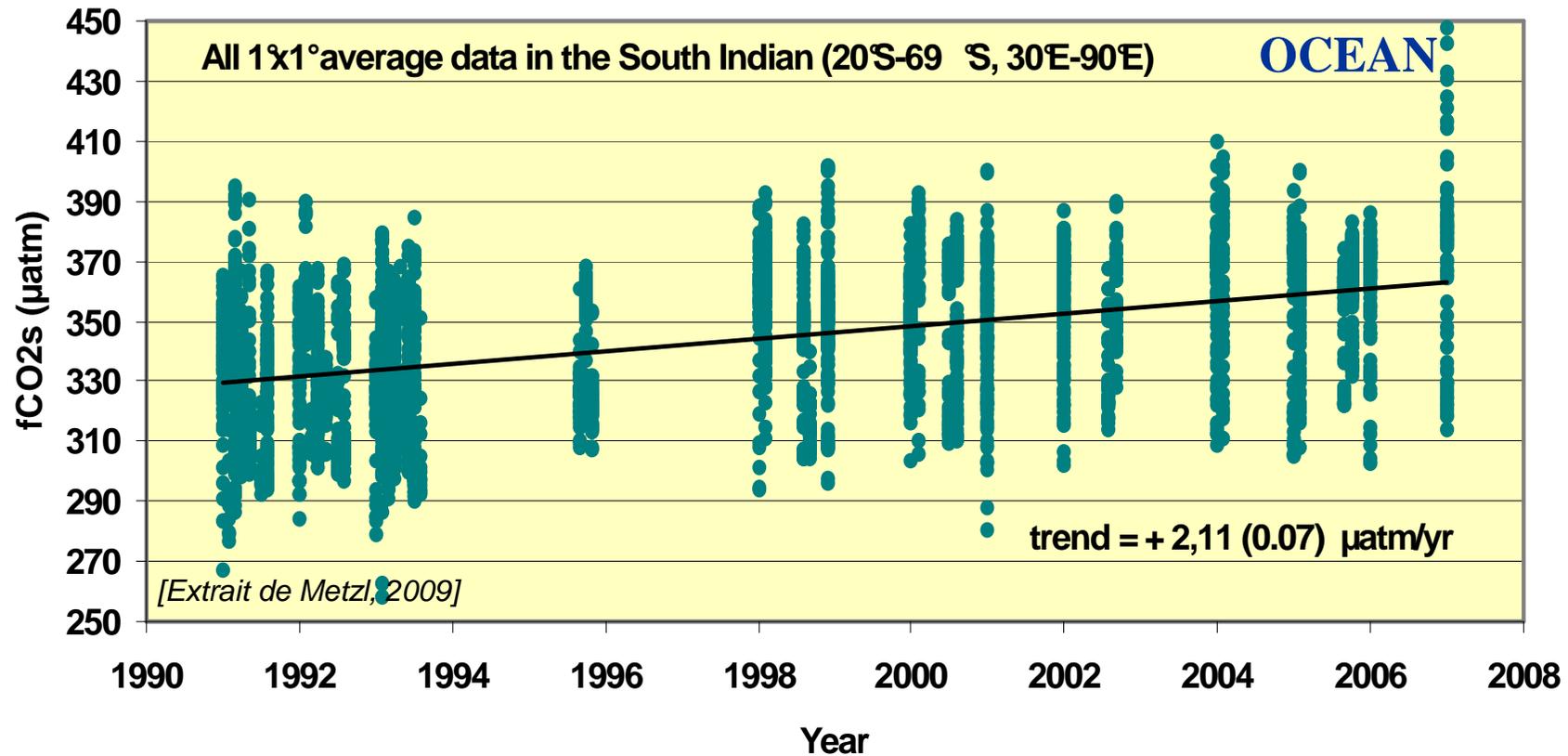
ATMOSPHERE: ↗ 1,7 $\mu\text{atm}\cdot\text{an}^{-1}$



ZONE D'ETUDE

Service d'Observation OISO

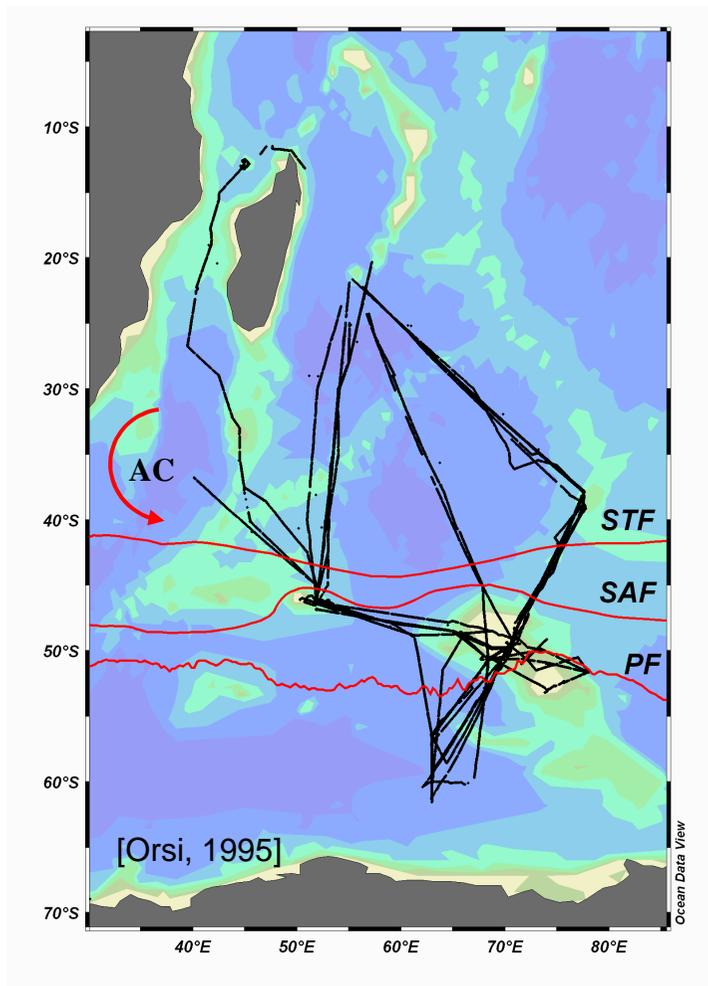
ATMOSPHERE: ↗ 1,7 $\mu\text{atm}\cdot\text{an}^{-1}$



➡ Diminution du puits de CO₂ atmosphérique ?

ZONE D'ETUDE

Caractéristiques hydrologiques

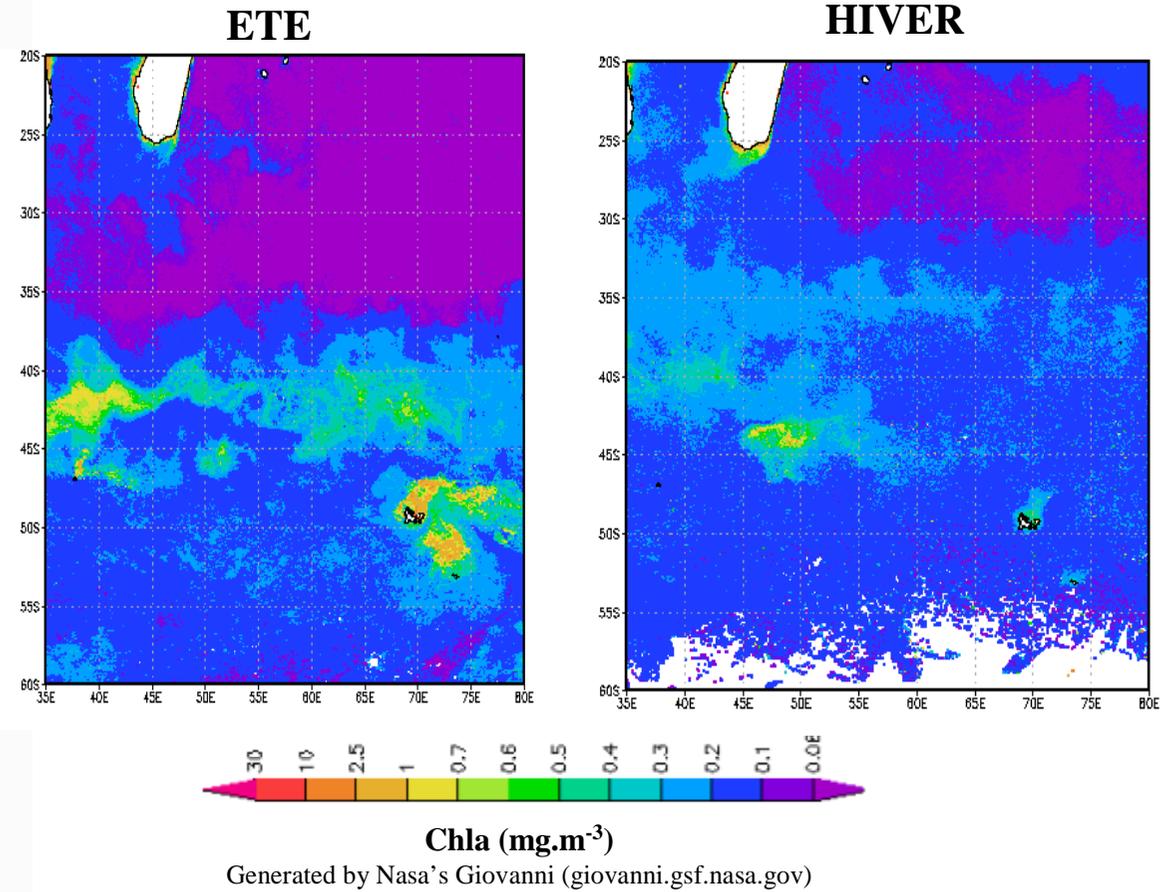
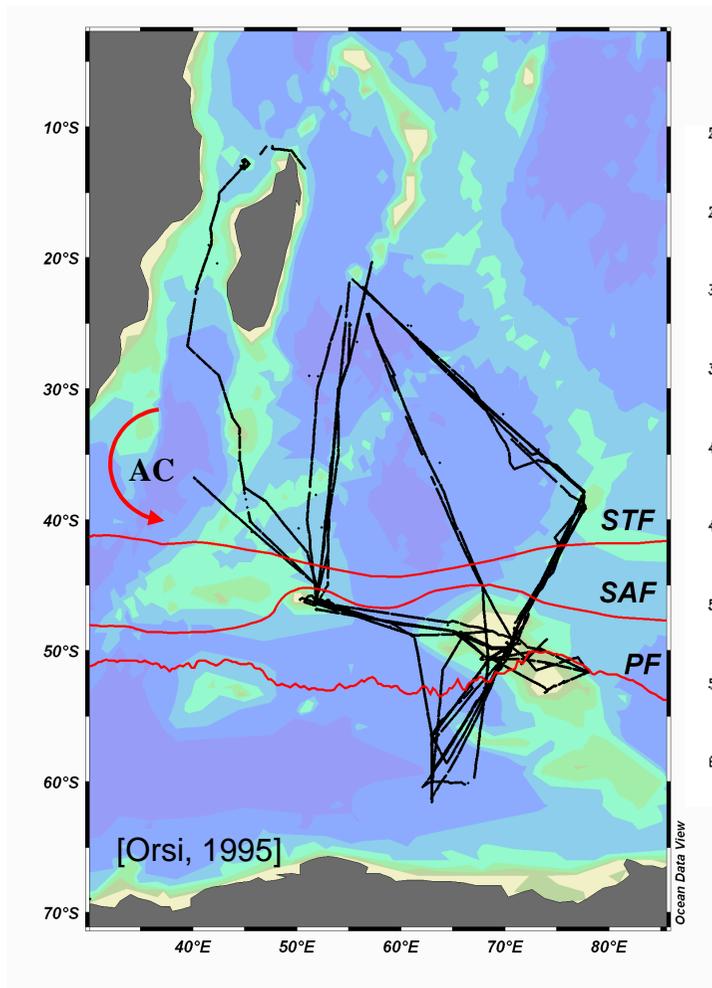


AC: Agulhas current, **STF** subtropical front

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

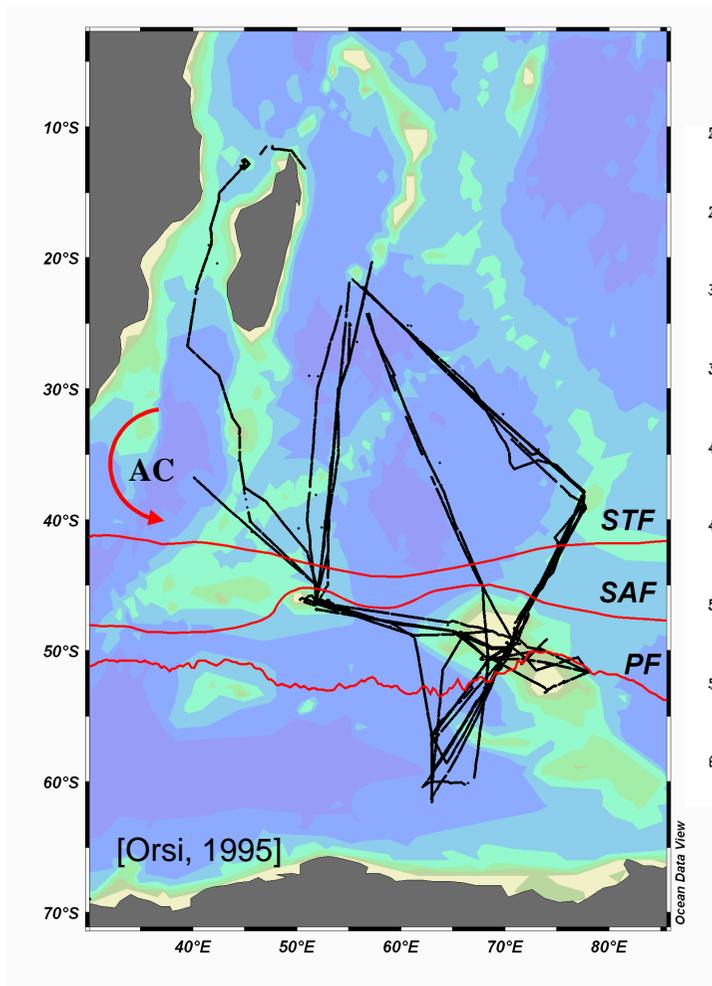
Caractéristiques hydrologiques

Caractéristiques biogéochimiques

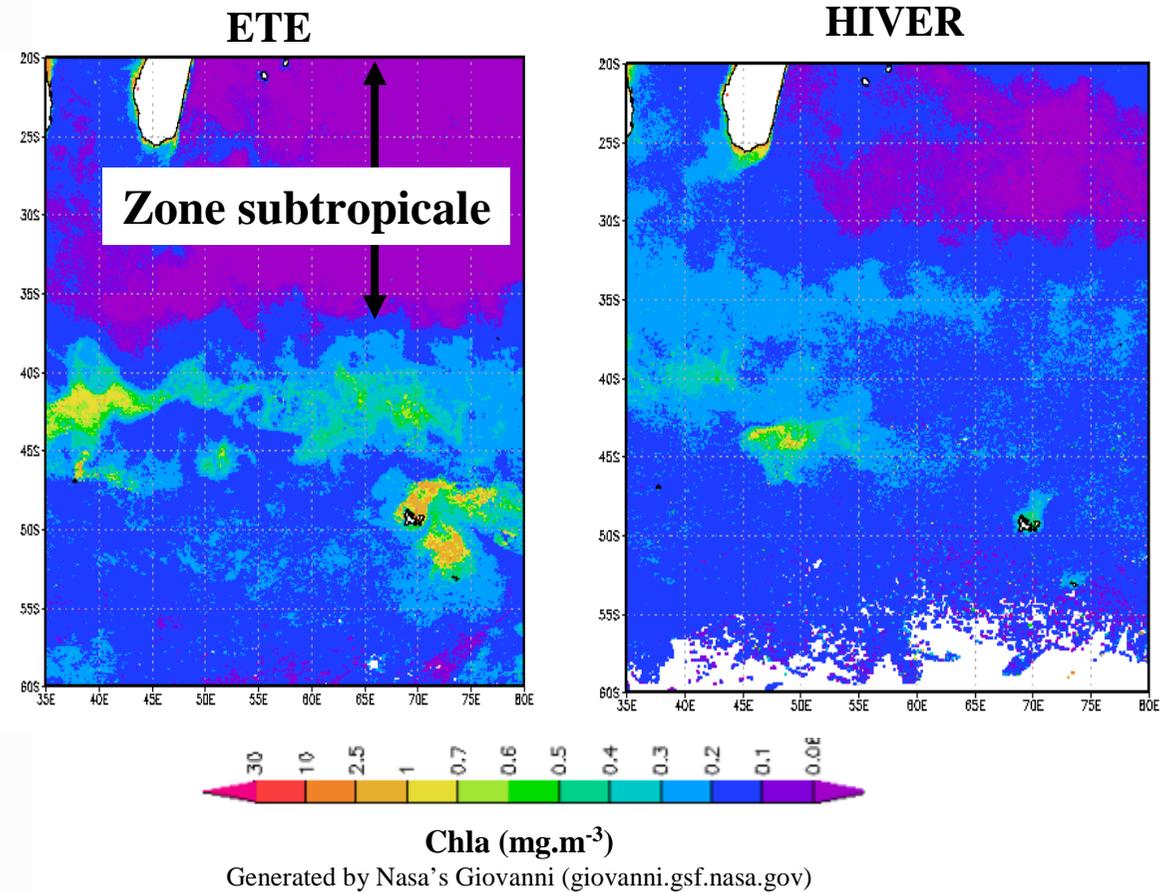


AC: Agulhas current, STF subtropical front
SAF: Subantarctique front; PF: polar front

Caractéristiques hydrologiques

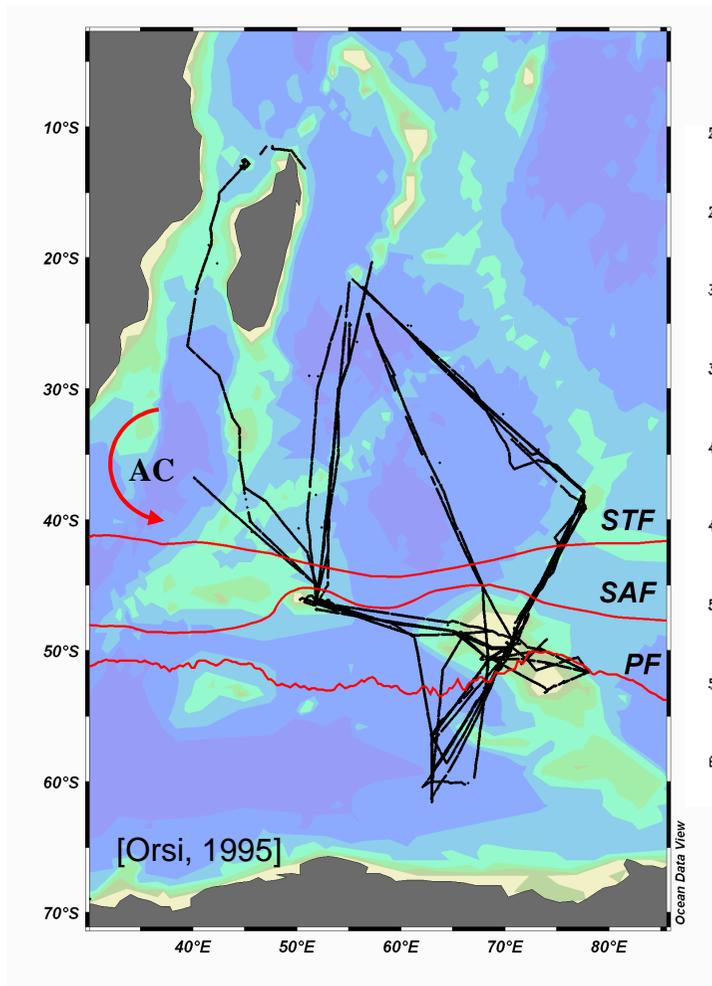


Caractéristiques biogéochimiques

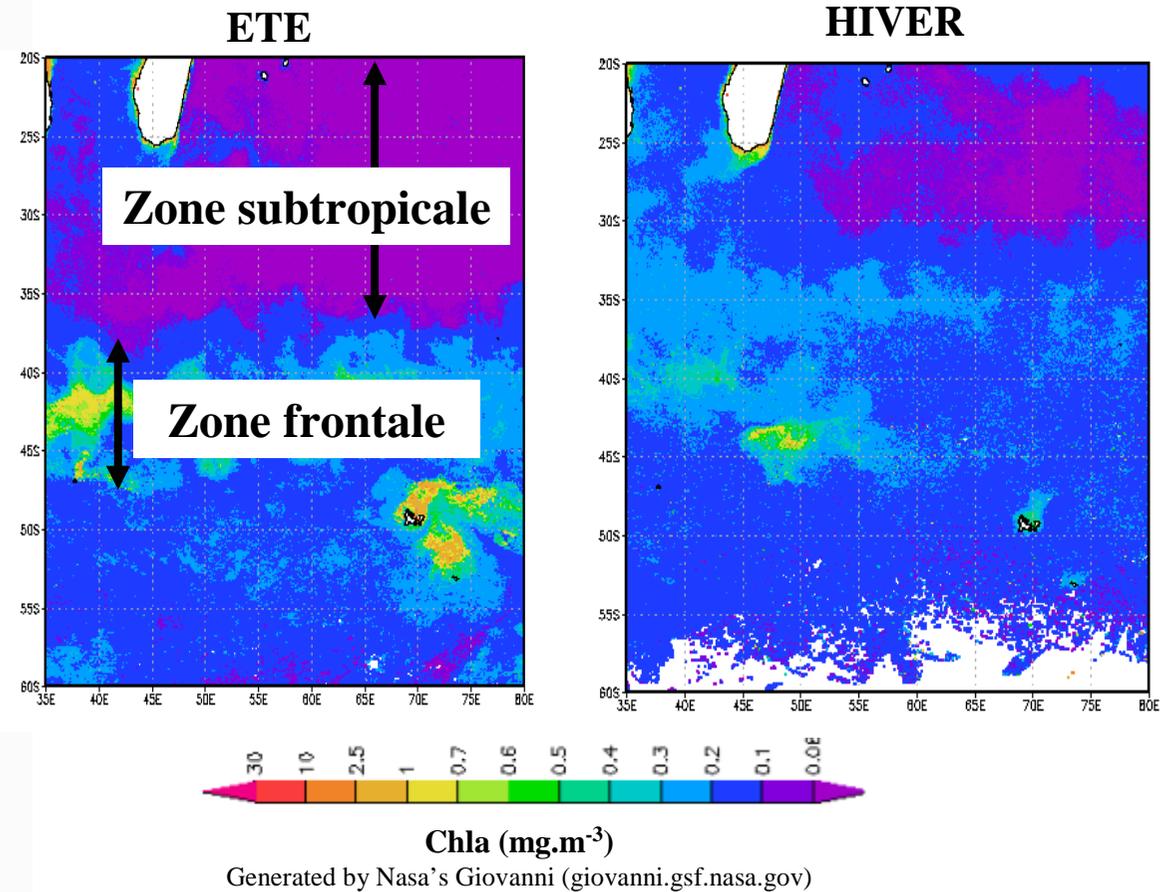


AC: Agulhas current, STF subtropical front
SAF: Subantarctic front; PF: polar front

Caractéristiques hydrologiques

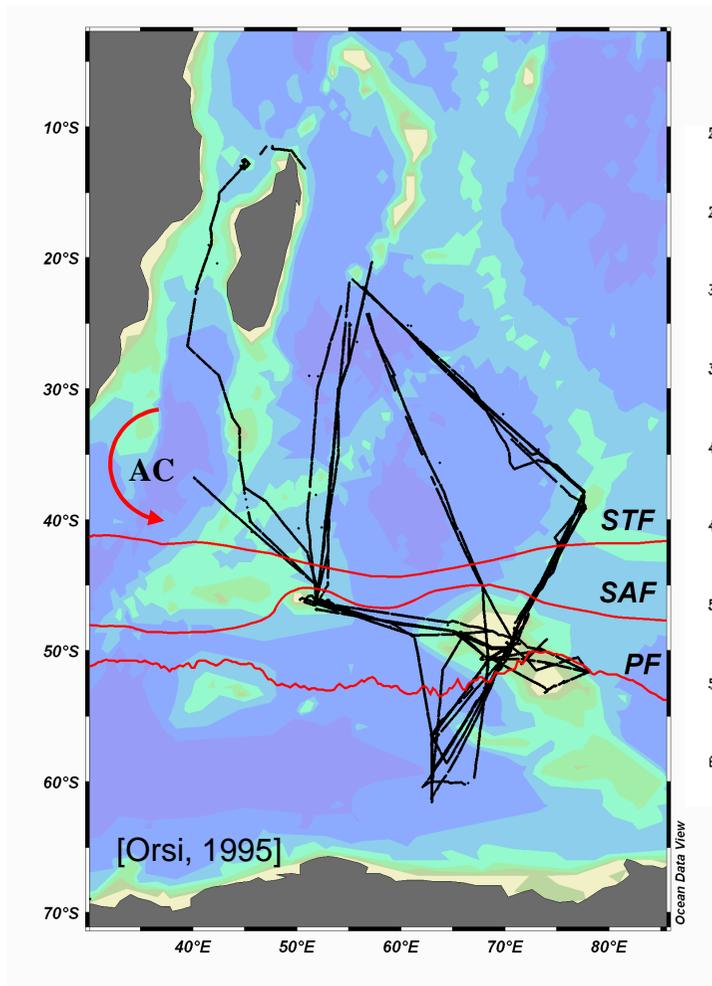


Caractéristiques biogéochimiques

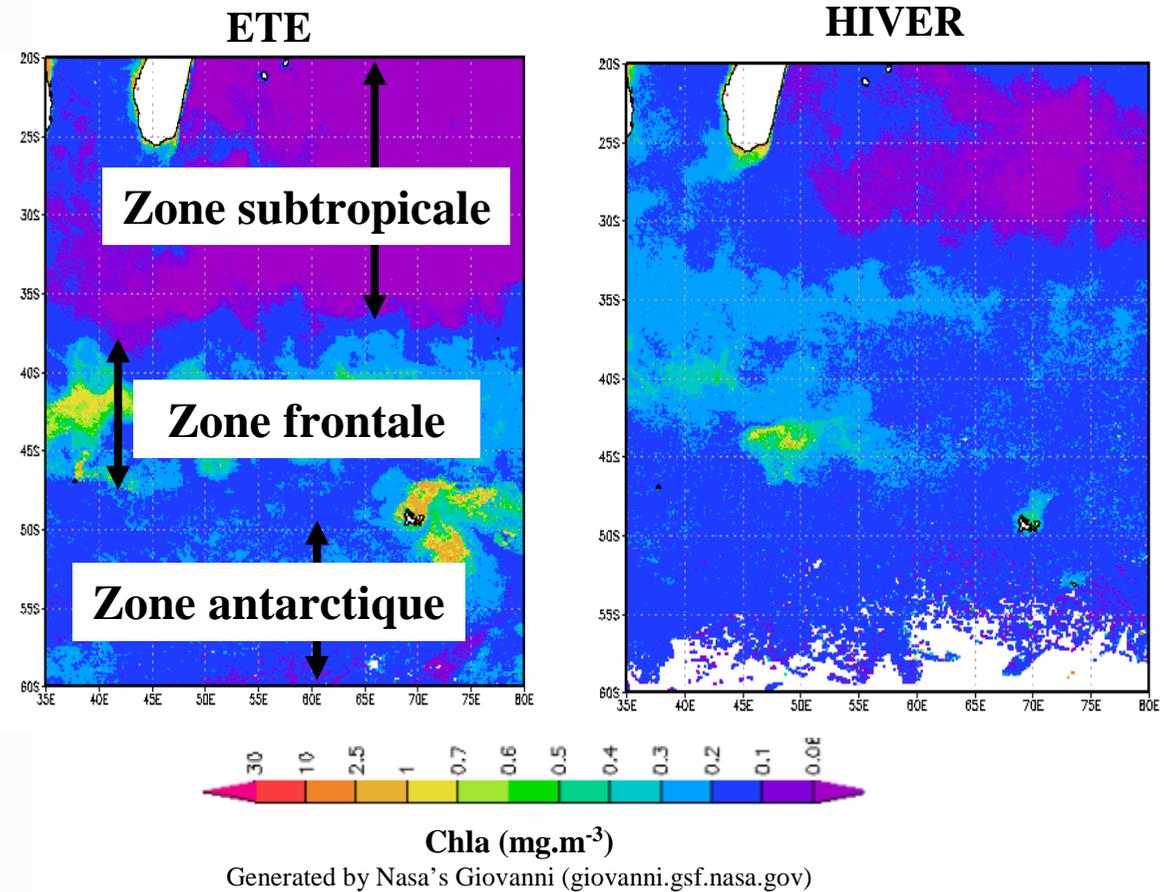


AC: Agulhas current, **STF** subtropical front
SAF: Subantarctic front; **PF:** polar front

Caractéristiques hydrologiques



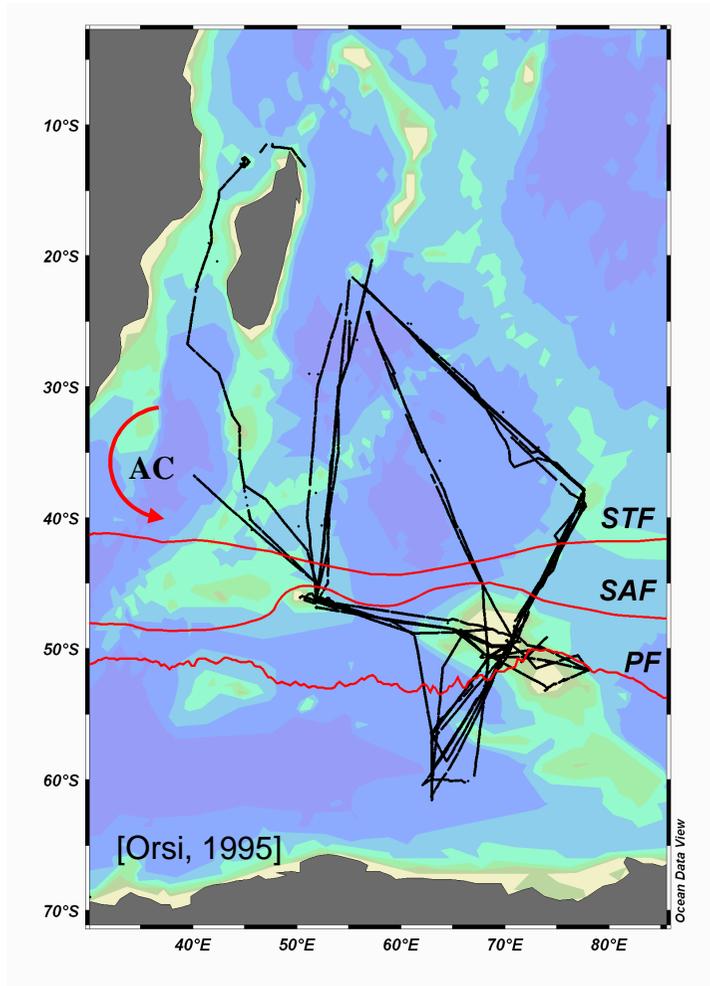
Caractéristiques biogéochimiques



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

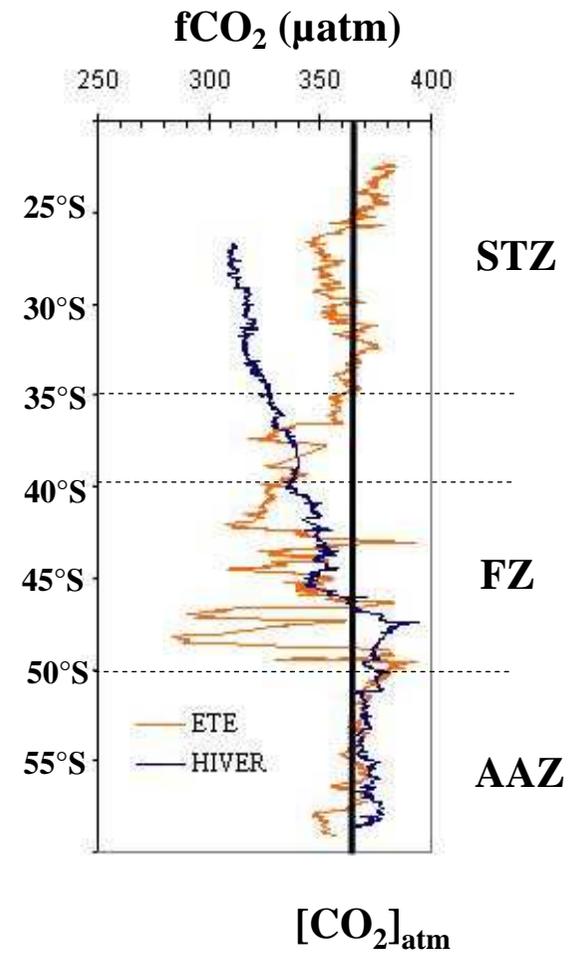
ZONE D'ETUDE

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**

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

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

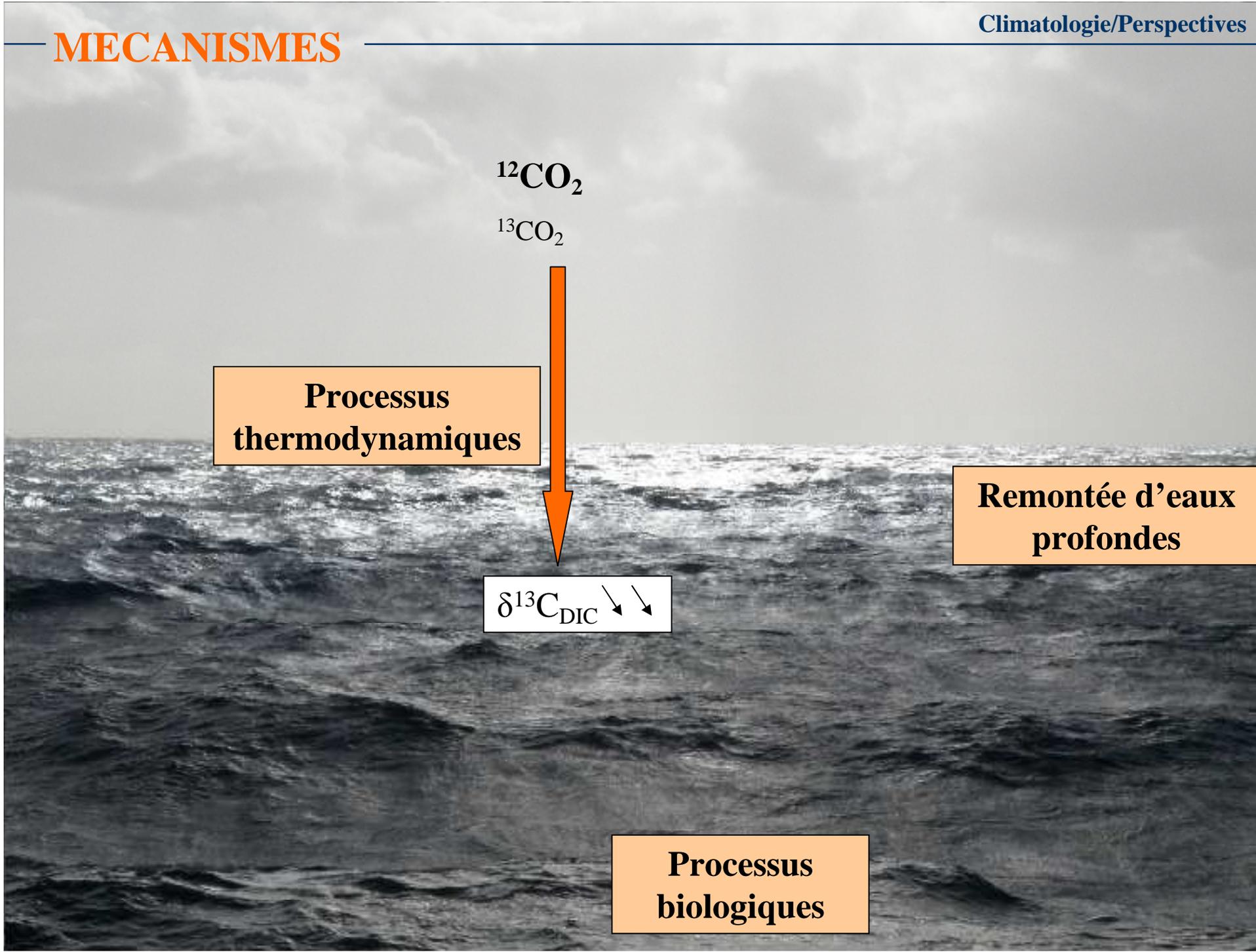
Processus
thermodynamiques



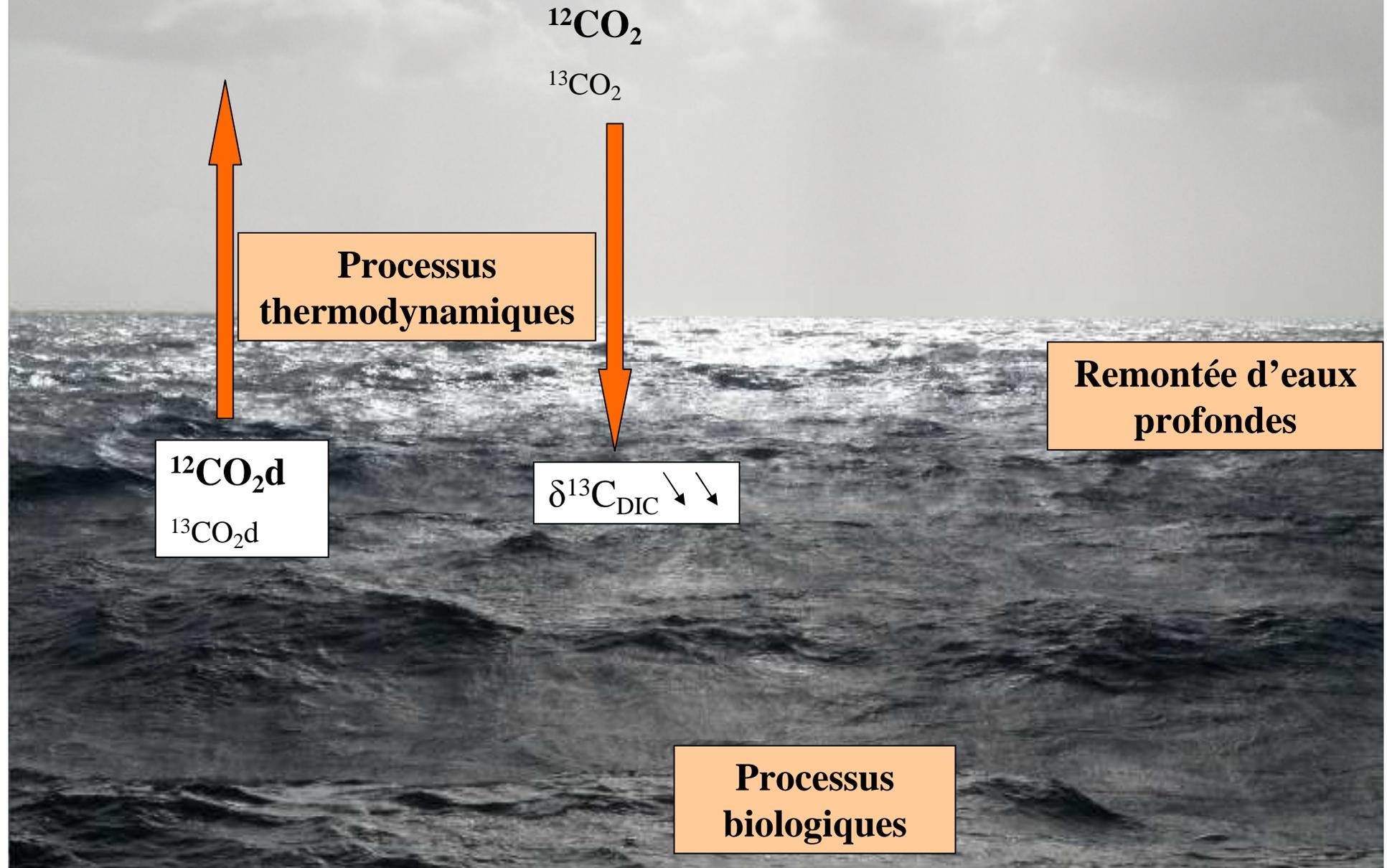
Remontée d'eaux
profondes

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

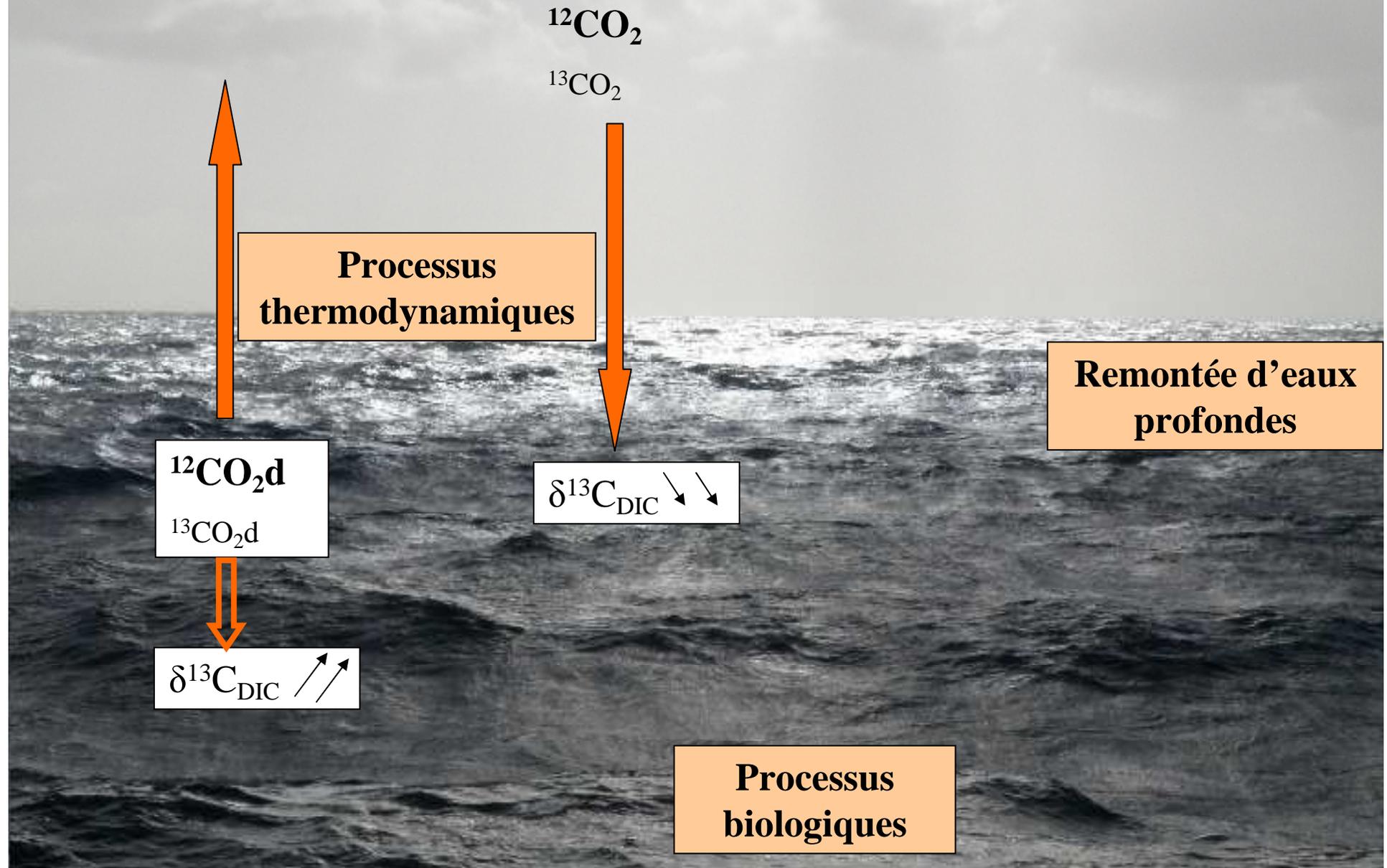
Processus
biologiques



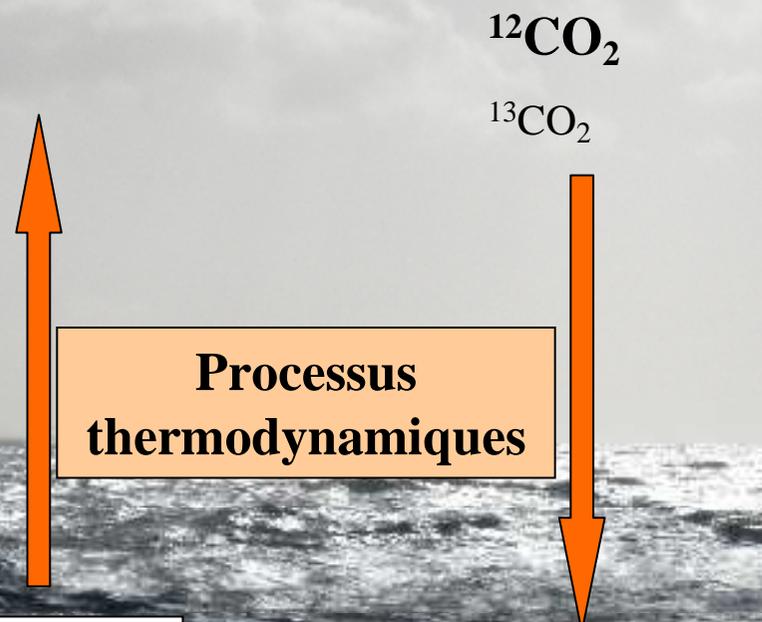
MECANISMES



MECANISMES



MECANISMES



Remontée d'eaux profondes

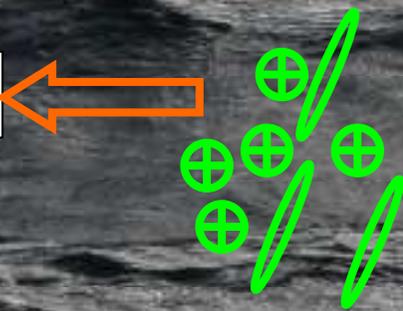
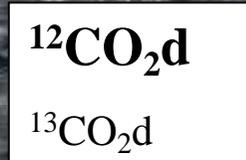
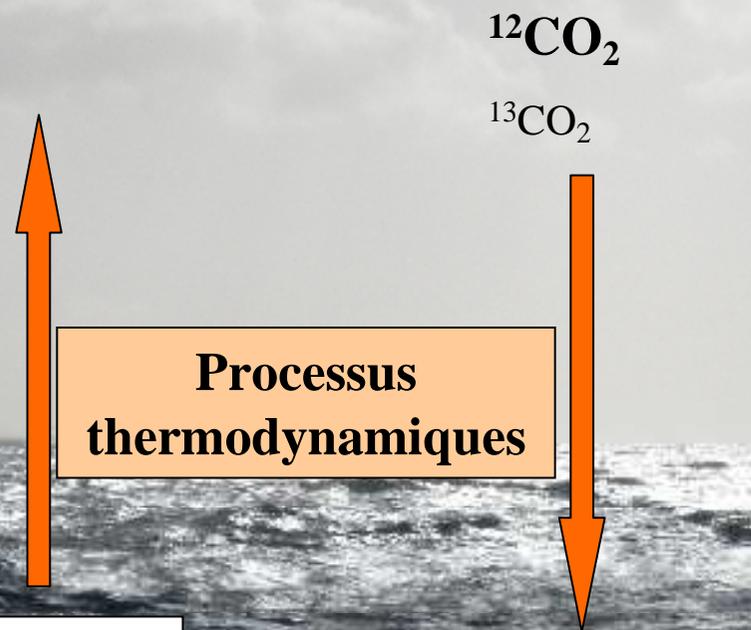
$^{12}\text{CO}_2\text{d}$
 $^{13}\text{CO}_2\text{d}$

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

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

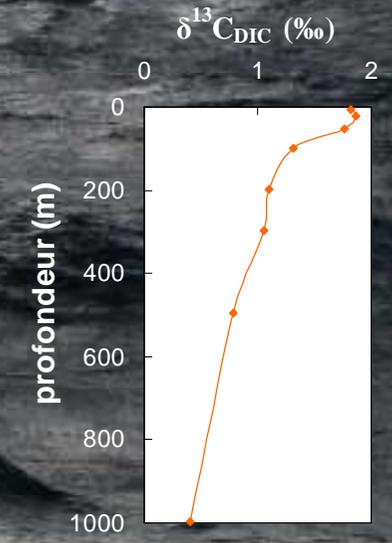


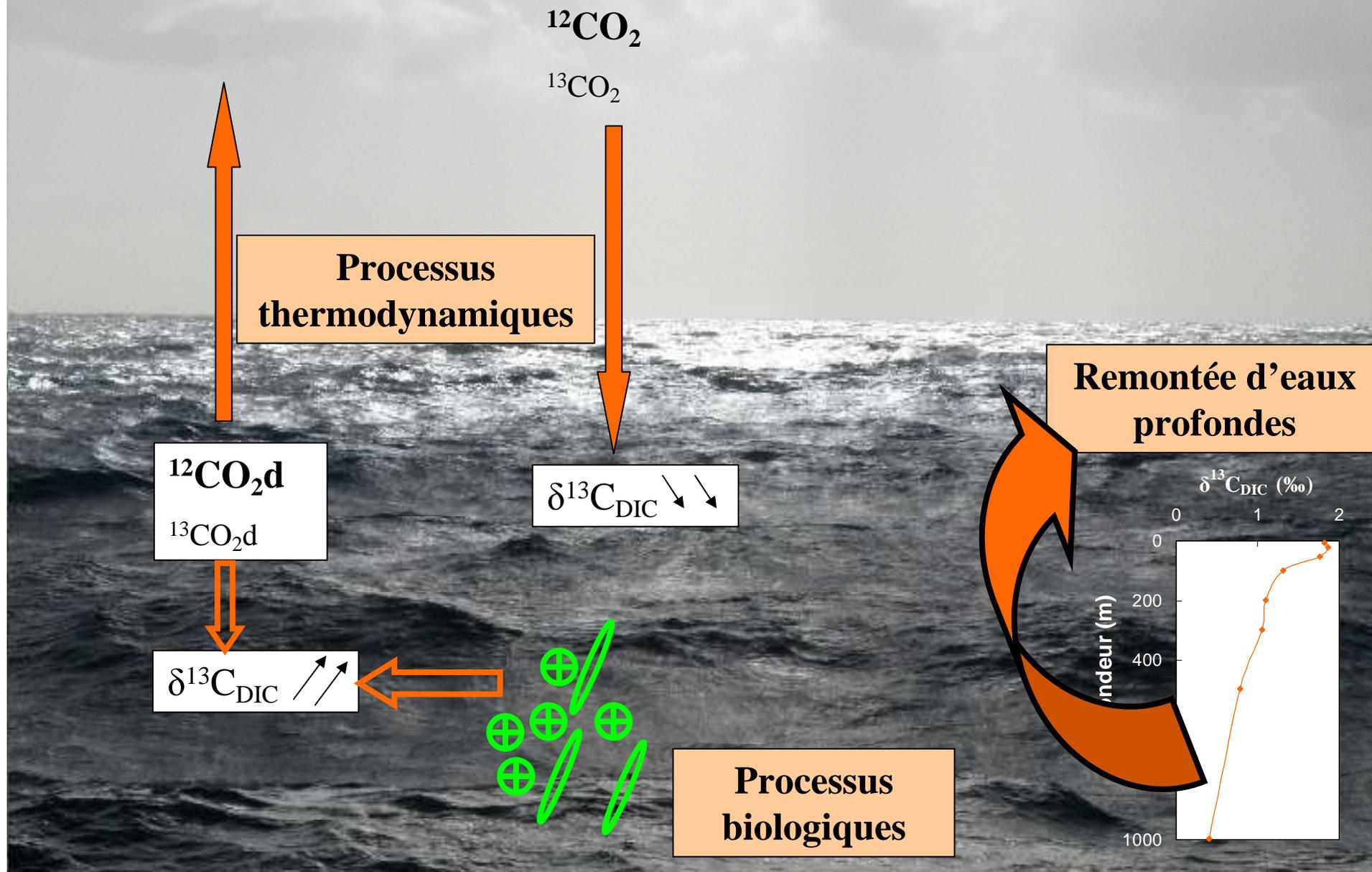
Processus biologiques

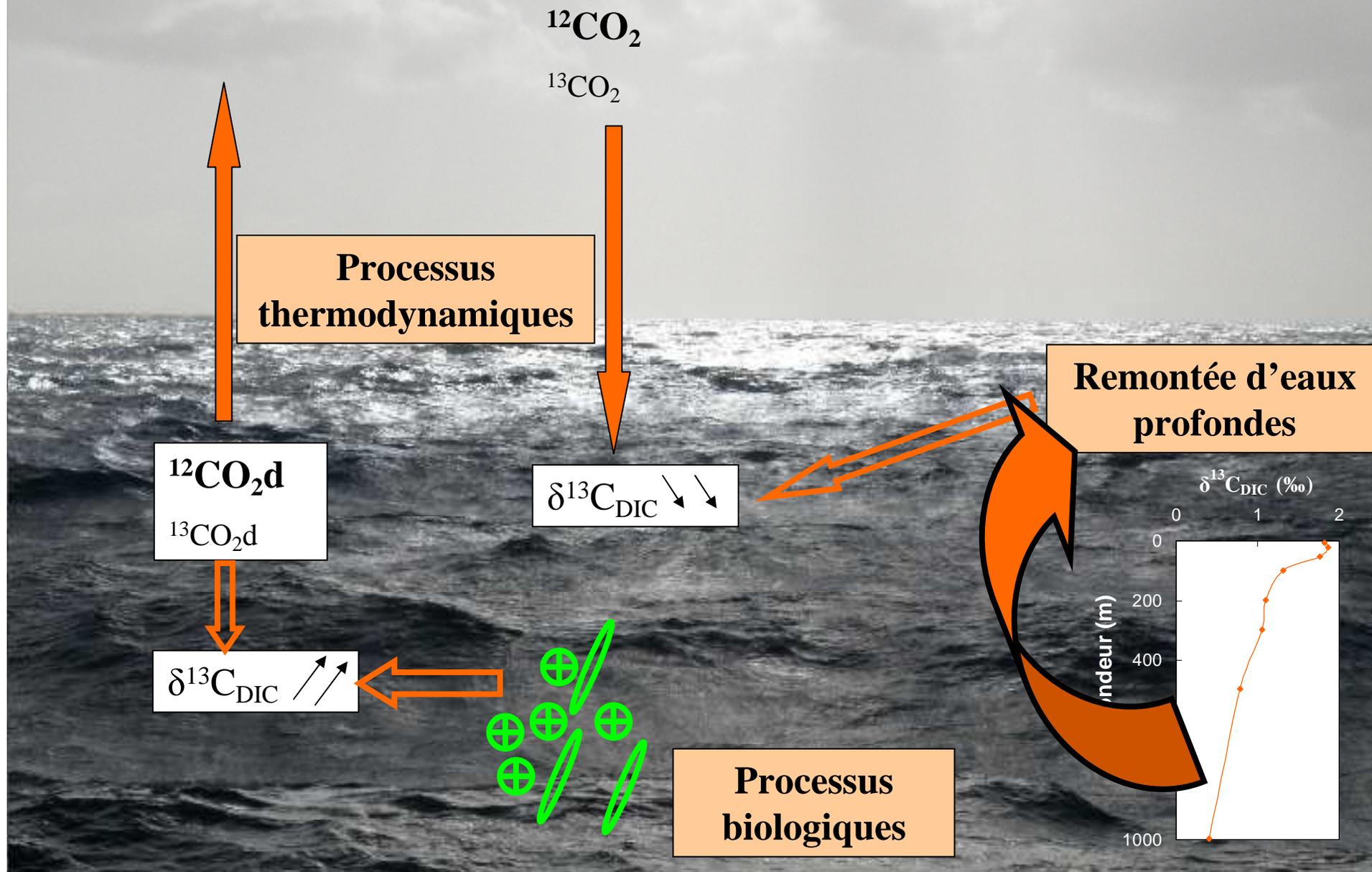


Processus biologiques

Remontée d'eaux profondes





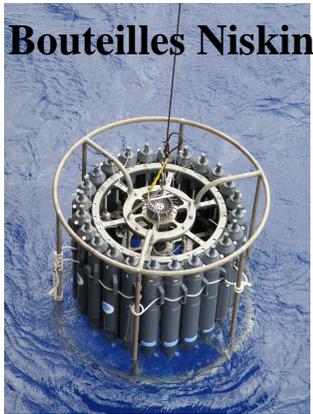


CLIMATOLOGIE

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)



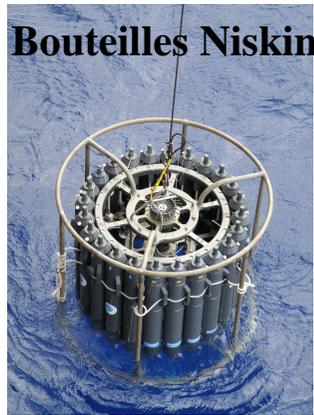
**Pompage des
eaux de surface**

Eaux de mer
Flacon 125ml

+ HgCl₂
(stoppe activité
biologique)

Stockage

A bord (prélèvements)



**Pompage des
eaux de surface**

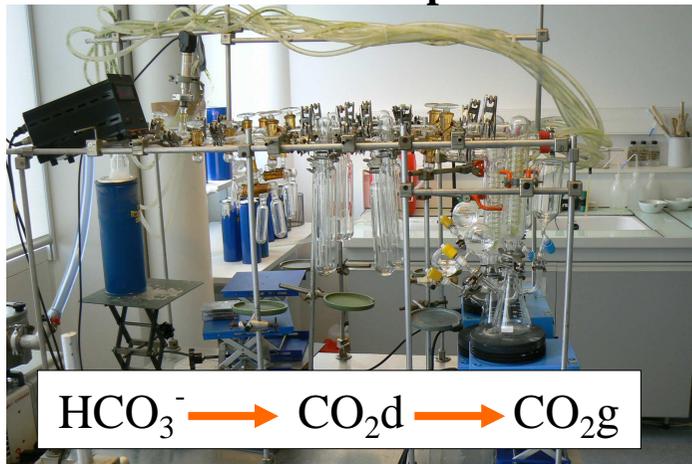
**Eaux de mer
Flacon 125ml**

+ HgCl₂
(stoppe activité
biologique)

Stockage

En laboratoire (mesures)

Rampe à extraction



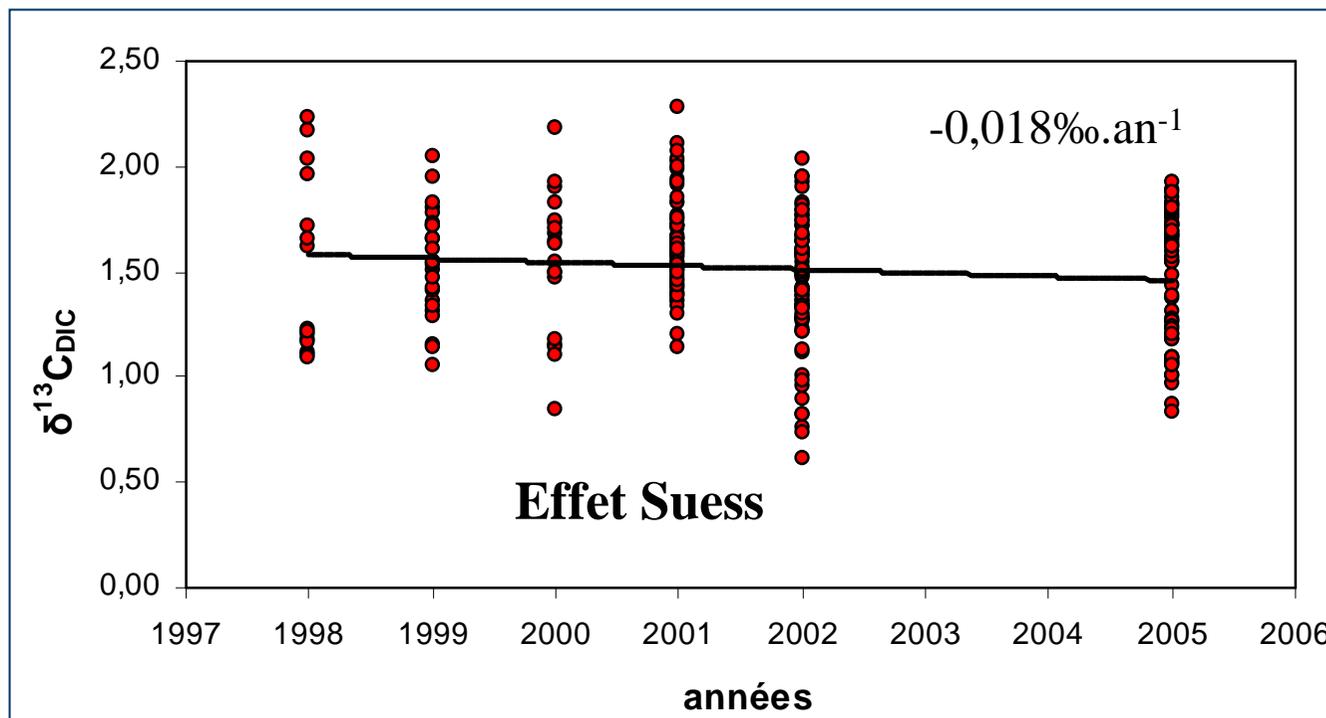
Spectromètre de masse

- Quantification ¹³C/¹²C(éch)
- Comparaison vs ¹³C/¹²C(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⁻¹**
- Comparable à la littérature (entre 0,01 et 0,02 ‰ .an⁻¹)

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

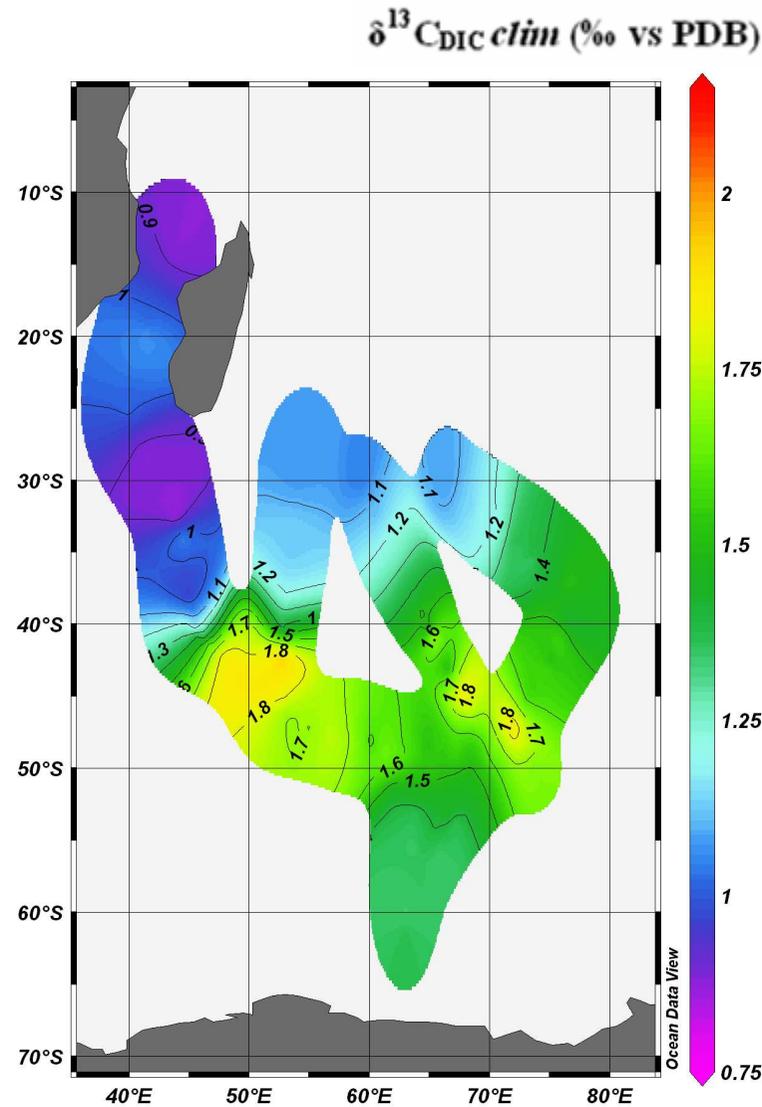
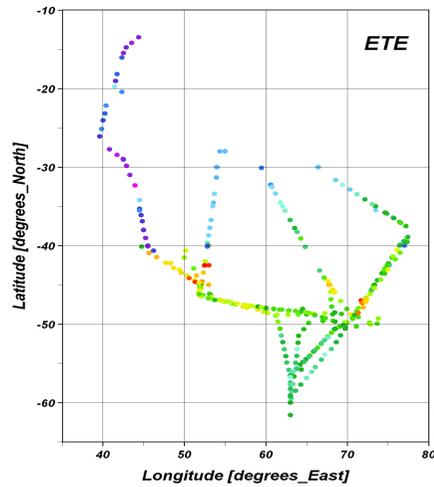
- OISO : variation du $\delta^{13}\text{C}_{\text{DIC}}$ de surface de **-0,018 ‰.an⁻¹**
- Comparable à la littérature (entre 0,01 et 0,02 ‰ .an⁻¹)

Correction

- année de référence 2002
- correction de -0,018 ‰.an⁻¹

CLIMATOLOGIE

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

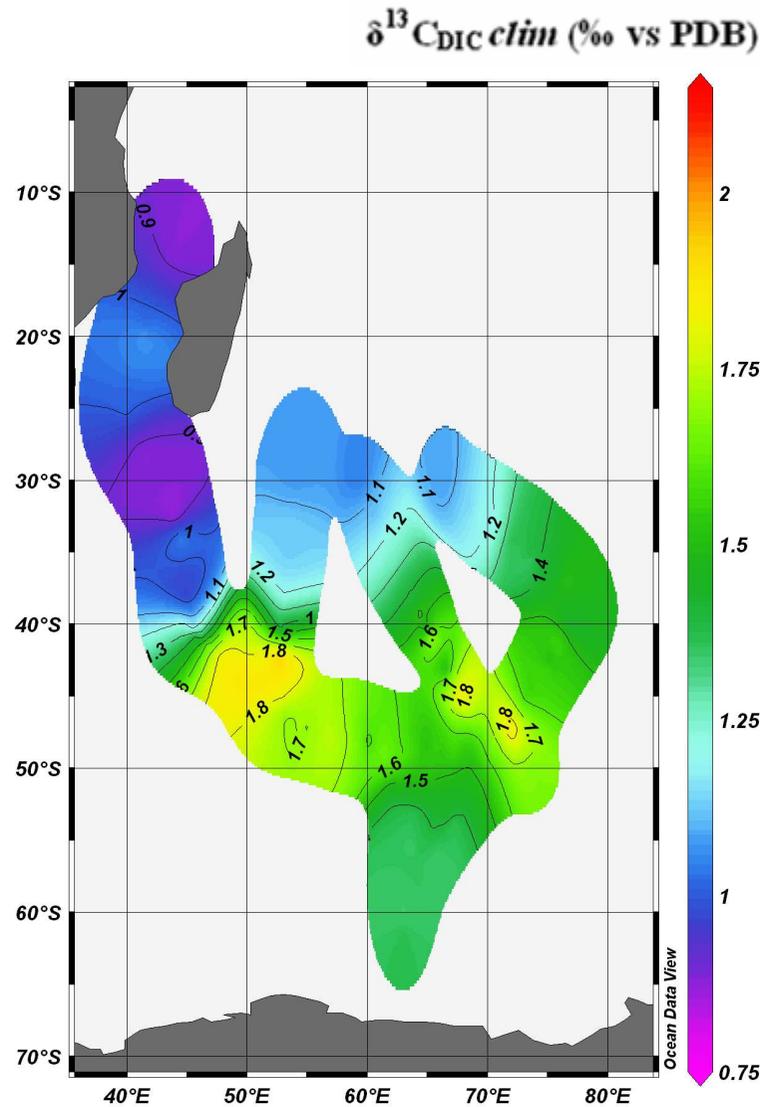
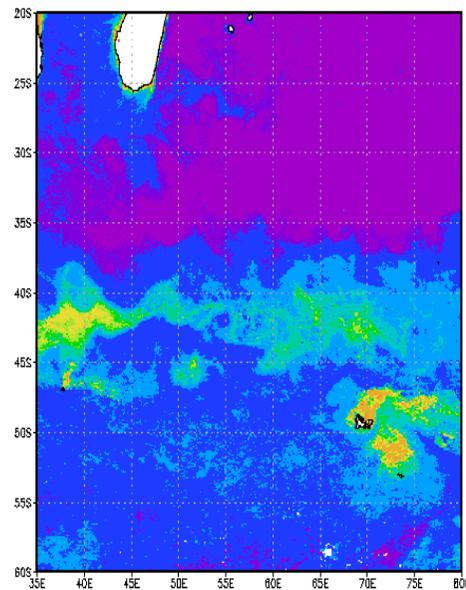
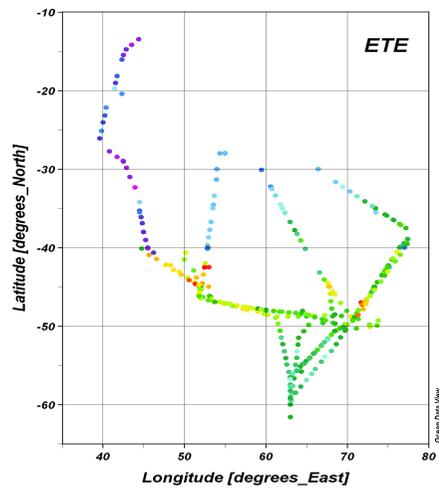


- minimum dans la région subtropicale (~1‰)

- maximum dans la zone frontale (>2 ‰)

CLIMATOLOGIE

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

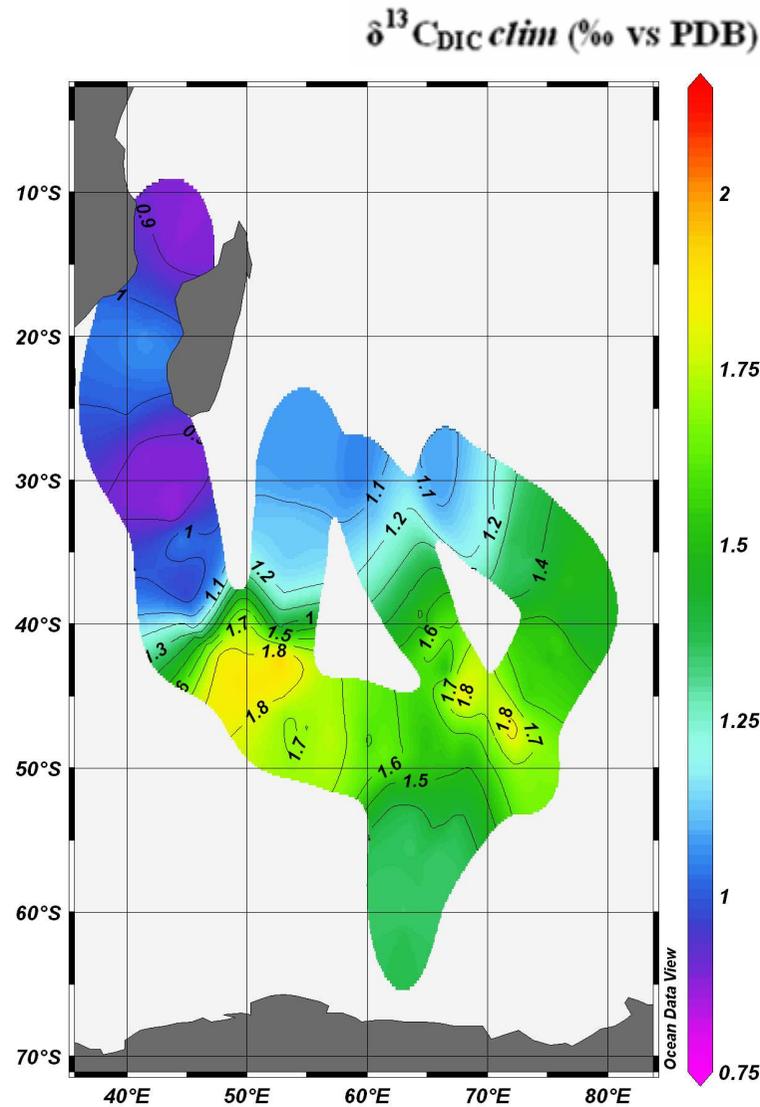
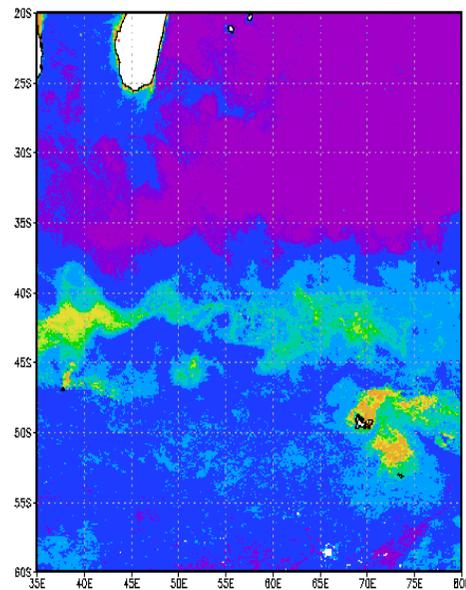
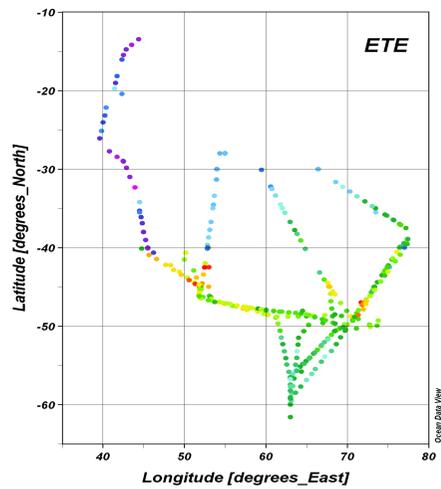


- minimum dans la région subtropicale (~1‰)

- 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‰)

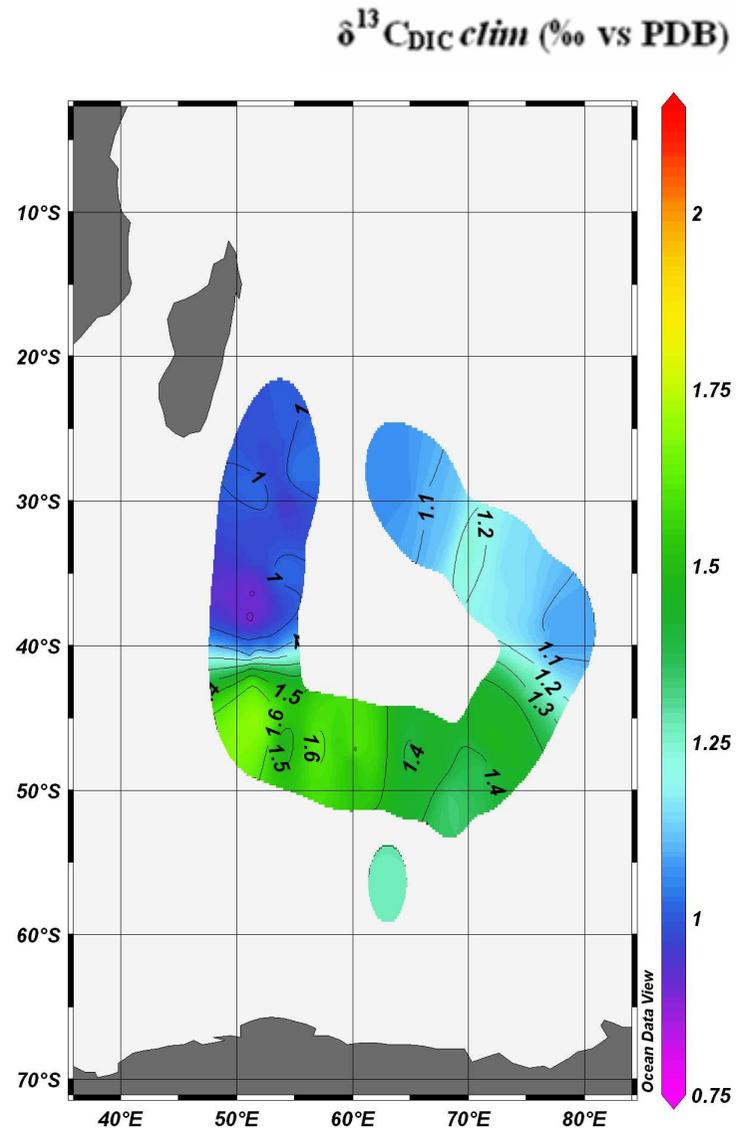
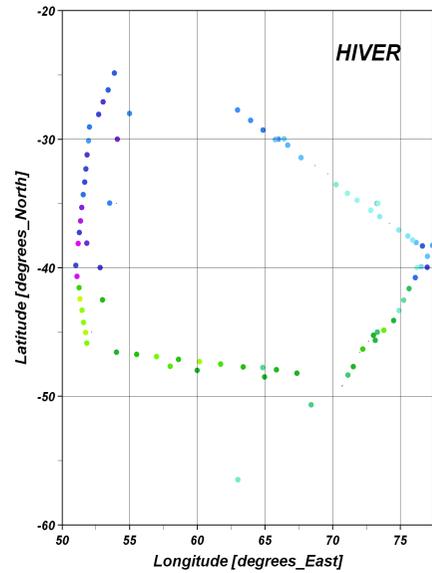
- maximum dans la zone frontale (>2 ‰)

- forte activité biologique

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

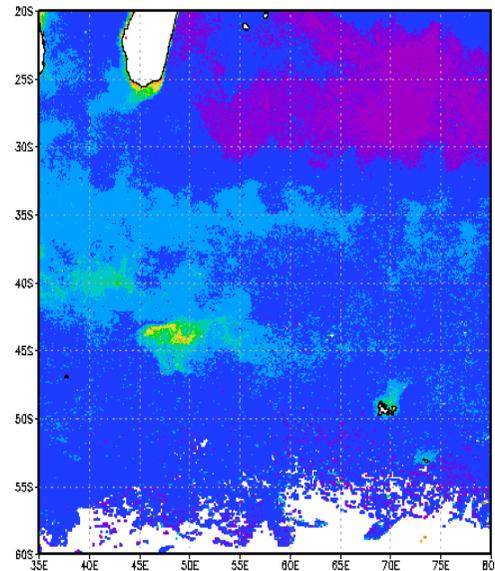
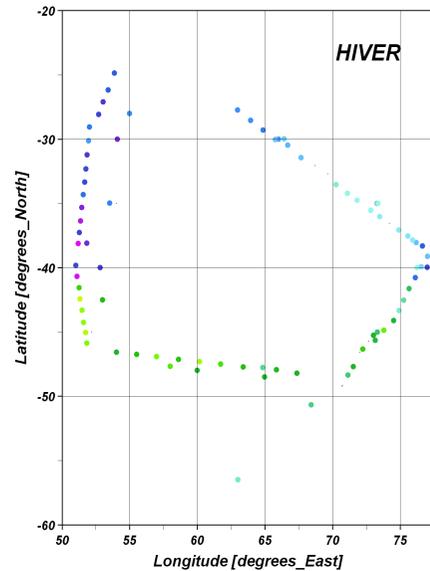
CLIMATOLOGIE

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

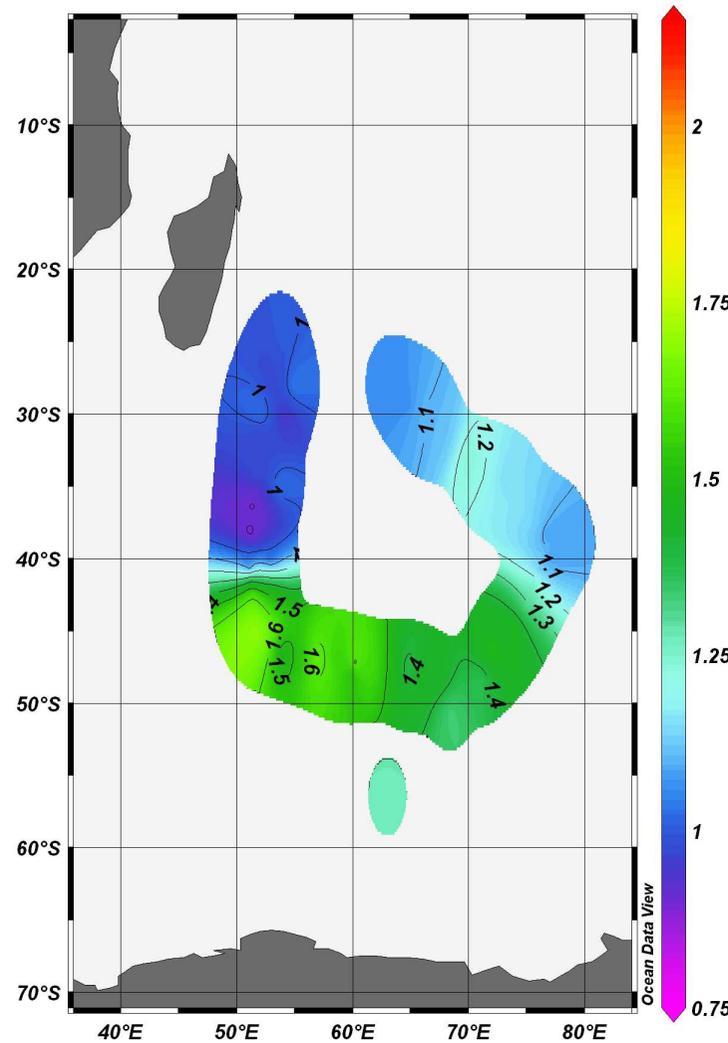


- minimum dans les zones subtropicale et de transition
- maximum dans la zone frontale ($>1,6$ ‰)

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**

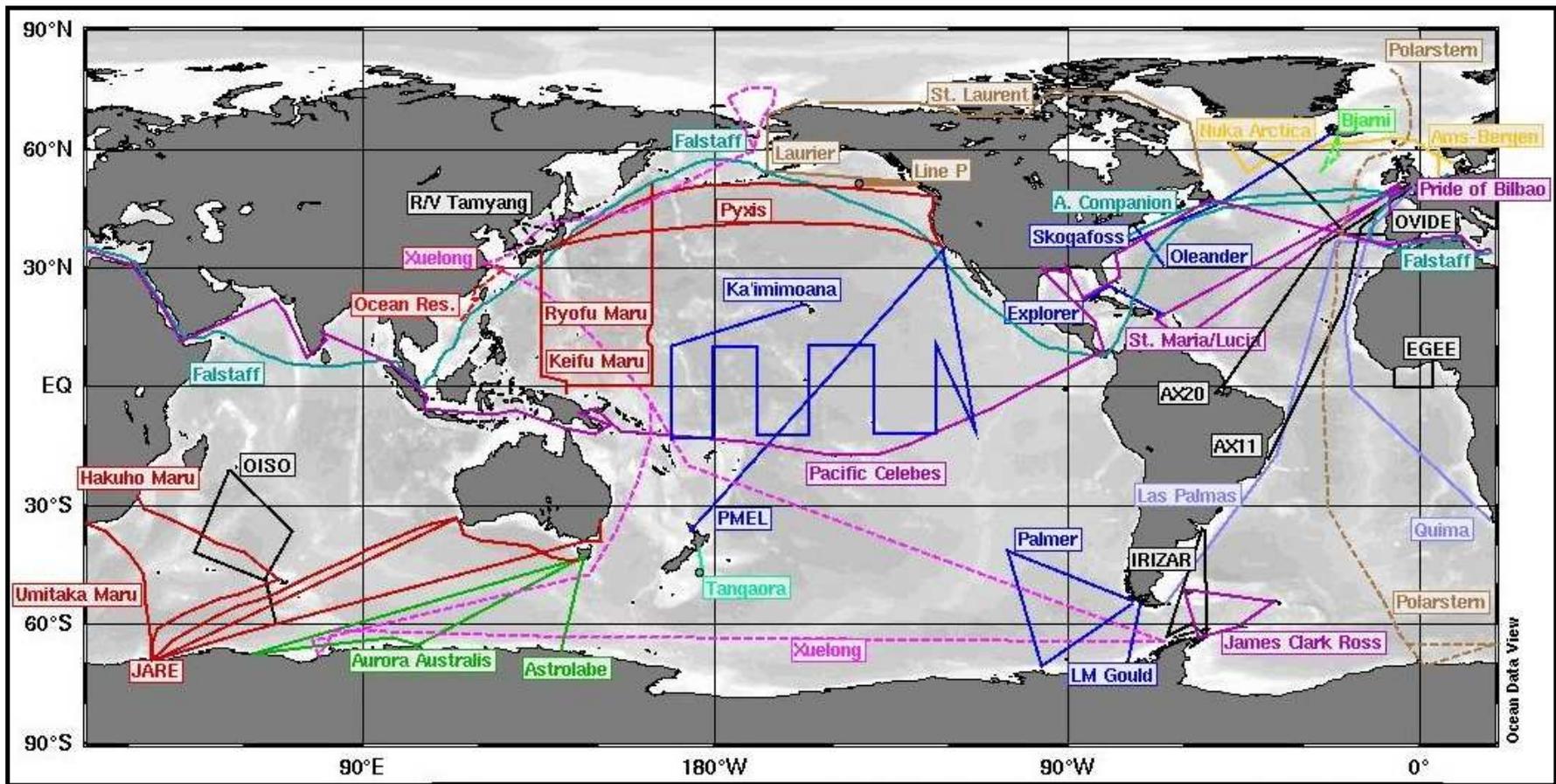
**Processus
biologiques**

**Processus
biologiques**

Mélange vertical

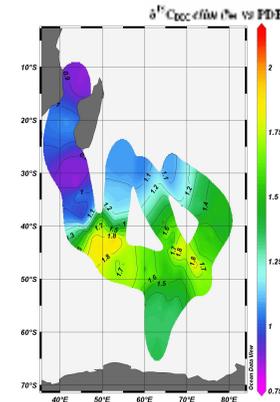
**Remontée d'eaux
profondes**

PERSPECTIVES

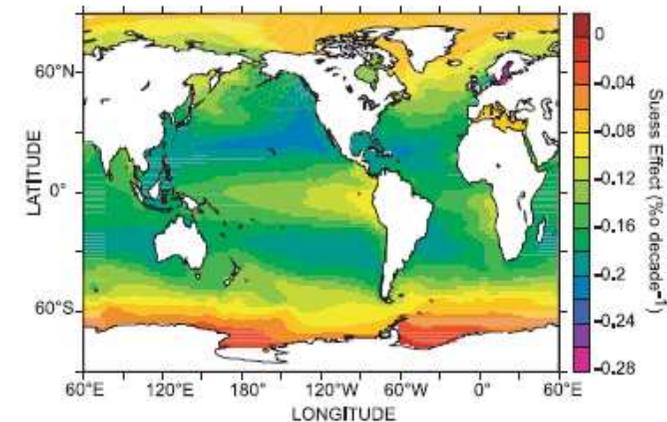


PERSPECTIVES

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 CO_2 entre l'Océan et
l'atmosphère ?

[Extrait de Tagliabue et Bopp, 2008]

**Capacité de l'Océan à réguler l'accumulation de
 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 CO₂ 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*