

# Apport des traceurs radioactifs dans l'étude des flux de particules dans la zone mésopélagique.

M. Roy-Barman

Laboratoire des Sciences du Climat et de l'Environnement

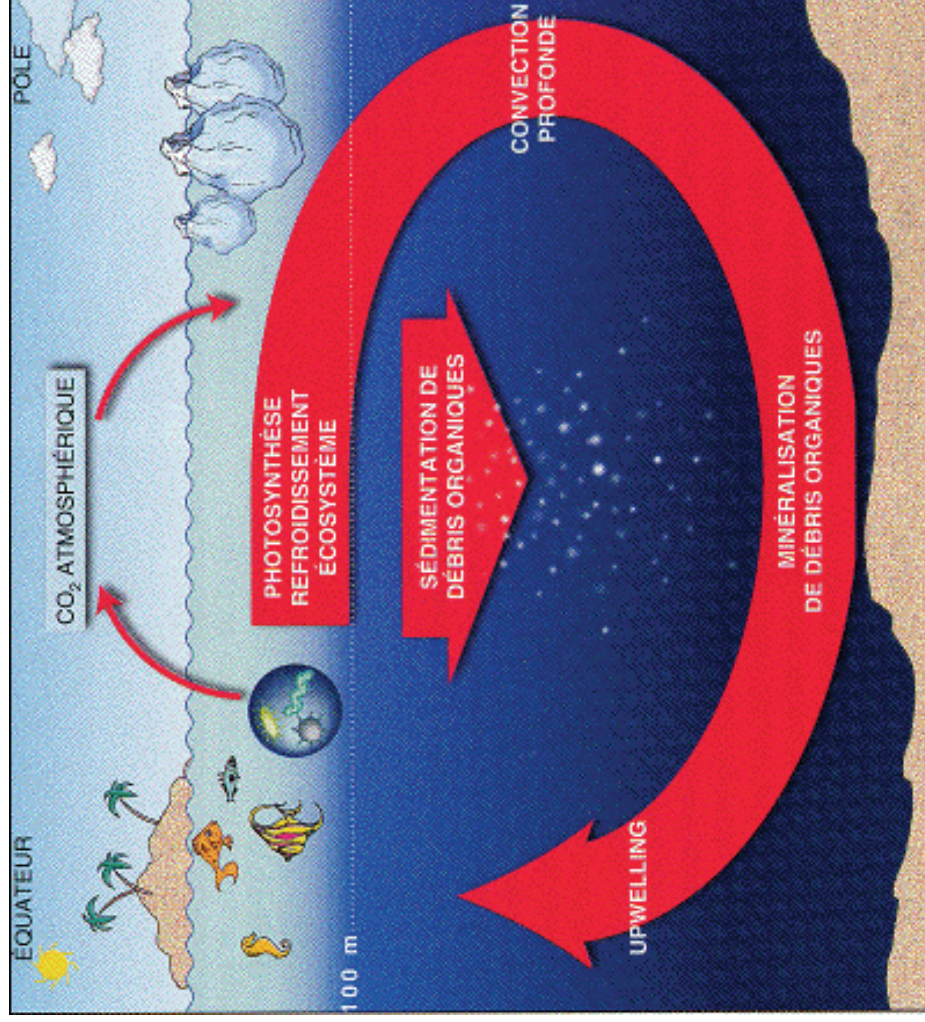
IPSL/CNRS/CEA/UVSQ



# PLAN

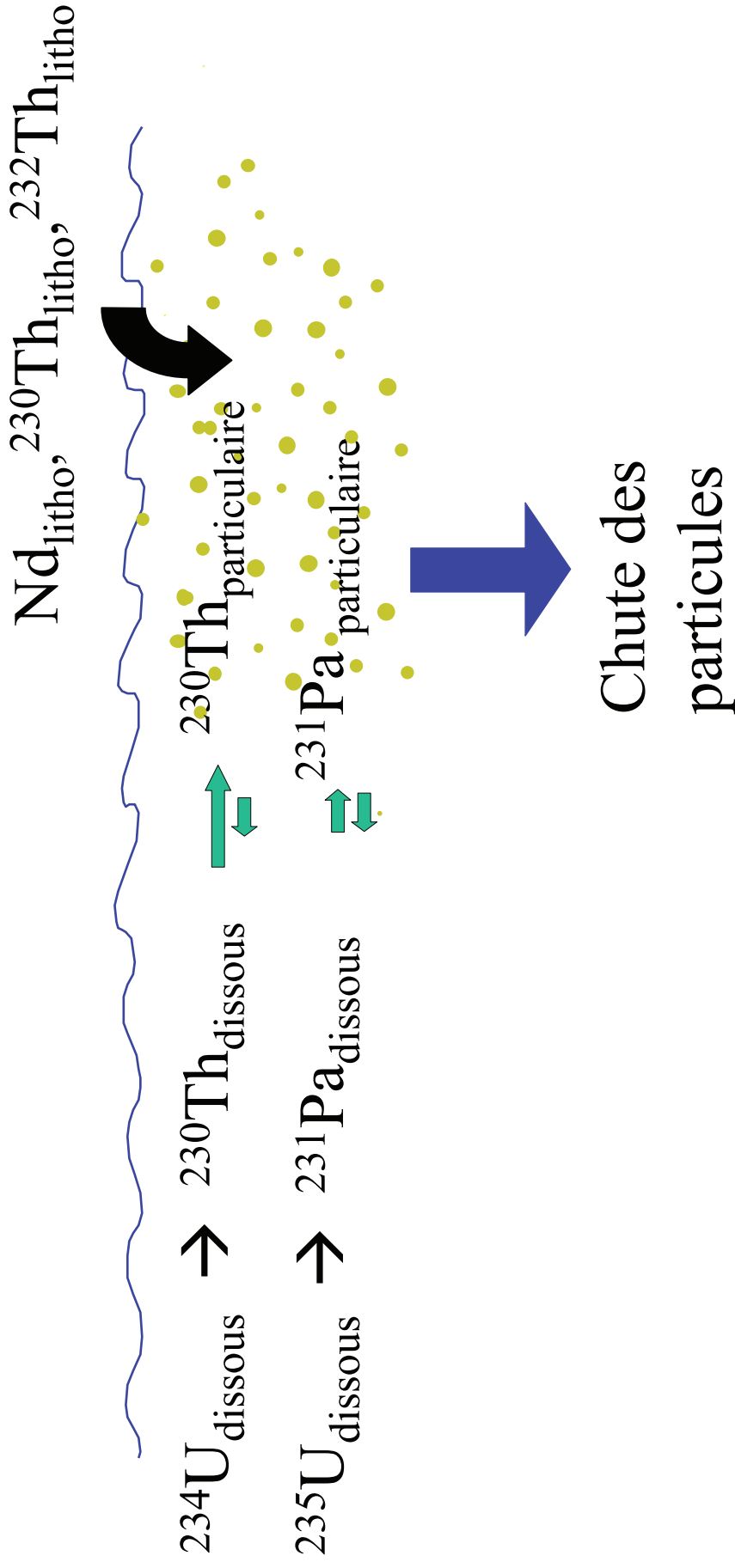
- Le cadre général
- Étalonnage des pièges à particules
- À la recherche des phases porteuses
- Rôle des marges
- Modélisation (vue par un expérimentateur)

# Le cycle océanique du carbone

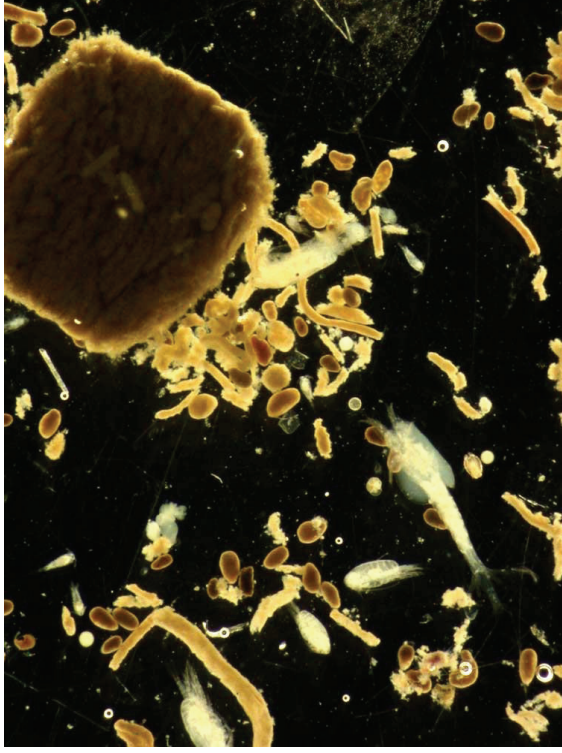
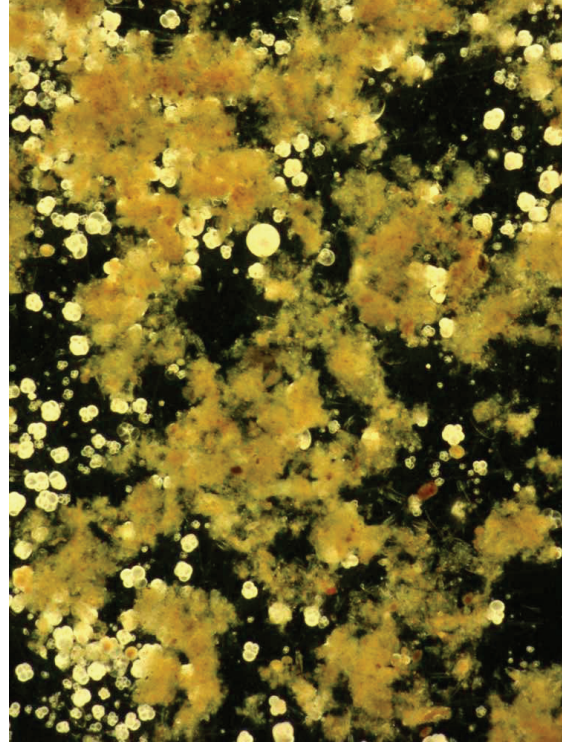


→ Il faut contraindre les flux d'eau et de particules

# Les traceurs radioactifs et radiogéniques

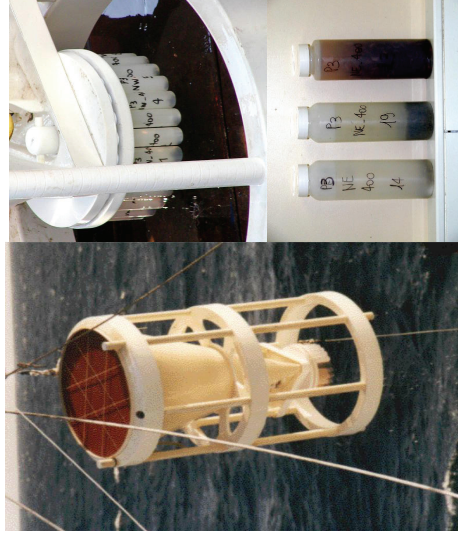
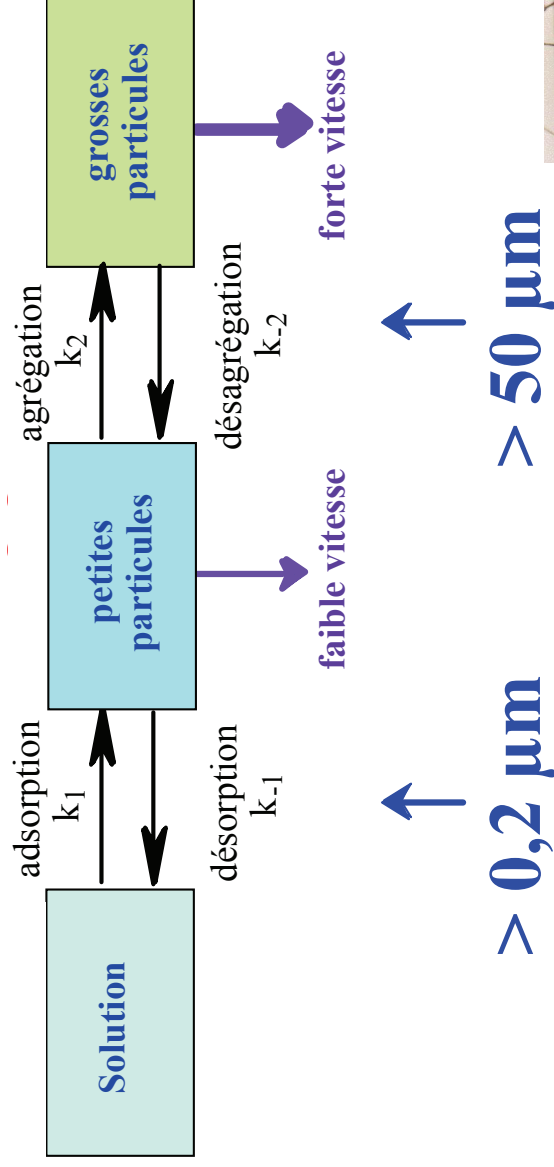


# Des particules biogéniques et minérales

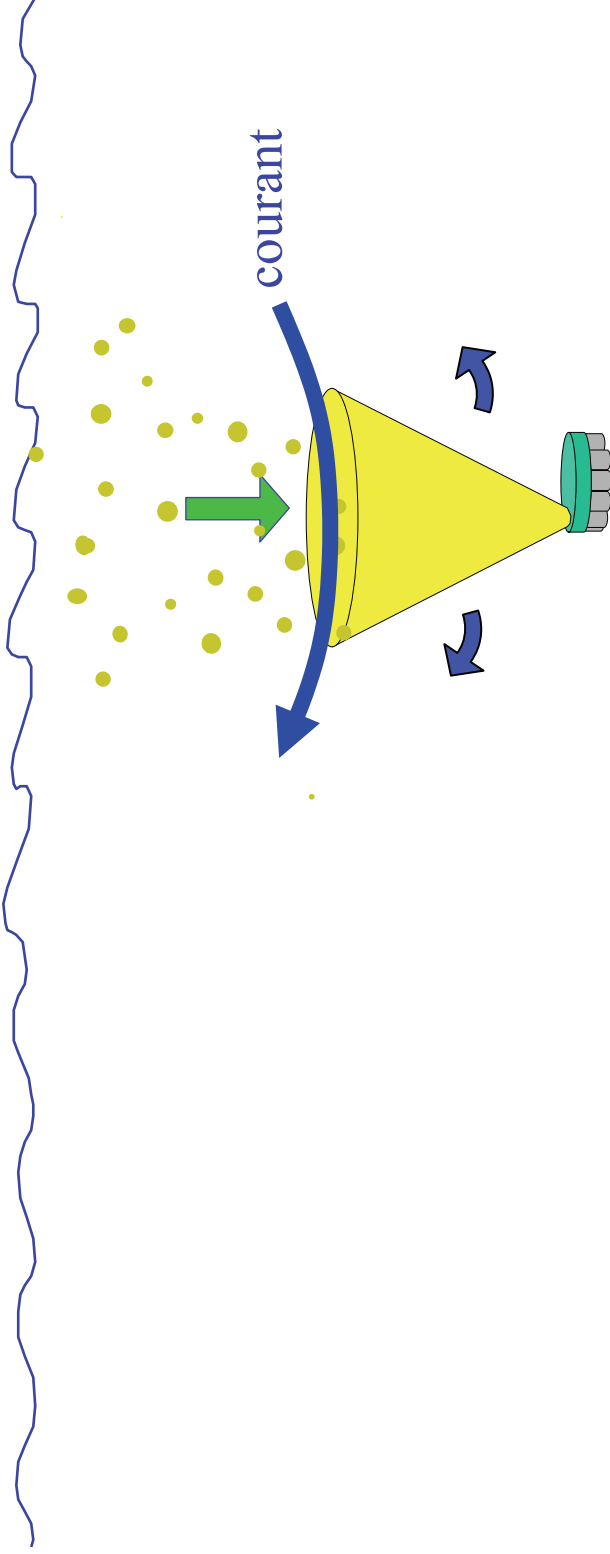




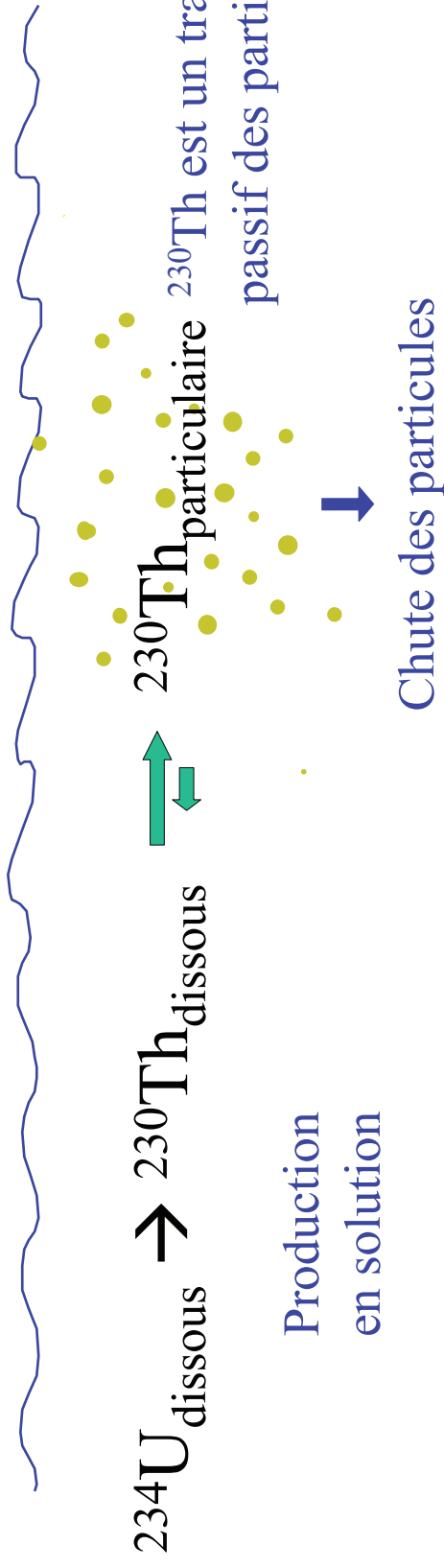
# Les moyens d'échantillonnage



# Valider les flux de particules (1)

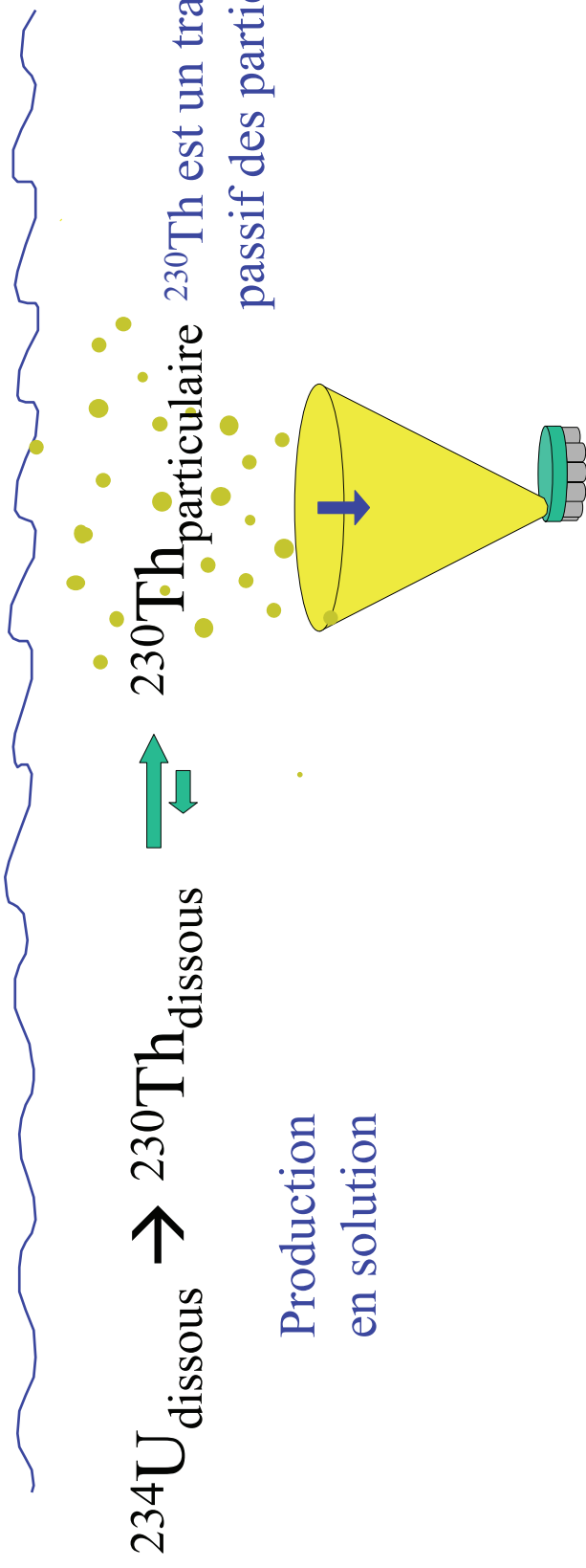


## Valider les flux de particules (2)





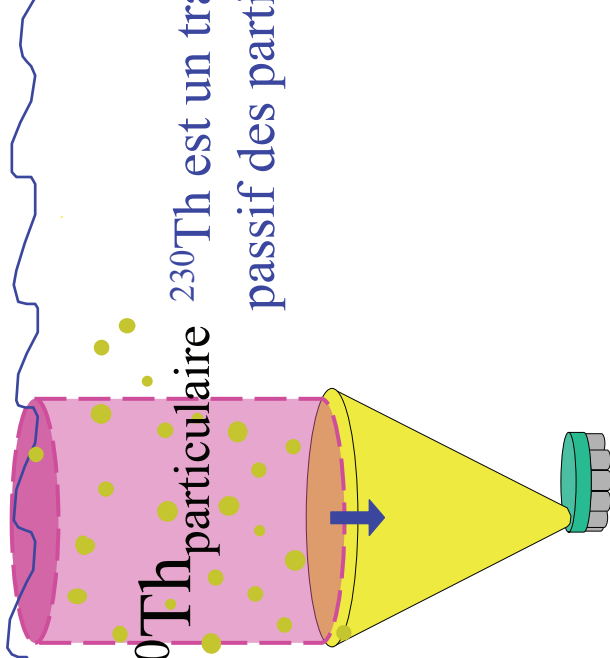
## Valider les flux de particules (3)



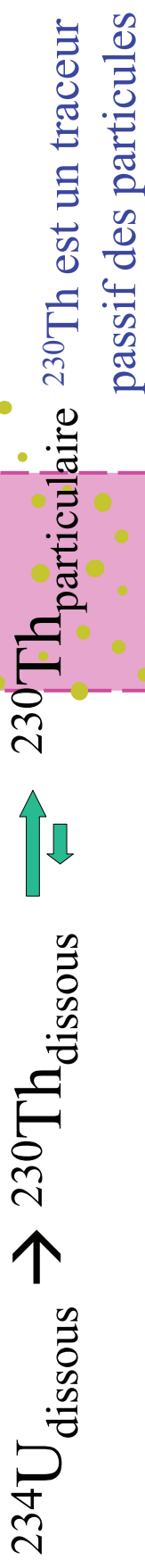
## Valider les flux de particules (4)



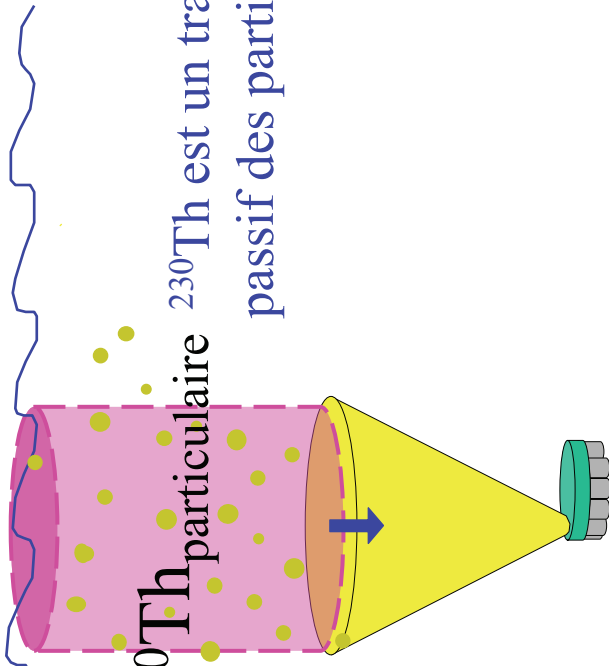
Production  
en solution



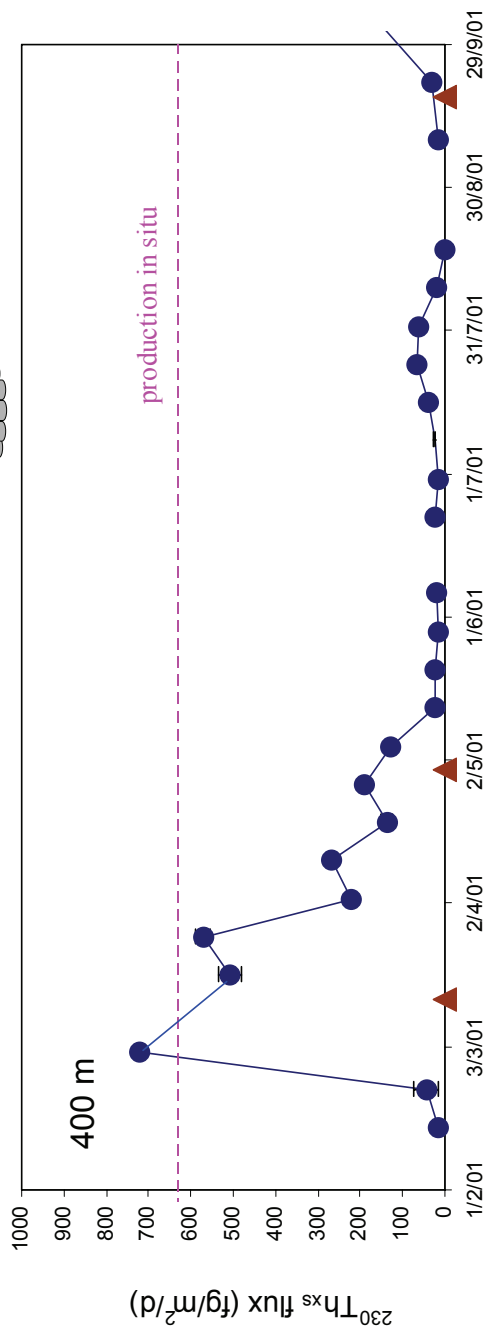
# Valider les flux de particules (5)



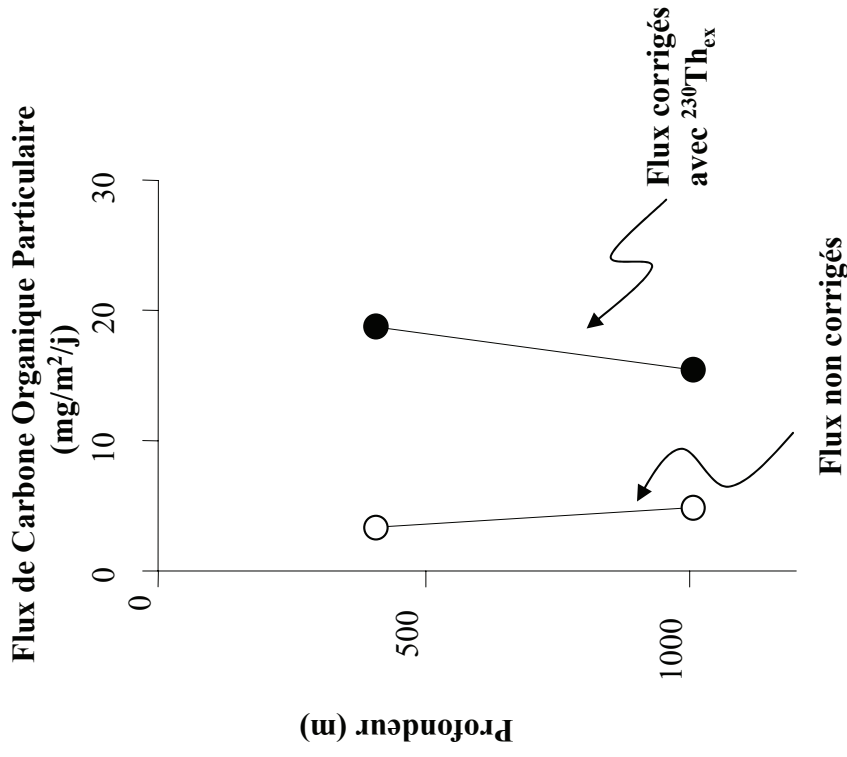
Production en solution



Cas de l'Atlantique Nord-Est (POMME)



## Valider les flux de particules (6)



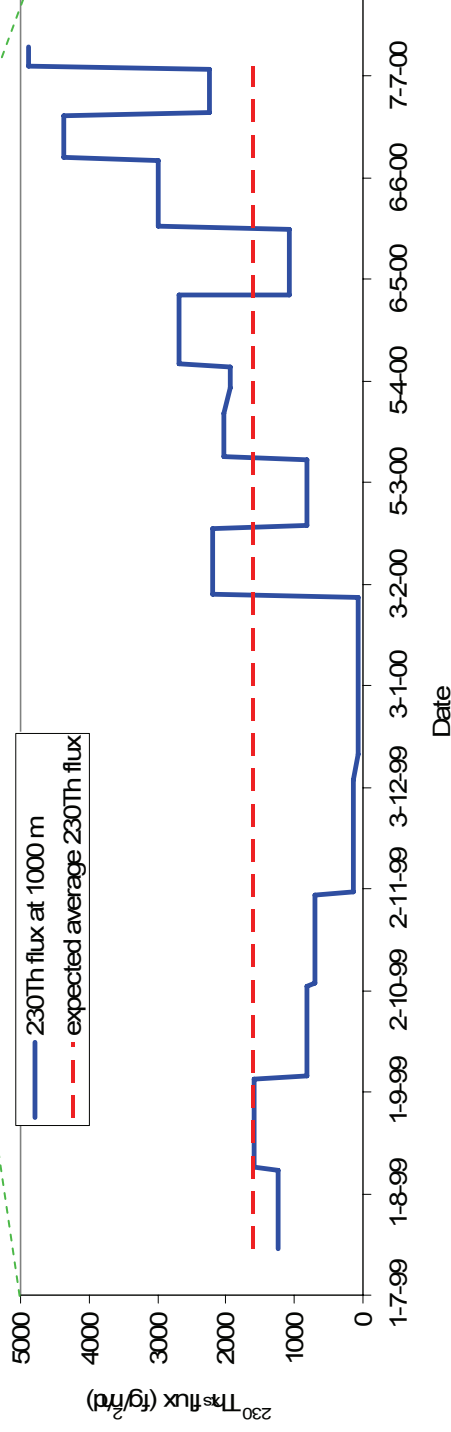
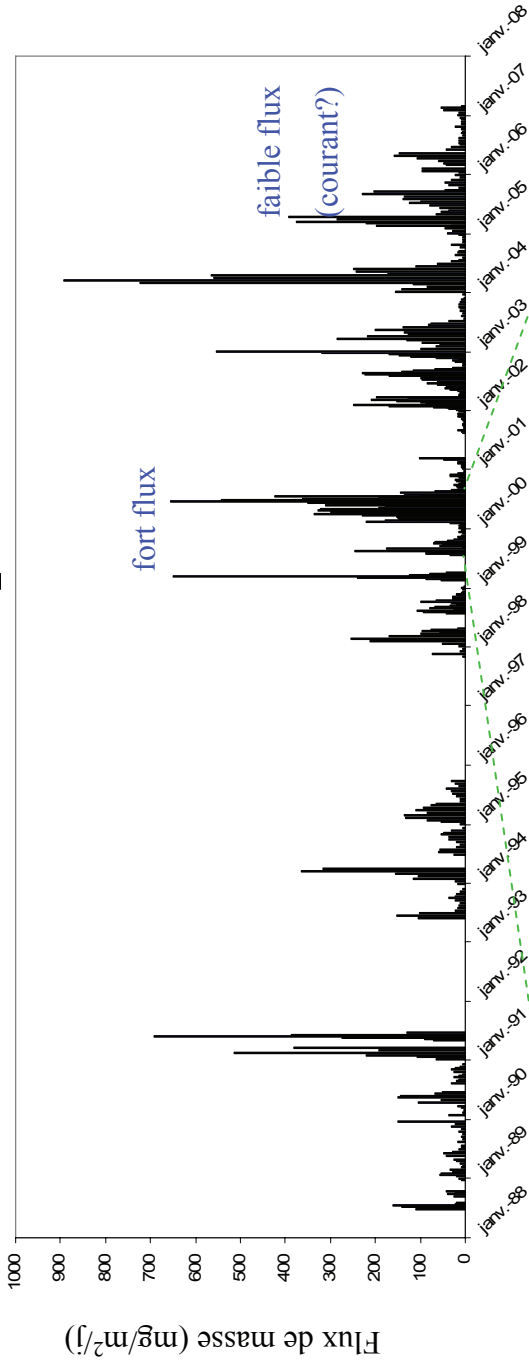
→ impact de la reminéralisation sur le flux de POC)

→ Faible export particulaire (malgré les fortes corrections)

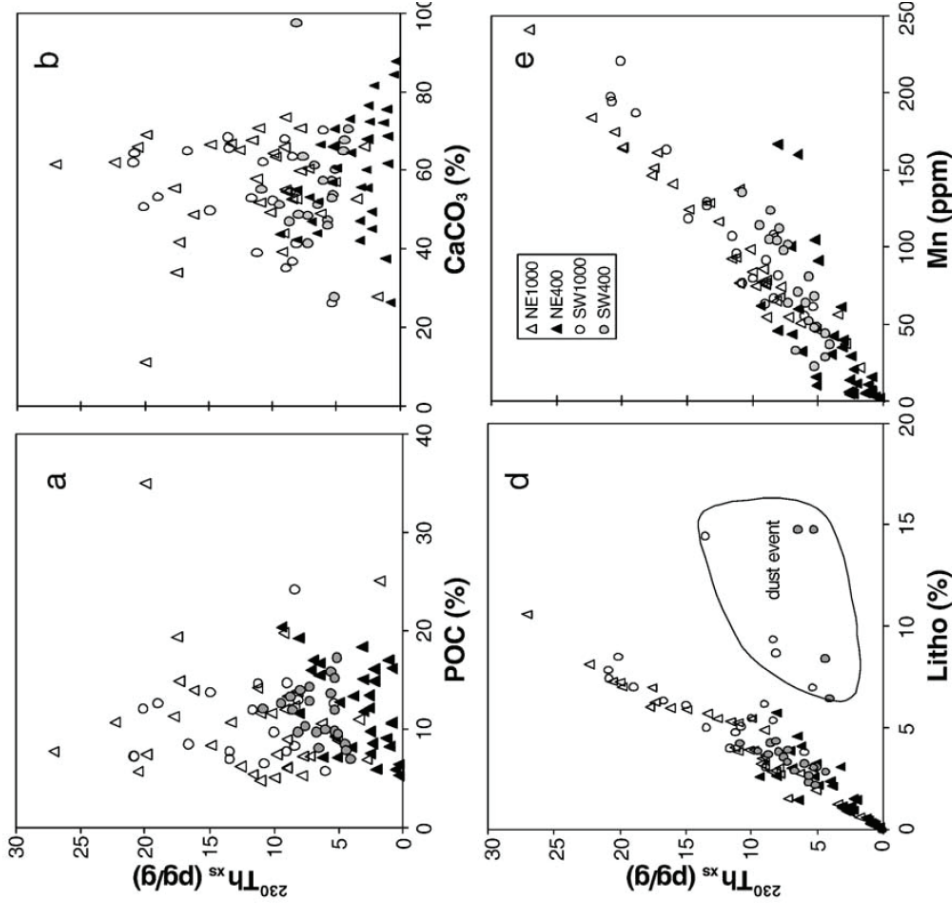
# Valider les flux de particules (7)

## Projet COMET (PI M.A. Sicre):

### Evolution sur 20 ans des flux de particules à DYFAMED



# A la recherche des phases porteuses des traceurs ?



Pas de corrélation systématique de  $^{230}\text{Th}$  avec les phases majeures

→ Quelles sont les phases porteuses?

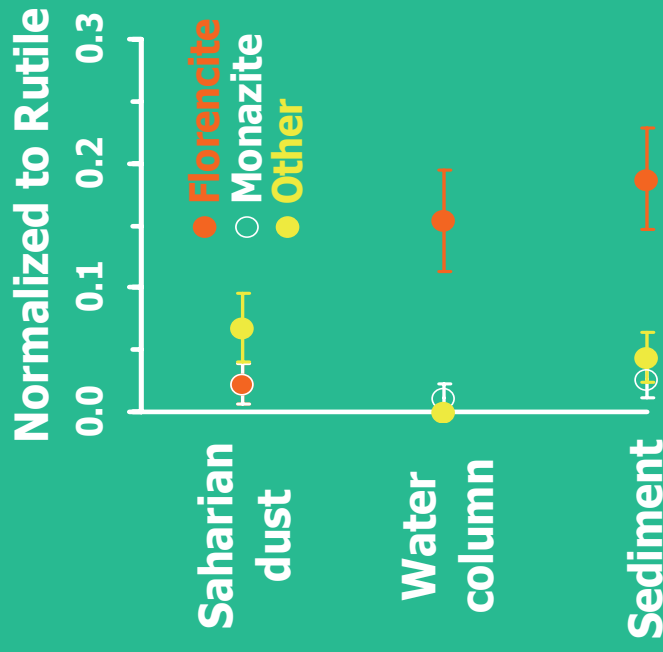


A la recherche des phases porteuses des traceurs ?

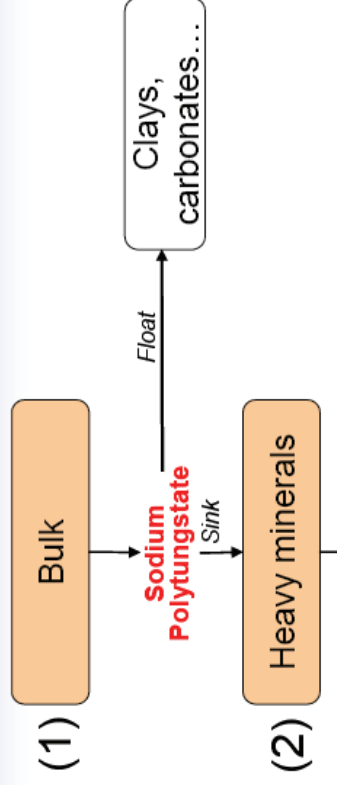
## PROJET ISOFLORÉ:

Répartition et signature isotopique de la Florencite

### LA FLORENCITE



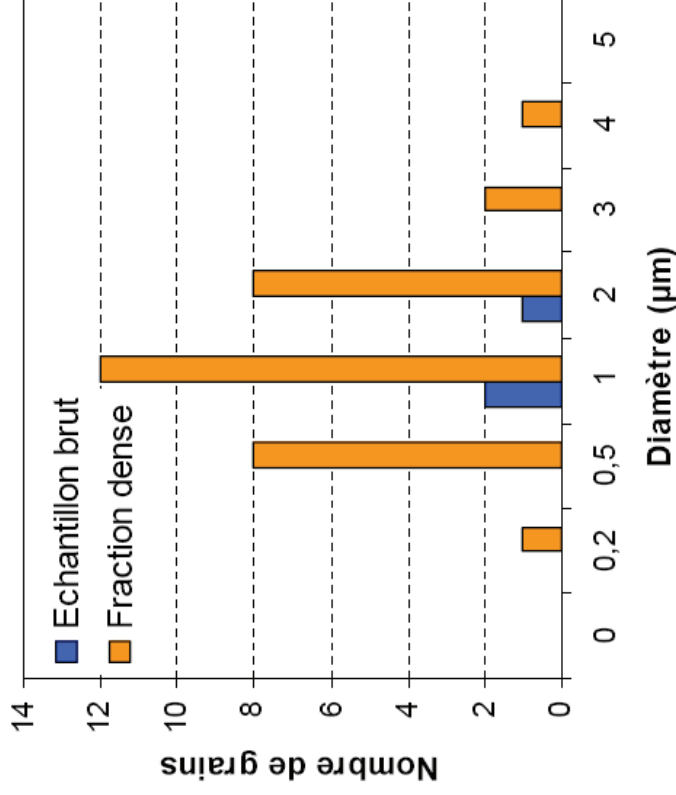
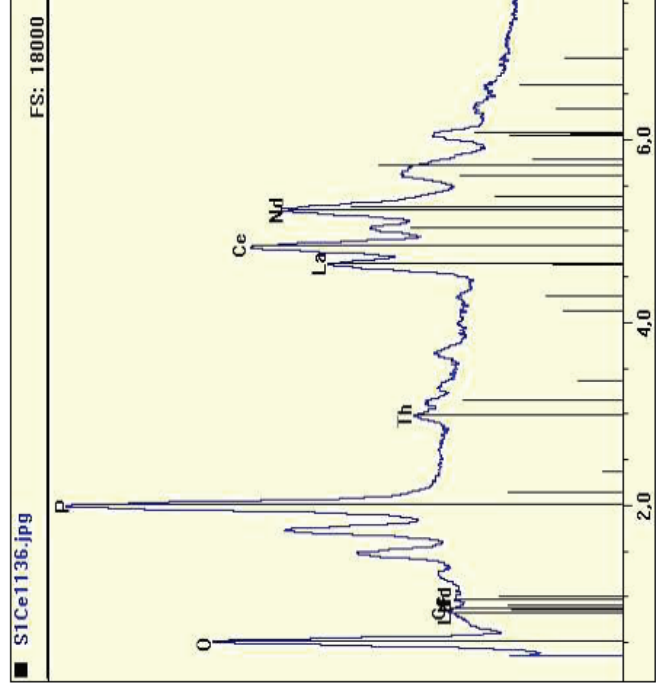
# Séparation par densité



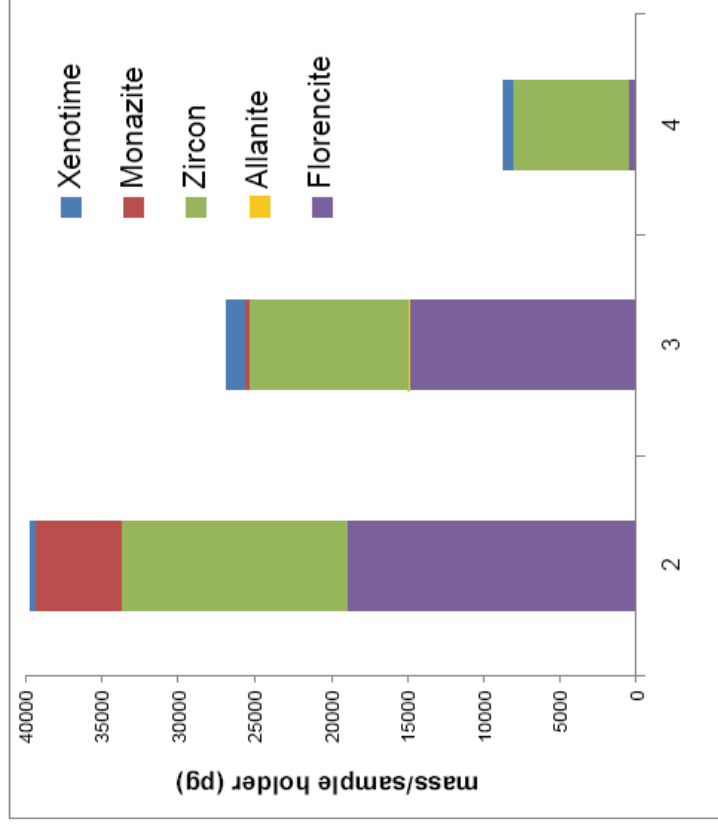
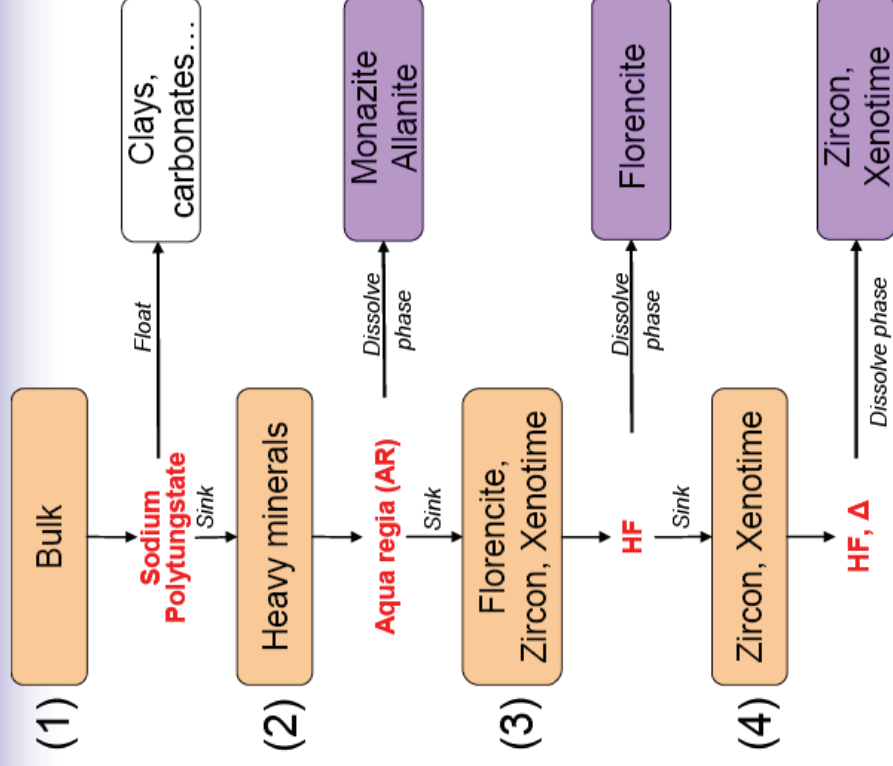
## Sans préconcentration :

- Trop peu de grains comptés dans l'échantillon brut
- La présence des plus gros grains qui contribue majoritairement dans la masse de Th et Nd est ignorée

## Exemple de la Monazite

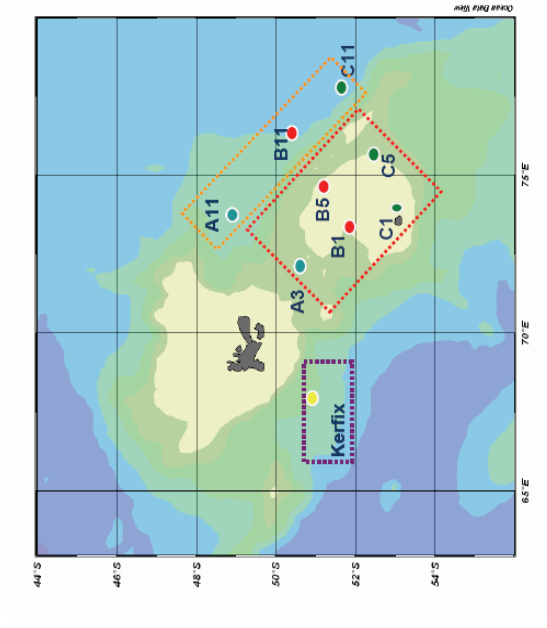


# Séparations chimiques : résultats



A DYFAMED, la Florencite n'est pas enrichie en  $^{230}\text{Th}$  provenant de l'eau de mer.  
La recherche continue...

# Le rôle des marges: le cas de KEOPS

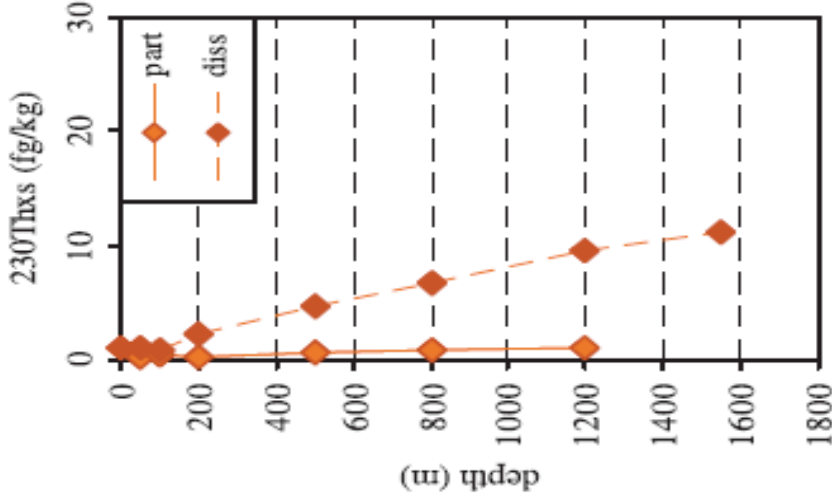
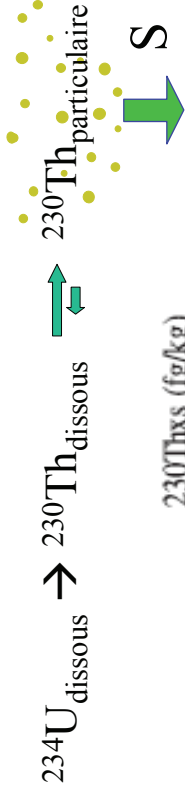


**Analyse du Thorium dissous et particulaire sur le plateau productif  
et dans l’océan HNLC**

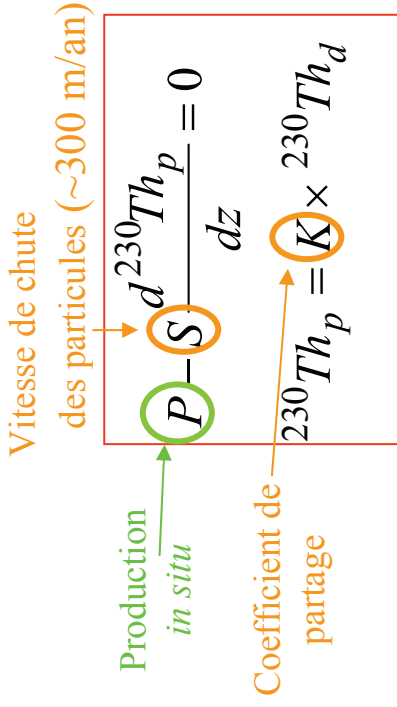
**Venchiarruti et al., 2008**

# Vitesse de chute des petites particules: le modèle 1D

(Bacon and Anderson, Nozaki, ...)



Station Kerfix

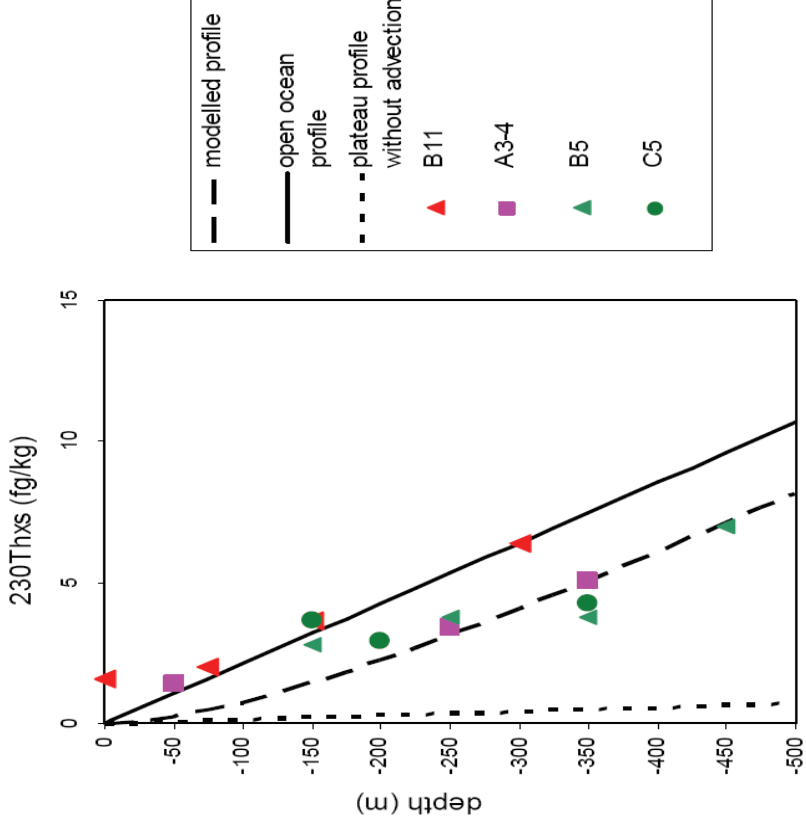
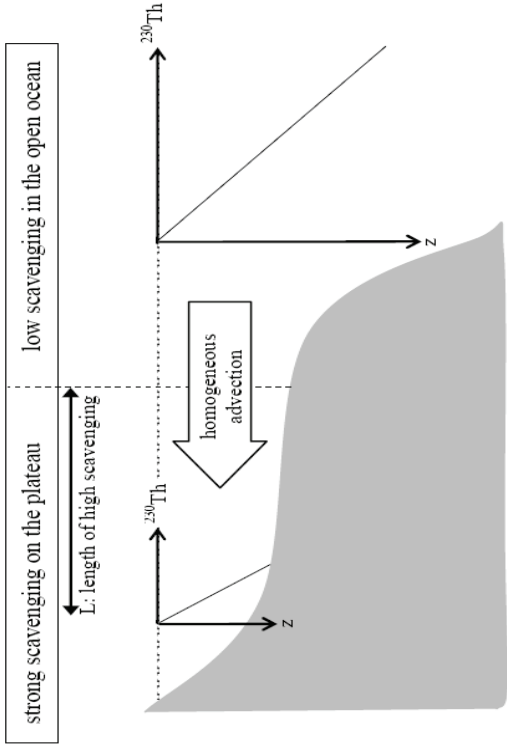


La production *in situ* de  $^{230}\text{Th}$  est éliminée par la chute des particules

$$\left\{ \begin{array}{l}
 ^{230}\text{Th}_p = \frac{P}{S} z \\
 ^{230}\text{Th}_p = \frac{P}{KS} z
 \end{array} \right. \rightarrow S = \frac{P}{^{230}\text{Th}_p} z \sim 400 \text{ m/an}$$

**Paradoxe:** Plus il y a de  $^{230}\text{Th}$  particulaire, moins elles chutes vite!

# Le rôle des marges: le cas de KEOPS

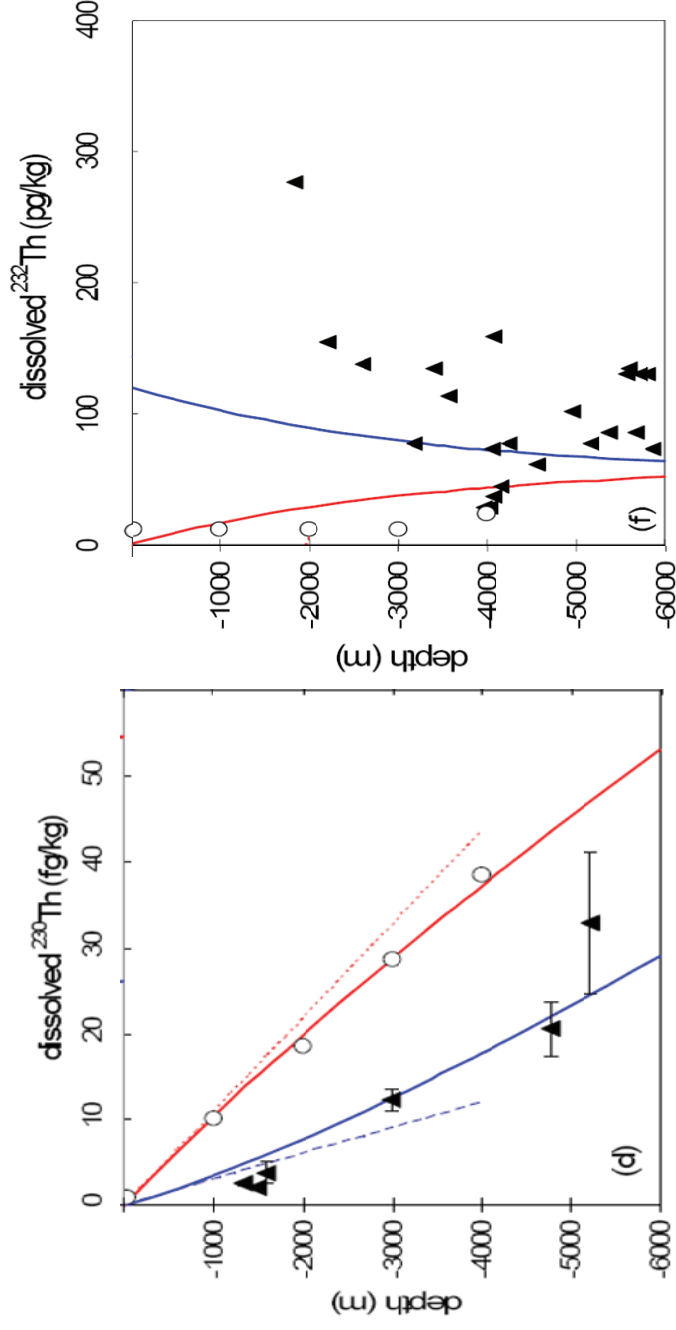
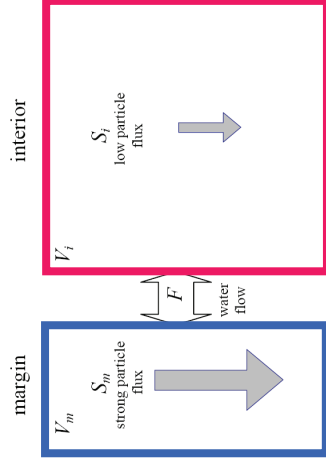


**S = 3000 m/an!**

Venchiarruti et al., 2008  
mais aussi: Venchiarruti et al., 2010,



# Le rôle des marges: Généralisation



- Les marges sont un puit de  $^{230}\text{Th}$  mais une source de  $^{232}\text{Th}$ :
- même résultats à partir des isotopes du Nd (Boundary exchange)
- à prendre en compte pour les éléments insolubles comme le Fer.

# La modélisation



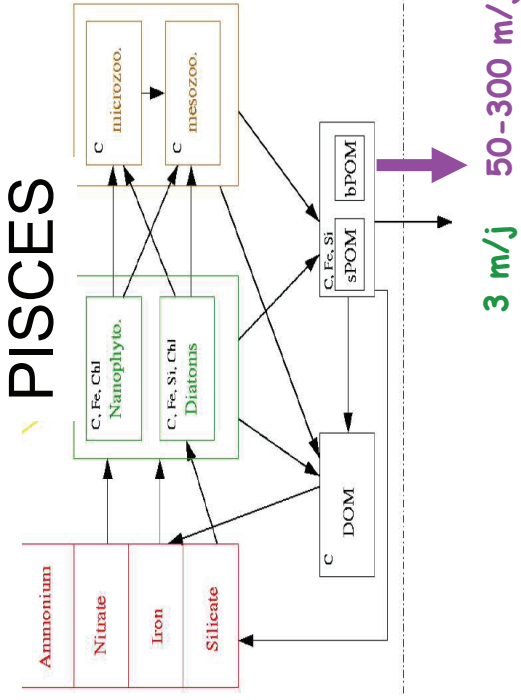
Influence of particle size and type on  $^{231}\text{Pa}$  and  $^{230}\text{Th}$  simulation with a global coupled biogeochemical-ocean general circulation model: A first approach

J.-C. Dutay, F. Lacan, M. Roy-Barman, L. Bopp, 2009

Némo + Pisces + modèle de scavenging

# Modèle de biogéochimie marine PISCES

Aumont et al, 2006



Modèle entièrement pronostique

Deux classes de particules

Petites particules, 3m/j

Carbone organique Particulaire (POCs)

Grosses particules, 50-300 m/j

Carbone organique particulaire (POCb)

Calcite ( $\text{CaCO}_3$ )

Silice biogénique (BSi)

Qui interagissent par agrégation/désagrégation

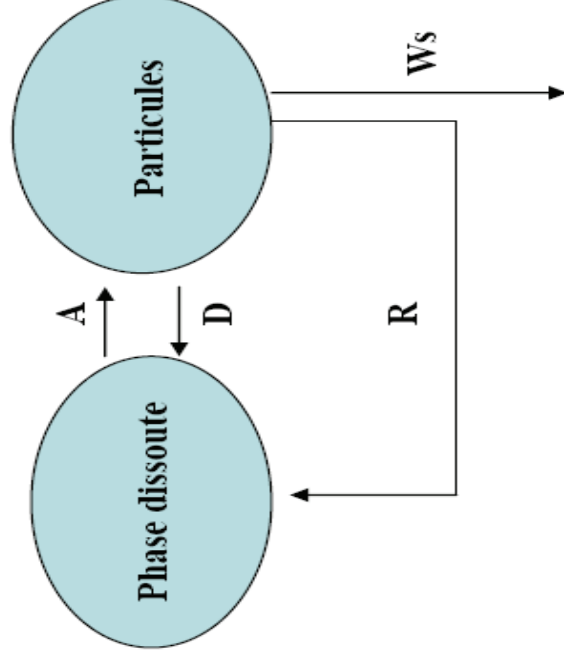
Modèle « complexe » : études précédentes une seule classe de particules (petites)

(Marchal et al, 2000), Siddall (2005), Henderson (2000), Heinze (2006)

Approche soutenue par les observations (traceurs transportés par des agrégats de grosses particules

# Implémentation d'un Modèle de « scavenging réversible »

Scavenging: mécanisme associé au transport particulaire



A: Adsorption | → réversibilité  
D: désorption

R: reminéralisation

Ws: vitesse de chute des particules

Equilibre: Répartition dissous/particulaire  
Déterminé  
par des coefficients de partition  $K_d$

$$K_d = A_p / A_D$$

$K_d$  = fn (tracer, particule type: POC,  $\text{CaCO}_3$ ,  $\text{SiO}_2$ )  
et  
contraints par des observations

# Simulation de $^{231}\text{Pa}$ and $^{230}\text{Th}$

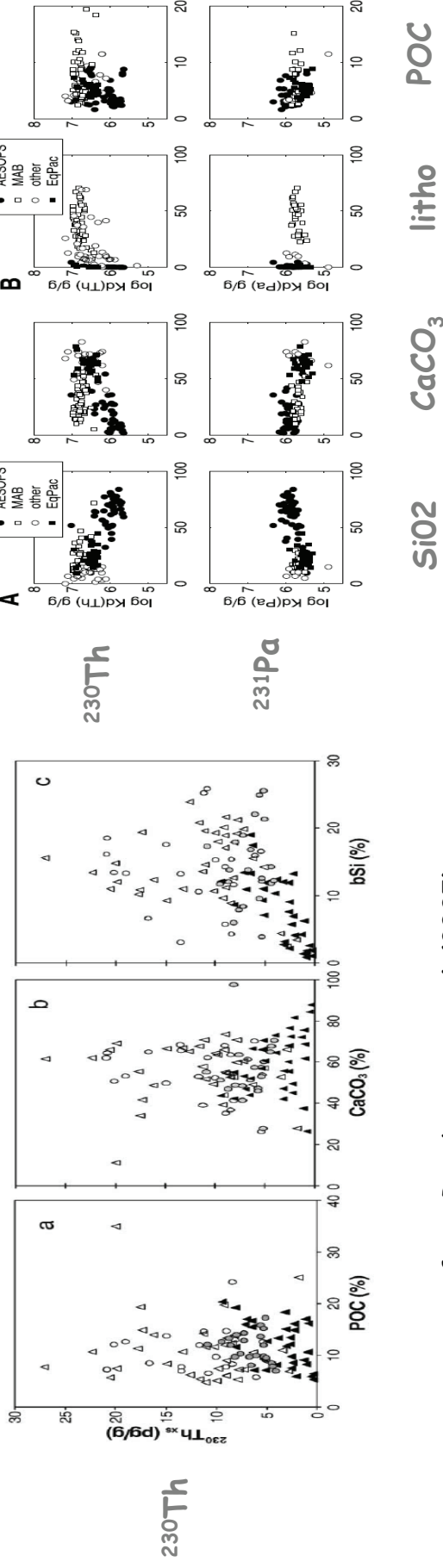
- Objectif:** - étude du transport de matière particulaire  
 - calibration du modèle de scavenging (base de données la + complète)

**Source:** Uniquement décroissance radioactive des isotopes U

→ bien contrainte, car  $[U] = \text{cte}$

**Puits:** Flux vers le sediment

**Kd:** estimation à partir des observations



from Roy barman et al (2005)

from Chase et al. (2002)

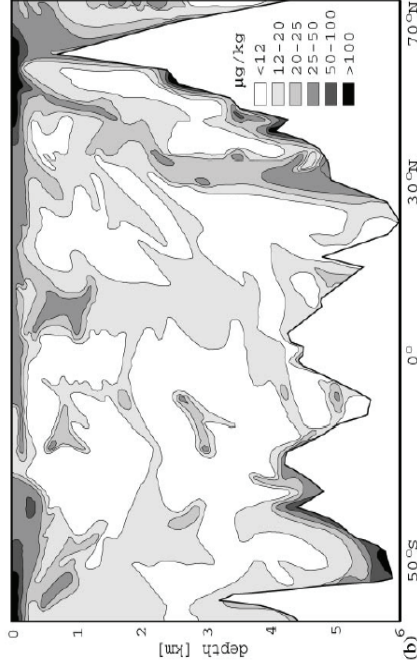
→ Un des objectifs de GEOTRACES est de mieux contraindre ces coefficients

# Evaluation des concentrations en particules du modèle PISCES

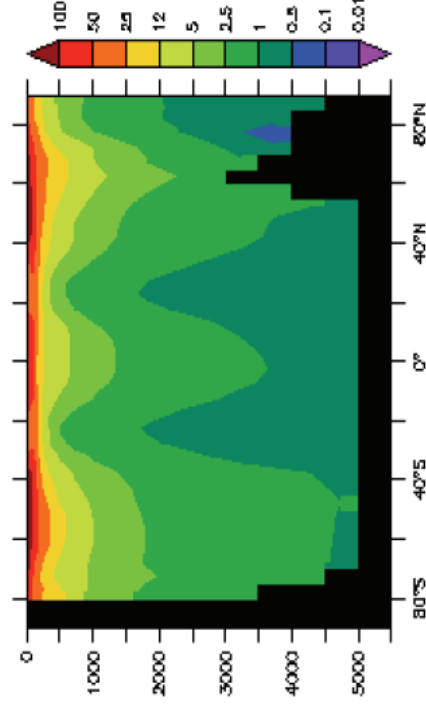
Peu de mesures disponibles à l'heure actuelle !!!

## Observations le long de la section GEOSCES Atlantic OUEST Néphélométrie

(*Brewer et al.*, 1976), units  $\mu\text{g}/\text{kg}$ .



## ORCA - PISCES Total particles concentration



**Conclusions:** - concentrations de surfaces réalistes

- concentration océan profond beaucoup trop faibles (POC principalement)

- pas identifié auparavant: cycle C flux (conc x vitesse)

- Nécessité de reparamétriser le POC (labilité)

- Nécessité reparamétriser les autres composantes des petites particules

- Important pour POC, mais aussi DOC, Nd, Fe..



# Simulation de $^{231}\text{Pa}$ and $^{230}\text{Th}$ avec NEMO-PISCES

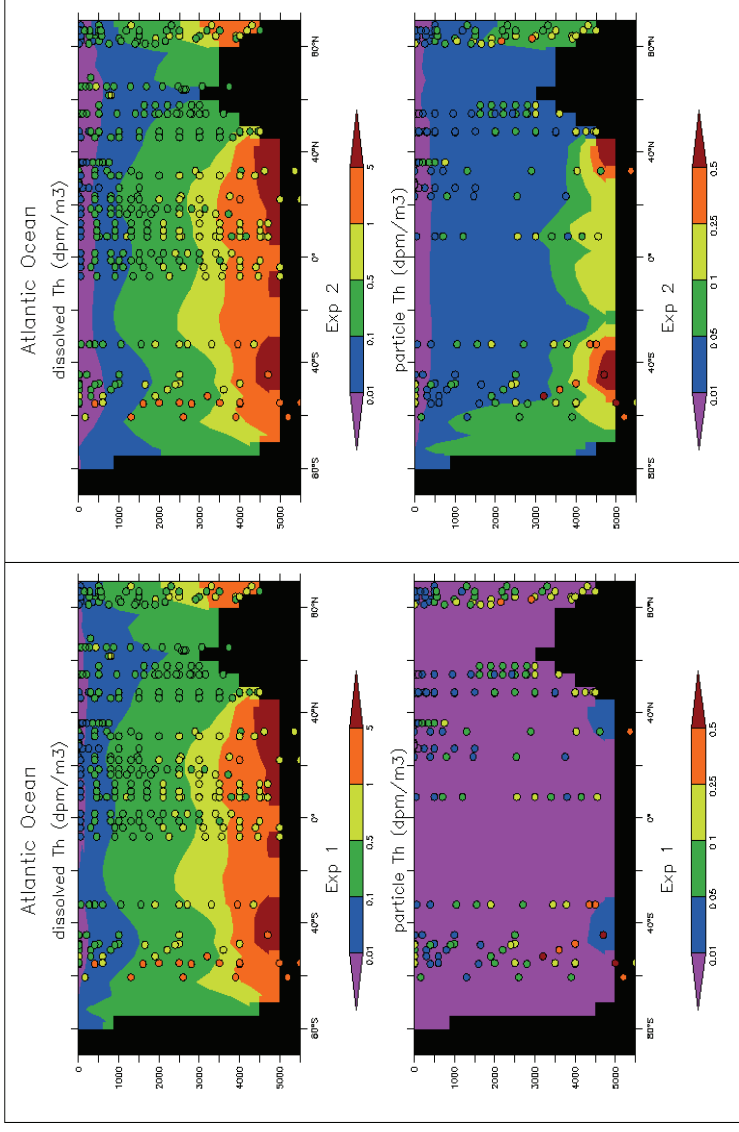
## Paramétrisation de $K_d$ en fonction du flux particules

Petites vs. Grosses particules

### Thorium 230

Exp1

Exp2



Kd	Exp.1	Exp. 2
POCs	1.e+7	1.e+9
POCs	1.e+7	1.e+9
POCb	1.e+7	1.e+6
POCb	1.e+7	1.e+6
BSi	0.17.e+7	0.17.e+7
BSi	0.05.e+7	0.05.e+7
CaCO <sub>3</sub>	0.025e+7	0.025e+7
CaCO <sub>3</sub>	1.e+7	1.e+7



Siddall et al, 2005  
EMIC

notre  
étude

d'après Dutay et al, 2005

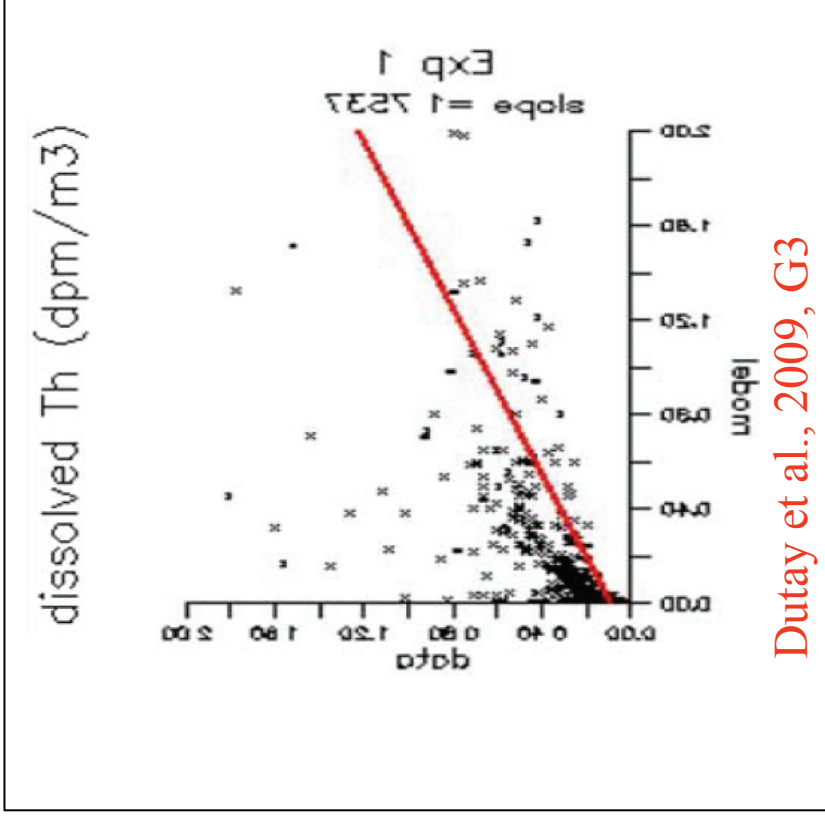
Paramétrisation de  $K_d$  en fn taille particules -> soutenu par les observations (Chase et al, 2004)

Pb: nos valeurs de  $K_d$  sont trop élevées en comparaison avec ses observations

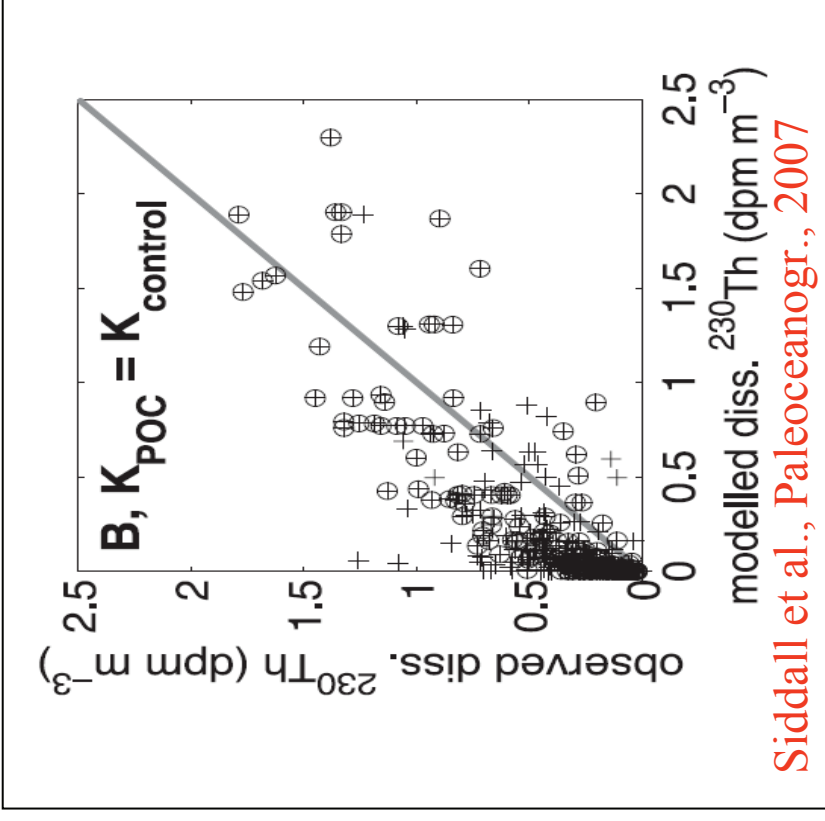
Petites part.

Grosses part.

Les gros modèles circulation-biogéochimie sont coûteux en temps et...  
ils estiment encore mal les concentrations de  $^{230}\text{Th}$  dissous



Dutay et al., 2009, G3



Siddall et al., Paleoceanogr., 2007

→ déblayer le terrain avec des modèles simples: test des vitesses  
de chute et de la nature des phases porteuses

Exemple: un ou plusieurs types de particules (fines et grosses)?

Henderson et al., EPSL, 1999

Siddall et al., Paleoceanogr., 2007

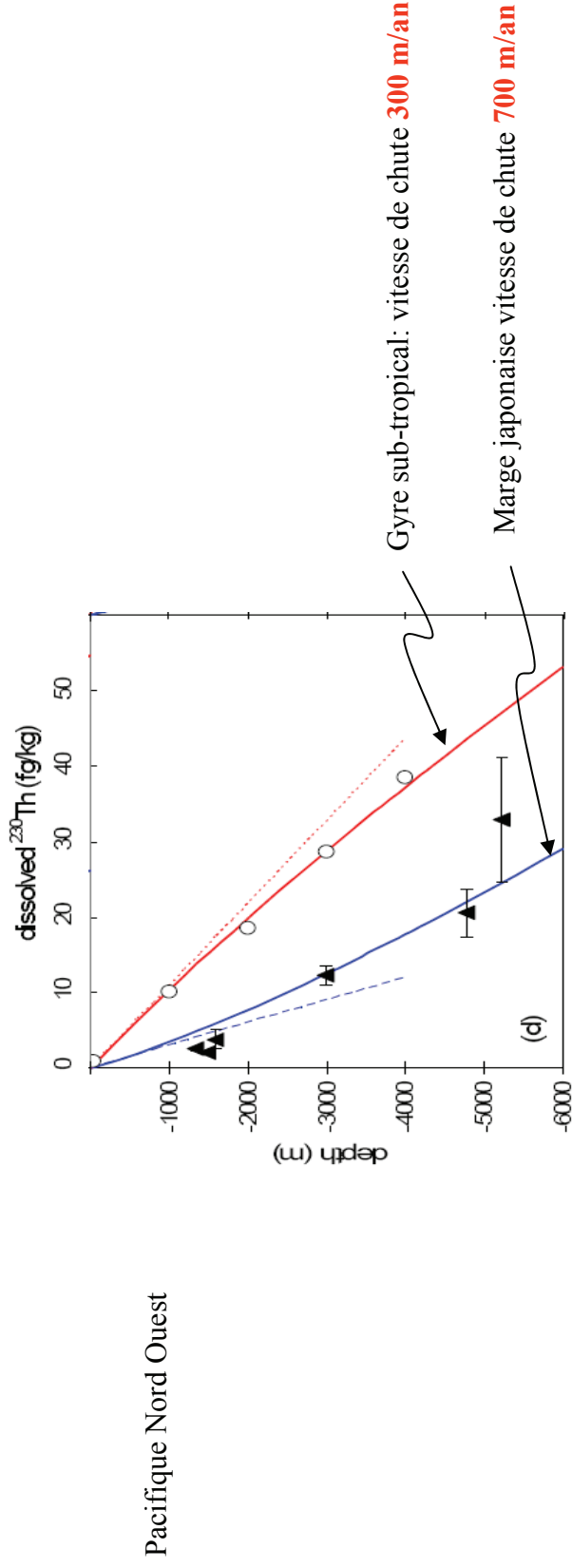
Marchal et al., DSR, 2008

considèrent les **particules fines seulement**  
avec **une seule vitesse de chute**

OU

Dutay et al., G3, 2009

considère les **particules fines et grosses**  
→ possibilité de faire varier la vitesse  
moyenne des particules



→ La **modélisation de l'effet du Boundary Scavenging sur les profils de  $^{230}\text{Th}$**  démontre que les particules chutent en moyenne plus vite à la marge que dans l'océan ouvert → **Valide l'approche Dutay et. al.**

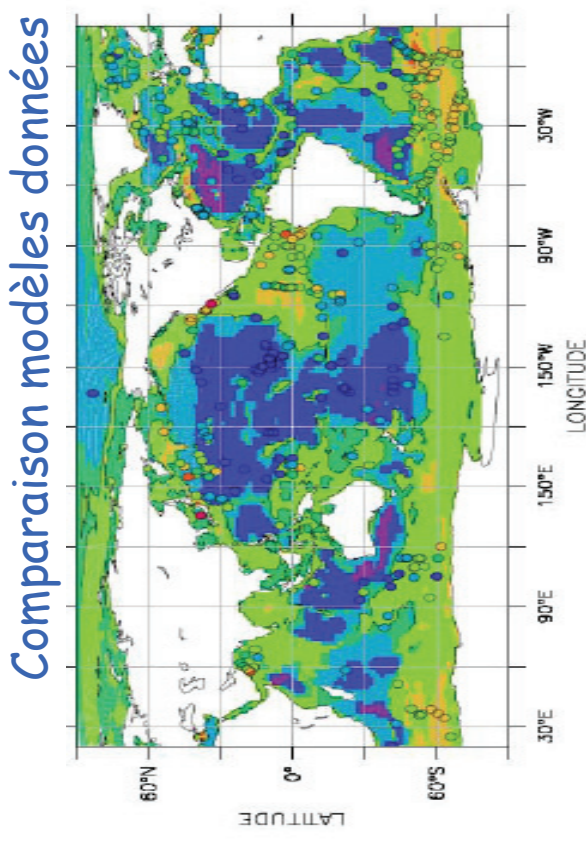
il faut maintenant tester les phases porteuses potentielles

# Rapport $^{231}\text{Pa}/^{230}\text{Th}$ dans le flux vers le sédiment

Rapport du taux de production  $^{231}\text{Pa}/^{230}\text{Th} = 0.093$

Kd		
POCs	Pa	5.e+8
POCs	Th	1.e+9
POCb	Pa	1.e+6
POCb	Th	1.e+6
BSi	Pa	0.17.e+7
BSi	Th	0.05.e+7
CaCO <sub>3</sub>	Pa	0.025e+7
CaCO <sub>3</sub>	Th	1.e+7

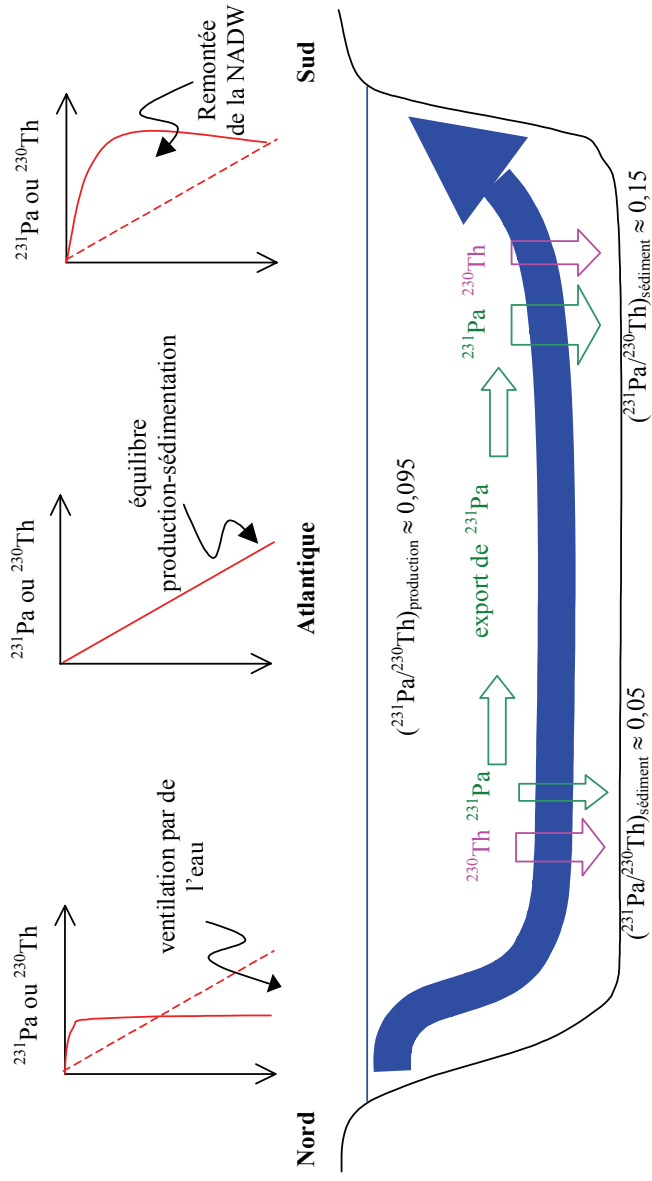
Pa affinité plus élevée pour BSi  
Th affinité plus élevée pour CaCO<sub>3</sub>



→ Temps résidence océanique:  
 $^{230}\text{Th}=30$  ans,  $^{231}\text{Pa}=200$  ans

→ Structure grande échelle réaliste (amplitude, répartition spatiale)

# Pourquoi Pa-Th ?



# Pourquoi Pa-Th?

## Glacial-interglacial circulation changes inferred from $^{231}\text{Pa}/^{230}\text{Th}$ sedimentary record in the North Atlantic region

J.-M. Gherardi,<sup>1</sup> L. Labeyrie,<sup>2</sup> S. Nave,<sup>3</sup> R. Francois,<sup>4</sup> J. F. McManus,<sup>5</sup> and E. Cortijo<sup>2</sup>

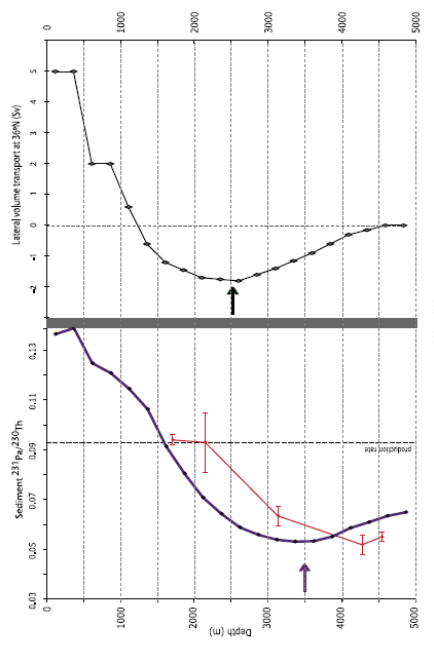
## Comment on “Glacial-interglacial circulation changes inferred from $^{231}\text{Pa}/^{230}\text{Th}$ sedimentary record in the North Atlantic region” by J.-M. Gherardi et al.

S. Peacock<sup>1</sup>

[6] In this comment, two lines of reasoning are presented to suggest that the main conclusions drawn by G09 should be reexamined. First, it is argued that the G09 description of the modern-day AMOC is incorrect. Second, it is argued that the G09 method of making composite vertical profiles of sedimentary  $^{231}\text{Pa}/^{230}\text{Th}$  for various time slices using cores widely separated in space does not work in the modern-day ocean.

## Reply to comment by S. Peacock on “Glacial-interglacial circulation changes inferred from $^{231}\text{Pa}/^{230}\text{Th}$ sedimentary record in the North Atlantic region”

J.-M. Gherardi,<sup>1</sup> Y. Luo,<sup>2</sup> R. Francois,<sup>2</sup> J. F. McManus,<sup>3</sup> S. E. Allen,<sup>2</sup> and L. Labeyrie<sup>4</sup>



# Conclusions

- Les isotopes radioactifs peuvent apporter des contraintes directes sur le cycle du carbone présent et passé
- Nécessité de les coupler avec les autres cycles (phases porteuses, rôle des marges)
- Nécessité d'améliorer la modélisation
- Cadre du programme GEOTRACES