

Les campagnes interdisciplinaires AMANDES : résultats et prospective

Catherine Jeandel (CNRS, Toulouse, PI)

Florent Lyard (CNRS, Toulouse)

Jeroen Sonke (CNRS, Toulouse)

Pieter van Beek (Toulouse, Univ.)

Patrick Seyler (IRD, Toulouse)

Bruno Hamelin (Cerege, Aix en Pce)

Alex Costa (Recife Univ.)

Joselene de Oliveira (IPEN, Sao Paolo)

Geraldo Boaventura (UnB, Brasilia)

4 PhD

Yoann Le Bars (2010), Tristan Rousseau (2013), Christine Lion (2012)
& Leonardo Dardengo

Agence Nationale de la Recherche
ANR

IRD
Institut de recherche
pour le développement

INSU

GEOTRACES

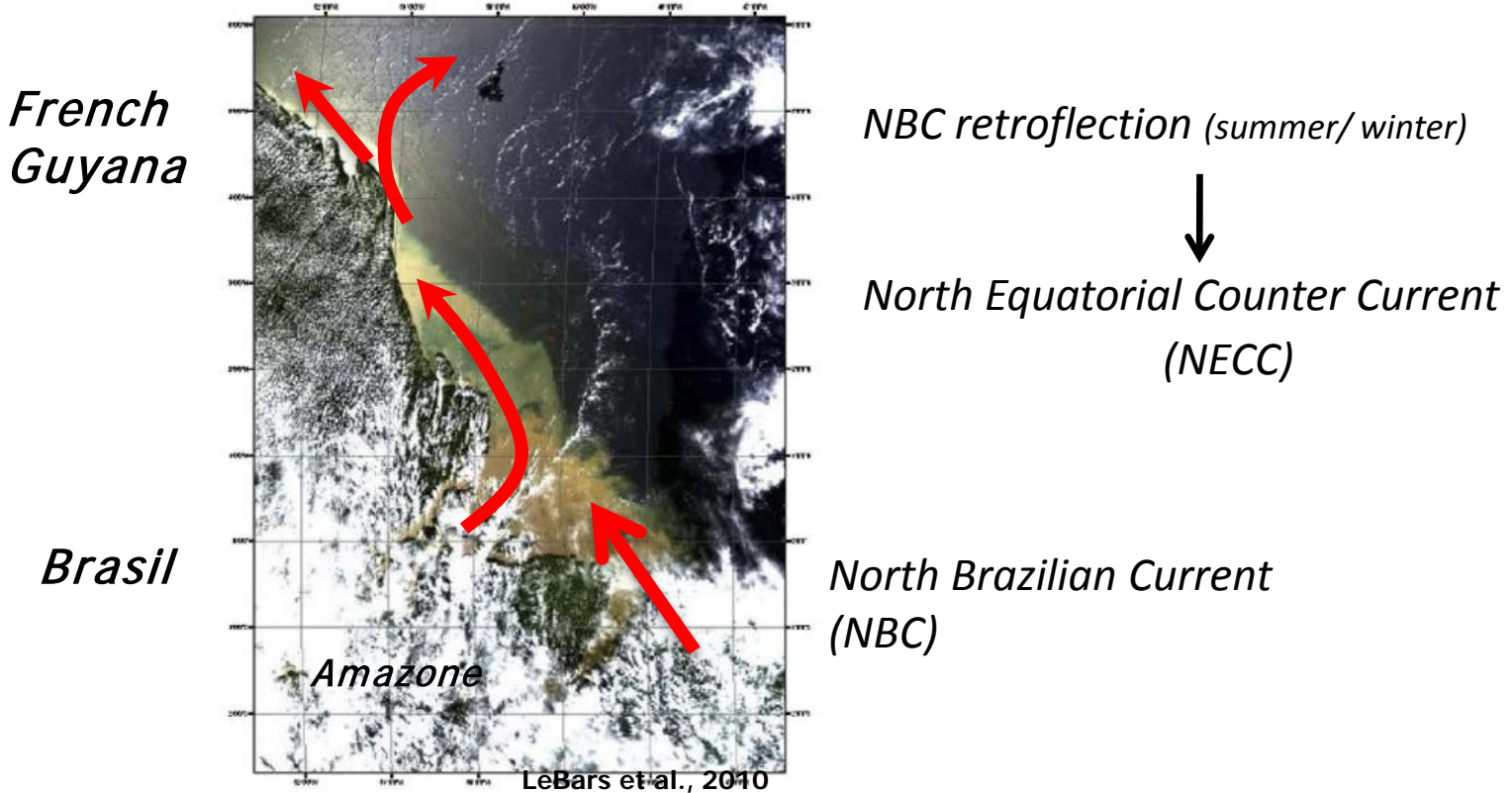
Process study

Processo CNPq n° 492685/2004-5 PEN

Impact de l'Amazone Atlantic Ocean?

20 % des apports d'eau douce à l'océan

Parmi les plus importantes décharges de matière (~1.2 10¹⁵ g y⁻¹)



Question essentielle...contexte global

Pourquoi étudier les flux terre-mer?

Echelle géologique

1er puits CO₂ = altération silicates

Progresser sur lois d'érosion ⇒ modélisation climat terrestre

Echelles > M d'années

Echelle holocène

Transfert de matériel et d'éléments du continent à l'océan = un des facteurs essentiels contrôlant chimie de l'océan et ses variations entre glaciaire et inter-glaciaire

Actuel et contexte du changement global

Anthropisation modifie ces flux et nous devons comprendre l'impact de ces modifications pour la santé de l'océan.

AMANDES (AMazone-ANDES)

Objectifs Principaux

➤ Contraindre

Nature, transformations and dispersion dans océan des “trace elements and isotopes (TEIs)” déchargés par le fleuve Amazone (**REE, Nd et Ra isotopes, Pb and Pb-IC, Be IC, Hg**)

➤ Améliorer

Modélisation de la circulation dynamique entre plateau/pente/océan

- impact eaux douces
- impact marées sur transports solides et liquides
- impact de ces dynamiques sur dispersion TEIs

➤ Quantifier

Impact de ces flux sur composition chimique des eaux océaniques voisines, contraintes à la fois par courants côtiers et apports du fleuve

STRATEGIE:

Coupler modélisation dynamique/ données satellites et géochimie
Etudes de processus le long du continuum estuaire-plateau-océan

4 cruises (2007/ 2008)
Differentes seasons&flow
R/V ANTEA (IRD): 9 berths
Mooring, CTD, ISP

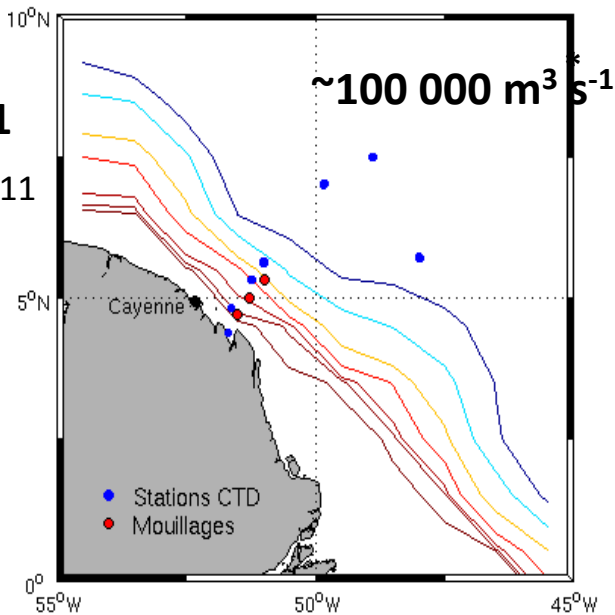
Fluvial cruises
HYBAM TSS (IRD-CNRS/ANEEL)



AMANDES1 cruise - CTD

AM-1

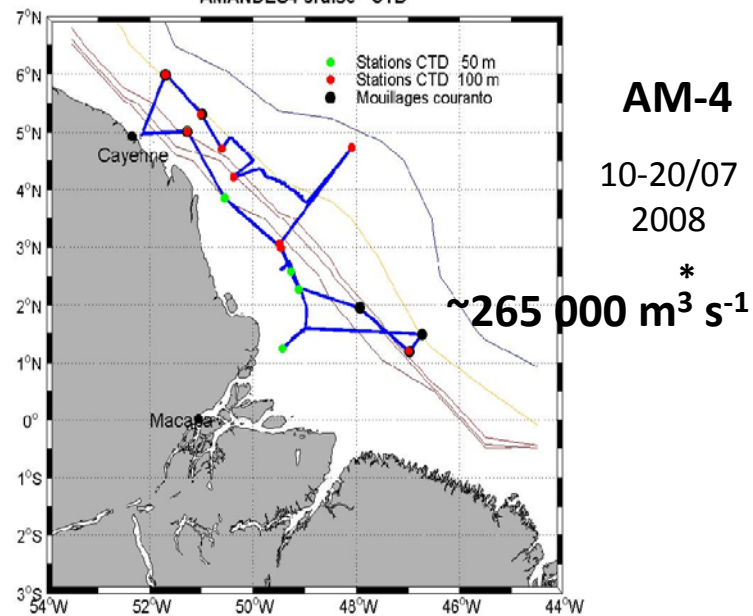
17/10- 4/11
2007



AMANDES4 cruise - CTD

AM-4

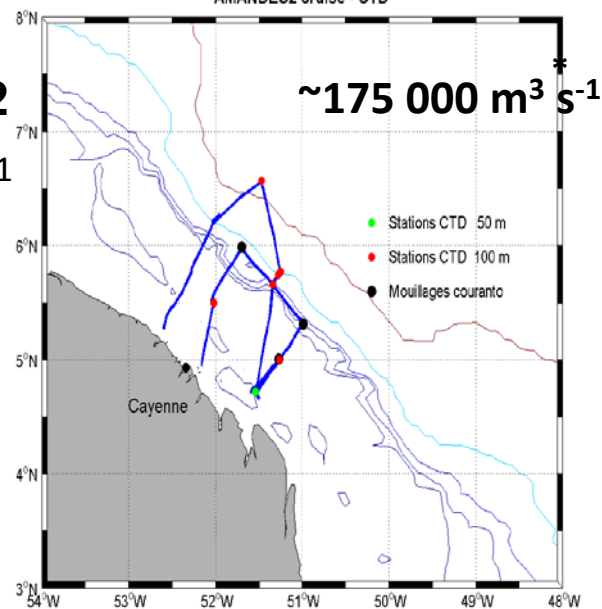
10-20/07
2008



AMANDES2 cruise - CTD

AM-2

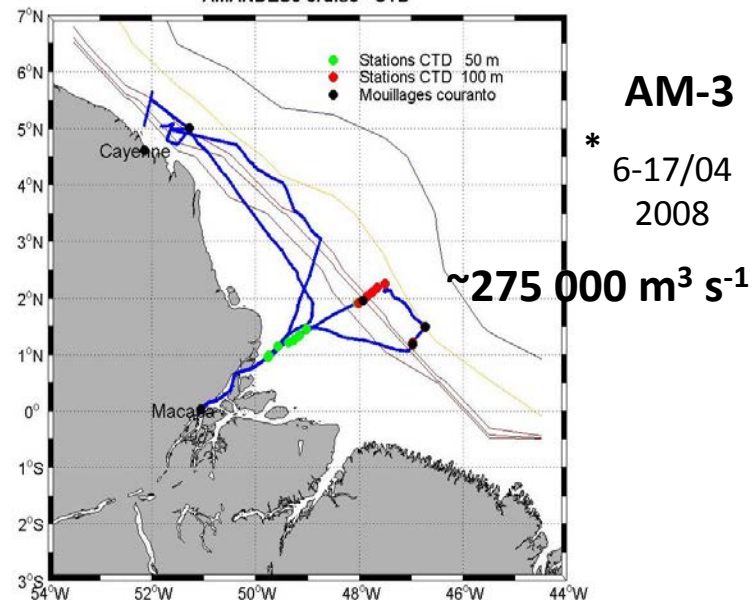
11- 26/01
2008



AMANDES3 cruise - CTD

AM-3

*
6-17/04
2008



data source : HYBAM,*Obidos

Jeandel et al, GEOTRACES LA workshop, Rio de Janeiro, Nov. 2012

Realistic and semi-operational modelling

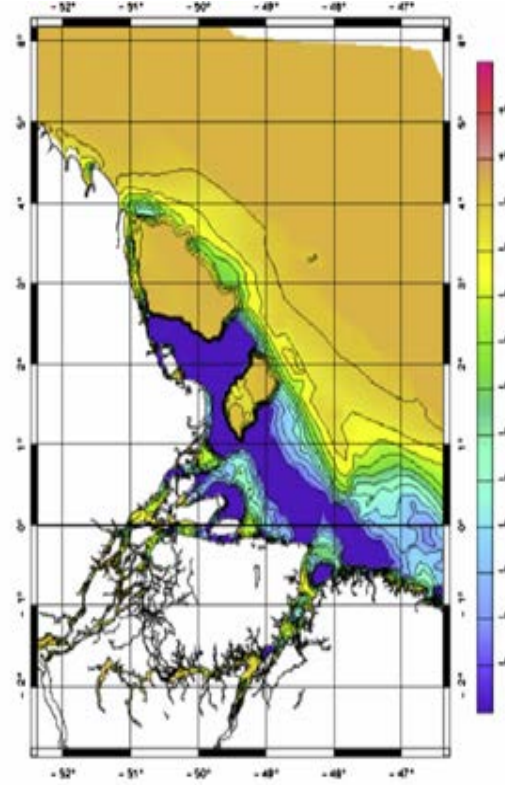
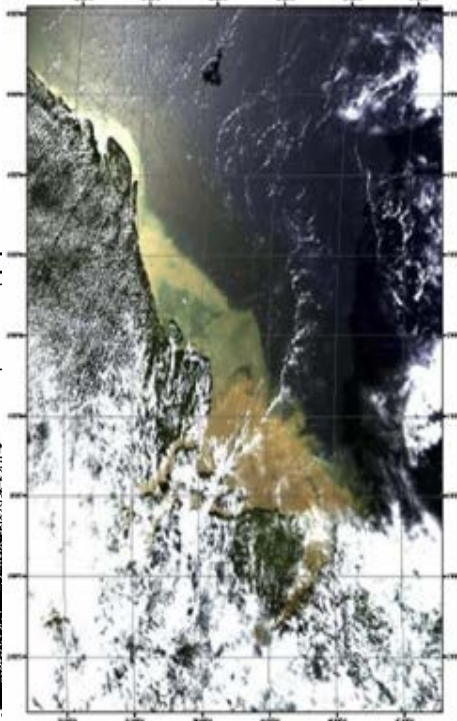
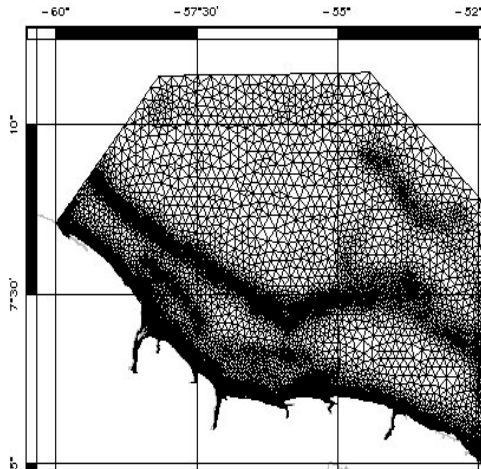
for the Amazon shelf, estuary and river (up to Obidos)

Lyard et LeBars, Lion, Dardengo (3Ph-D)

- Unstructured grid modelling (T-UGOm), multi-scales (time and space)

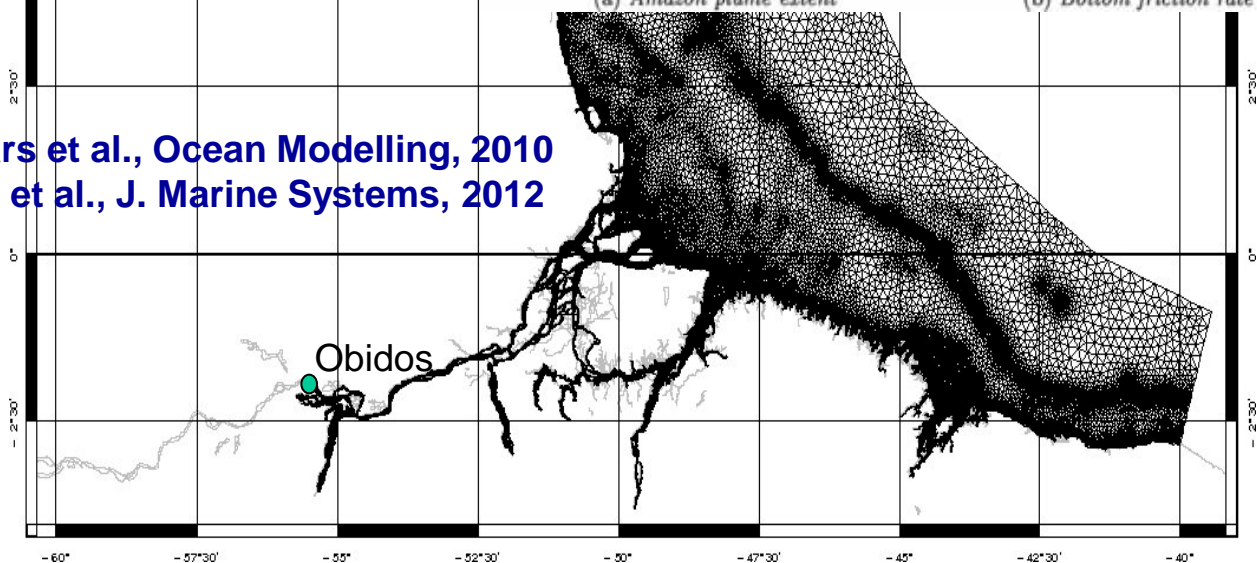
- Precise geophysical data set construction, gathering:
 - Bathymetry (map and cruise data)
 - Shorelines
 - Current profiles: ADCPs/sea level observation (tide gauges, altimetry)
 - Sea bed rugosity
 - River discharge (HyBam TSS)

T-UGOm



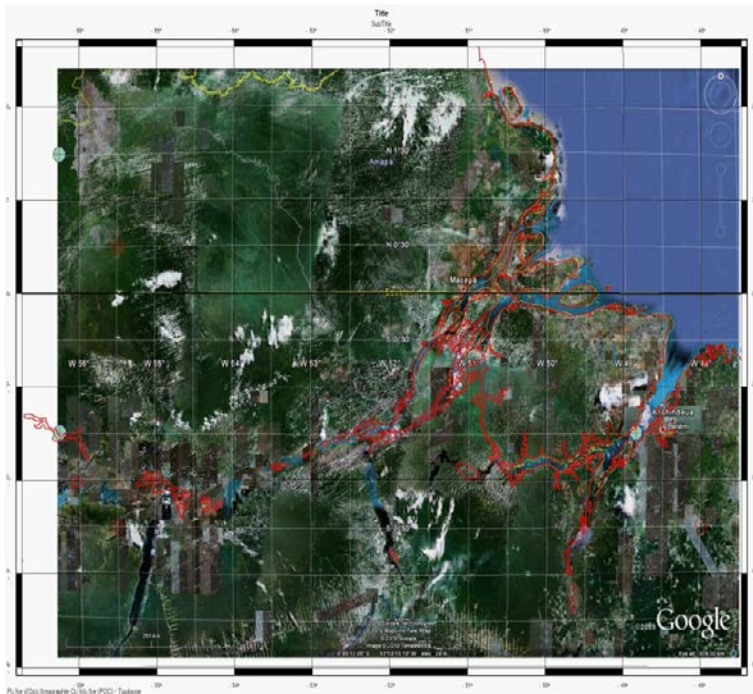
(a) Amazon plume extent

(b) Bottom friction rate of work (in $W \cdot m^{-2}$)

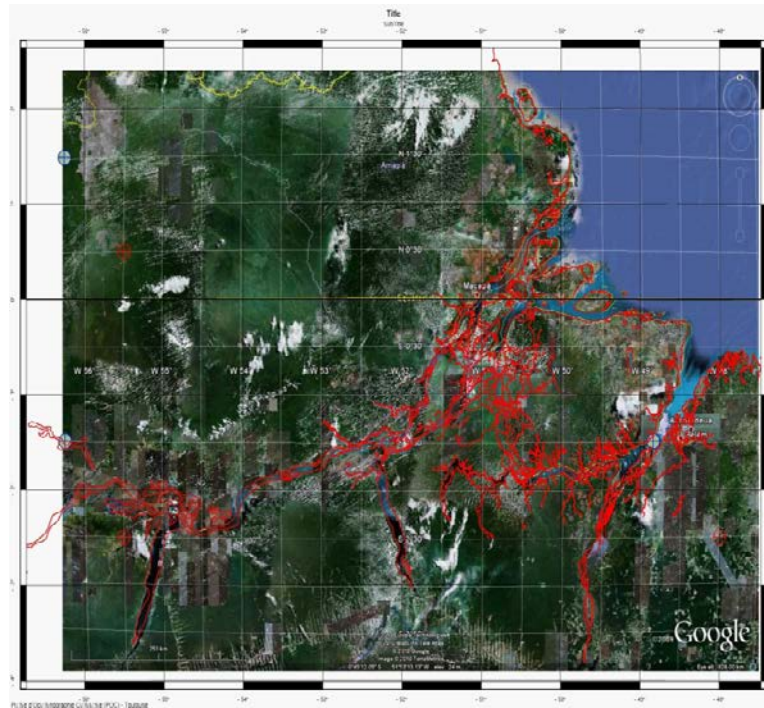


Le Bars et al., *Ocean Modelling*, 2010
Lyard et al., *J. Marine Systems*, 2012

« Historical » database

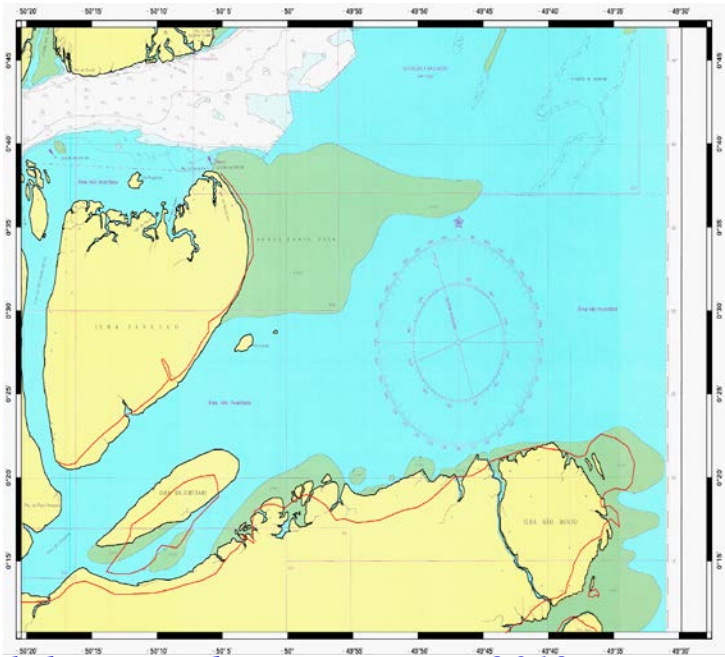
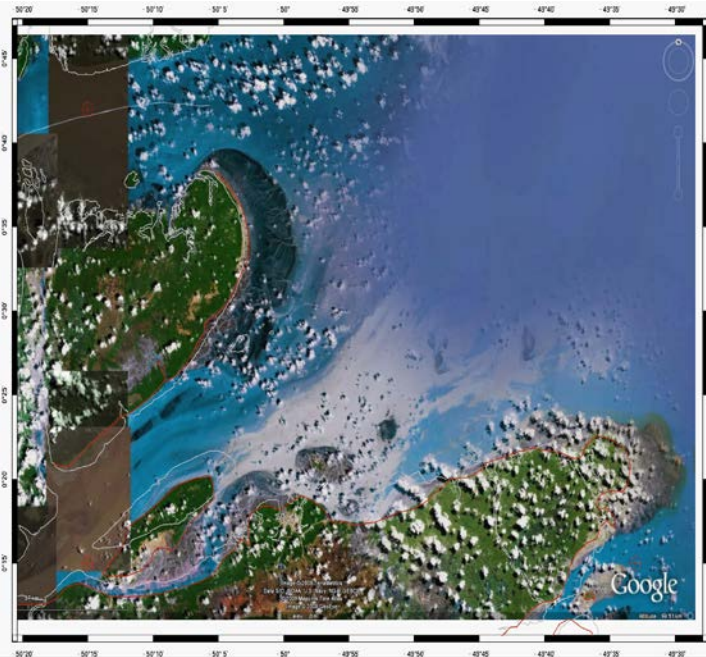


ASDB-I (LEGOS 2009) database

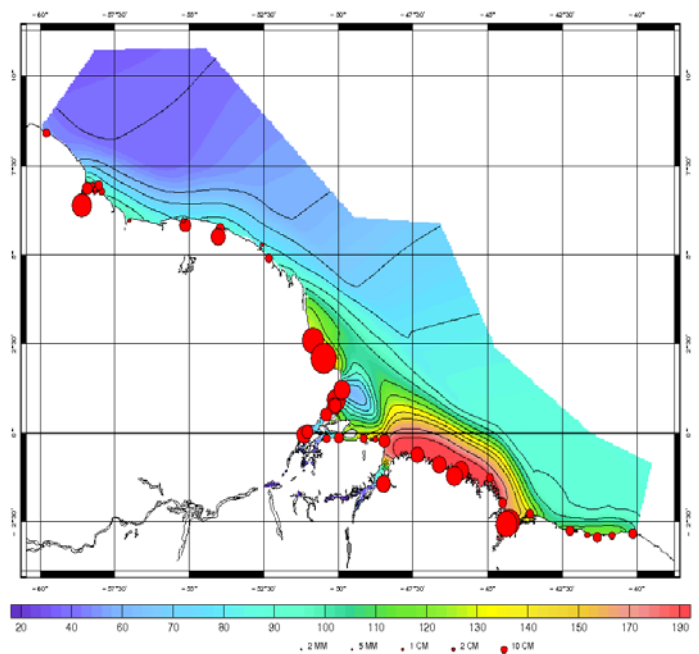
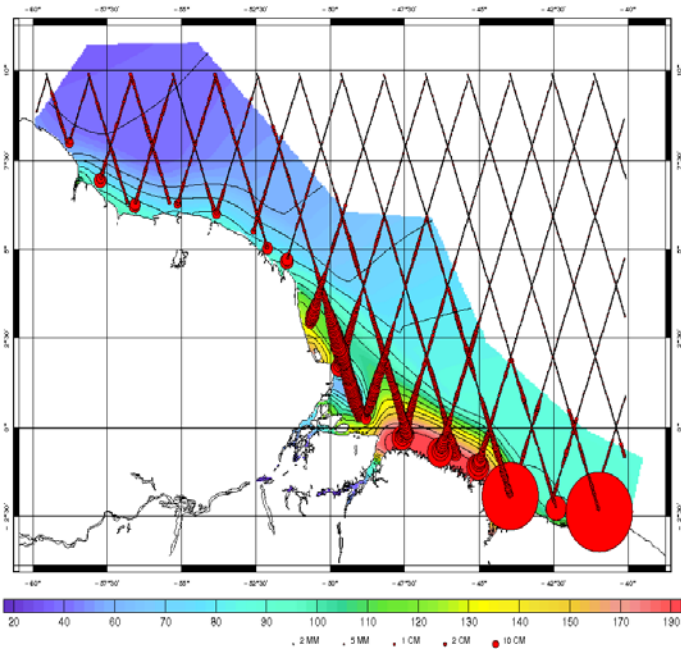


ASDB-I database:

- Digitilized nautical charts
- Not fully consistent with space imagery



T-UGOm validation



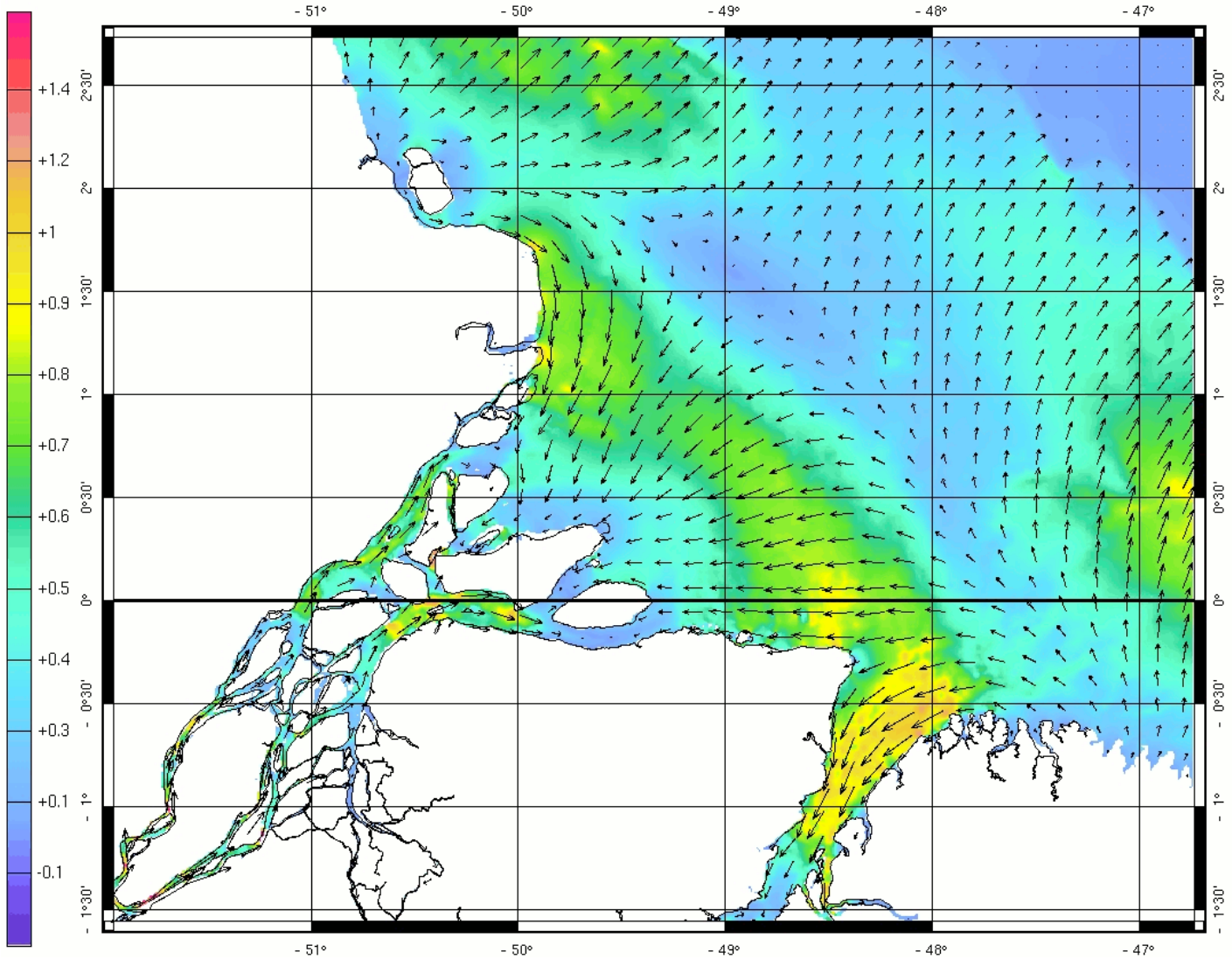
M2 tide vs Topex-Poseidon track.
Discrepancies: coastal altimetry
problems & drying effects
+Uniform model bottom rugosity

**Validation against tide
gauges harmonic data
(IHO historical data bank)**

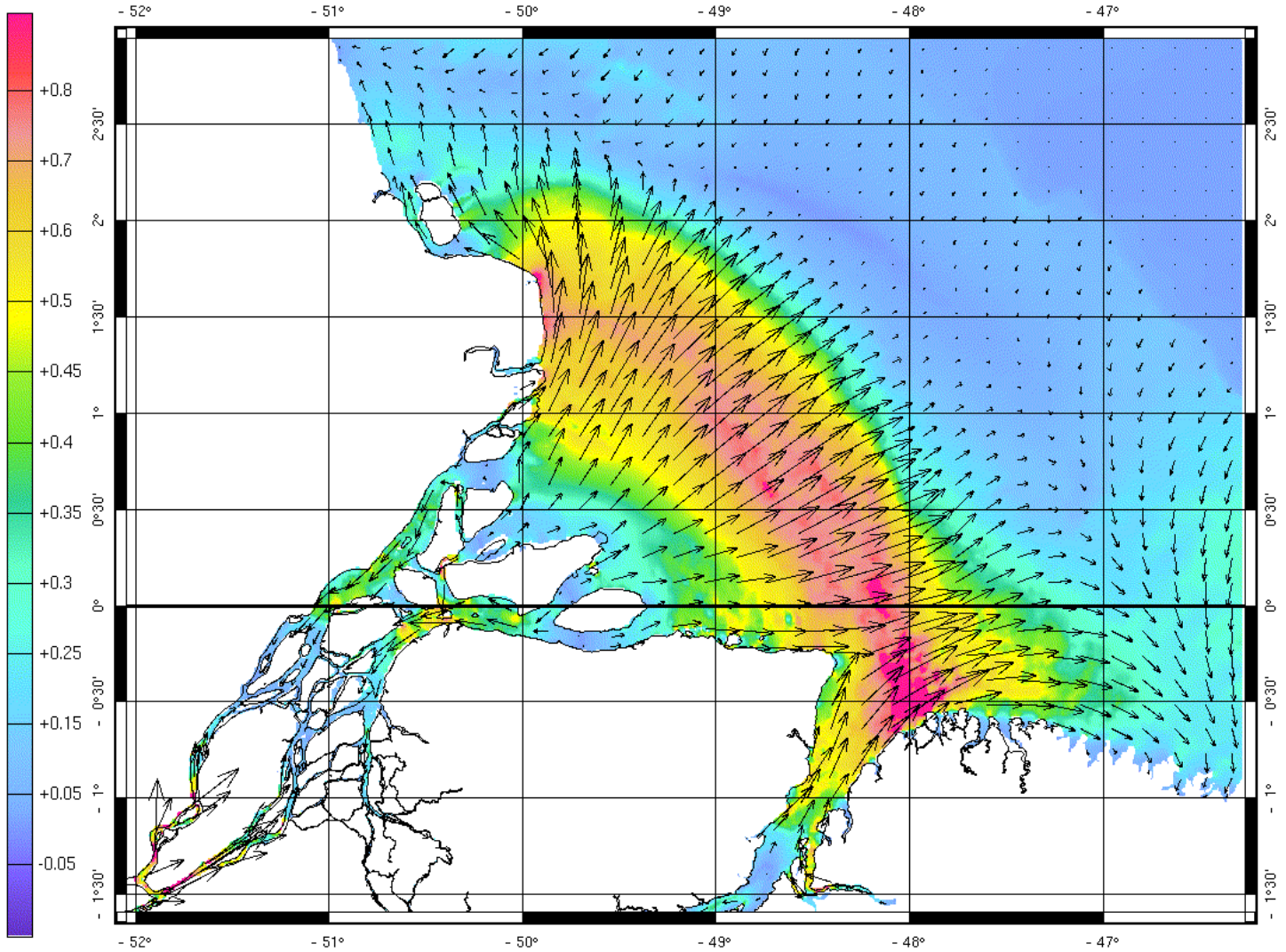
Modeling developed as part of « Amandes »
considerably reduced the data/model discrepancies
(factor 2 for M2)

Shelf circulation simulation, High Flow (may)

Lion, LeBars, Lyard



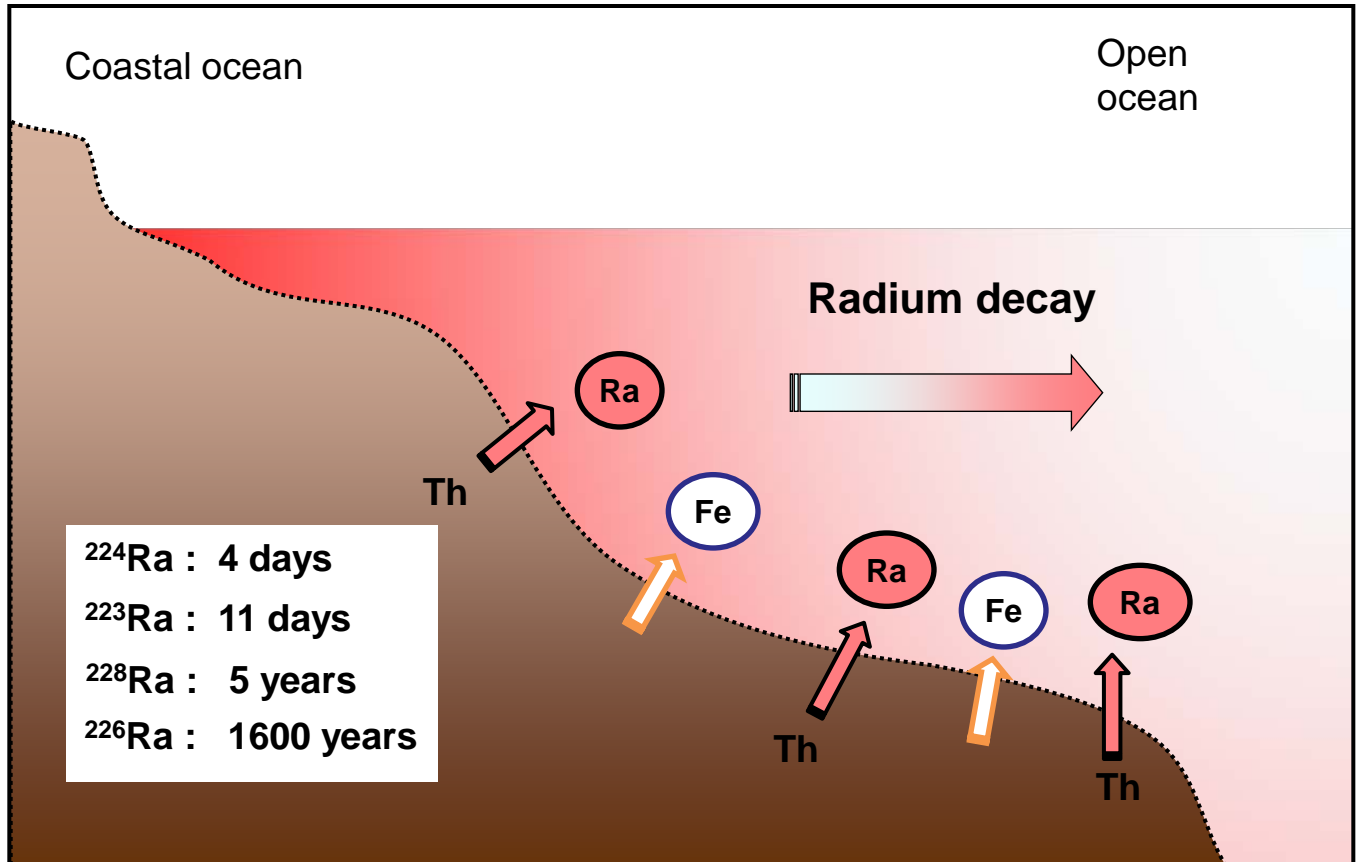
Low flow (november)



Results on two set of geochemical tracers relevant at the land-ocean interface

- Radium isotopes (*van Beek, Souhaut, de Oliveira et al*)
- REE concentrations & Nd isotopes (*Rousseau, Sonke, Jeandel, Boaventura et al*)

Ra isotopes to study the land-ocean interface



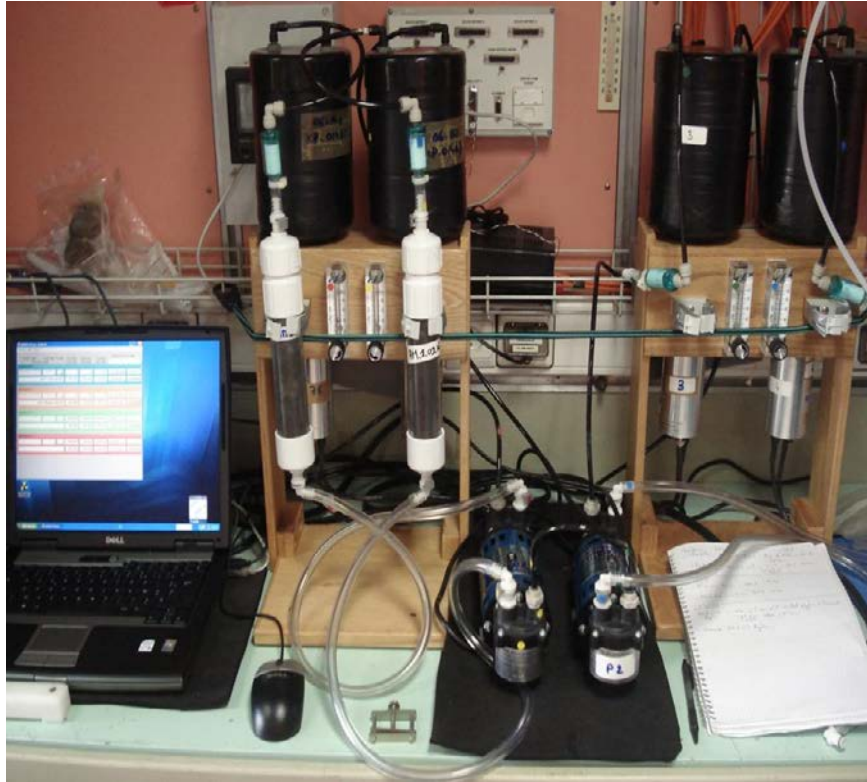
⇔ Tracer of **contact with sediments**

⇔ **Chronometer** of water masses

⇔ Horizontal and vertical **mixing**

⇔ Tracer of the **input of chemical elements** (Fe, others..)

^{223}Ra : 11.4 d, ^{224}Ra : 3.7 d
Measured on board
(Souhaut, van Beek)



RaDeCC : Radium Delayed Coincidence Counter
(Moore & Arnold, 1996)

LAFARA Underground laboratory of Ferrières



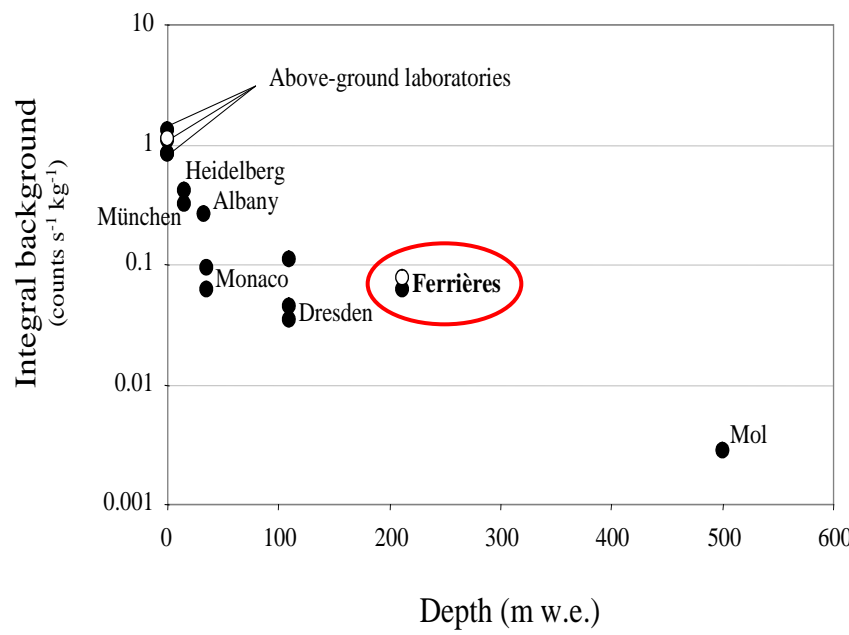
Ferrières

French Pyrenees

BQR OMP, BQR Université
AOIL, FEDER, IRD



Cosmic rays

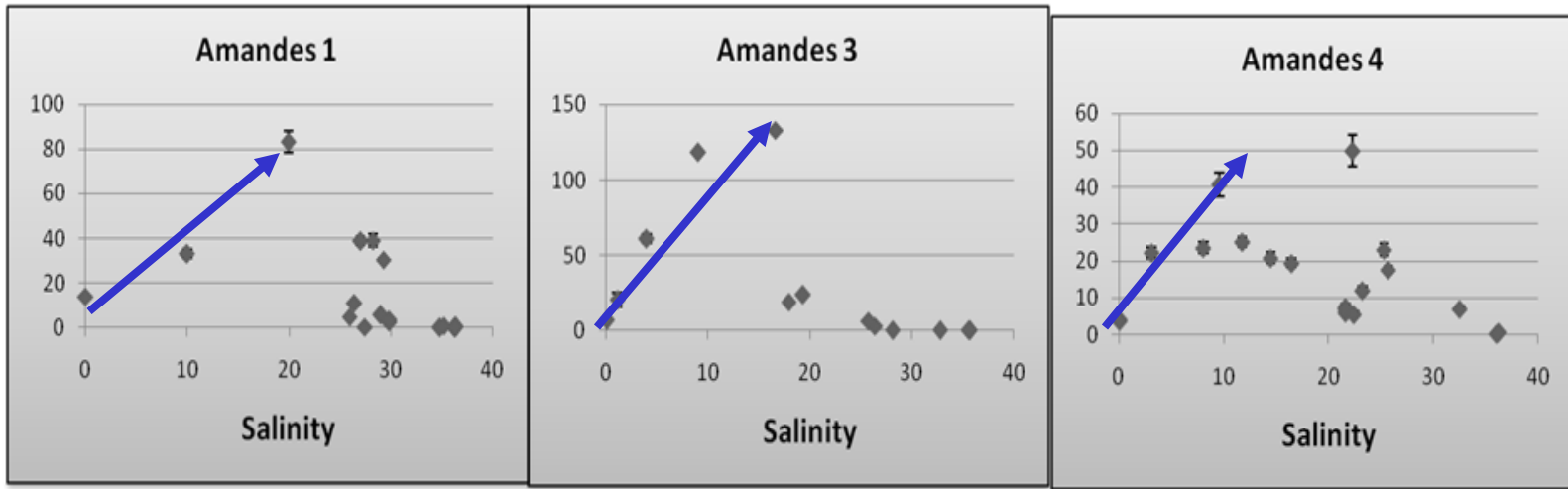


Low background gamma spectrometry

van Beek et al., in press

Workshop, Rio de Janeiro, Nov. 2012

$^{224}\text{Ra}_{\text{ex}}$ vs salinity (surface)
dpm/ 100kg



Salinity gradient

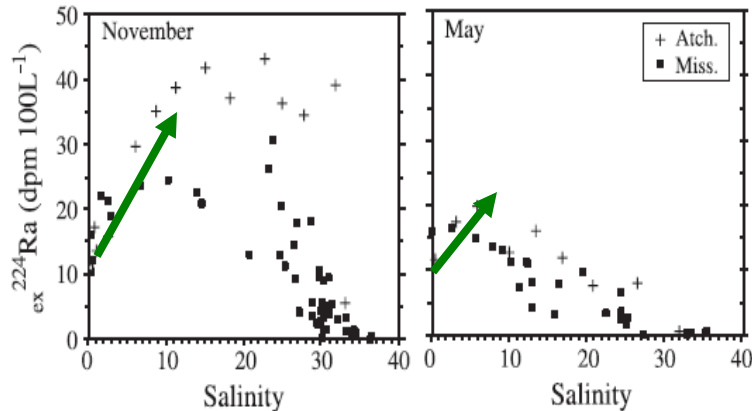
=

Desorption of Ra

=

Increase of Ra

in the dissolved phase



Mississippi

Moore & Krest, 2004

Apparent ages determined using $^{224}\text{Ra}/^{223}\text{Ra}$ ratios

(Moore, JGR, 2000)

= Estimate of the transit time of the Amazon plume

$$\left(\frac{^{224}\text{Ra}}{^{223}\text{Ra}}\right)_{\text{measured}} = \left(\frac{^{224}\text{Ra}}{^{223}\text{Ra}}\right)_{\text{initial}} \frac{e^{-\lambda_{224}t}}{e^{-\lambda_{223}t}}$$



$$t = \ln \frac{\left[\frac{^{224}\text{Ra}}{^{223}\text{Ra}}\right]_i}{\left[\frac{^{224}\text{Ra}}{^{223}\text{Ra}}\right]_{\text{obs}}} * \frac{1}{\lambda_{224} - \lambda_{223}}$$

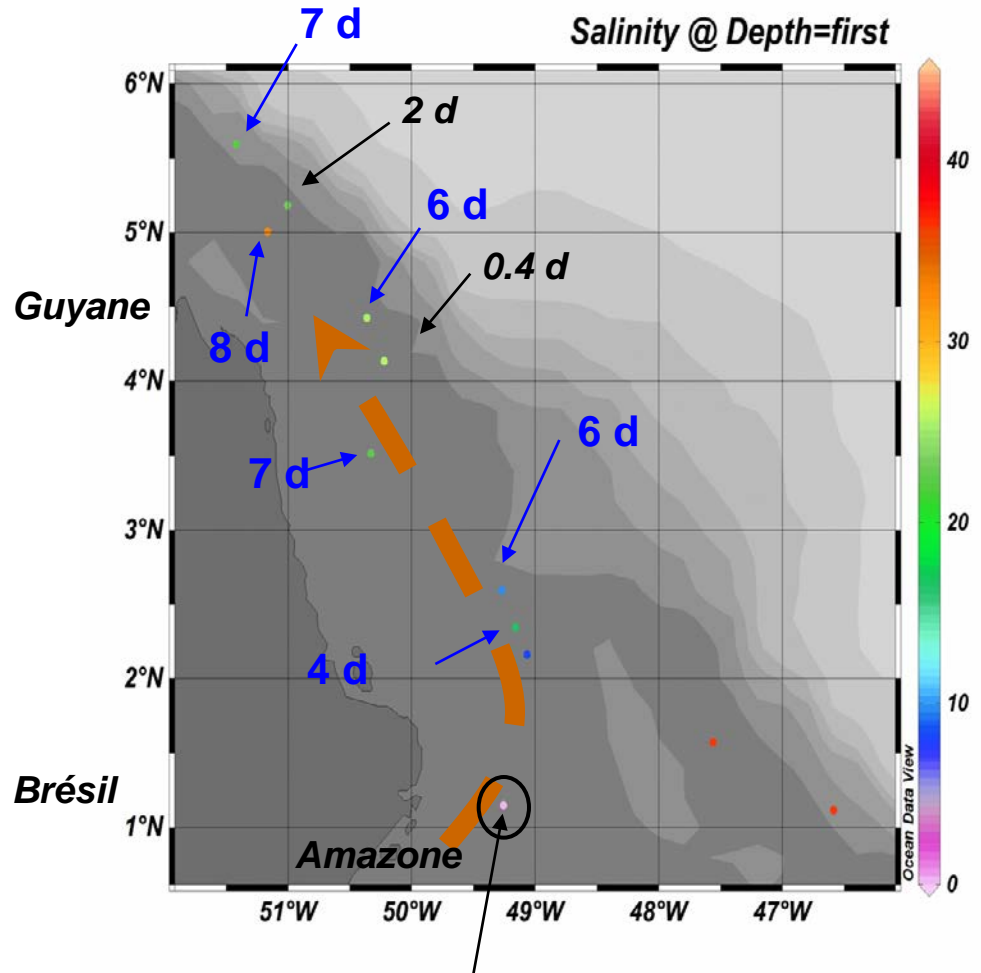
Assumptions :

- Initial $^{224}\text{Ra}/^{223}\text{Ra}$ ratio constant.
- $^{224}\text{Ra}/^{223}\text{Ra}$ ratios decrease because of radioactive decay

AMANDES 4

July 2008

$\sim 265,000 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$



**Initial ratio : Age = 0
(Salinity = 3)**

- Residence time of Amazon waters on the plateau : ~ 8 days
- Kinetics of processes occurring on the shelf ($\sim 0.3 \text{ m s}^{-1}$)

Neodymium

1																	18
H	2											13	14	15	16	17	He
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
Na	Mg	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	Al	Si	P	S	Cl	Ar
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
Fr	Ra	Ac	Rf	Db	Sg	Bh	Hs	Mt									
			Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu	
			Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr	

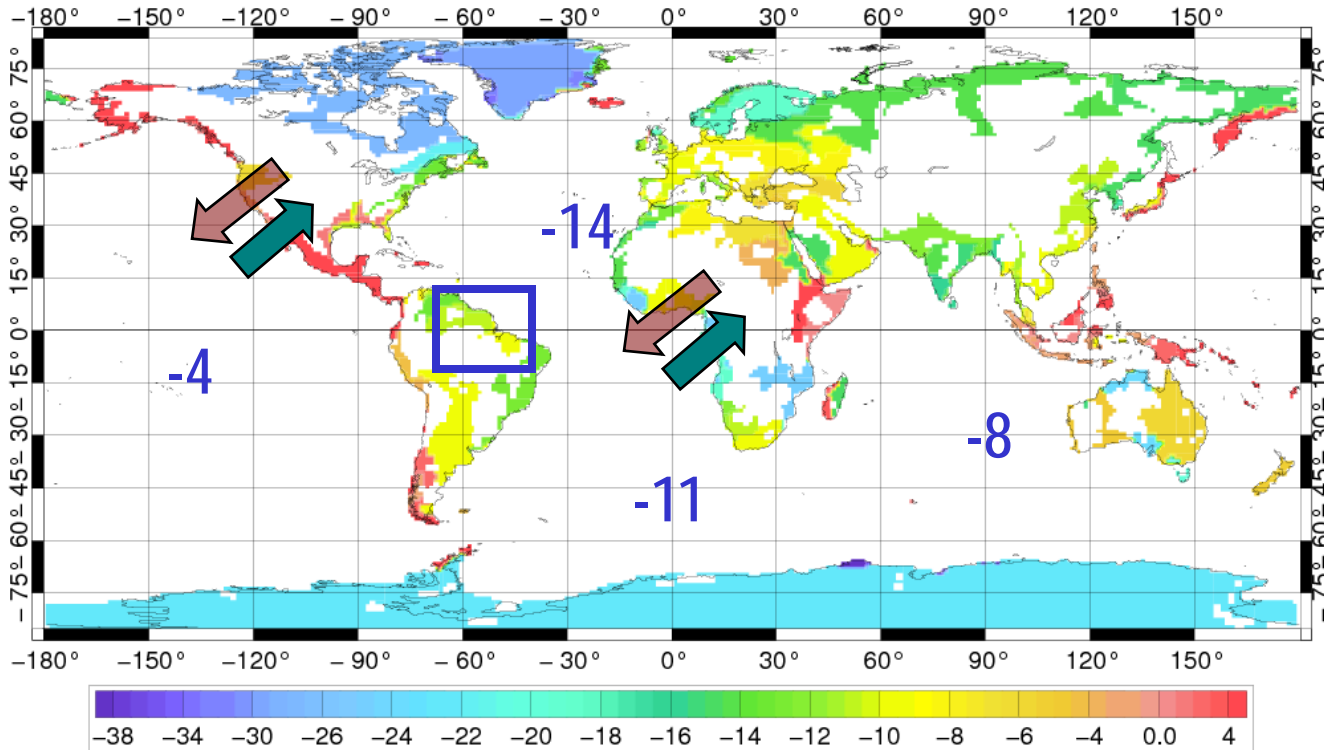


$$T_{1/2} = 10^{11} \text{ yr}$$

Nd isotopes are stable

$$\epsilon_{\text{Nd}} = \left(\frac{\left(\frac{^{143}\text{Nd}}{^{144}\text{Nd}} \right)_{\text{SAMPLE}}}{\left(\frac{^{143}\text{Nd}}{^{144}\text{Nd}} \right)_{\text{CHUR}}} - 1 \right) \times 10^4$$

ϵ_{Nd} distribution on the earth surface: heterogeneity



Lacan & Jeandel, 2001, 2005

Jeandel et al, 2007, in rev.

Arsouze et al, 2009

Grenier et al, in press

Earth

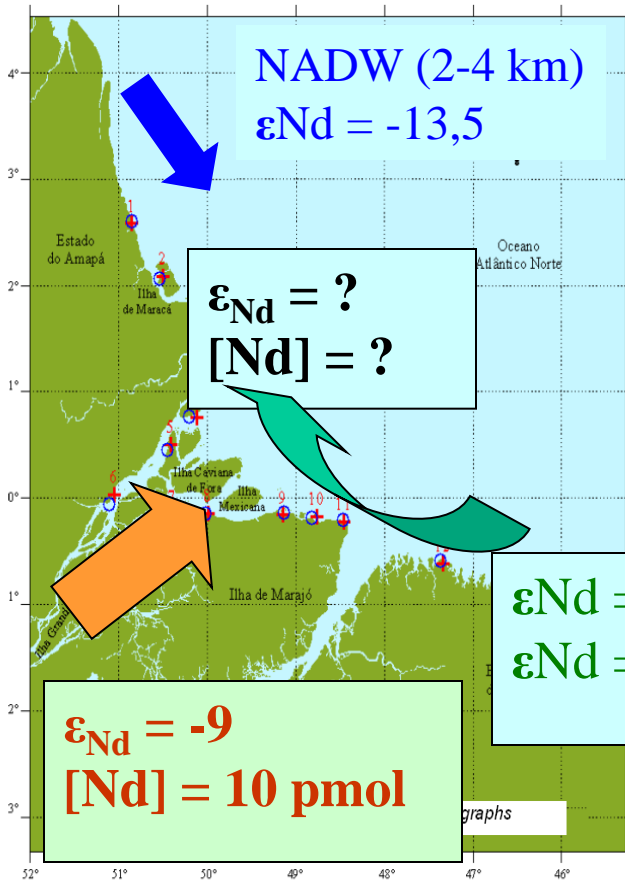
$$-50 \leq \epsilon_{Nd} \leq +10$$

Old
continent

Volcanic
material

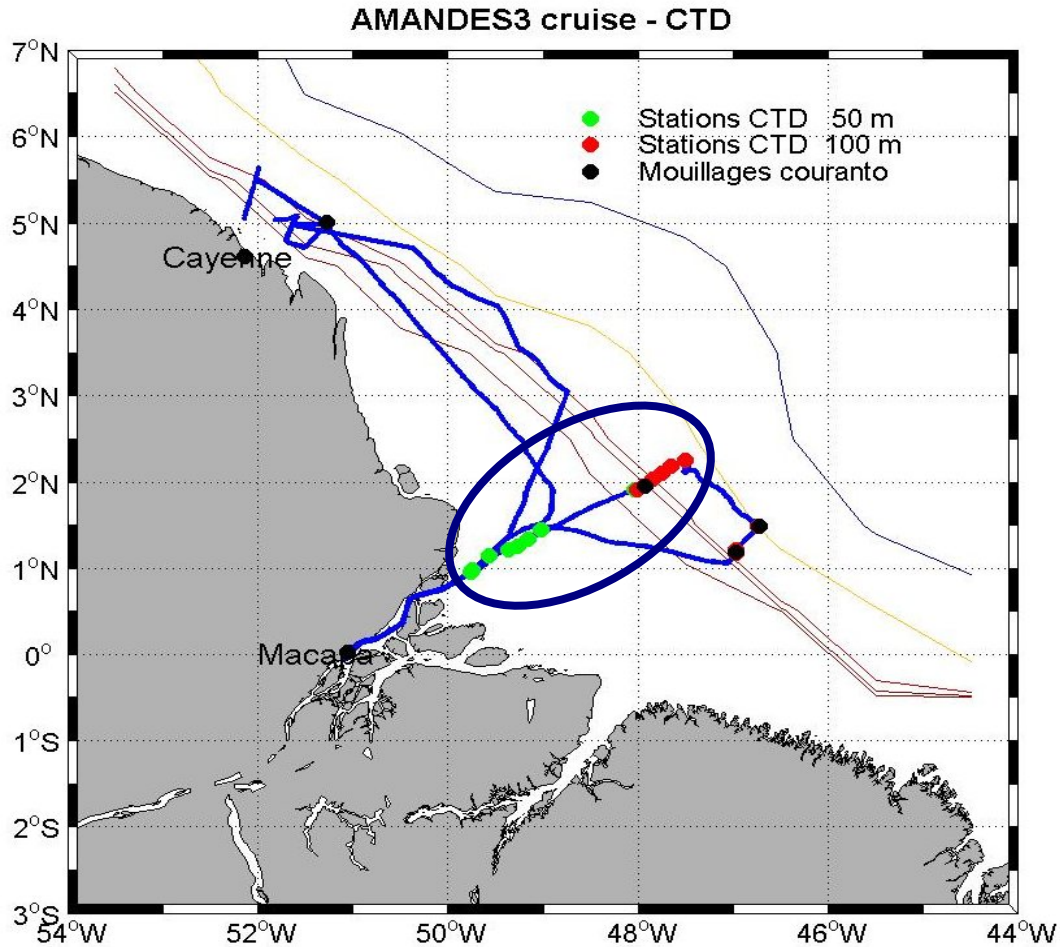
REE and Nd isotopes in AMANDES

Focus on the processes within the S gradient

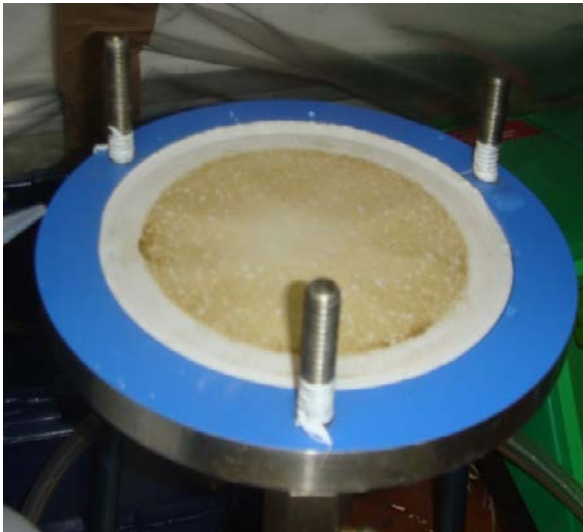


- Are estuaries a good place for “Boundary Exchange” processes to occur?
- If there is any exchange, combining REE and Nd will help to quantify it

Salinity gradient: one of the target of Amandes 3

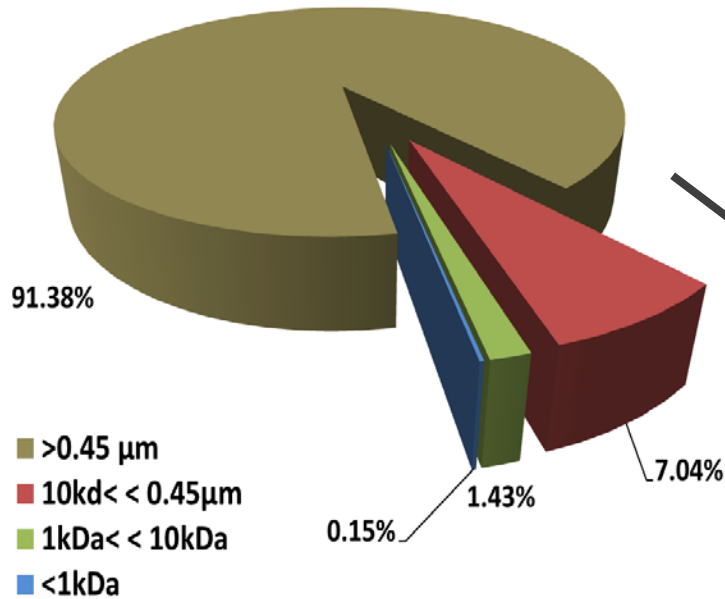


Echantillonnage et analyses



Jeandel et al, GEOTRACES LA workshop, Rio de Janeiro, Nov. 2012

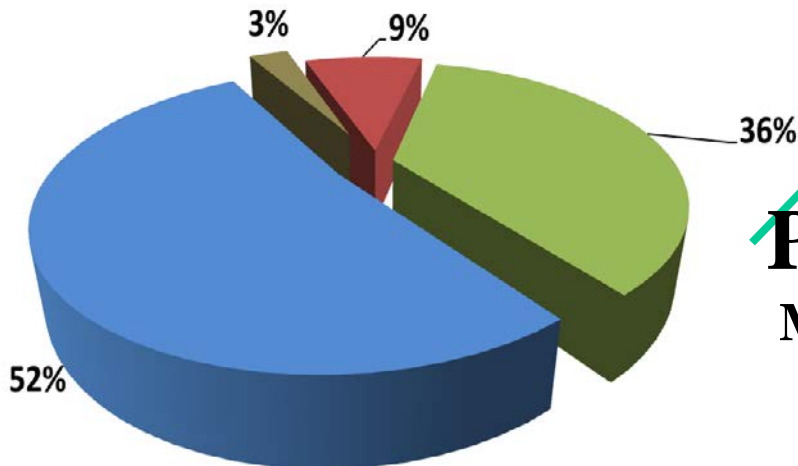
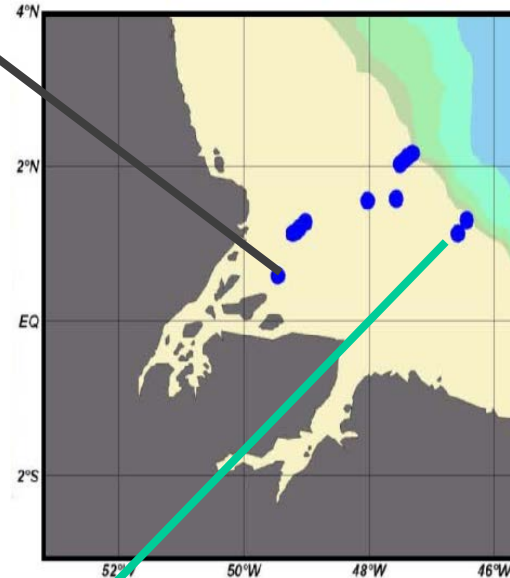
Répartition du Nd



Pôle Amazone:

$\Sigma[\text{Nd}] = 1.4 \text{ ppb}$

Plus 90% > 0,45 μm + colloïdes



$\Sigma[\text{Nd}] = 2.2 \text{ ppt}$

Pôle marin 3% > 0,45 μm

Majoritairement «dissous vrai»

Le long du gradient salin...

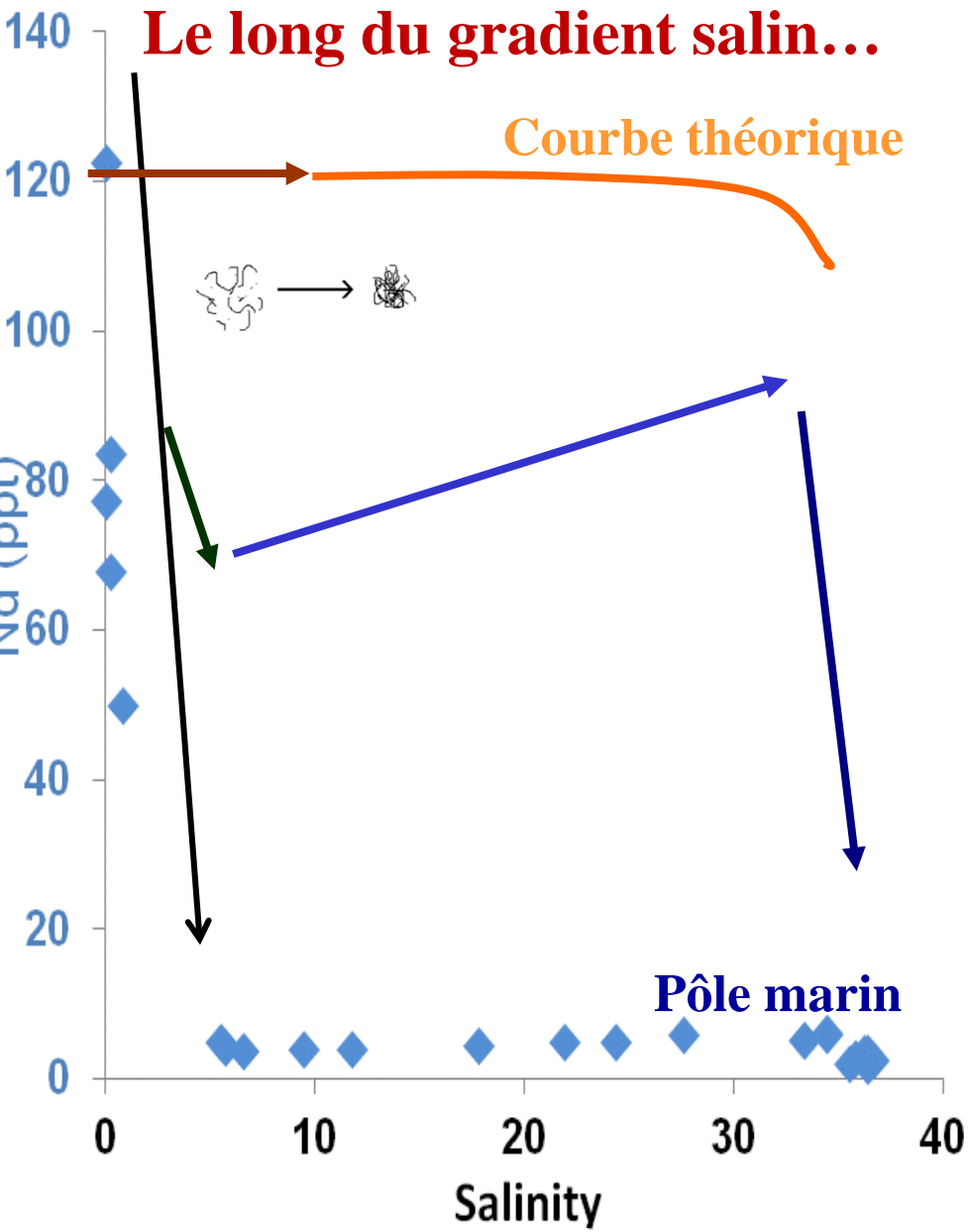
Courbe théorique

Pôle
fleuve

Particules en
suspension

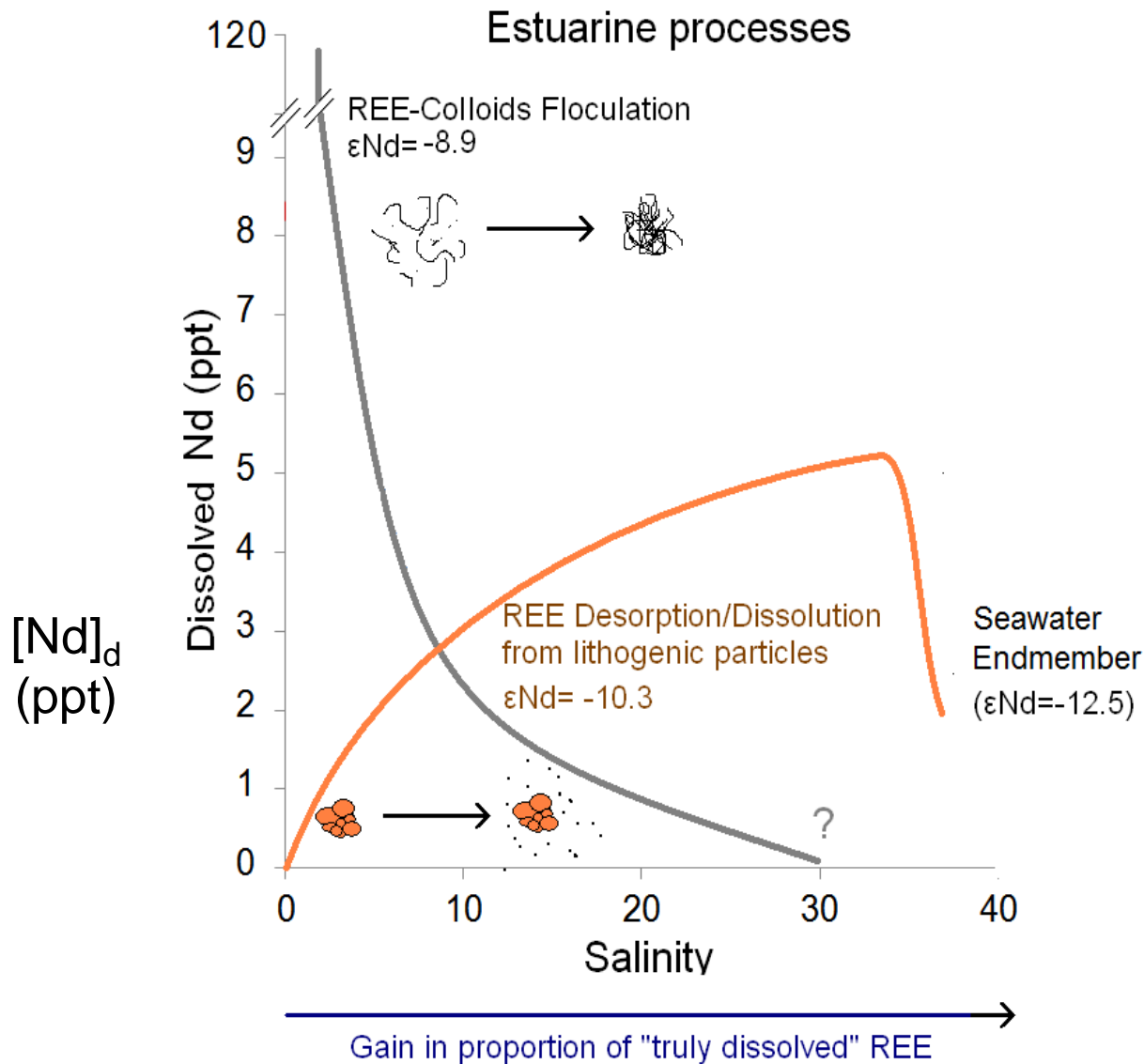
Nd (ppt)

Pôle marin



◆ [Nd]diss (ng/l) (Sholkovitz, 1993) ◆ particulate εNd (this study)

Jeand ● dissolved εNd (this study)



Importance des apports lithogéniques dans le budget des éléments chimiques

(Arsouze et al, 2009, Jeandel et al. 2011, Oelkers et al. 2011, Pierce et al.

jeandel et al. 2012, Jones et al. 2012, Rousseau et al. En prep) 2012

Production scientifique (à la date du 10 juin 2013)

Articles rang A: 26 (développement analytique, fleuve, Hg..)

Comm. Internationales: 25 (dont 5 invitées)

Chapitre de livre: 1 (Hermès)

Grand Public: 10 (journal ANR, Novela, océanez vous, EBPT)

Rapports : 4 techniques; 8 scientifiques

Atlas: 1 (Marée)

3 masters, 4 doctorats

Données: Sismer, GDAC (pour certaines en cours)

AMANDES n'est pas fini!

Travaux en cours

- Coupler Ra isotopes et simulation T-UGO (*van Beek, Lyard, De Brauwere, Jeandel*)
- Finir les dernières mesures (*ex: Pb isotopes, Hamelin et al, CEREGE*)
- Coupler la matière solide dans T-UGOm (*Lyard, Martinez, Jeandel, Ouillon + PhD*)
- Quantifier les processus P/D pour les TEIs mais dans le modèle (Nd, REE, others....)(*Rousseau, Sonke, Lyard, van Beek, Ouillon, Jeandel, + PhD...*)

AMANDES & after...

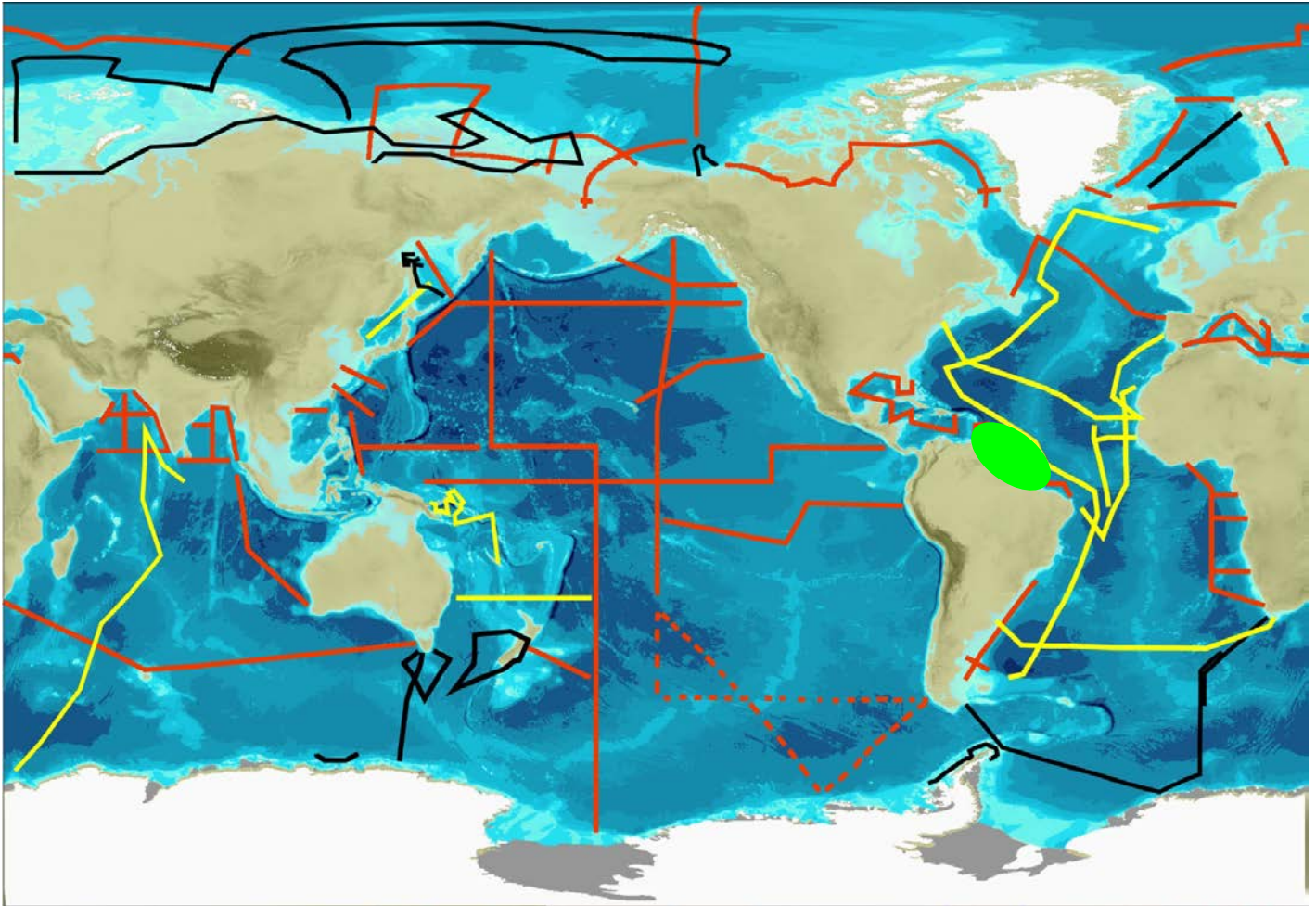
Quelques bénéfiques...

- Carte horaires de la marée : aide pour 1) shipping routes, 2) dragages 3) pêche 4) dispersion des contaminants
- Comprendre el comportement des éléments aidera 1) comportement chimique contaminants et impact sur océan ouvert
- Dans le contexte du changement global, être capable de prédire 1) l'évolution du flux de matière érodé si l'érosion change, 2) l'impact de la montée du niveau marin sur la ligne de côte, les pêches fisheries et accès à eau douce.
- Education et formation, co-tutelle PhD students, échange de chercheurs, transfert de codes and de compétence dans les Labos Brésiliens

Collaborations intra LEGOS, CNRS-IRD, avec Brésil

AMANDES

Provides « input » data to Geotraces at the land-ocean interface



*Obrigada
Gracias
Thank you
Merci*

