

## Proposition de Sujet de thèse 2015

**Nom du laboratoire** (et n° de l'unité) dans lequel se déroulera la thèse :  
LEGOS/UMR5566

**Titre du sujet proposé :**

**Tracer les apports continent/océan : exemple des Mers indonésiennes et des Salomon**

**Financement :**

acquis (*préciser nom de l'organisme*)     mis au concours (contrat doctoral ministériel)  
X candidature auprès d'un organisme : *Univ. Science Technology Hanoi (USTH Vietnam) – candidat identifié*

**Spécialités de l'école doctorale :** (*cocher **une seule** spécialité sans la modifier*)

- Astrophysique, Sciences de l'Espace, Planétologie
- Climat, Océan, Atmosphère, Surfaces Continentales
- Ecologie Fonctionnelle
- Hydrologie, Hydrochimie, Sol, Environnement
- Sciences de la Terre et des Planètes solides

**Nom et statut** (PR, DR, MCf, CR, ...) du (des) responsable(s) de thèse (**préciser si HDR**) :

Catherine Jeandel, DR1 CNRS, docteur d'état  
Alexandre Ganachaud, CR IRD ; Ariane Koch Larouy, CR IRD  
Coll : François Lacan, CR CNRS

**Coordonnées** (téléphone et e-mail) du (des) responsable(s) de thèse :  
[catherine.jeandel@legos.obs-mip.fr](mailto:catherine.jeandel@legos.obs-mip.fr)

Résumé du sujet de la thèse (*le descriptif ne doit pas dépasser une page recto/verso*)

**Contexte scientifique général, Compétences souhaitables,...**

Quantifier les apports d'éléments chimiques des continents à l'océan est une question centrale pour l'étude du cycle de ces éléments à la surface de la planète terre. Jusqu'à ce jour, les budgets d'éléments chimiques à l'océan (budgets qui reposent sur le triptyque apport-stock-départ) ne considèrent pas dans les termes d'apport la possibilité de dissoudre une fraction de la matière solide déchargée sur les côtes et les marges océaniques par les fleuves et l'érosion côtière. Or, des travaux récents ont montré combien cette source potentielle pouvait être importante. Cette hypothèse a été suggérée au départ par des chercheurs de l'OMP à Toulouse (Lacan et Jeandel, EP SL, 2005 ; Arsouze et al, Biogéosciences, 2009 ; Jeandel et al, EOS, 2011 ; Oelkers et al, Applied Geochem. 2011 ; Radic et al, EPSI, 2011 ; Pearce et al, EP SL, 2013 ; Grenier et al, JGR, 2013, Garcia-Solsona et al, GcA, 2014), elle est maintenant vérifiée par plus de 12 différentes études. Jeandel & Oelkers (sous presse) suggèrent qu'elle peut doubler les apports annuels à l'océan d'éléments essentiels à la vie comme le sont la silice ou le fer.

Par extension, ce mécanisme provoque probablement la libération d'autres éléments chimiques, dont les micronutritifs indispensables à la vie comme le fer, le zinc, le cobalt, le nickel (Elrod et al, 2004; Mackey et al., DSR 2002) mais aussi des contaminants. Si l'importance de ces processus est confirmée cela modifie considérablement notre compréhension de la réponse de l'océan aux changements globaux (futurs comme passés), qui serait alors gouvernée au premier ordre par le taux d'érosion (et d'exposition) affectant l'interface

continent/océan (Peucker-Ehrenbrink et Jeandel, EOS, 2007 ; Jeandel et al., EOS, 2011). Le caractère très actuel de cette question a été souligné lors de la dernière Goldschmidt Conference (Florence, 2013), au cours de laquelle une session entière traitait du BE et de son impact sur l'océan.

En parallèle, des études en laboratoire (expériences en milieux contrôlés) ont permis de progresser sur la cinétique de ces échanges entre phases particulières et dissoutes : la libération de nombreux éléments chimiques (terres rares, strontium, baryum, manganèse, nickel...) semble se produire sur une période de l'ordre du mois, ce qui est très rapide (Jones et al, 2012a, 2012b ; Pearce et al, 2013). En revanche, dans le milieu naturel, on ne sait pas si ces processus sont intensifiés lorsque les courants marins sont forts (remettant alors beaucoup de sédiments en suspension et facilitant leur dissolution) ou faibles (permettant alors à l'eau de rester plus longtemps en contact avec le sédiment, et donc d'être plus affectée par le processus). Par ailleurs, on ne connaît pas encore à quel rythme et sur quelle distance cet « échange » se propage vers l'océan ouvert et irrigue les différentes masses d'eau de l'océan voisin.

**Il est donc de première importance de quantifier ces apports, de comprendre sous quelle forme et dans quels lieux privilégiés ils ont lieu et comment ensuite ils sont dispersés dans l'océan par les courants marins. Cette quantification permettra d'améliorer les modèles de climat : en effet, l'érosion des silicates, fut-elle sous-marine, est un puits de CO<sub>2</sub> et l'ajout de nutriments stimule la pompe biologique de carbone, deux termes importants dans ces modèles. Elle permettra aussi de comprendre les processus qui déterminent le relargage des éléments contaminants vers la mer.**

#### *Quelques éléments sur la campagne INDOMIX et échantillons*

La région Indonésienne, n'est pas seulement une région importante pour les échanges de chaleur entre le Pacifique et l'Indien, c'est aussi une région de très grande transformation physico-chimique de masse d'eau, qu'on pense être induite par la dissipation d'ondes internes de marée. Celles-ci, en déferlant, produisent un mélange considérable dans la thermocline. Récemment la campagne INDOMIX (Pi Ariane Koch-Larouy) a permis de quantifier un très fort mélange grâce à des mesures physiques et chimiques (radium actinium, réalisées par Pieter van Beek) indépendantes donnant des résultats similaires. Lors de cette campagne, des échantillons ont été prélevés pour déterminer les compositions isotopiques de néodyme dans la phase dissoute de l'eau de mer. Ces traceurs permettent de quantifier les flux d'apport d'éléments des matières érodées près des côtes vers l'eau de mer, ainsi que des échanges dissous/particules qui se produisent à l'interface sédiment/eau, beaucoup plus finement que les mesures plus traditionnelles de concentrations. Ils permettent en effet de "voir" les flux de matières dans les 2 sens (sédiment vers eau et réciproquement), alors que les mesures de concentrations ne permettent de voir qu'un bilan net. Il est primordial de quantifier l'intégralité des flux pour en comprendre les processus et pouvoir les modéliser (Grenier et al, JGR 2013). Les échantillons prélevés se situent dans deux mers – Halmahera et Banda – dont les sources sont différentes. Nous disposons de points de mesures dans le Pacifique pour lesquels la signature en Nd (exprimée  $\epsilon_{Nd}$ ) est significativement différente (Piepgras et Jacobsen, GCA, 1988, Pahnke, pers.comm). Nous savons aussi, grâce à des résultats acquis lors des campagnes JADE, que les détroits indonésiens impactent fortement les signatures isotopiques des eaux d'origine Pacifique (Jeandel et al, GCA, 1998). Enfin, nous disposons de premières mesures de concentrations sur deux profils prélevés pendant INDOMIX, qui indiquent que les échantillons sont de très bonne qualité. **La première partie de la thèse aura pour objet de compléter (mesure de 3 autres profils) et d'analyser les compositions isotopiques de Nd. Ces mesures nous permettront de i) identifier les sources du Pacifique nourrissant les mers d'Halmahera et de Banda et donc les routes empruntées par celles-ci, ii) quantifier la remobilisation sédimentaire (qui sera mise en regard des quantifications de la dissipation des ondes internes au niveau des sédiments). Cette analyse des données de géochimie est précieuse car elle permettra de répondre à des questions que se posent les physiciens sur les routes et le mélange, avec des données indépendantes. L'ensemble, co-encadré par C. Jeandel et Ariane Koch-Larouy, sera publié dans un article de rang A. Cette partie de la thèse ne devrait pas excéder un an.**

**Les compétences acquises seront en physique : mélange vertical, ondes interne, advection, diffusion. En géochimie : mesures en salle blanche, analyse spectrométrique (ICPMS, MC ICPMS)**

#### *Quelques éléments sur la campagne PANDORA et échantillons*

La Mer des Salomon, enchâssée au milieu des îles indonésiennes et siège de courants très violents, est une autre des régions clefs pour étudier ces apports de matière et d'éléments à l'océan, ainsi que leur devenir dans les jets qui transitent au sein de cette mer. En outre, les travaux de Grenier et al (2011, 2013) ont montré que plus de 60% des eaux alimentant le sous-courant équatorial provenaient de la Mer des Salomon. Or ce sous-courant est très enrichi en éléments nutritifs et micro-nutritifs. Il est donc essentiel de caractériser les processus dont la Mer des Salomon est le siège.

C'est dans ce contexte que nous avons réalisé la campagne PANDORA (en juillet 2012), laquelle a associé les compétences de 35 chercheurs physiciens et géochimistes afin de décrire finement les processus

## ED 173 - SDU2E

d'apports, de transport et de mélange des éléments chimiques dans ces deux régions du monde. A cet égard, la compétence croisée physique/géochimie est essentielle.

Parmi les éléments mesurés figurent les traceurs d'origine de la matière et de processus, en particulier ceux qui permettent d'identifier les échanges entre les phases dissoutes et particulaires. Les terres rares et isotopes du Nd sont de puissants traceurs de source et d'échange entre les deux phases (Grenier et al, 2013 ; Garcia-Solsona et al, 2014). Les isotopes et concentrations de Fe permettent de mieux appréhender les processus physico-chimique qui conduisent à ces échanges (Radic et al, 2011, Labatut et al, Global Biogeochem. Cycles, 2014).

**La compréhension de la distribution de ces traceurs est l'objectif principal de la seconde partie de la thèse**

Cela requiert

- Les analyses des échantillons collectés pendant la campagne PANDORA, soit 180 échantillons dissous, 60 particulaires.
- L'interprétation des résultats, en collaboration étroite avec Alexandra Ganachaud et Sophie Cravatte, physiciens au LEGOS et co-promoteurs de PANDORA. Deux doctorants travaillent sur les interprétations des données de physique et de courantométrie afin de caractériser les masses d'eau, leur mélange, la dynamique des jets en Mers des Salomon et de Corail. Par ailleurs, les traceurs radionucléides naturels sont en cours d'analyse dans le cadre de la thèse de V. Sanial, encadrée par P. van Beek. Ils vont contribuer à la compréhension des processus car ce sont des chronomètres naturels de ceux-ci. L'association des informations déduites des différents traceurs est la démarche la plus performante pour quantifier des processus en milieu marin. C'est la philosophie fondatrice du programme international GEOTRACES.
- Ce travail permettra la production de deux autres articles de rang A au moins.

*Moyens mis à disposition, encadrement*

Il s'agit d'analyses géochimiques fines, en salle blanche et de mesures à l'aide d'outils de spectrométrie de masse, le tout disponible à l'OMP. L'étudiant-e sera encadré-e par CJ et FL. Une compétence initiale en physico-chimie est requise, ainsi que des notions d'océanographie. Une bonne maîtrise de la micro-informatique (traitement de texte, publications, tableurs, communications orales) ainsi que de l'anglais est attendue.

Les compétences acquises dans le cadre de ce doctorat seront en océanographie, physique et géochimique. Elles seront aisément applicables aux régions caractérisées par de fortes décharges sédimentaires et apports de contaminants sur la côte du Vietnam.