

Allocations de recherche doctorale (ARED)

Fiche projet 2016

- **Date de la demande** (11/01/2016) :

1- Identification du projet (en langue française)

- **Acronyme du projet** (8 caractères *maximum*) : **MODIF**

- **Intitulé du projet** (en langue française) : **MODélisation de l'Impact du Fer particulaire d'origine sédimentaire sur les cycles biogéochimiques marins**

2- Domaine d'innovation stratégique (DIS) du projet

- **Cocher le DIS prioritaire** au sein duquel le projet de thèse s'intègre. Vous pouvez mentionner un DIS secondaire (choix à indiquer et argumenter au point 5-Présentation du projet, paragraphe 6). Si aucun DIS ne correspond, cocher « Projet Blanc ».

DIS 1 : Innovations sociales et citoyennes pour une société ouverte et créative

DIS 2 : Chaîne alimentaire durable pour des aliments de qualité

DIS 3 : Activités maritimes pour une croissance bleue

DIS 4 : Technologies pour la société numérique

DIS 5 : Santé et bien-être pour une meilleure qualité de vie

DIS 6 : Technologies de pointe pour les applications industrielles

DIS 7 : Observation et ingénieries écologique et énergétique au service de l'environnement

« Projet Blanc »

- **Préciser le sous-domaine correspondant** : 3B Valorisation de la biomasse marine et biotechnologies

Pour une plus ample présentation des DIS et des sous-domaines, merci de vous référer au Schéma régional de l'enseignement supérieur et de la recherche disponible à l'adresse suivante : http://www.bretagne.fr/internet/upload/docs/application/pdf/2013-11/sresr_version_finale.pdf

3- Présentation de l'établissement porteur (bénéficiaire de l'aide régionale)

- **Établissement porteur du projet** (implantation obligatoire sur le territoire régional) :

NB : C'est-à-dire l'établissement bénéficiaire de l'aide régionale. Un seul établissement peut être indiqué.

Université de Bretagne Occidentale.

- **Ecole Doctorale** : Ecole Doctorale des Sciences de la Mer

4- Identification du/de la responsable du projet (futur-e directeur-trice de thèse)

- **Nom et prénom** : Maes Christophe jusqu'à la soutenance de HDR de Thomas Gorgues.

- **Genre du/de la responsable du projet** (F/H) : H

- **e-mail** : christophe.maes@ird.fr

- **Téléphone** : +33 (0) 298224394

- **Nom du laboratoire** : LOPS

- **Code du laboratoire** (U/UMR/USR/EA/JE/...) : UMR6523

- **Nom de l'équipe de recherche** : « Océan et climats »

- **Nombre HDR dans le laboratoire** : 9

- **Nombre de thèses en cours** : 11

- **Nombre de post-docs en cours** : 11

Allocations de recherche doctorale (ARED)

Fiche projet 2016

- Publications récentes du directeur-trice de thèse (nb total et 5 références max au cours des 5 dernières années) :
40 publications de rang A

Alory, G., Delcroix, T., Téchiné, P., Diverrès, D., Varillon, D., Cravatte, S., ... & Maes, C. (2015). The French contribution to the voluntary observing ships network of sea surface salinity. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 105, 1-18.

Maes, C., & Blanke, B. (2015). Tracking the origins of plastic debris across the Coral Sea: A case study from the Ouvéa Island, New Caledonia. *Marine pollution bulletin*, 97(1), 160-168.

Maes, C., Reul, N., Behringer, D., & O'Kane, T. (2014). The salinity signature of the equatorial Pacific cold tongue as revealed by the satellite SMOS mission. *Geoscience Letters*, 1(1), 1-7

Qu, T., Song, Y. T., & **Maes, C. (2014).** Sea surface salinity and barrier layer variability in the equatorial Pacific as seen from Aquarius and Argo. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 119(1), 15-29.

Maes, C., & O'Kane, T. J. (2014). Seasonal variations of the upper ocean salinity stratification in the Tropics. *Journal of Geophysical Research: Oceans*, 119(3), 1706-1722.

- Co-directeur-trice de thèse (éventuellement) : Thomas Gorgues, Hélène Planquette & Olivier Aumont
- Laboratoire de recherche co-encadrant (nom + code U/UMR/USR/EA/JE/...) LEMAR (UMR 6539) & LOCEAN (UMR7159)

5- Présentation du projet (en langue française, 2 à 3 pages)

- Résumé du projet (15 lignes) :

Depuis deux décennies, le fer (Fe) a été identifié comme un acteur majeur de la biogéochimie marine, contrôlant l'intensité de la production biologique sur de vastes régions de l'océan. Or, le cycle du Fe reste soumis à de fortes incertitudes, notamment en ce qui concerne les sources externes à l'océan, telles que les dépôts de poussières atmosphériques, les sources hydrothermales, les rivières et les sédiments. Jusqu'à récemment, les dépôts de poussières ont fait l'objet d'une attention plus particulière, mais de récentes études ont montré que la quantité de Fe dissous relarguée par les sédiments avait très probablement été significativement sous-estimée. D'autre part, du fait de sa plus grande biodisponibilité supposée, les études focalisées sur les sources sédimentaires de Fe se sont intéressées au Fe dissous, délaissant l'étude de la fraction particulaire. Là encore, des observations récentes ont montré que de grandes quantités de Fe particulaire (dont une partie se dissout et devient accessible au phytoplancton) étaient relarguées par les marges océaniques et transportées sur de longues distances vers l'océan ouvert. L'intérêt que porte ce projet sur le Fe particulaire d'origine sédimentaire est donc justifié par une large méconnaissance de son rôle dans le cycle du Fe et son impact potentiel important sur la biogéochimie marine. Cette thèse a donc pour objectif général d'étudier l'impact du Fe particulaire d'origine sédimentaire sur le cycle du Fe et sur la biogéochimie marine en mettant en place la première modélisation de ce compartiment dans un modèle global de biogéochimie marine (NEMO-PISCES).

- Présentation détaillée du projet :

1-Contexte scientifique et socio-économique du projet :

Il est maintenant largement reconnu que le Fe est un élément essentiel qui régule la production biologique sur une large portion de l'océan global [e.g. Martin and Fitzwater, 1988; Boyd and Ellwood, 2010]. En effet, le phytoplancton ne peut obtenir assez de Fer pour ses besoins physiologiques dans environ 30% de l'océan global, ce qui limite la production primaire [Boyd and Ellwood, 2010]. De plus, il a été montré que les concentrations en Fe ont un effet sur la structure des écosystèmes. Par exemple, dans les zones d'upwelling, riches en Fe, la croissance de grosses cellules phytoplanctoniques (e.g. diatomées) est favorisée ; au contraire, dans les zones à faibles concentrations, les écosystèmes sont davantage dominés par les petites cellules phytoplanctoniques [e.g. Hutchins et al., 2002; Hare et al., 2005]. Le Fe est donc un élément crucial qui contrôle la structure et la productivité des écosystèmes marins dans de vastes zones de l'océan ouvert [Sunda, 2013] mais aussi dans des zones plus côtières qui sont des régions clés concernant les ressources halieutiques. Des modifications mineures des concentrations en Fe peuvent de ce fait se

traduire par un impact marqué sur la productivité des écosystèmes, la structure de la chaîne trophique et l'efficacité de la pompe biologique de carbone.

A ce jour, de grandes incertitudes subsistent quant au cycle du fer dans l'océan, notamment en ce qui concerne la quantification et la nature des sources externes de Fer. En effet, ces sources, qui comprennent les dépôts atmosphériques [Jickells et al., 2005], les sédiments [e.g. Johnson et al., 1999; Elrod et al., 2004; Chase et al., 2005; Homoky et al., 2013; Dale et al., 2015], les rivières [da Cunha & Buitenhuis, 2013] et les sources hydrothermales [Tagliabue et al., 2010], apportent du Fe grâce des processus physico-chimiques variés dont l'influence sur le Fe dissous dans l'océan est mal connu [Raiswell and Canfield, 2012]. Les dépôts atmosphériques, en tant que source principale de Fe pour l'océan ouvert, ont reçu une attention particulière au cours de ces 2 dernières décennies [e.g. Jickells et al., 2005], mais de récentes observations *in situ* ont montré que la quantité de Fe délivrée par les marges continentales avait été largement sous-estimée [e.g. Slemons et al., 2010; Jeandel et al., 2011; Dale et al., 2015].

D'autre part, comme le Fe dissous a traditionnellement été considéré comme la seule forme de Fe assimilable par le phytoplancton et les bactéries, la plupart des études se sont focalisées sur l'étude des sources de Fer dissous. **Le rôle des sources de Fe particulaire (pFe_{sed}) a, quant à lui, été très largement ignoré.**

2-Hypothèse et questions posées, identification des points de blocages scientifiques que le travail de thèse se propose de lever :

De récentes études ont montré que le Fe particulaire pouvait, de par sa mise en suspension et sa dissolution lente, alimenter la phase dissoute et biodisponible du Fe, agissant de ce fait comme un « fertilisant continu » au niveau des marges mais aussi de l'océan ouvert [Gorgues et al., 2009; Jeandel and Oelkers 2015].

En effet, des observations *in situ* ont montré que de grandes quantités de Fe particulaire d'origine sédimentaire (pFe_{sed}) sont remises en suspension au niveau des marges océaniques [e.g. Planquette et al., 2012]. Une partie de ce Fe particulaire se dissout alimentant la phase dissoute du Fer océanique. Du fait de la capacité de ces particules fines à être transportées sur de longues distances, cette dissolution lente peut impacter des régions éloignées des sites de remise en resuspension [Labatut et al., 2014; Schallenger et al., 2015].

La magnitude de cette source sédimentaire de fer particulaire et les processus affectant son relargage sont encore très peu connus ou quantifiés. En conséquence, le rôle de ce fer particulaire d'origine sédimentaire sur le cycle biogéochimique du fer reste encore à découvrir malgré son importance élevée.

Cette thèse se propose donc d'utiliser les connaissances récemment acquises à propos notamment de la dissolution du Fe particulaire d'origine sédimentaire pour caractériser son impact sur les cycles biogéochimiques marins globaux. Ces avancées concernant l'impact du Fe particulaire sédimentaire viendront compléter les connaissances déjà acquises en ce qui concerne le rôle des autres sources externes de Fe.

La question spécifique à laquelle se propose de répondre cette thèse est la suivante :

Dans quelle mesure la dissolution du Fe particulaire d'origine sédimentaire va-t-elle modifier la productivité océanique et influencer le cycle du carbone et des principaux nutriments ?

3-Approche méthodologique et technique envisagée :

Afin de comprendre comment le Fe d'origine sédimentaire influence la distribution du Fe dans l'océan et impacte la biogéochimie marine, trois étapes sont envisagées:

- Première étape : *Générer une base de données globale des observations de Fe particulaire.*
- Seconde étape : *Développer une simulation de référence incluant tous les derniers développements réalisés en modélisation du cycle du Fe (mais sans pFe_{sed}).*
- Troisième étape : *Mettre en place la première modélisation du pFe_{sed} et quantifier ses impacts sur la biogéochimie de l'océan global.*

Au commencement de la thèse, une base de données globale de Fe particulaire sera réalisée à partir de l'étude de la littérature existante et des échantillons collectés lors de récentes campagnes de mesure telles que la mission GEOVIDE (PI G. Sarthou).

Allocations de recherche doctorale (ARED)

Fiche projet 2016

Pendant la première année de la thèse, le modèle de biogéochimie marine PISCES (couplé au modèle de circulation océanique NEMO) sera mis à jour en incorporant les derniers développements disponibles à la communauté. Il est notamment anticipé de développer une nouvelle paramétrisation des sources sédimentaires de Fe dissous basée sur les récentes estimations de l'étude de Dale *et al.* (2015). Ces simulations serviront de références pour évaluer le rôle du pFe_{sed} sur les cycles océaniques du Fe et du carbone (Etape 2).

Dans le cadre du projet ANR BITMAP (PI H. Planquette), un certain nombre d'expériences ont été réalisées entre 2013 et 2015 dans le but d'identifier et quantifier les processus responsables des échanges entre la phase dissoute et la phase particulaire du Fe sédimentaire. Ces expériences incluent notamment la caractérisation des taux de dissolution de différents types de sédiments. Les informations acquises seront incorporées dans notre modèle de biogéochimie marine (PISCES) pendant la troisième phase de la thèse. Les simulations ainsi obtenues seront utilisées pour caractériser l'impact du pFe_{sed} sur les cycles biogéochimiques globaux via leurs comparaisons avec les simulations de références développées pendant la deuxième étape.

4-Profil du candidat (compétences scientifiques et techniques requises) :

Ce sujet s'adresse à un(e) candidat(e) motivé(e) ayant un Master2 en sciences de l'environnement marin (e.g. biogéochimie marine, chimie de l'environnement marin) ou une discipline connexe.

Un fort intérêt pour la programmation numérique est requis. En particulier, une connaissance de langages de programmation (Fortran, Python), de l'environnement UNIX/Linux et d'un logiciel de traitement de données serait un atout. Néanmoins, une expérience antérieure en modélisation numérique n'est pas indispensable (i.e. avoir déjà fait tourner et modifier un modèle numérique d'océan). Une bonne aptitude à la communication en langue anglaise serait aussi appréciée.

5-Positionnement et environnement scientifique dans le contexte régional, et le cas échéant, national et international :

La thématique développée dans ce sujet de thèse est à la fois identifiée dans les prospectives de la future équipe CHiBiDO du LEMAR et dans celle de l'axe 2 du LABEXMer. D'autre part elle bénéficiera de collaboration nationale (co-encadrement de O. Aumont au LOCEAN) et internationale via la communauté GEOTRACES, notamment Alessandro Tagliabue (University of Liverpool) et William Homoky (University of Oxford). Il est d'ailleurs à noter que cette thématique fait partie de l'un des axes du programme international GEOTRACES auquel le LEMAR et le LOPS contribuent fortement (GEOVIDE, TRANSARC, MedBlack).

Ce sujet de thèse vient compléter deux projets ANR : le projet BITMAP qui se termine et le projet BISI soumis cette année à l'ANR et qui avait été sélectionné pour le 2eme tour des évaluations en 2015. Un projet LEFE (MOBIDIC) sur la même thématique a aussi été soumis et financé pour la période 2016-2018. Cela permettra d'environner au mieux cette thèse.

6-Pertinence du projet au regard du DIS de rattachement (et/ou du DIS secondaire). Si « projet blanc », préciser les raisons de ce choix :

Ce sujet de thèse et la thématique du Fe particulaire d'origine sédimentaire est en lien, quoiqu'indirect, avec le DIS n°3 item B : « Valorisation de la biomasse marine et biotechnologies ». En effet, les résultats des recherches réalisées auront un impact significatif sur notre compréhension de la structure des communautés phytoplanctoniques et de la productivité océanique et donc *in-fine* des échelons trophiques supérieurs et les ressources marines dans leur ensemble. Il est à noter que cet impact sera aussi bien évalué en zone côtière qu'en océan ouvert grâce au modèle utilisé. Notre thématique s'inscrit donc en amont des notions d'exploitation de ressources halieutiques, ce qui justifie notre choix d'inscrire notre projet dans le cadre du DIS n°3B.

7-Autres informations utiles (projet relevant des Objets d'excellence -OBEX-, ou des « Projets émergents de recherche » régionaux...):

La thématique développée dans ce sujet de thèse a clairement été identifiée dans les prospectives de l'axe 2 du LABEXMer pour sa deuxième phase (2016-2019).

Allocations de recherche doctorale (ARED)

Fiche projet 2016

6- Projet de thèse en cotutelle internationale

- **S'agit-il d'un projet de thèse en cotutelle internationale (oui/non) : NON**

- **Si oui, préciser l'établissement pressenti (et le pays de rattachement) :**

- **Ce projet de thèse fera-t-il l'objet d'un cofinancement international (oui/non) :**

(Rémunération du doctorant par l'établissement implanté sur le territoire régional (18 mois sur 36 mois), et l'établissement étranger, qui s'engage également à rémunérer le doctorant dans le cadre de son séjour à l'étranger, soit durant 18 mois -a minima-)

- **En cas de cofinancement international, préciser -si vous en avez connaissance- l'organisation du calendrier des périodes de séjour :**

7- Financement du projet de thèse

- **Part de l'enveloppe financière régionale affectée au projet :**

Financement Région 100 %

Financement Région 50 % (préconisé)

- **En cas de financement à 50 %, le cofinancement est-il déjà identifié (oui/non) : OUI**

- **Si oui, préciser la nature du cofinancement (ANR, partenaire privé, Ademe, etc.) : UBO ou ANR BISI (en cours d'évaluation)**

- **Si le cofinancement n'est pas encore confirmé, date prévue de réponse du cofinancier : juin 2016**

- **En cas de non-obtention du cofinancement demandé, une autre source de cofinancement est-elle identifiée (oui/non) : NON**

NB : attestation d'obtention d'un cofinancement ou à défaut, de la demande effectuée, à joindre au dépôt de cette fiche-projet.