

PROPOSITION DE SUJET DE THESE

Formulaire demande de financement : ARED - ISblue - ETABLISSEMENTS - ...
pour dépôt sur le serveur <https://theses.u-bretagne.fr/sml> au format PDF

Identification du projet

Acronyme du projet (8 caractères *maximum*) :

SSISAI

Intitulé du projet en langue française :

Analyse intégrée de la Salinité de Surface à long terme dans l'Océan Indien nord à partir de données SAteellites multi-capteurs et In situ

Intitulé du projet en langue anglaise :

Long term blended analysis of sea Surface Salinity in the northern Indian Ocean from multi sensor SAteellite and In situ data

Domaine d'innovation stratégique (DIS) du projet

Cocher le DIS prioritaire au sein duquel le projet de thèse s'intègre.

- 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

Si aucun DIS ne correspond, cocher « Projet Blanc ».

« Projet Blanc »

Préciser le sous-domaine correspondant : liste en dernière page de ce document

DIS secondaire si nécessaire : n/a

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

Établissement porteur du projet : IFREMER

Ecole Doctorale : EDSML

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

Nom du laboratoire d'accueil : LOPS

Code du laboratoire (U/UMR/USR/EA/JE/...) : UMR 6523

Directeur du Laboratoire : Fabrice Ardhuin

Nom de l'équipe de recherche : SIAM (Satellites et Interface Air-Mer)

Nombre HDR dans le laboratoire : 13 (+3 émérites)

Nombre de thèses en cours : 32

Nombre de post-docs en cours : 11

Nom et prénom du directeur de thèse (HDR), porteur du projet : Tournadre, Jean (HDR)

- e-mail : jean.tournadre@ifremer.fr

- Téléphone : 02 98 22 44 97

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

61 publications

(h22 ; <http://www.researcherid.com/rid/F-8402-2010> ; https://www.researchgate.net/profile/Jean_Tournadre)

Bouhier N., **Tournadre J.**, Remy F., and Gourves-Rosin R. (2018). Melting and fragmentation laws from the evolution of two large Southern Ocean icebergs estimated from satellite data. *Cryosphere* , 12(7), 2267-2285.

Tournadre J., Bouhier N., Boy F., and Dinardo S. (2018). Detection of iceberg using Delay Doppler and interferometric Cryosat-2 altimeter data. *Remote Sensing Of Environment* , 212, 134-147.

Verron J., Bonnefond P., Aouf L., [...], **Tournadre J.**, and Vergara O. (2018). The Benefits of the Ka-Band as Evidenced from the SARAL/AltiKa Altimetric Mission: Scientific Applications. *Remote Sens.*, 10(2), 163.

Tournadre J., Bouhier N., Girard-Ardhuin F., and Remy F. (2016). Antarctic icebergs distributions 1992-2014. *Journal Of Geophysical Research-oceans* , 121(1), 327-349.

He Guelton L., Fablet R., Chapron B., and **Tournadre J.** (2015). Learning-Based Emulation of Sea Surface Wind Fields From Numerical Model Outputs and SAR Data. *Ieee Journal Of Selected Topics In Applied Earth Observations And Remote Sensing* , 8(10), 4742-4750.

- Expériences d'encadrement et co-encadrement de doctorants (passées et en cours)

(nom des doctorants dirigés et en cours et antérieurement, sur les 6 années passées : sujet, financement, date de soutenance, et situation professionnelle actuelle si connue)

Liyun He Guelton ; « Émulation statistique de champs de vent à haute résolution » (2014) ; bourse IMT Atlantique ; actuellement chercheure chez Worldline Global, Lyon.

Nicolas Bouhier ; « Etude de l'impact des icebergs Antarctiques sur l'Océan Austral » (2017) ; bourse CNES/IFREMER ; actuellement en recherche de postdoc.

Anastasia Tarasenko ; « Mesoscale dynamics in marginal ice zone in Arctic », thèse commencée en 2015, soutenance prévue en 2019 ; bourse Campus France.

Victor Gressani ; « La surface océanique – Analyse des données satellites micro-ondes proche nadir », thèse commencée en 2016, soutenance prévue en 2019 ; bourse CNES/CLS.

Clément Combot, « Mélange, restratification et absorption de chaleur dans le sillage des cyclones tropicaux: processus et contribution des observations satellitaires », thèse commencée en 2016, soutenance prévue en 2019 (co-direction) ; bourse IFREMER.

Co-directeur-trice de thèse et co-encadrant scientifique : de Boyer Montégut, Clément

- **Laboratoire de recherche co-encadrant** (nom + code U/UMR/USR/EA/JE/...) : LOPS - UMR6523

- **e-mail** : deboyer@ifremer.fr (www.umr-lops.fr/deboyer)

- **Téléphone** : 02 98 22 45 54

- **Expériences d'encadrement et co-encadrement de doctorants (passées et en cours)**

(nom des doctorants dirigés et en cours et antérieurement, sur les 6 années passées : sujet, financement, date de soutenance, et situation professionnelle actuelle si connue)

Expériences de co-encadrement à distance et de collaboration (i.e. co-publications) sur les travaux de thèse de deux étudiant.e.s indien.ne.s :

Akhil V. P. ; « Remote sensing and numerical modeling of the oceanic mixed layer salinity in the Bay of Bengal » (2015) ; bourse CNES/IRD ; actuellement en poste comme chercheur permanent au National Institute of Oceanography (NIO), Goa, Inde.

Keerthi M. G. ; « Mixed layer depth in the Tropical Indian Ocean : Intraseasonal to interdecadal variability and influence on chlorophyll variations » (fév-2018) ; bourse indienne ; actuellement en postdoc au LOCEAN, Paris, France.

Le cas échéant, autres collaborations (co-encadrant et laboratoire concerné)

Co-directeur-trice de thèse et co-encadrant scientifique : Reul, Nicolas

- **Laboratoire de recherche co-encadrant** (nom + code U/UMR/USR/EA/JE/...) : LOPS - UMR6523

- **e-mail** : nicolas.reul@ifremer.fr

- **Téléphone** : 04 94 30 44 86

- **Expériences d'encadrement et co-encadrement de doctorants (passées et en cours)**

(nom des doctorants dirigés et en cours et antérieurement, sur les 6 années passées : sujet, financement, date de soutenance, et situation professionnelle actuelle si connue)

Audrey Hasson ; « Diagnostic study of sea surface salinity in the Tropical Pacific Ocean. Contribution of SMOS data » (2013) ; bourse CNES/IRD ; actuellement en postdoc au LOCEAN/IPSL, Paris, France.

Séverine Fournier ; « Signature des panaches des grands fleuves à la surface des océans : corrélations entre salinité et propriétés optiques déduites de mesures satellites » (2014) ; bourse CNES/IFREMER ; actuellement en poste de chercheur permanent à la NASA/JPL , Los Angeles, USA.

Présentation du projet (en langue française ou anglaise, 2 à 3 pages)

Résumé du projet (4000 caractères maxi espaces compris) :

En changeant les propriétés physiques (densité, stratification verticale, dynamique) de la couche océanique de surface qui interagit avec l'atmosphère, la salinité de surface de la mer (SSS) joue un rôle primordial pour l'évolution des masses d'eau et du climat, en particulier dans les zones tropicales. L'Océan Indien Nord, est un bassin présentant des caractéristiques particulières. Sa température de surface est relativement élevée et homogène par rapport aux autres bassins tropicaux tandis que sa SSS présente de forts contrastes entre l'ouest (Mer d'Arabie) et l'est (Baie du Bengale). Ces contrastes marqués est-ouest, combinés à une dynamique intense des courants océaniques de mousson, donnent lieu à des variations de la SSS complexes et encore mal comprises. Ce travail de thèse propose d'utiliser la synergie entre tous les jeux de données existants en SSS pour analyser sur une période plus longue que précédemment les mécanismes de variabilité interannuelle de la SSS dans la zone. En plus des données satellites actuelles (SMOS, AQUARIUS, SMAP, période 2010-présent) un maximum de données in situ seront intégrées ainsi que deux nouveaux types de données par satellites dont on restituera la SSS par des méthodologies innovantes mises en place au sein de l'équipe LOPS/SIAM lors de travaux précédents. Ce produit de SSS inédit (2003-2018) permettra de doubler la série temporelle existante ainsi que d'améliorer la résolution spatiale dans des zones de forts gradients de SSS comme en sortie des grands fleuves. L'utilisation de ce nouveau jeu de données, conjointement à d'autres données climatiques (courants océaniques par satellites, débit des grands fleuves...) permettra d'étudier les mécanismes de la variabilité interannuelle de la SSS à l'échelle du bassin et ses liens avec les phénomènes climatiques majeurs de la zone (panaches des fleuves, dynamique de mousson, dipôle indien, cyclones).

Présentation détaillée du projet :

1 - Hypothèse et questions posées, identification des points de blocages scientifiques

La salinité joue un rôle fondamental dans la circulation océanique thermohaline, le cycle de l'eau et le climat. En changeant la densité et la stratification verticale de l'océan de surface, la salinité de surface de la mer (ou SSS pour Sea Surface Salinity) agit sur l'évolution des masses d'eau et sur les caractéristiques de la couche mélangée océanique qui interagit avec l'atmosphère. Dans les tropiques, et notamment dans l'Océan Indien Nord (i.e. au nord de 10°S), les interactions océan-atmosphère qui se développent ont un impact direct sur variabilité de la mousson asiatique à toutes les échelles de l'intraseasonnier à l'interannuel (Webster et al., 2002, Izumo et al. 2008), ainsi que sur les dépressions et cyclones tropicaux (Klingaman et al., 2008, Murty et al., 2008). Les variations de SSS génèrent le développement de couches de subsurface, dites « Barrières » (BL, pour Barrier Layer, e.g. de Boyer Montégut et al. 2007) qui modifient fortement les interactions air-mer en isolant la couche mélangée océanique de l'océan profond et plus froid. Elles contrôlent donc en partie le fonctionnement des phénomènes climatiques cités ci-dessus (mousson asiatique, cyclones, e.g. Masson et al. 2005, Reul et al. 2014). La variabilité climatique de cette région a de plus des conséquences souvent catastrophiques pour les pays limitrophes dont les côtes sont densément peuplées et dont l'économie est souvent basée sur l'agriculture et les pêches.

L'Océan Indien Nord se divise naturellement en deux zones géographiques séparées par le sous-continent indien: la Mer d'Arabie à l'ouest, et le Golfe du Bengale à l'est. Alors que ces deux régions présentent des températures de surface sensiblement voisines, leurs caractéristiques hydrologiques superficielles présentent de forts contrastes en salinité de surface. L'ouest de l'Océan Indien Tropical est une région de forte évaporation où se forment des eaux salées de plus de 36 PSU, tandis que dans la partie est, les faibles salinités (moins de 33 PSU) sont dues à la combinaison de très importants apports fluviaux au nord (Gange, Brahmapoutre, Irrawady), et de très fortes précipitations notamment durant la mousson d'été. Ces contrastes marqués est-ouest, combinés à une dynamique intense des courants océaniques de mousson (e.g., courant côtiers, jet de Wyrтки, ondes de Kelvin/Rossby), donnent lieu à des variations de la salinité de surface complexes notamment au sud de l'Inde, au nord du Golfe du Bengale (incertitudes pouvant atteindre 1 à 2 PSU) ou encore dans les zones côtières de remontées d'eaux profondes (ouest de la Mer d'Arabie).

A la fin des années 1990 on disposait encore de peu d'observations de salinité dans l'Océan Indien tropical. Avec l'avènement du programme international ARGO en 2002, on a recueilli sur la période 2000-2009 plus d'observations in situ de salinité que sur toute la période 1960-2000. Depuis 2010 le programme ARGO s'est poursuivi et la mesure de la salinité de surface depuis l'espace est devenue une réalité avec le lancement de plusieurs satellites dédiés : SMOS (nov. 2009-), AQUARIUS (août 2011-Juin 2015) et SMAP (Avril 2015-). De nombreux produits ont été mis en place à partir de ces mesures satellites (e.g. Boutin et al. 2018) et ont permis de mieux connaître les caractéristiques de la variabilité de la SSS dans cette zone. Cependant, et malgré des corrections possibles (Kolodziejczyk et al. 2016), des problèmes persistent. Dans la Baie du Bengale, des interférences radio et la proximité des terres dans un bassin semi-fermé polluent la mesure SSS dans la zone côtière qui présente pourtant de forts signaux créés par l'advection du panache du Ganges- Brahmapoutre par le courant côtier Est Indien (5psu/100km à la côte, Chaitanya et al. 2014, Akhil et al. 2016a). En outre, seuls Xie et al. (2014), à notre connaissance, ont intégré directement les données in situ avec les données satellites pour construire leur produit final et obtenir ainsi une estimation plus fiable du champ de SSS. Toutefois leur étude ne s'étend que sur 4 années et, n'étant pas dédiée à l'Océan Indien, présente elle aussi des difficultés à représenter fidèlement la SSS dans cette zone.

La série temporelle de données actuelle (8 ans, 2010-2017) reste encore trop courte pour appréhender correctement plusieurs mécanismes de la variabilité interannuelle de la SSS dans notre zone d'étude. Cette série ne permet pas de

détecter clairement la signature des variations interannuelles des apports fluviaux ni des fortes précipitations moyennes qui existent sur le Golfe du Bengale. Cela est dû à un impact prépondérant de la circulation dans le temps des forts gradients horizontaux de SSS dans ce bassin. L'impact de phénomènes climatiques comme le Dipôle de l'Océan Indien (IOD pour « Indian Ocean Dipole »), et plus localement les tourbillons de méso-échelle semblent de plus contribuer fortement à la variabilité de la redistribution horizontale d'eau douce dans le bassin (e.g. Fournier et al. 2017). Une série plus longue (16 ans, 2003-2018) pourra permettre de détecter et d'analyser en détails ces influences et de comparer les résultats à ceux obtenus à partir d'un modèle dans l'étude de Akhil et al. (2016b).

L'objectif général de ce travail de thèse est ainsi de tirer partie de la synergie d'un maximum d'observations de natures différentes pour améliorer substantiellement et de manière tout à fait innovante notre connaissance de la SSS dans l'Océan Indien Nord. Pour cela on s'attachera tout d'abord à produire un jeu de données inédit de la SSS intégrée insitu/satellite dans notre zone d'étude, et sur une période de temps pratiquement doublée par rapport à ce qui existe actuellement. Ensuite, en combinant ce nouveau jeu de données à d'autres produits existants (e.g. courants, flux etc...) nous pourrions chercher à répondre à nos questions scientifiques principales : quels sont les mécanismes qui régulent la variabilité saisonnière à interannuelle de la SSS dans l'Océan Indien Nord (notamment dans le Golfe du Bengale) ? Quels sont les rôles respectifs des signaux climatiques majeurs de la zone (dynamique océanique de méso-échelle, décharges massives des grands fleuves - e.g. Ganges Brahmapoutre, Indus -, dipôle de l'Océan Indien, cyclones) dans cette variabilité saisonnière à interannuelle de la SSS ?

2 - Approche méthodologique et techniques envisagées :

Outre l'apport des observations in situ, deux nouveaux jeux de données satellites seront ainsi ajoutés par rapport à ce qui existe actuellement pour la SSS (i.e. SMOS, AQUARIUS, SMAP): les données de bande C type AMSR1/2/E (déc. 2002-), et les données de couleur de l'eau qui permettent de mesurer le CDOM (Colored Dissolved Organic Matter, 1998-). La génération des produits de SSS sur la base des données AMSR est prévue via un lot de travail du projet ESA « CCI Salinity » (cf section 3 ci-dessous). Fournier et al. (2015) ont par ailleurs mis en évidence une forte corrélation entre la mesure de CDOM et la SSS dans le panache d'un grand fleuve tel l'Amazone. Cette relation a pu être estimée et utilisée pour calculer la SSS à partir du CDOM. Là encore, le nord de l'Océan Indien avec des fleuves présentant de larges panaches (Indus, Gange, Brahmapoutre, Irrawady...) est une zone dans laquelle une telle méthode peut amener des résultats très complémentaires aux autres données. À la côte et en sortie des fleuves on pourra dépasser la résolution des produits satellites précédents limités à 50 km, résolvant ainsi beaucoup mieux les gradients côtiers. Il est enfin prévu d'utiliser le plus d'observations in situ possible (données ARGO, TSG, mesures parseau d'eau, mouillages RAMA...) qui sont essentielles non seulement pour calibrer les satellites mais également pour être intégrées directement au produit final de SSS et contribuer à son amélioration directe sur certaines régions. Ces différentes données seront fusionnées ensemble par des méthodes d'interpolation statistiques afin d'obtenir les cartes du produit de SSS final (e.g. de Boyer Montégut et al. 2004 ; Xie et al, 2014).

La compréhension des processus contrôlant la variabilité interannuelle de la SSS dans l'Océan Indien Nord pourra alors s'appuyer sur une longue série de données dont la durée sera doublée par rapport à ce qui existe actuellement. L'approche adoptée consistera à utiliser conjointement plusieurs données d'observations de natures différentes (SSS, courants, évaporation, précipitations, apports fluviaux, profondeur de couche mélangée) afin d'estimer le bilan de salinité de surface dans la couche mélangée océanique (e.g., Rao et Sivakumar 2003). L'analyse comparée des différents termes du bilan aux échelles interannuelles et sur des zones identifiées (courant côtier est indien, nord de la Baie du Bengale, centre du bassin) permettra de connaître la contribution respective de chacun des processus physiques au bilan de sel (advection horizontale, précipitation, évaporation, fleuves, mélange vertical...). On visera à comprendre les liens des termes dominants du bilan avec les phénomènes climatiques à distance tels le dipôle de l'Océan Indien, ou la mousson indienne (corrélations, intensité des vents, ondes de Kelvin côtières). Enfin on pourra estimer l'impact des tourbillons sur le transport d'eau douce dans le bassin, notamment leur rôle dans le mécanisme d'érosion du courant côtier est indien. Pour cela, il s'agira de séparer les termes advectifs du bilan de sel en une partie grande échelle et une partie tourbillons pour diagnostiquer leur rôle respectifs (e.g. Menkes et al. 2006).

3 - Positionnement et environnement scientifique dans le contexte régional, national et international :

Au niveau du laboratoire (UMR LOPS), cette étude est au cœur de la thématique « salinité de surface et cycle de l'eau » de l'équipe SIAM (Satellites et Interface Air-Mer) et s'inscrit dans une activité historique de l'équipe qui est la production de données océanographiques avancées (e.g. vents, vagues, SST, glace de mer, SSS etc...). Ce travail apportera de plus une information nouvelle sur une variable importante pour l'étude des cyclones de la zone (thématique « événements extrêmes », équipe SIAM), offrant de possibles valorisations des données en collaboration avec ce groupe. Enfin et surtout, l'arrivée d'un étudiant en thèse sur ce sujet offrira un support scientifique essentiel au projet européen ESA (European Space Agency) « CCI Salinity » co-porté par l'IFREMER/LOPS (Nicolas Reul, en collaboration avec Jacqueline Boutin du CNRS/LOCEAN, Paris) et dont un lot de travail porte sur les analyses climatiques dans le Golfe du Bengale. Ce travail de thèse y participe donc pleinement en utilisant les nouveaux produits satellite de la SSS issus de ce projet. Un deuxième projet ESA (« SMOS PiMEP », co-porté par l'Ifremer, Nicolas Reul) vise à valider et exploiter scientifiquement les produits satellites de SSS et comporte un volet dédié à la zone du Golfe du Bengale. Le travail de thèse pourra donc amplement bénéficier d'échanges dans le cadre de ce projet.

4 - Pour la région Bretagne: adéquation du projet au regard du DIS de rattachement (et/ou du DIS secondaire).

5 - Si « projet blanc » (hors DIS), préciser les raisons de ce choix :

Ce sujet de thèse correspond à un « projet blanc » car il s'inscrit pleinement dans un des thèmes prioritaires de l'EUR Isblue : le thème 1 « Régulation du climat par l'océan » (voir section 8 ci-dessous).

6 - Si lien avec projet ERC, préciser lequel :

n/a

7 - Autres informations utiles (CPER, FEDER, concernant la politique régionale) :

n/a

8 - Le cas échéant, précisez le lien du sujet avec les thèmes ISblue

- la régulation du climat par l'océan
- les interactions entre la Terre et l'océan
- la durabilité des systèmes côtiers
- l'océan vivant et les services écosystémiques
- les systèmes d'observation à long terme

Ce sujet fait partie du thème 1 d'Isblue (Régulation du climat par l'océan). Ce travail s'intéresse en effet à comprendre le comportement d'une des variables clé du système climatique de la zone : la salinité de surface. Celle-ci joue un rôle essentiel dans les interactions air-mer de la zone, dans le système de mousson indienne, ou dans l'évolution des cyclones (cf section 1 ci-dessus). Son étude participe donc à mieux connaître et potentiellement prévoir les événements climatiques dans les régions autour de l'Océan Indien Nord.

Le cas échéant (si financement ISblue demandé): en regard de la formation par la recherche du futur docteur, perspectives d'insertion professionnelle dans le milieu académique et non académique

Ce projet de thèse présente des objectifs de recherche plutôt académiques, avec des questions fondamentales sur le fonctionnement dynamique et physique de l'océan (ici sa salinité). Dans ce contexte, il existe une communauté très active au niveau national (cf section 9) et international (groupe de travail SISS, Satellite and In Situ Salinity), dont les étudiants des co-porteurs du projet ont en effet pu bénéficier par le passé pour avancer et trouver leur place dans le milieu académique (cf section « Identification des responsables du projet »).

Cette thèse comporte en outre un volet plus technique permettant d'acquérir un réel savoir faire de type plus « ingénieur » dans le domaine du traitement et de la fusion de données autant spatiales qu'in situ. Ceci constitue donc aussi un atout pour trouver des débouchés vers des métiers moins académiques.

9 - Contexte scientifique et partenarial : éléments généraux

Au sein de l'umr LOPS, Nicolas Reul a participé à l'élaboration du projet et sera co-encadrant de la thèse. Bertrand Chapron sera également impliqué dans le suivi et le déroulement de cette thèse. Ce travail bénéficiera d'échanges directs avec Nicolas Kolodziejczyk (équipe « océan et climat ») qui est un expert de la SSS in situ et satellite, et qui connaît également les problématiques d'interpolation optimales et de génération de champs climatologiques. Au niveau national et international, Jérôme Vialard (IRD, LOCEAN, Paris), Jacqueline Boutin (CNRS, LOCEAN, co-I « CCI Salinity ») et Akhil V. P. (chercheur NIO, Goa, Inde) sont impliqués notamment sur les études de la variabilité de la SSS sur la Baie du Bengale via le projet « CCI Salinity » et seront des collaborateurs privilégiés. Dans ce cadre là, un séjour de visite dans un laboratoire indien (NIO, Goa) peut être envisagé pour le doctorant selon l'évolution du travail de thèse. Enfin Fabrice Papa (IRD, LEGOS, Toulouse), pourra apporter son expertise en matière d'hydrologie continentale et d'estimation des données de débit des grands fleuves par satellites.

10 - Si projet de co-tutelle, internationale, précisez le pays et l'établissement

n/a

11 - Financements Région Bretagne acquis par le porteur au cours des 3 dernières années (titre, montant)

FRESHICE, 1/2 bourse de thèse ARED, 2017 (thèse interrompue)

12 - Si projet cofinancé, nom du cofinancier (sollicité et ou acquis)

CNES (acquis), IFREMER et CNRS (sollicités)

13 - Si cofinancement refusé, autres sources de cofinancement identifiées

n/a

- Références (encadrants de la thèse soulignés) :

- Akhil, V. P., M. Lengaigne, F. Durand, J. Vialard, A. V. S. Chaitanya, M. G. Keerthi, V. V. Gopalakrishna, J. Boutin, and C. de Boyer Montégut (2016a), Assessment of seasonal and year-to-year surface salinity signals retrieved from SMOS and Aquarius missions in the Bay of Bengal, Intern. Journal of Rem. Sens., 37, 5, 1089–1114.
- Akhil, V. P., M. Lengaigne, J. Vialard, F. Durand, M. G. Keerthi, A. V. S. Chaitanya, F. Papa, V. V. Gopalakrishna, and C. de Boyer Montégut (2016b), A modeling study of processes controlling the Bay of Bengal sea surface salinity interannual variability, J. Geophys. Res. Oceans, 121,

doi:10.1002/2016JC011662.

- Boutin, J., J.L. Vergely, S. Marchand, F. D'Amico, A. Hasson, N. Kolodziejczyk, N. Reul, G. Reverdin, and J. Vialard (2018), New SMOS Sea Surface Salinity with reduced systematic errors and improved variability, *Rem. Sens. Env.*, 214, 115-134
- de Boyer Montégut, C., J. Mignot, A. Lazar, and S. Cravatte (2007), Control of salinity on the mixed layer depth in the world ocean: 1. General description, *J. Geophys. Res. Oceans*, 112, C06011
- de Boyer Montégut, C., G. Madec, A. S. Fischer, A. Lazar, and D. Iudicone (2004), Mixed layer depth over the global ocean: an examination of profile data and a profile-based climatology, *J. Geophys. Res.*, 109, C12003.
- Chaitanya, V. S., M. Lengaigne, J. Vialard, V. V. Gopalakrishna, F. Durand, C. KranthiKumar, S. Amritash, V. Suneel, F. Papa, and M. Ravichandran (2014), Salinity Measurements Collected by Fishermen Reveal a "River in the Sea" Flowing Along the Eastern Coast of India, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 95, 1897–1908.
- Fournier, S., B. Chapron, J. Salisbury, D. Vandemark, and N. Reul (2015), Comparison of spaceborne measurements of sea surface salinity and colored detrital matter in the Amazon plume, *J. Geophys. Res. Oceans*, 120, 3177–3192, doi:10.1002/2014JC010109.
- Fournier, S., J. Vialard, M. Lengaigne, T. Lee, M.M. Gierach, and A.V.S. Chaitanya (2017), Modulation of the Ganges-Brahmaputra river plume by the Indian Ocean dipole and eddies inferred from satellite observations. , *J. Geophys. Res. Oceans*, 122, 9591–9604. <https://doi.org/10.1002/2017JC013333>
- Izumo, T., C. de Boyer Montégut, J.-J. Luo, S. K. Behera, S. Masson, and T. Yamagata (2008), The role of the western Arabian Sea upwelling in Indian monsoon rainfall variability, *J. Climate*, 21, 5603-5623.
- Klingaman, N.P., P.M. Inness, H. Weller, J.M. Slingo (2008) The Importance of High-Frequency Sea Surface Temperature Variability to the Intraseasonal Oscillation of Indian Monsoon Rainfall, *Journal of Climate* 21(23): 6119
- Kolodziejczyk, N., J. Boutin, J.-L. Vergely, S. Marchand, N. Martin, and G. Reverdin (2016), Mitigation of systematic errors in SMOS sea surface salinity, *Rem. Sens. Env.*, 180, 164-177.
- Masson, S., J.-J. Luo, G. Madec, J. Vialard, F. Durand, S. Gualdi, E. Guilyardi, S. K. Behera, P. Delecluse, A. Navarra and T. Yamagata (2005), Impact of barrier layer on winter-spring variability of the South-Eastern Arabian Sea, *Geophys. Res. Lett.*, 32, L07703, doi:10.1029/2004GL021980
- Menkes, C., J. Vialard, S. Kennan, J.-P. Boulanger, and G. Madec (2006), A Modeling Study of the Impact of Tropical Instability Waves on the Heat Budget of the Eastern Equatorial Pacific, *J. Phys. Oceanog.*, 36, 847-865
- Murty, V.S.N. M.S.S. Sarma George, V. Jenson and P.J. Vidya (2008), Impact of freshwater influx on the cyclogenesis, tracks of cyclones and air- sea coupling over the Bay of Bengal, proceedings of the workshop on "Natural Hazards and Coastal Processes of Indian Coast".
- Rao, R. R., and R. Sivakumar (2003), Seasonal variability of sea surface salinity and salt budget of the mixed layer of the north Indian Ocean, *J. Geophys. Res.*, 108(C1), 3009, doi:10.1029/2001JC000907.
- Reul, N., Y. Quilfen, B. Chapron, S. Fournier, V. Kudryavtsev, and R. Sabia (2014), Multisensor observations of the Amazon-Orinoco river plume interactions with hurricanes, *J. Geophys. Res. Oceans*, 119, 8271–8295, doi:10.1002/2014JC010107.
- Webster, P. J., E. F. Bradley, C. W. Fairall, J. S. Godfrey, P. Hacker, R. A. Houze Jr., R. Lukas, Y. Serra, J. M. Hummon, T. D. M. Lawrence, C. A. Russell, M. N. Ryan, K. Sahami, and P. Zuidema (2002), The JASMIN pilot study, *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 83, 1603-1630.
- Xie, P., T. Boyer, E. Bayler, Y. Xue, D. Byrne, J. Reagan, R. Locarnini, F. Sun, R. Joyce, and A. Kumar (2014), An in situ-satellite blended analysis of global sea surface salinity, *J. Geophys. Res. Oceans*, 119, 6140–6160, doi:10.1002/2014JC010046.

Le – la candidat.e

Profil souhaité du candidat (compétences scientifiques et techniques requises) :

Pour mener à bien ce travail, le candidat devra disposer d'un niveau Bac+5, avec Master 2 en océanographie / météorologie / climat. Des connaissances en mathématiques et statistiques sont également un prérequis souhaitable ainsi que de bonnes capacités de programmation dans un langage d'analyses de données (e.g. matlab, idl, python, fortran...). Pratique courante ou aisée de l'anglais écrit et parlé demandée.

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) : n/a

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

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.*) : CNES

Si le cofinancement n'est pas encore confirmé, date prévue de réponse du cofinancier : n/a

En cas de non-obtention du cofinancement demandé, une autre source de cofinancement est-elle identifiée (*oui/non*) : oui, potentiellement (IFREMER et CNRS sollicités)

Annexe : Domaines et sous-domaines d'innovation stratégique

Domaines d'innovation stratégique

- 1/ Innovations sociales et citoyennes pour une société ouverte et créative
- 2/ Chaîne alimentaire durable pour des aliments de qualité
- 3/ Activités maritimes pour une croissance bleue
- 4/ Technologies pour la société numérique
- 5/ Santé et bien-être pour une meilleure qualité de vie
- 6/ Technologies de pointe pour les applications industrielles
- 7/ Observation et ingénieries écologique et énergétique au service de l'environnement

Ventilation en sous-domaines

D1 – Innovations sociales et citoyennes pour une société ouverte et créative

- 1A- Démarches d'innovation sociale et citoyenne
- 1B- E-éducation et e-learning
- 1C- Patrimoine et tourisme durable
- 1D- Industries créatives et culturelles
- 1E- Transitions et mutations des modèles économiques des filières et des entreprises

D2- Chaîne alimentaire durable pour des aliments de qualité

- 2A- Qualité et sécurité sanitaire des aliments
- 2B- Nouveaux modèles de production agricole
- 2C- Usine agro-alimentaire du futur

D3- Activités maritimes pour une croissance bleue

- 3A- Energies marines renouvelables
- 3B- Valorisation de la biomasse marine et biotechnologies (pour toutes les applications)
- 3C- Valorisation des ressources minières marines
- 3D- Nouveaux modèles d'exploitation des ressources vivantes aquatiques (pêche et aquacultures)
- 3E- Navire du futur
- 3F- Sécurité et sûreté maritime

D4- Technologies pour la société numérique

- 4A- Internet du futur : objets communicants, cloud computing et big data
- 4B- Images et contenus
- 4C- Conception logiciels
- 4D- Modélisation numérique
- 4E- Réseaux convergents, fixes mobile broadcast
- 4F- Cybersécurité

D5- Santé et bien-être pour une meilleure qualité de vie

- 5A- Prévention – santé – bien-être
- 5B- Nouvelles approches thérapeutiques alliant génétique, bio-marqueurs et biomolécules
- 5C- Technologies médicales, diagnostiques et thérapeutiques et e-santé

D6- Technologies de pointe pour les applications industrielles

- 6A- Photonique et matériaux pour l'optique
- 6B- Matériaux multi-fonctionnels
- 6C- Technologies en environnements sévères
- 6D- Electronique, robotique et cobotique pour l'ingénierie industrielle
- 6E- Systèmes de production avancés de petites et moyennes séries (usine du futur)

D7- Observation et Ingénieries écologique et énergétique au service de l'environnement

- 7A- Observation, surveillance et gestion de l'environnement et des éco-systèmes et de leurs inter-actions
- 7B- Réseaux énergétiques intelligents
- 7C- Système constructif performant et durable (éco-construction et éco-rénovation, TIC et bâtiment)
- 7D- Véhicules et mobilités serviciels durables
- 7E- Eco-procédés, éco-produits et matériaux bio-sourcés.