

AO INSU 2014

Section « Océan-Atmosphère »

Dossier scientifique

*Ce dossier ne devra pas excéder **15 pages** (police : Times New Roman 12) ou 3 pages pour une Lettre d'Intention et sera à télécharger via le formulaire informatique destiné à synthétiser le projet : <http://appeloffres2014.insu.cnrs.fr>*

Nom du porteur du projet : Alban Lazar (LOCEAN)

Co-porteurs : Vincent Échevin (LOCEAN), Nicolas Kolodziejczyk (LOCEAN, post-doc), Malick Wade (postdoctorant programme AWA jusqu'à fin 2015, au LPAOSF, Sénégal) et Pierre Testor (LOCEAN)

Titre du projet : GLISEN

Le projet est-il un nouveau projet ?

Oui ; le projet est par ailleurs co-financé par le projet européen PREFACE. La demande concerne l'accès au parc de gliders de la DT INSU pour 2 gliders pour 2 missions simultanées d'un mois.

Seul un financement LEFE/GMMC est demandé à LEFE pour valoriser les données obtenues dans le cadre de la validation des modèles opérationnels du GMMC. Par ailleurs, le projet propose de répondre à certaines questions scientifiques de l'appel d'offre LEFE/IMAGO, mais aucun financement n'est demandé dans le cadre de l'appel d'offre LEFE/IMAGO.

Le porteur a-t-il obtenu un financement LEFE au cours des 3 dernières années ?

Oui, un financement LEFE/GMMC a permis à A. Lazar de déployer des profileurs ARGO dans l'upwelling Sénégal-Mauritanien en 2011

N.B. :

-Le présent projet a été rédigé en collaboration avec les membres de l'équipe par Nicolas Kolodziejczyk, qui ne peut être porteur de par son statut et les incertitudes pesant sur son statut durant la durée de ce projet. Si la collaboration ne peut-être poursuivie à la fin de son contrat en octobre 2014, le sujet sera proposé à un étudiant-stagiaire du M2 OACOS UPMC.
- Ce projet est basé sur une collaboration étroite avec le Sénégal et le LPAOSF en particulier. Cette collaboration est vieille de plus de 5 ans, et est structurée par plusieurs grands projets nationaux et internationaux (programme France-Allemagne-Afrique AWA, Laboratoire Mixte International IRD ECLAIR, Projet Européen FP7 PREFACE).

Intérêt scientifique et état de l'art

Contexte scientifique :

Dans l'est de l'océan Atlantique Tropical Nord, mieux documenter et comprendre la circulation océanique et sa variabilité est essentiel pour connaître son impact sur le climat régional et global (Large and Danabasoglu, 2006 ; Richter and Xie, 2008; Tozuka et al., 2011, Richter et al. 2012b); et sur les ressources halieutiques en Afrique de l'Ouest (c.f.: Projet Européen PREFACE). Cet enjeu est majeur en particulier pour le Sénégal dont les ressources alimentaires dépendent d'une part directement de la pêche dans les régions d'upwelling côtier riches en poissons; et d'autre part de l'agriculture, fortement conditionnée par les précipitations pendant la période de mousson en été boréal. Cet enjeu est devenu prioritaire pour les décideurs des pays du sud (comme notamment en Afrique de l'Ouest), plus vulnérables aux changements climatiques globaux (GIEC, 2007). Dans cette région, les connaissances sont particulièrement limitées du fait notamment de la rareté des mesures.

Les marges Est de l'océan Atlantique Tropical Nord sont caractérisées par un cycle saisonnier associé à deux régimes distincts :

i) À la côte, pendant l'hiver boréal, les alizés de nord-est s'intensifient parallèlement à la côte. L'effet conjoint de la friction produite par le vent et de la force de Coriolis induit un transport des eaux des couches de surface perpendiculairement à la côte vers le large. La conservation de la masse impose la remontée de masses d'eau ('upwelling') de subsurface froide et riche en nutriments pour venir remplacer les masses d'eau de surface.

A moyenne échelle (~50-150 km), l'Upwelling Sénégal-Mauritanien (USM) côtier est associé également à un système de courants parallèles à la côte, largement forcés par les vents (i.e. Lathuilière et al., 2008), dont la structure méridienne et verticale, ainsi que la variabilité intra-saisonnière à saisonnière, sont encore peu documentées et mal connues.

Aux échelles plus petites (~1-50 km), la remontée des eaux froides dans l'USM se manifeste en surface par la mise en place de fronts de température séparant les eaux froides côtières et chaudes du large, soumis à des ondulations provoquées par le passage d'ondes côtières et le déclenchement d'instabilités baroclines des courants parallèles à la côte. Ces instabilités génèrent par ailleurs des tourbillons et des filaments (~1-50 km, e.g. Alpers et al., 2013) favorisant le mélange et l'érosion des fronts thermiques aux petites échelles et vers le large.

ii) Au large, à la fin du printemps et en été, la zone de convergence inter-tropicale (ZCIT) associée à de fortes précipitations à l'équateur, se déplace vers le nord (~10°N). Les alizés faiblissent, interrompant ainsi l'USM près de la côte. Plus au large, la distribution des vents au niveau de la ZCIT se caractérise par une bande de fort rotationnel des vents sur toute la largeur de l'Atlantique Tropical le long de 8-10°N en moyenne, favorisant un upwelling hauturier. L'intensification des remontés d'eau hauturières durant cette période, est caractérisée par un renforcement de la structure formée par des courants horizontaux cycloniques à grande échelle (~1000 km), appelée Dôme de Guinée (Yamagata and Iizuka, 1995).

Le Dôme de Guinée est alimenté par les courants tropicaux zonaux de surface et de subsurface tels que le Contre-Courant Équatorial Nord (NECC) acheminant des eaux provenant de l'Atlantique Subtropical Nord et Sud via les Cellules Subtropicales de Circulation (STC ; Stramma and Schott; 1999). Il interagit dynamiquement avec les régions côtières de bord est via la propagation d'ondes de Rossby générées au niveau de la côte d'Afrique de l'Ouest, et échange des masses d'eau d'origine côtière via les exports de tourbillons méso-échelles produits par l'USM pendant l'hiver-printemps (Chaigneau et al., 2009). Il faut noter qu'aux échelles saisonnières à inter-annuelles, le Dôme de Guinée semble jouer un rôle clef dans le couplage air-mer et la variabilité du climat en Atlantique Tropical

(Chang et al., 2006 ; Doi et al., 2010). Le Dôme de Guinée est par ailleurs situé dans la zone de minimum d'oxygène dissous (ZMO) de l'Atlantique Tropical Nord, qui joue un rôle clef dans le cycle biologique de ces régions, en cloisonnant les zones riches en ressources halieutiques en surface et vers la côte (Karstensen et al., 2008 ; Brandt et al., 2010).

Objectifs Scientifiques :

Au large du Sénégal, les upwellings côtiers et hauturiers saisonniers et les structures des courants horizontaux associées demeurent encore mal connus. Il semblerait pourtant que la circulation complexe en Atlantique Tropical Nord-Est joue un rôle potentiel pour le climat local et régional, et avec certitude pour le cycle biologique de la région. Avec ce projet relativement court, nous proposons d'étudier la zone côtière et la transition côte-large, le long des 200 premiers km du méridien partant de la point de la péninsule de Dakar (le Cap Vert Sénégalais) pendant le pic d'upwelling côtier en février-mars. Ceci permettra d'approfondir les résultats des études récentes et en cours sur cette zone menées par les membres de l'équipe du projet (Alpers et al., 2013; Estrade et al., en finalisation; et Piétri et al., en cours). L'étude de la phase suivante d'apparition au large de l'upwelling hauturier, pendant l'été, est envisagée, mais à la suite de ce premier projet.

Les questions scientifiques auxquelles nous souhaitons répondre sont les suivantes:

- Quelle est la structure moyenne des courants et de l'hydrologie dans la zone de transition côte-large? Quelle est sa variabilité intra-saisonnière?
- Quels sont les liens dynamiques et thermodynamiques entre la circulation près de la côte et au large ?
- Quel est l'impact de la circulation océanique de subsurface (100-1000m) sur les propriétés de surface dans la zone côtière et au large?
- Avec quel degré de réalisme, les modèles opérationnels représentent-ils les structures et les mécanismes observables dans cette région ?

Ce projet propose dans un premier temps de documenter la structure saisonnière hivernal (horizontale et verticale) et la variabilité intra-saisonnière de la circulation et de l'hydrologie dans la zone de transition côte-large (~150-200 km). Nous réaliserons pour cela des mesures de température, salinité, oxygène le long de sections approximativement perpendiculaires à la côte, au large du Sénégal. Nous utiliserons des gliders auto-propulsés qui réaliseront plusieurs aller-retour le long des sections. Ces données nous permettront d'observer la composante de la circulation géostrophique parallèle à la côte dans la zone d'étude. Ce type de campagne a été réalisé à deux reprises dans la marge est de l'upwelling du Pérou (Piétri et al., 2013ab). En outre, l'utilisation de deux sections parallèles nous permettra de calculer la composante géostrophique méridienne des courants, et peut-être estimer les vitesses verticales notamment par résolution de l'équation oméga (e.g. Pallas-Sanz et al. 2010). Les mesures *in situ* seront complétées par les mesures ARGO de la zone, ainsi que par les données de simulation numériques et satellites (SSH, SST, Vent, Chlorophylle)

A l'aide de ces observations, nous estimerons les transports de masse et de chaleur le long et perpendiculairement à la côte, afin de mieux comprendre les interactions dynamiques (tourbillon, onde,...) et le transport de masse et de chaleur de la côte vers le large.

Dans un second temps, nous documenterons plus précisément le déplacement de l'upwelling côtier (en hiver) vers le large (en été), ainsi que les structures de courants et d'hydrologie associées. Nous prêterons une attention particulière à la profondeur de la thermocline (proche de la surface dans cette région).

Dans un troisième temps, nous chercherons à estimer les vitesses verticales des remontées de masse d'eau (upwelling) et les échanges de chaleur entre la couche de mélange et la subsurface dans la zone côtière et au large des côtes Sénégalaises. Nous examinerons précisément la dynamique et la variabilité de la couche de mélange (peu profonde dans la zone), et les différents forçages (atmosphériques, remontées d'eau de subsurface, advection, ...) opérant sur celle-ci. Ce sont les simulations numériques qui permettront d'avoir accès notamment aux flux air-mer, et ainsi de fermer le budget de chaleur au moins pour les données de modèle.

Contexte national et international :

Dans ce contexte la communauté scientifique internationale mène actuellement des efforts coordonnés afin de mieux documenter et comprendre la circulation océanique et son couplage avec l'atmosphère d'une part, et la biologie d'autre part. Nous ne mentionnerons ici que les projets nationaux et internationaux liés au présent projet :

i) Le projet PREFACE : Le présent projet est inclu dans le "Core Theme 2: Role of ocean processes in climate variability", dont A. Lazar est co-animateur, et plus particulièrement le work package "Heat and freshwater budgets, air-sea interaction Observation" du projet européen PREFACE (PI : Noël Keenlyside, IFM-GEOMAR, Kiel), qui le finance partiellement à hauteur de 30k€. Le projet PREFACE est un projet fondé et coordonné au niveau européen ayant pour but de mieux documenter et comprendre la dynamique océanique et le couplage atmosphérique au niveau des marges est en Atlantique Tropical. En effet, la température de surface de la mer en Atlantique tropical est particulièrement mal représentée dans les modèles couplés océan-atmosphère (*Large and Danabasoglu*, 2006), affichant un biais significatif ($\sim 5^{\circ}\text{C}$) qui se répercute de façon dramatique sur les prévisions de climats à toutes les échelles. Les marges est ont été identifiées comme les régions de plus fort biais dans les modèles couplés, mais également comme des régions sous-échantillonnées par les réseaux d'observation actuels (Argo, mouillages PIRATA, ...). Elles sont donc des régions prioritaires de déploiement de systèmes d'observation et d'études compréhensives du couplage océan-atmosphère. D'autres actions de mesure in-situ seront mises en place dans la zone d'étude par X. Capet et A. Lazar dans le cadre de PREFACE, et notamment une radiale courantométrique et hydrologique au large de Mbour, à proximité de la radiale sud de notre projet. Un maximum de coordination sera donc recherché entre cette action et la présente (si possible passage du Glider sud à proximité de la radiale pour comparaison des mesures et reconstructions de vitesses) .

ii) LMI ECLAIR: Le Laboratoire Mixte International (LMI) ECLAIR est porté par le LOCEAN-IPSL et le Laboratoire de Physique de l'Atmosphère et de l'Océan Siméon-Fongang (LPAOSF) de l'université Cheir Anta Diop (UCAD) de Dakar. Il se manifeste par une structuration des collaborations entre les chercheurs et étudiants de ces deux laboratoires (et d'autres partenaires, non cités ici) autour de chantiers de recherche centrés sur l'étude de l'USM et de la variabilité océanique et climatique en Atlantique Tropical Est. A. Lazar en est le co-directeur tandis que P. Testor, V. Echevin et M. Wade en sont membres. Nous nous proposons d'impliquer un étudiant Sénégalais de la promotion 2014 du Master 2 du LPAOSF pour l'analyse et l'interprétation des données des campagnes glider et l'inter-comparaison avec les sorties du modèle opérationnel du GMMC. Nous prévoyons de l'exploiter pour la valorisation de nos calculs de courants avec les mesures in situ. La coordination avec les autres actions du LMI sera forte, et notamment de l'axe océanographie physique dont X. Capet (LOCEAN) sera co-animateur dès 2014.

ii) Le projet AWA : Le projet AWA (PI : Patrice Brehmer, LEMAR/IRD, financé par l'AIRD + ministère de la recherche Allemand) offre un autre cadre structurant pour le projet. Il a pour but l'observation et la meilleure compréhension des processus biologiques dans la zone de minimum d'oxygène de l'Atlantique Tropical Est). A. Lazar est co-animateur du WP "Observation and modelling of ocean physics and biogeochemistry supporting the ecosystem approach to marine management" dans lequel s'inscrira ce projet.

Nous phaserons dans la mesure du possible nos campagnes de mesures avec les campagnes AWA ayant lieu dans notre zone d'étude en février-mars 2014 (P. Brehmer et X. Capet, responsables), en suivant une des sections cross-shore de AWA avec notre section de glider (voir annexe 4) afin d'obtenir des mesures CTD-O2 de calibration pour les capteurs du glider. La présence du navire *La Thalassa* réalisant la campagne AWA à proximité de la zone d'étude pendant une partie de la durée de la campagne glider nous fournira également un moyen de récupération du glider en cas de panne.

Plan de recherche et calendrier de réalisation

Tâche 1 - Campagne de mesures glider (février-mars 2014):

La première étape du projet consiste en la mise en place d'une expérience d'observation *in situ* nécessitant le déploiement simultané de deux Gliders le long de sections perpendiculaires à la côte d'environ 150-200 km de longueur afin de pouvoir capturer toutes les échelles de 2 km (sub- et mesoéchelle) à 200 km (échelles de la circulation moyenne et saisonnière). Une section A sera localisée au large de Dakar et une section B sera localisée environ 40 km plus au sud, au large de M'Bour (Voir plan annexe 4). Ces deux ports de pêche importants au Sénégal pourront fournir les moyens de déploiement des deux gliders (location de bateau de pêche sportive, par exemple).

Les sections auront lieu en février-mars 2014 et seront en phase avec la campagne AWA.

Tâche 2 - Traitement et analyse des mesures (2014-2015) :

Les analyses i) et ii) décrites ci-après seront effectuées à partir des mesures de 2 sections simultanées. Au cas où un glider d'une des deux sections viendrait à tomber en panne, les analyses i) restent possibles, mais plus les analyses ii).

i) La réalisation simultanée de 2 sections glider fournira des mesures T/S, O2 et optiques (fluorescence et turbidité), permettant de documenter la structure hydrologique pour la première fois sur d'aussi grande distance et durées. L'estimation des vitesses horizontales géostrophiques seront effectuées en utilisant la structure hydrologique fournie par les mesures T/S et la relation du vent thermique (impliquant un filtrage préalable des petites échelles , Pietri *et al.*, 2013), les mouvements verticaux de l'hydrologie dûs au pompage d'Ekman.

La répétition des sections (2 allés/retour en un mois) permettra également d'estimer la variabilité temporelle des structures hydrologiques et courantométriques, telles que les propagations verticales et méridiennes d'ondes côtières (Pietri *et al.*, 2013b).

La connaissance des champs T/S, du traceur O2 et de vitesses 3D permettront, en subsurface et notamment dans la thermocline, d'estimer les transports de masse et les propagation de signal en T/S et traceur O2 qui alimentent en subsurface les remontés dans la couche de mélange.

Enfin, les sections à haute résolution permettront d'observer les processus de mélange de fine échelle et leur évolution dans le temps (*méthode: Pietri et al., 2013a*) et d'estimer le mélange turbulent vertical et horizontal important pour la transformation des masses d'eau lors de leur remontée dans les régions d'*upwelling* côtiers et hauturiers (*Cole et al, 2010 ; Cole and Rudnick ; 2012 ; méthode spectrale*).

ii) La résolution des mesures glider (O 10 km) et la distance séparant les sections parallèles (O 10 km) permettront d'une part de calculer la composante méridienne des courants géostrophiques , et peut-être d'estimer les vitesses verticales associées à la méso-échelle dans le cadre la théorie quasi-géostrophique, notamment grâce à l'équation 'Oméga' (*Pallas-Sanz et al.,2010a and b*).

Le calcul de bilan de masse, température et salinité dans la couche de mélange (*e.g. : Kolodziejczyk et Gaillard, 2013*) permettront de quantifier l'impact de remontées de masse d'eau sur la couche de surface, et la contribution des différents forçages (atmosphérique, advection,...).

Tâche 3 - Évaluation des produits issus des modèles d'océanographie opérationnelle (2014-2015)

Parallèlement aux campagnes de mesures réalisées, nous estimerons le réalisme des courants et de l'hydrologie dans le modèle opérationnel au $1/12^\circ$ (PSY4V2, ou à plus haute résolution si disponible) opéré par Mercator-Océan. Cela répond au volet 3.6 « validation et évaluation des produits opérationnels » de l'appel d'offre LEFE/GMMC. Nous pourrons notamment évaluer la validité de la méthode de calcul des vitesses verticales en l'appliquant à des sorties T,S et courant intégrés du modèle et en comparant les vitesses estimées par inversion avec celles calculées par le modèle. Les simulations sans assimilation de données seront nécessaires pour l'analyse des mécanismes, tandis que celles avec assimilation permettront de quantifier le réalisme du produit. Nous utiliserons également des sorties de modèles régionaux (ROMS) à une résolution équivalente ($1/12^\circ$) produite dans le cadre de l'ANR EPURE (collaboration avec E. Machu, LPO).

Calendrier:

Participants	Janvier-Mars 2014	mars-Mai 2014	juin-septembre 2014	Octobre 2014-2015
Alban Lazar	Préparation de la campagne (5%) + 0.1 ETP soutient personnel DT	Traitement des données (5%)	Analyse des données et comparaison modèle GMMC (10%)	Analyse des données et comparaison modèle GMMC (10%)
Vincent Échevin	Préparation de la campagne +0.1 ETP soutient personnel DT	Traitement des données (5%)	Modélisation et comparaison modèle (10%)	Analyse des données et comparaison modèle GMMC (15%)
Nicolas Kolodziejczyk	Préparation et participation à la campagne (10%) +0.1 ETP soutient personnel DT	Traitement des données (10%)	Traitement des données et analyse (20%)	FIN de POST-DOC CNES mais collaboration continue. Si difficultés, alors un étudiant-stagiaire du M2 OACOS UPMC prendra le relais
Malick Wade	Préparation et participation à la campagne (10%) +0.1 ETP soutient personnel DT		Analyse des données et comparaison modèle GMMC (20%)	Analyse des données et comparaison modèle GMMC (20%)

i) Ce projet s'inscrit dans le 1er axe du volet « Rôle des processus et de leurs couplages sur le climat, l'état de l'atmosphère de la surface continentale et du milieu marin, et leurs variabilités » de l'appel d'offre LEFE/IMAGO. Le développement de méthodes de reconstruction de champs de vitesses tri-dimensionnel à l'aide des mesures *in situ* conjointes de 2 gliders est une approche novatrice (*L'Hévéder et al.*, 2013) qui permettra de mieux quantifier et comprendre les mécanismes de remontée d'eau dans les systèmes d'upwelling côtiers et hauturiers.

ii) Il s'agit également d'accroître les observations de la circulation dans la zones côte-large en Atlantique Tropical Est, encore sous-échantillonnées. La campagne s'inscrit dans le volet 3.4 « stratégie de déploiement optimal des systèmes d'observations » de l'appel d'offre LEFE/GMMC et du volet « Acquisition, développement, calibration et pérennisation des jeux de données » (2eme point en particulier) de l'appel d'offre LEFE/IMAGO. Notamment, elle vise à fournir des observations à haute résolution assurant la continuité des réseaux hauturiers et à grande échelle (Argo, campagne à la mer, mouillage,...) vers des observations plus

côtières et à petite échelle (ex : campagne UPSEN1&2, *site web cnrs-insu...*) dans la zone sous échantillonnée au large du Sénégal. Il assurera la valorisation et la mise à disposition en termes simple et facilement accessible des données obtenue (après traitement) vers la communauté (*via* notamment le portail EGO).

iii) Dans le cadre d'une demande de financement LEFE/GMMC, les données de campagnes obtenues seront valorisées par une évaluation des sorties de modèles opérationnels du GMMC dans la zone (volet 3.6 de l'offre LEFE/GMMC).

iv) Du point de vue de la recherche scientifique spatiale, nous allons participer à la valorisation des observations satellites actuelles (utilisations de mesures d'altimétrie AVISO pour comparer avec les courants géostrophiques de surface calculés à partir des mesures glider) et fournir à la communauté des données pour la validation de courantologie océanique côtière pour l'altimètre en bande Ka Saral/AltiKa lancée depuis moins d'un an.

Ressources nécessaires à la réalisation du projet

1) Ressources existantes:

- tarifs de 2 sessions Glider de 1 mois (forfait DT-INSU, ingénieur, piles,...) :
 $2 \times 6600\text{€} = 13200\text{€}$
- Transport de 2 gliders :
 3000€
- location des bateaux de pêche sportive pour le déploiement
 $500\text{€}/\text{jours} = 2000\text{€}$
- petite équipement = 1000€
- Intervention bateau Sénégalais (location à une entreprise) en cas de panne
 $3000\text{€}/\text{jours} \times 1\text{j}$
- 4 missions (2 déploiements + 2 récupérations, billets d'avions, per diem,...):
 $4 \times 2000\text{€} = 8000\text{€}$
total = **30200€**

2) Demande LEFE/GMMC de 4000 €, pour la valorisations des résultats d'inter-comparaison des modèles opérationnels avec les données (présentations des résultats, conférences à l'étranger, publications,...)

- 3 missions : une mission à Toulouse pour présentation des résultats du projet : 500 €, une mission à Brest pour collaboration avec l'équipe du LPO : 500 €, une conférence internationale : 1500 € = 2500€
- 1 mission d'un étudiant de Dakar pour 1 mois au LOCEAN (1500€)
- Une publication : 1500 €

Total : **5500 €**

TABLEAU RECAPITULATIF DU BUDGET, A REMPLIR OBLIGATOIREMENT, EN COHERENCE AVEC LE TABLEAU DU FORMULAIRE EN LIGNE

	coût total	Cofinancements (préciser la source pour chaque case concernée)							Total demande INSU (préciser l'action concernée en cas de projet multi-actions)		
		Acquis anné e 1	Acquis anné e 2	Acquis anné e 3	Dem andé s Anné e 1	Dem andé s anné e 2	Dem andé s anné e 3	deman de INSU année 1	deman de INSU année 2	deman de INSU année 3	
Moyens nationaux (<i>rempli automatiquement sur le formulaire informatisé</i>)											
Personnel permanent (<i>rempli automatiquement sur le formulaire informatisé</i>)											
Personnel temporaire (<i>rempli automatiquement sur le formulaire informatisé</i>)											

Fonctionnement - Consommateurs - Petit équipement ($<15k\text{€}$) - Missions (<i>A détailler et justifier</i>) - Analyses (à détailler dans tableau ci-dessous) - Publications - Gratifications de stage								
Equipement $> 15 \text{ k€}$ (joindre devis)								

Implication du personnel :

- Alban Lazar (MdC UPMC): 10% dont 0.1 ETP soutien au personnel DT
- Nicolas Kolodziejczyk (Post-doc CNES, fin : 30 sep. 2014): 15% dont 0.3 ETP soutient DT
- Vincent Echevin (CR IRD): 15% dont 0.1 ETP soutien au personnel DT
- Malick Wade (Postdoc AWA, fin : 31 décembre 2015) : 20%
- Pierre Testor : 5% (expertise glider)

Autres collaborations prévues:

- Gilles Reverdin (DR CNRS): expertise
- Éric Machu (CR IRD): Implication logistique et expertise modèle
- Xavier Capet (CR CNRS): expertise

Co-financements acquis ou soumis (hors INSU)

Le financement des campagnes est principalement assuré par le projet Européen PREFACE (à partir de l'automne 2013 et pour 4 ans). Des fonds supplétifs, en cas notamment de récupération de gliders en panne au large, pourront être fournis par le LOCEAN et le LMI ECLAIR/SPLASH.

Les contrats postdoctoraux de N. K. et de M. W. sont financés par les programmes de financement CNES et AWA

Valorisation des travaux antérieurs

Références bibliographiques

Liste des contrats obtenus au cours des quatre dernières années :

- titre du projet / programme / année / crédits obtenus / résumés des principaux résultats / liste des publications / base de données et accès

A. Lazar :

- "Core-Theme" leader et WP leader "PREFACE", programme FP7 Union Européenne, 2013-2016, budget ~9 M€. Valorisation en cours.
- WP leader "AWA", programme tripartie France(MESR,MAE,AIRD)/Allemagne(BMBF)/Afrique, 2013-2016, budget ~2 M€. Valorisation en cours.
- Co-I programmes *COCES* et *COCES2* "Coastal Ocean Circulation Experiment off Senegal", 2009-2012, P.I. Dr. Pierre-Marie Poulain (OGS, Trieste, Italie) (http://nettuno.ogs.trieste.it/sire/drifter/coces/coces_main.php?country_www=COCES). dont P.I. campagne océanographique "COCES2", mai 2013. Budget COCES total > 100k€. Valorisation : 1 article publié et 2 autres en préparation
- co-P.I. campagne océanographique CNFC "UPSEN2" avec X. Capet, 2013, et co-I programme LEFE-IMAGO "FUSE", 2013, P.I. X. Capet. Budget 50k€ de soutien à la campagne. Valorisation en cours.
- P.I. campagne océanographique CNFC-IRD "UPSEN" sur le Suroit, 2012. Budget 10k€. Valorisation (Estrade et al., finalisation).
- P.I. programme GMMC "Profileurs ARGO dans l'upwelling Mauritan-Sénégalais : échantillonner régulièrement une région fortement dispersive", 2011-2012. Budget 1k€. Valorisation en cours.
- P.I. programme de campagne océanographique par glider du LOCEAN "SENEGLIDE", février-mars 2011, Budget 20k€. Valorisation : (Piétri et al., en cours).
- P.I. programme CNES-EUMETSAT "ANETUS II Kelvin Waves and Eddies in the Tropical Off-Equatorial Basins: Morphology, forcing and interactions", 2008-2011. Budget >~80k€. Valorisation : 3 articles
- P.I. programme d'accueil à l'IRD "Upwelling et climat en Atlantique tropical nord-est", 2007-2012

Publications:

- Coëtlogon, G., M. Leduc-Leballeur, R. Meynadier, S. Bastin, M. Diakhaté, L. Eymard, H. Giordani, S. Janicot, A. Lazar. "Atmospheric response to sea surface temperature in the Eastern Equatorial Atlantic at quasi-biweekly timescales". Accepted in QJRMS, 2013.
- "Alpers, W.; Brandt, P.; Lazar, A.; Dagorne, D.; Sow, B.; Faye, S.; Hansen, M.W.; Rubino, A.; Poulain, P.M.; Brehmer, P.; ",A small-scale oceanic eddy off the coast of West Africa studied by multi-sensor satellite and surface drifter data,Remote Sensing of Environment,129,,132-143,2013,Elsevier
- "Azzoug, M.; Carré, M.; Chase, B.M.; Deme, A.; Lazar, A.; Lazareth, C.E.; Schauer, A.J.; Mandeng-Yogo, M.; Simier, M.; Thierno-Gaye, A.; ",Positive Precipitation-Evaporation budget from AD 460 to 1090 in the Saloum Delta (Senegal) indicated by mollusk oxygen isotopes,Global and Planetary Change,,,2012,Elsevier
- "Mignot, J.; Lazar, A.; Lacarra, M.; ",On the formation of barrier layers and associated vertical temperature inversions: A focus on the northwestern tropical Atlantic,Journal of Geophysical Research, 117,C2,2010,2012,American Geophysical Union
- "Brandt, P.; Caniaux, G.; Bourles, B.; Lazar, A.; Dengler, M.; Funk, A.; Hormann, V.; Giordani, H.; Marin, F.; ",Equatorial upper-ocean dynamics and their interaction with the West African monsoon,Atmospheric Science Letters,12,1,24-30,2010,Wiley Online Library
- "Coëtlogon, G.; Janicot, S.; Lazar, A.; ",Intraseasonal variability of the ocean—atmosphere coupling in the Gulf of Guinea during boreal spring and summer,Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society, 136,S1,426-441,2010,Wiley Online Library

Vincent Echevin

- P.I. Projet ANR PEPS « Peru Ecosystem Projection Scenario », 2009-2012
- co-PI Projet TOSCA « Variabilité du niveau de la mer, vents et circulation de surface dans la zone côtière de l'upwelling péruvien», 2014-2015.

- co-PI projet LEFE/GMMC « NEMPECH (NEMo PEru CHili coupled modelling) », 2012-2013.
- co-PI projet IRD PPR Cute « coastal upwelling Tropical ecosystems », 2013-

Publications:

- Albert, A., V. Echevin, M. Lévy, and O. Aumont, 2010: Impact of nearshore wind stress curl on coastal circulation and primary productivity in the Peru upwelling system, *J. Geophys. Res.*, 115, C12033, doi:10.1029/2010JC006569
- Goubanova K., V. Echevin, B. Dewitte, F. Codron, K. Takahashi, P. Terray, M. Vrac, 2010: Statistical downscaling of sea-surface wind over the Peru-Chile upwelling region: diagnosing the impact of climate change from the IPSL-CM4 model. *Clim. Dyn.*, DOI 10.1007/s00382-010-0824-0
- Lathuilière, C., V. Echevin, M. Lévy and G. Madec, 2010: On the role of mesoscale circulation on an idealized coastal upwelling ecosystem (2010), *J. Geophys. Res.*, Vol 115, C09018, doi:10.1029/2009JC005827.
- Lathuilière, C., M. Lévy and V. Echevin, 2010: Impact of eddy-driven vertical fluxes on phytoplankton abundance in the euphotic layer, *J. Plankton Res.* doi: 10.1093/plankt/fbq131
- Echevin, V., F. Colas, A. Chaigneau, and P. Penven, 2011 :Sensitivity of the Northern Humboldt Current System nearshore modeled circulation to initial and boundary conditions, *J. Geophys. Res.*, doi:10.1029/2010JC006684,
- Echevin V., K. Goubanova, B. Dewitte, A. Belmadani, 2011 : Sensitivity of the Humboldt Current system to global warming: a downscaling experiment of the IPSL-CM4 model, *Clim Dyn*, DOI 10.1007/s00382-011-1085-2
- Gutiérrez D., A. Bertrand, C. Wosnitza-Mendo, B. Dewitte, S. Purca, C. Peña, A. Chaigneau, J. Tam, M. Graco, V. Echevin, C. Grados, P. Fréon & R. Guevara-Carrasco, 2011: Sensibilidad del sistema de afloramiento costero del Perú al cambio climático e implicancias ecológicas. *Revista Peruana Geo-atmosfera RPGA* (3), 1-26.
- Belmadani, A., V. Echevin, B. Dewitte, and F. Colas, 2012. Equatorially-forced intraseasonal propagations along the Peru-Chile coast and their relation with the nearshore eddy activity in 1992-2000: A modelling study. *J. Geophys. Res.-Oceans*, DOI:10.1029/2011JC007848
- Montes, I., W. Schneider, F. Colas, B. Blanke, and V. Echevin, 2011. Subsurface connections in the eastern tropical Pacific during La Niña 1999–2001 and El Niño 2002–2003, *J. Geophys. Res.*, 116, C12022, doi:10.1029/2011JC007624.
- Renault, L., B. Dewitte, P. Marchesiello, S. Illig, V. Echevin, G. Cambon, M. Ramos, O. Astudillo, P. Minnis, and J. K. Ayers, 2012. Upwelling response to atmospheric coastal jets off central Chile: A modeling study of the October 2000 event, *J. Geophys. Res.*, 117, C02030, doi:10.1029/2011JC007446.
- Pietri, A., P. Testor, V. Echevin, A. Chaigneau, L. Mortier, G. Eldin, C. Grados, 2011. Fine scale vertical structure of the upwelling system off Southern Peru as observed from glider data. *Journal of Physical Oceanography*, sous presse.
- Resplandy, L., M. Lévy, L. Bopp, V. Echevin, S. Pous, V. V. S. S. Sarma, and D. Kumar, 2012. Controlling factors of the OMZ in the Arabian Sea. *Biogeosciences Discuss.*, 9, 5509-5550.

- Cambon, G. K. Goubanova, P. Marchesiello, B. Dewitte, S. Illig and V. Echevin, 2012. Assessing the impact of downscaled atmospheric winds on a regional ocean model simulation of the Humboldt system, *Ocean Modelling*, sous presse.
- Brochier, T., V. Echevin, A. Chaigneau, J. Tam, A. Bertrand, 2013 : Small pelagic fish reproduction in the Humboldt Current system under different climate scenarios, *Global Change Biology*, sous presse.
- Chaigneau,A., N. Dominguez, G. Eldin, L. Vasquez, R. Flores, V. Echevin, 2013. The Peru-Chile Undercurrent along the Peruvian coast: Mean characteristics and seasonal variations from SADCP, *Journal of Geophysical Research.*, sous presse.

Nicolas Kolodziejczyk:

- Kolodziejczyk, N., B. Bourlès, F. Marin, J. Grelet, and R. Chuchla, 2009 : Seasonal variability of the Equatorial Undercurrent at 10°W as inferred from recent in situ observations, *J. Geophys. Res.*, 114, C06014, doi:10.1029/2008JC004976.
- Kolodziejczyk, N., J. Ochoa, J. Candela, and J. Sheinbaum, 2011 : Deep currents in the Bay of Campeche, *J. Phys. Oceanogr.*, 41, 1902-1920.
- Caniaux, G., H. Giordani, J.-L. Redelsperger, M. Wade, B. Bourlès, D. Bourras, G. de Coëtlogon, Y. du Penhoat, S. Janicot, E. Key, N. Kolodziejczyk, L. Eymard, J. Jouanno, A. Lazar, M. Ledu-Leballeur, N. Lefèvre, F. Marin, H. Nguyen, et G. Parard, 2012: Les Avancées d'AMMA sur les Interactions Océan-Atmosphère, *La Météorologie*, 17-24.
- Kolodziejczyk, N., J Ochoa, J. Candela, J. Sheinbaum, 2012 : Observation of intermittent barotropic currents and deep eddies in the Gulf of Mexico, *J. Geophys. Res.*, 117, C09014, doi:10.1029/2012JC007890, 2012
- Kolodziejczyk, N., and F. Gaillard, 2012 : Observation of the inter-annual variability of spiciness anomalies in the Pacific thermocline, *J. Geophys. Res.*, 117,C12018, doi:10.1029/2012JC008365
- Kolodziejczyk, N., and F. Gaillard, 2013a : Variability of the Heat and Salt Budget in the Subtropical South-Eastern Pacific Mixed Layer between 2004 and 2010: Spice Injection Mechanism, *J. Phys. Oceanogr.*, 43, 1880-1898
- Kolodziejczyk, N., F. Marin, B. Bourlès, Y. Gouriou, and H. Berger, 2013b : Seasonal variability of the equatorial undercurrent termination and associated salinity maximum in the Gulf of Guinea, en revision por *Ocean Dynamics*.
- Kolodziejczyk, N., O. Hernandez, J. Boutin et G. Reverdin, 2013c : SMOS salinity in the subtropical north Atlantic salinity maximum: Part II: Observation of the surface thermohaline horizontal structure and of its seasonal variability. A soumettre à *J. Geophys. Res.*

Malick Wade

- **Wade, M., G. Caniaux, Y. duPenhoat, M. Dengler, H. Giordani and R. Hummels. (2011):** A one-dimensional modeling study of the diurnal cycle in the equatorial Atlantic at the PIRATA buoys during the EGEE-3 campaign. *Ocean Dynamics*, 61, 1-20, DOI:10.1007/s10236-010-0337-8
- **Caniaux, G., H. Giordani, J.-L. Redelsperger, F. Guichard, E. Key, and M. Wade. (2011):** Coupling between the Atlantic cold tongue and the West African monsoon in boreal spring and summer. *J. Geophys. Res.*, 116, C04003, doi:10.1029/2010JC006570

- Wade, M., G. Caniaux, and Y. du Penhoat (2011): Variability of the mixed layer heat budget in the eastern equatorial Atlantic during 2005–2007 as inferred using Argo floats, *J. Geophys. Res.*, 116, C08006, doi: 10.1029/2010JC006683
- Caniaux G., GiordaniH., Redelsperger JL., Wade M (2012): Les Avancées d'AMMA sur les interaction Océan-Atmopshère. Soumis au Journal La Météorologie.

Compléments

L'équipe de ce projet réunie des expertises qui permettront la bonne réalisation de la campagne ainsi que de l'analyse des données.

Le porteur A. Lazar possède une bonne expérience du terrain, ainsi que des ressources humaines et logrielles disponibles en cas de besoins de navires, côtiers et hauturiers, sont disponibles). Il a en particulier déjà mené plusieurs campagne de mesure au large du Sénégal (navires, déploiements de profileurs ARGO ou dériveurs SVP) et en particulier une campagne de mesure glider dont l'analyse est en cours (SENEGLIDE février-mars 2011, collaborateurs: A. Piétri, P. Estrade, V. Echevin, P. Testor) dont l'analyse est en cours. Il est enfin expert en modélisation océanique et notamment du modèle NEMO dans la zone du projet

V. Echevin est modélisateur de la méso-échelle dans les upwellings côtiers de bord Est, et a développé une expertise de l'analyse de ces régions (Pérou) à l'aide des gliders.

N. Kolodziejczyk est post-doctorant spécialisé dans l'observation de l'océan à toutes les échelles notamment la collecte et l'analyse (mouillages océanographiques, Argo, campagne, ...), Il est spécialisé dans l'observation de la dynamiques de la circulation océanique et les propriétés des masses d'eau.

M. Wade est postdoctorant dans le programme AWA. Il est physicien spécialisé dans l'analyse des données océanographiques, et développe une expertise de modélisation NEMO dans la zone. Il a été chef de mission d'une campagne océanographique dans la zone (COCES, mai-juin 2013) sur un navire hauturier de travaux et recherches océanographique sénégalais (affrété par la Cie "Tout Travaux Sous-Marins" à Dakar) et connaît donc le terrain et les moyens d'intervenir pour récupérer un glider si nécessaire.

P. Testor est spécialiste des campagnes glider de la conception jusqu'à l'exploitation des données.

Bibliographie :

- Alpers, W., P. Brandt, A. Lazar, D. Dagorne, B. Sow, S. Faye, M. W. Hansen, A. Rubino, P.-M. Poulain, P. Brehmer (2012), A small-scale oceanic eddy off the coast of West Africa studied by multi-sensor satellite and surface drifter data. *Rem. Sens. Environ.*, 129, 132-143, doi:10.1016/j.rse.2012.10.032
- Brandt, P., V. Hormann, A. Körtzinger, M. Visbeck, G. Krahmann, L. Stramma, R. Lumpkin and C. Schmid, 2010: Changes in the ventilation of the oxygen minimum zone of the tropical North Atlantic. *J. Phys. Oceanogr.*, 40 (8), 1784-1801.
- Chaigneau, A., G. Eldin, and B. Dewitte (2009), Eddy activity in the four major upwelling systems from satellite altimetry (1992-2007), *Prog. Oceanogr.*, 83, 117–123.
- Chang, P., T. Yamataga, P. Schpff, S. K. Behera, J. Carton, W. S. Kessler, G. Meyers, T. Qu, F. Schott, S. Shetye, and S.-P. Xie, (2006): Climate Fluctuation of Tropical Coupled Systems – The rôle of the Ocean Dynamics, *J. Clim.*, 19, 5122-5173.
- Doi, T., T. Tozuka, and T. Yamagata (2010), The Atlantic Meridional Mode and Its Coupled Variability with the Guinea Dome, *J. Clim.*, 23, 455-475
- Estrade, P., A. Lazar, X. Capet, S. Ndoye, M. Wade, F. Colas, B. Sow, S. Faye and D. Dausse. (2013) : Observing vertical velocities in the Senegalese Upwelling on superinertial time scales., en finalisation
- GIEC, 2007 : Rapport du Groupe de travail II - Conséquences, adaptation et vulnérabilité, M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden and C.E. Hanson (eds), [Cambridge University Press](http://www.cambridge.org) Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.
- Karstensen, J., L. Stramma, and M. Visbeck (2008), Oxygen minimum zones in the eastern tropical Atlantic and Pacific oceans, *Prog. Oceanogr.*, 77 (4), 331–350, doi:10.1016/j.pocean.2007.05.009.

- Kolodziejczyk, N., and F. Gaillard (2013), Variability of the Heat and Salt Budget in the Subtropical South-Eastern Pacific Mixed Layer between 2004 and 2010: Spice Injection Mechanism, *J. Phys. Oceanogr.*, 43, 1880-1898.
- Large, W.G. and G. Danabasoglu (2006), Attribution and impacts of upper ocean biases in CCSM3. *J. Climate*, 19, 2325-2346.
- Lathuilière, C., Echevin, V., & Lévy, M. (2008). Seasonal and intraseasonal surface chlorophyll-a variability along the northwest African coast. *Journal of Geophysical Research*, 113(C5), C05007
- Pallàs-Sanz, E., T. M. S. Johnston, and D. L. Rudnick (2010), Frontal dynamics in a California Current System shallow front: 2. Mesoscale vertical velocity, *J. Geophys. Res.*, 115, C12068, doi: 10.1029/2010JC006474.
- Piétri, A., P. Testor, V. Echevin, A. Chaigneau, L. Mortier, G. Eldin, C. Grados (2013a), Fine scale vertical structure of the upwelling system off Southern Peru as observed from glider data. *J. Phys. Oceanogr.*, 43, 631–646. doi: <http://dx.doi.org/10.1175/JPO-D-12-035.1>
- Piétri, A., V. Echevin, P. Testor, A. Chaigneau, L., Mortier, C. Grados and A. Albert (2013b), Evidence of an intermittent deep equatorward flow in the Peru upwelling system, *J. Geophys. res.*, submitted.
- Piétri, A., A. Lazar, V. Echevin, P. Estrade, P. Testor (en préparation), High resolution glider observations of the three dimensional structure of the ocean dynamics and hydrology at the Senegalese Cap Verde peninsula during the winter upwelling.
- Stramma, L., and F. Schott (1999), The mean flow field of the tropical Atlantic Ocean, *Deep Sea Res. II*, 42, 279–303.
- Richter, I., & Xie, S. P. (2008). On the origin of equatorial Atlantic biases in coupled general circulation models. *Climate Dynamics*, 31(5), 587-598.
- Richter, I., Xie X.P., Wittemberg A.T. and Y. Matsumoto (2012b). Tropical Atlantic biases and their relation to surface wind stress and terrestrial precipitation, *Clim. Dyn.*, 38, 985-1001.
- Stramma, L., and F. Schott (1999), The mean flow field of the tropical Atlantic Ocean, *Deep Sea Res. II*, 42, 279–303.
- Tozuka, T., T. Doi, T. Miyasaka, N. Keenlyside, and T. Yamagata (2011). Key factors in simulating the equatorial Atlantic zonal sea surface temperature gradient in a coupled general circulation model. *J. Geophys. Res. Oce.*, 116.
- Yamagata T, Iizuka S (1995) Simulation of the tropical thermal domes in the Atlantic: a seasonal cycle. *J. Phys. Oceanogr.*, 25:2129–2140. doi:10.1175/1520-0485(1995)025<2129:SOTTID>2.0.CO;2