

FLOTTE OCEANOGRAPHIQUE FRANCAISE

APPEL D'OFFRES 2015

Nom de la campagne : OUTPACE

Nom du responsable du projet/programme : Thierry Moutin & Sophie Bonnet

Nom du chef de mission principal : Thierry Moutin



Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

FICHE SYNTHETIQUE N°1	NOM DE LA CAMPAGNE : OUTPACE
------------------------------	-------------------------------------

Année demandée : 2015	Chef de mission principal		Autre(s) chef(s) de mission
Durée totale souhaitée (mobilisation et démobilisation incluses) : 45 jours			
Période (si impératif) : Entre décembre et mars impératif	Nom Prénom :	Moutin Thierry	Bonnet Sophie
Zone : Pacifique Sud Ouest	Organisme :	Aix-Marseille University	IRD
Pays dont les eaux territoriales sont concernées : France (Nouvelle Calédonie et Polynésie), Vanuatu, Fiji, Tonga, Iles Cook.	Laboratoire :	MIO	MIO
Pays dont la zone économique est concernée : France (Nouvelle Calédonie et Polynésie), Vanuatu, Fiji, Tonga, Iles Cook.	Adresse :	Campus de Luminy Case 901 13288, Marseille, Cedex 09 FRANCE	Centre IRD Nouméa 101 Pr. R. Laroque, BPA5, 98848 Nouméa Cedex, NOUVELLE CALEDONIE
	Tél.:	00-33(4) 91 82 95 60	00-687 26 07 46
	Fax :	00-33 (4) 91 82 95 40	
	E-mail :	thierry.moutin@univ-amu.fr	sophie.bonnet@univ-amu.fr

Travaux : Prélèvements hydrologiques (profils CTD+rosette de bouteilles Niskin, profils avec rosette Trace Metal Clean (TMC), pompe <i>in situ</i>), transects et transits avec le MVP 200, déploiement de mouillage dérivants (pièges à sédiment, ligne de production avec IODA6000), Filets de collecte du zooplancton, PVM, profils VMP6000 (ou Scamp), XBT, ADCP.	Equipes scientifiques et techniques embarquées Françaises : MIO : 2(AMU), 5(IRD), 9(CNRS) LOV : 3 LOCEAN : 2 USTV: 1 DT-INSU : 1 Etrangères : Woods Hole Oceanographic Institution (USA): 1 Columbia University (USA): 1 Florida State University (USA): 1 Bar-Ilan University (Israel) :1 University of Stockholm (Sweden) :1 Laboratoires impliqués à terre MIO : 11, LOV : 6, LOCEAN : 4, LOG : 2, LEGOS : 2, LEMAR : 1, EIO : 1, USC Los Angeles (USA): 2, University of California, Santa Cruz (USA): 1, University of South Pacific (Fidji): 3, Max Planck Institute for Microbiology (Germany): 1
Navire(s) souhaité(s) par ordre de préférence : Atalante	
Engin(s) sous-marin(s) : NON	
Gros équipements : Containers chimie propre, radioisotopes, VMP200,, VMP6000, pièges à sédiment.	
Nécessité d'une campagne pour récupération d'engins ? Non	

Type de campagne : Recherche scientifique ☒ Service d'intérêt public ☐ Recherche technologique ☐ Essai technique ☐
Autre (préciser) :
Thème de la campagne : Etude de la biogéochimie et de la biodiversité marine dans le Pacifique tropical SW. Etude lagrangienne de la production de matière organique et de son devenir dans des environnements oligotrophes contrastés caractérisés par un gradient d'influence de la fixation d'azote atmosphérique.
Cette proposition s'inscrit dans une série de campagnes : ☒ OUI - NON
Si oui nom du programme ou du chantier :
Année de démarrage : 2014 Année prévue de fin : 2017
Cette proposition est rattachée à des programmes nationaux ou internationaux avec comité scientifique : OUI - NON
Si oui lesquels : INSU-LEFE, IMBER (cf. lettre en annexe 3).
Envoyer une copie de ce dossier de proposition de campagne aux responsables des programmes concernés
S'agit-il d'une première demande ? : ☒ OUI - NON
S'il y a eu une précédente demande, fournir une copie du rapport de la commission l'ayant évaluée

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

FICHE SYNTHETIQUE N°2	NOM DE LA CAMPAGNE : OUTPACE
------------------------------	-------------------------------------

1 - Evaluation des frais directement à la charge de l'équipe demandeuse et de leur financement

Types de coûts	Coûts en Euros	Sources et niveaux des financements assurés	Sources et niveaux des financements envisagés
Frais de préparation de la campagne (missions préparatoires, équipements à acquérir, consommables, ...)	33580		LEFE + ACI IRD
Frais de missions (voyages + séjours) de l'équipe embarquée	51800	24000 (MIO)	'ACI IRD + INSU LEFE
Frais d'acquisition de nouveaux matériels, contrat, sous-traitance	0		
Frais de transport du matériel propre à l'équipe	48820		LEFE
Frais d'analyse et de dépouillement à terre	109400		ANR, LEFE
Autres frais (réunions, ateliers ciblés, gratifications de stages, salaire doctorant et post doctorant, frais de publication, de communications internationales,...)	369852		ANR
Coût total	613452 (partie française) Cf Budget LEFE pour détails par poste/année	24000 + 344524 (salaires non permanents + contributions 8 Univ. étrangères)	

Cf Budget détaillé en Annexes 5 et 6 incluant cout personnel temporaire, transport échantillons... et cout de participation d'organismes étrangers.

Le tableau ci-dessus ne correspond qu'au coût de la mission supporté par la France hors salaire. La plupart des financements nécessaires à la participation des étrangers est acquises (ex : financement NSF (USA) pour B. Van Mooy et S. Dyhrman supérieur à 1.2 millions de \$ pour un projet dont une partie servira à couvrir les frais de participation à cette campagne (transport, analyses, etc...), cf. annexe 4.

2 - Financement du navire, des engins et/ou équipements lourds

Un financement a-t-il été demandé ou obtenu pour la mise en œuvre du navire et les engins : NON mais il sera envisagé à l'ANR en fonction de la décision de la CNFH.

3 - Avis et signatures des responsables

	Responsable hiérarchique du chef de mission principal*
Nom et Prénom	Sempéré Richard
Titre	Directeur
Unité	MIO
Organisme	CNRS-IRD-AMU-USTV
Adresse	Campus de Luminy
Tel	33(0) 4 91 82 92 12
Fax	
E-mail	Richard.sempere@univ-amu.fr
Nombre de dossiers présentés par l'unité	1
Avis - Priorité (Obligatoire)	Ce projet fait pleinement partie de la prospective scientifique du laboratoire (étude couplée de processus physiques et biogéochimiques contrôlant la production et le devenir de la matière organique dans l'océan) dans une des régions océanique d'intérêt pour le MIO, le Pacifique tropical Sud Ouest. La demande est donc fortement soutenue par le laboratoire qui la classée en première priorité.
Date et signature des responsables	Le 19 septembre 2013 Richard SEMPERE – Directeur du MIO

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

RESUME - ABSTRACT	NOM DE LA CAMPAGNE : OUTPACE
--------------------------	-------------------------------------

RESUME

Mots-clefs (5 max) : Cycles Biogéochimiques, Fixation d'azote, Oligotrophie, Production primaire, Pacifique Sud-Ouest.

Le fonctionnement et la productivité des systèmes oligotrophes, ainsi que le rapport entre production et minéralisation dans ces régions, sont encore sujets à débat. Initialement considérés comme des déserts biologiques, il a été récemment démontré que ces systèmes peuvent largement contribuer à l'exportation de carbone organique. Une compréhension approfondie de ces écosystèmes très vastes est nécessaire si l'on veut pouvoir les caractériser et prédire d'éventuelles modifications liées aux changements environnementaux. Ce projet a pour objectif de donner une description zonale de la biogéochimie et de la diversité biologique dans la Pacifique tropical sud ouest le long d'un gradient de disponibilité nutritive, et de produire une étude détaillée de la production biologique et de son devenir dans 3 sites contrastés, avec une attention particulière pour la production supportée par la fixation d'azote. Nous voulons déterminer si les processus de production de matière organique, de reminéralisation et d'exportation sont différents dans ces sites; et si ils le sont, déterminer comment ces différences sont reliées avec la diversité/fonction des organismes fixateurs d'azote. La comparaison entre différents sites le long d'un gradient longitudinal de disponibilité nutritive devrait nous procurer un nouvel aperçu pour identifier et comprendre les interactions fondamentales entre biogéochimie marine et écosystèmes. Nous allons nous focaliser sur plusieurs questions d'intérêt actuel concernant le couplage/découplage des processus d'apports et de pertes de carbone et d'éléments nutritifs dans la couche éclairée. Ces processus contrôlent la structure et la fonction des communautés planctoniques, et finalement, la capacité de l'océan à piéger du carbone par voie biologique. Nous allons étudier le fonctionnement de chaque écosystème dans des conditions physiques décrites par des nouvelles approches combinant la localisation satellitaire à l'utilisation de flotteurs dédiés pour un suivi lagrangien des masses d'eau, et finalement, à partir d'approches expérimentales et de modélisations, examiner le rôle des diazotrophes dans chaque écosystèmes.

ABSTRACT

Traduction en Anglais du résumé

Keywords (5 max): Biogeochemical cycles, Nitrogen fixation, Oligotrophy, Primary production, SW Pacific

The functioning and productivity of oligotrophic systems, and the balance between production and mineralization in these oceanic areas, is still the subject of much debate. Once thought to be biological deserts, recent research has shown that these systems could largely contribute to the global ocean organic carbon export. It is important to thoroughly understand the biogeochemical functioning of these vast ecosystems in order to characterize their evolution in the context of climate alteration. This project aims to give a zonal description of the biogeochemical functioning and biological diversity of the South West (SW) Pacific toward a gradient of macro- and micro-nutrients availability, and produce a detailed study of the biological production and its subsequent fate in 3 contrasting sites, with a specific emphasis on the production sustained by nitrogen fixation. We will determine whether organic matter production, re-mineralization and export processes are different at these sites, and if so, determine how these differences are related with the diversity/function of nitrogen-fixing organisms in the planktonic community. Comparing different sites, along a zonal gradient of differing nutrient availability, should provide us with a new insight for identifying and understanding the fundamental interactions between marine biogeochemistry and ecosystems. We will focus on several current issues of interest regarding the coupling/uncoupling between carbon (C) and nutrient (N,P,Si,Fe) delivery and removal processes in the surface layer. These processes control the planktonic community structure and function and ultimately, the ability of the ocean to biologically sequester C. We shall describe the functioning of each distinct ecosystem under physical conditions described with new approaches combining satellite localization and drifters for lagrangian strategy, and finally, using experimental and modelling approaches, examine the biogeochemical role of diazotrophs in each system.

DOCUMENT N° 1	NOM DE LA CAMPAGNE : OUTPACE
---------------	------------------------------

PROJET SCIENTIFIQUE, TECHNOLOGIQUE OU TECHNIQUE

General context including the major results from previous cruises, general objectives and associated strategy, link with national and international programs, expected results, research plan and time schedule

1. General context

The additional CO₂ in the atmosphere, mainly resulting from fossil fuel emissions linked to human activities (anthropogenic CO₂), is the main cause of global warming. The ocean has acted as a major sink of anthropogenic CO₂ (Sabine et al., 2004) preventing a greater accumulation in the atmosphere and therefore a greater increase in the earth's temperature. The biological pump (Fig. 1) provides the main explanation for the vertical gradient of carbon (C) in the ocean. Its strength and efficiency depends upon the complex balance between organic matter production in the euphotic zone and its remineralisation in both the epipelagic and mesopelagic zones. The biological pump was thought to be in an equilibrium state with an associated near-zero net exchange of CO₂ with the atmosphere (Broecker 1991, Murnane et al., 1999). Climate alterations are beginning to disrupt this equilibrium and the expected modification of the biological pump will probably considerably influence oceanic C sequestration (and therefore global warming) over a decadal time scale (Sarmiento and Gruber, 2006). The long term decrease of phosphate availability and the shift from previously N to P limited production associated with increasing input of nitrogen by N₂ fixation was one of the first evidence of the biological pump alteration observed from the ALOHA station time series in the north Pacific gyre (Karl et al., 1997; 2008).

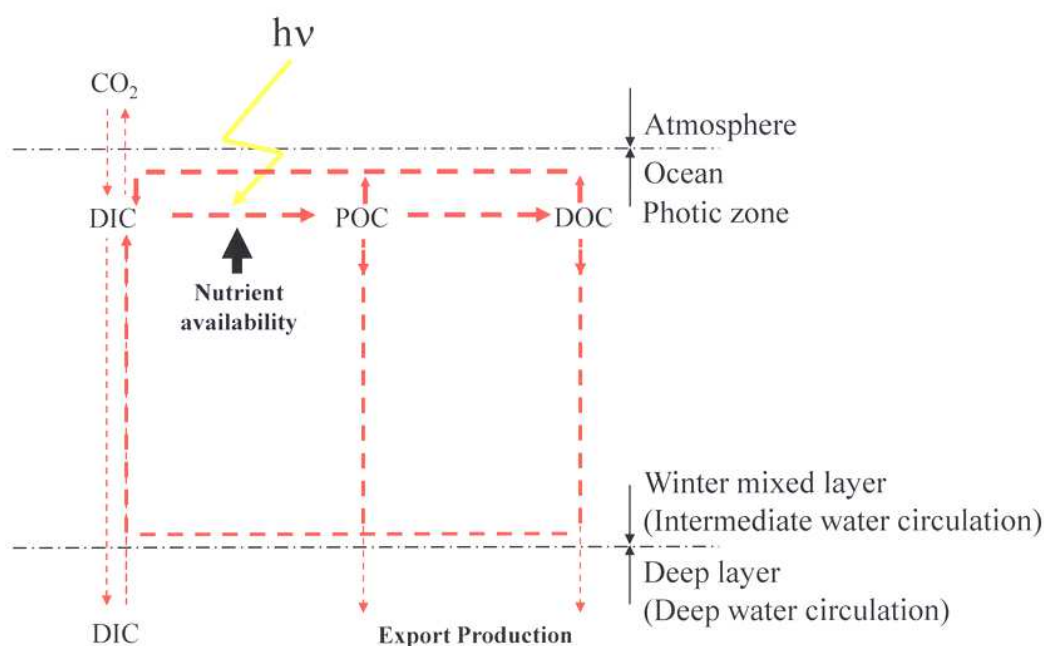


Fig. 1. Major C fluxes for a biological pump budget. Biological pump: C transfer by biological processes into the ocean interior. DIC: Dissolved Inorganic C, POC: Particulate Organic C, DOC: Dissolved Inorganic C. See Moutin et al., (2012) for a detailed description.

The input of new N to the surface ocean through biological N₂ fixation represents a major link between the C and N biogeochemical cycles, i.e between the upper ocean nutrient availability and the biological pump, i.e between ocean and climate. This link was recently shown to play a central role in previous natural climate changes over long time scales (Galbraith et al., 2013, Dernières nouvelles de l'INSU n°200: Le cycle océanique de l'azote face aux changements climatiques, Jeudi, 25 Juillet 2013). It is nevertheless clear that expected climate changes followed by anthropogenic atmospheric CO₂ changes may concern shorter time scales: the increase in atmospheric CO₂ over the past 200-y is equal to the increase in atmospheric CO₂ between glacial to interglacial conditions, which took place over several thousand y (Sarmiento and Gruber, 2006). It is therefore necessary to obtain a precise representation of the N₂ fixation process in global biogeochemical models. Even if considerable scientific progresses have been made over the last decades (see reviews from Sohm et al., 2011; Zehr, 2011), many questions remain regarding the impact of this process on biogeochemical cycles and C export.

The role of N₂ fixation in the oligotrophic ocean and overview of previous cruises in the SW Pacific:

The efficiency of oceanic C sequestration depends upon many factors, among which is the availability of nutrients to support phytoplankton growth in the photic zone of the surface ocean (Fig. 1). Large amounts of N are required for phytoplankton growth, as it is an essential component of proteins, nucleic acids and other cellular constituents. Fixed N in the form of nitrate (NO₃⁻) or ammonium (NH₄⁺) is directly usable for growth, but concentrations of fixed N are low (<0.1 μmol L⁻¹) in the oligotrophic ocean and often growth-limiting in most of the open ocean euphotic zone (Falkowski et al., 1998). Dissolved dinitrogen (N₂) gas in seawater, on the other hand, is very abundant in the euphotic zone (ca. 450 μmol L⁻¹) and could constitute a nearly inexhaustible N source for the marine biota. Some prokaryotic organisms (Bacteria, Cyanobacteria, Archaea) called 'N₂-fixers' (or diazotrophs) are able to use this gaseous N source since they can break the triple bond between the two N atoms of the N₂ molecule, and convert it into a usable form (i.e. NH₃) for assimilation thanks to the nitrogenase enzyme system (Zehr et al., 1998; 2001). By doing this conversion, they release dissolved N in surface waters. At the global scale, they provide 100-200.10¹² g of N to the surface ocean every year (Mahaffey et al., 2005). It is the major external source of N for the ocean, significantly larger than atmospheric and riverine sources (Codispoti et al., 2001; Gruber and Sarmiento, 2002; Gruber, 2004). N₂-fixing organisms act thus as 'natural fertilizers', and contribute to sustain life and potentially C export in coastal and oceanic environments.

Most of the ocean (60%, Longhurst et al., 1995) is comprised by low-nutrient, low-biomass oligotrophic ecosystems, which constitute the largest coherent biomes on our planet. They support a large part (40%) of the photosynthetic C fixation in the ocean (Antoine et al., 1996). This C fixation is mainly performed by pico-plankton (smaller than 2-3 μm in diameter) that are generally thought to represent a negligible fraction of the total particulate organic C (POC) export flux due to their small size, slow individual sinking rates, and tight grazer control that leads to high rates of recycling in the euphotic zone. Consequently, the efficiency of the biological C pump in these oligotrophic systems has long been considered to be low as the greatest proportion of fixed C is thought to be recycled in the surface layer and rapidly re-exchanged with the atmosphere.

Recent studies have challenged this view and indicate that all primary producers, including picoplanktonic cells, contribute to export from the surface layer of the ocean at rates proportional to their production rates (Richardson & Jackson, 2007). Export mechanisms differ compared to larger cells as picoplanktonic export is mainly due to packaging into larger particles and via grazing and/or aggregation processes (Jackson et al., 1990; 2001; Lomas et al., 2010). More recently, Close et al. (2013) pointed out that 40-70% of picoplanktonic cells are small enough to escape detection under the most common definition of suspended particulate organic matter (POM). Thanks to a coupling between lipid profiles, radiocarbon and stable isotopic signatures of lipids from the North Pacific Subtropical gyre (Hawaii Ocean Times-series station), they showed that the transfer of submicron POM from the surface to mesopelagic waters is an important contributor to the global biological pump. Besides submicron POM export, Karl et al. (2012) have reported an efficient summer export flux of C (3 times greater than the mean wintertime particle flux) at the same HOT station thanks to a 13-year sediment trap experiment. This summer export flux has been attributed to an increase in biomass and productivity of symbiotic N₂-fixing cyanobacteria associated with diatoms, which have high sinking and low remineralization rates during downward transit. This efficient POM export was thus not related to submicron particles but rather to large-size phytoplankton that could grow in the oligotrophic waters of the NPG thanks to new N provided by N₂ fixation (Karl et al., 2012).

Consequently, the conventional view of low POM export in oligotrophic areas should be revised to include alternative pathways for picoplankton export and the role of N₂ fixation in potentially promoting C export.

The SW Pacific is an ideal location to study this question, as it is considered to be one of the highest areas of global N₂ fixation (Capone et al., 1997; Sohm et al., 2011). It exhibits among the highest abundances, diversity of N₂-fixing organisms (Moisander et al., 2010) and activity (Montoya et al., 2004; Bonnet et al., 2009) in the world ocean. While average N₂ fixation rates range from 50-200 μmol N.m⁻².d⁻¹ in the tropical North Atlantic (Capone et al., 2005) and Pacific (Karl et al., 1997; Dore et al., 2002), they reach 126-4000 μmol N.m⁻².d⁻¹ (Montoya et al., 2004) and 50-360 μmol N.m⁻².d⁻¹ (Bonnet et al., 2009) in the SW Pacific, in the Arafura Sea (off Australia, TRICHONESIA cruise) and the western warm pool (EUC-Fe cruise), respectively. The seasonal DIAPALIS cruises (INSU-PROOF DIAPAZON programme) in the Loyalty channel off New Caledonia also reported high rates ranging from 151 to 703 μmol N.m⁻².d⁻¹ (Garcia et al., 2007), the highest being measured in austral summer which has been directly linked to phosphate availability (Van den Broeck et al., 2004; Moutin et al., 2005). The seasonal distribution of N₂ fixation is corroborated by *in situ* and satellite observations (TRICHOSAT algorithm, Dupouy et al., 2011) of recurrent large *Trichodesmium* blooms during the austral summer (October-March) during the 1998-2010 period in the Melanesian archipelagos around New Caledonia (Vanuatu, Fiji Islands). In addition to *Trichodesmium*, high abundances of unicellular diazotrophic cyanobacteria have been reported in the SW Pacific (Campbell et al., 2005; Bonnet et al., 2009; Hewson et al., 2009; Moisander et al., 2010). Campbell et al., (2005, TRICHONESIA cruise) reported 1.6 10³ cells.ml⁻¹ of Crocosphaera-like cells (UCYN-B) between New Caledonia and Fiji, which is on the same order of magnitude as *Synechococcus* abundance, the most widespread non-diazotrophic cyanobacterium in the ocean (Partensky et al., 1999). The newly discovered and uncultured UCYN-A (Zehr et al., 2001; 2008) also displays extremely high abundances (10⁵-10⁶ nifH copies.l⁻¹, Moisander et al., 2010, KM0703 cruise; Bonnet et al., Unpublished, BIFURCATION cruise) in the SW Pacific (between New Caledonia and Australia), but they seem to have different ecological niches compared to *Trichodesmium* and UCYN-B (Moisander et al., 2010).

When going eastward towards the South Pacific gyre, Halm et al., (2011) have reported rates of 12 – 190 μmol N m⁻² d⁻¹ on the western border of the gyre and Raimbault and Garcia, (2008) and Moutin et al., (2008) reported rates

of $60 \pm 30 \mu\text{mol N m}^{-2} \text{d}^{-1}$ in the central gyre during the BIOSOPE cruise (INSU-LEFE BIOSOPE programme), indicating a decreasing gradient of N_2 fixation from W to E and low N_2 fixation rates relative to other ocean gyre ecosystems. The organisms responsible for these fluxes are different from common autotrophic diazotrophs such as *Trichodesmium* or *Crocospaera*, and are mainly affiliated with heterotrophic proteobacteria and low abundances of UCYN-A (Bonnet et al., 2008, BIOSOPE cruise; Halm et al., 2011).

The W to E zonal gradient of N_2 fixation and the distinct diversity of N_2 -fixing organisms along this gradient provide a unique opportunity to study how production, mineralisation and export of organic matter depends upon N_2 fixation in contrasting nutrient conditions. Comparisons between different systems along a zonal gradient of trophic status and N_2 fixation will provide new insights for identifying and understanding fundamental interactions between marine biogeochemical C, N, P, Si, Fe-cycles and oligotrophic ecosystems.

3. General objectives and associated strategy (detailed strategy in Document 2)

OBJECTIVE 1: CHARACTERIZATION OF THE BIOGEOCHEMICAL AND BIOLOGICAL DIVERSITY IN THE SW PACIFIC DURING THE STRONGEST STRATIFIED PERIOD

One of the main objectives of the OUTPACE (**O**ligotrophy to **U**ltra-oligotrophy **P**ACific **E**xperiment) cruise is to characterize the biogeochemical parameters and biological diversity/function along a W-E gradient from the North of New Caledonia, an area exhibiting high N_2 fixation rates, to the central South Pacific gyre, which has been characterized as the most oligotrophic oceanic area of the world ocean (Claustre et al., 2008), and exhibiting low N_2 fixation rates (e.g. Moutin et al., 2008) (Fig. 2).

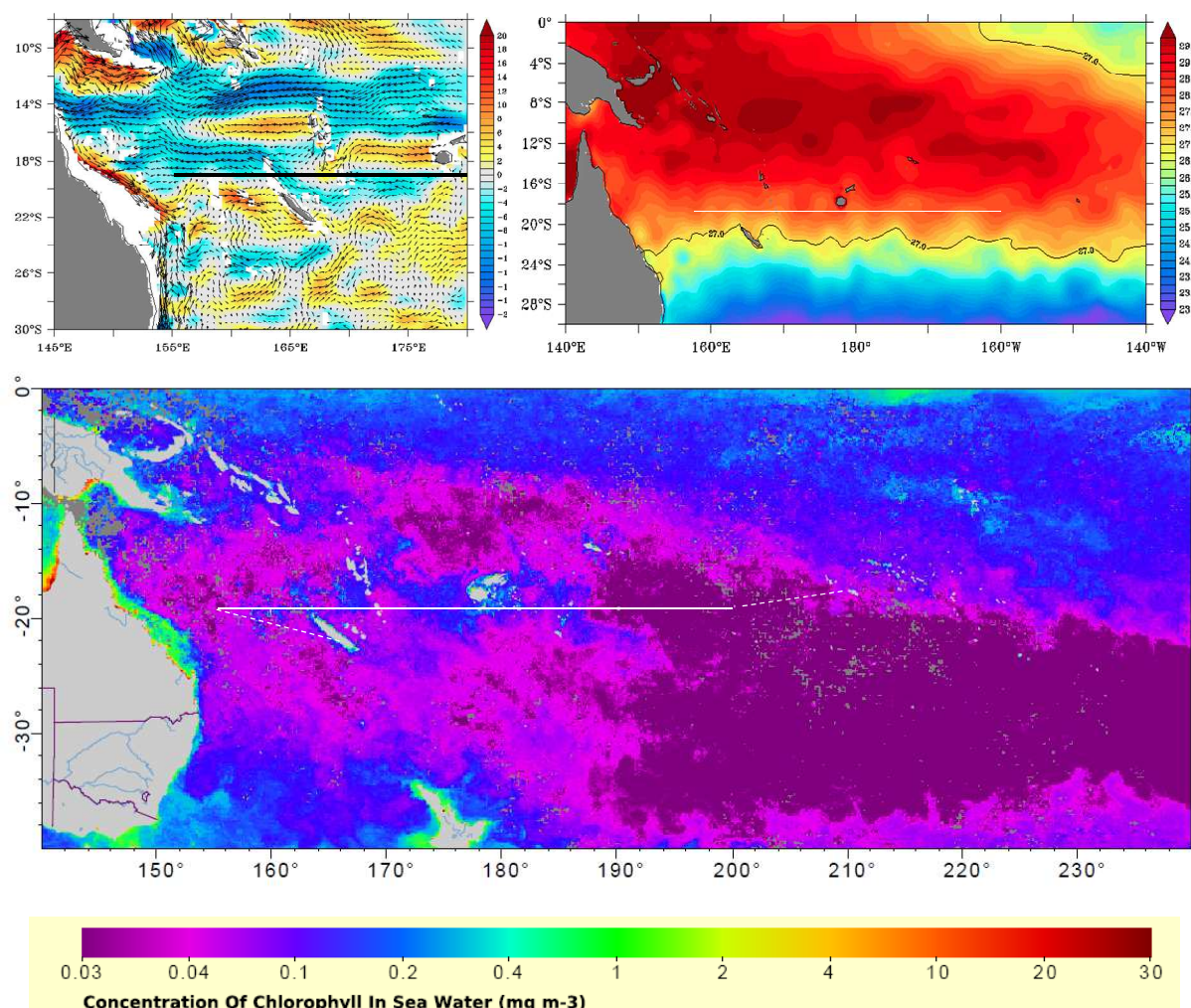


Fig. 2. Transect of the OUTPACE cruise superimposed on several maps (A) Absolute geostrophic currents (from CARS climatology ref to 1000 m, plus currents 0-200 m deduced from Argo floats drift, Kessler and Cravatte, 2013, JGR, accepted. Colorbar: zonal currents; Arrows: horizontal currents), (B) CARS2009 SST climatology (Ridgway and Dunn, 2003) (Dec-March), and (C) Surface chlorophyll concentrations (MODIS, composite Dec-March 2011-2012).

Objective 1.1: Biogeochemical characterization

The classic variables temperature, salinity, dissolved oxygen concentration, along with alkalinity, pigments, organic and mineral C and other biogenic elements (N, P, Si) pools, and trace metals of biogeochemical importance (Fe,

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Zn, Cu, Co, Ni), will be measured, as well as other specific variables at selected depths (N₂ fixation, diazotroph diversity, recycling times for dissolved phosphate...) in 18 short duration (SD, 8h) stations across the 3000 nm transect. The aim is to describe the variations in the biogeochemical characteristics (nutrient and trace metals availability in the photic layer, depth of the nutricline, ratios of dissolved/particulate and organic/mineral in the biogenic elements pools, drawdown of CO₂ of anthropogenic origin, phytoplankton biomass and diversity, N₂ fixation rates...). This biogeochemical description will extend to the gyre in the central South Pacific where oligotrophic conditions are the most extreme (Claustre and Maritorena, 2003). **Our recently acquired techniques for biogeochemical measurements in ultra-oligotrophic waters should enable us to significantly improve our understanding of the biogeochemistry of the SW Pacific.** We do not have a good insight into the spatial distribution of certain biogeochemical variables, such as N₂ fixation, or absolute nutrients concentrations in surface waters, which have a predominant role in controlling planktonic production. Recent studies infer the importance of oligotrophic areas in the drawdown of anthropogenic C (e.g. Close et al., 2013). **It is necessary to quantify the carbon fluxes in the upper water of the SW Pacific** and their potential links with dinitrogen fixation.

Specific question: *What is the actual zonal distribution of main C, nutrients stocks/fluxes and trace metals in the SW Pacific?*

Objective 1.2. Biological diversity

A major objective will be to produce an overall description of the planktonic community composition in the SW Pacific pelagic ecosystems, providing a "functional" structure for specific analysis. A detailed description of the biological diversity is essential as it is hypothesised that biodiversity increases the functional redundancy of marine ecosystems. Such redundancy may play an important role in an ecosystems ability to withstand natural and anthropogenic disturbances (Fonseca and Ganade, 2001). The need to describe a more "operational" functional structure should not replace having a "complete" description of the species composition. Variation in species composition probably remains the most effective tool in identifying natural and / or anthropogenic perturbations. A coupling of complementary techniques will be used along the transect, including surface continuous flow cytometry (CYTOSUB) and discrete flow cytometry for bacteria, pico-, nano- and micro-phytoplankton (Marie et al., 1999), microscope determination of taxonomy for microphyto-, microzooplankton (Hasle et al., 1978) and heterotrophic nanoflagellates, and imagery (zooscan, flowcam) for metazooplankton taxonomy (Grosjean et al., 2004), associated with particle counters (UVP, LISST, LOPC) for spatial distribution and size-structure of particules and plankton.. The UVP will also assess the *Trichodesmium* spp. colony abundance in the water column (Guidi et al., 2012).

A special attention will be given to studying the diversity of diazotrophs. The scientific community made intense progress over the last decade thanks to the emergence of molecular methods, which allowed the discovery of an increasing diversity of N₂-fixing organisms (Zehr et al., 2001; 2008), active in previously unsuspected ecological niches such as N-rich areas (e.g. Short and Zehr, 2007; Needoba et al., 2007; Moutin et al., 2008; Bonnet et al., 2011; Fernandez et al., 2011; Dekaezemacker et al., 2013). The filamentous photosynthetic cyanobacterium *Trichodesmium* spp. has long been considered the dominant marine diazotroph. Recent molecular studies have challenged this view as new evidence suggests that photosynthetic unicellular nano-planktonic diazotrophic cyanobacteria (UCYN; belonging to Group B or C, Zehr et al., 2001), photo-heterotrophic unicellular picoplanktonic cyanobacteria from Group A (Zehr et al., 2008) or heterotrophic bacteria are widespread in the oceans and capable of fixing N₂ (Halm et al., 2011; Riemann et al., 2010; Zehr et al., 2008; Zehr et al., 1998; Zehr et al., 2001). The discovery of heterotrophic and photo-heterotrophic (UCYN-A) diazotrophs implies that N₂ fixation is not necessarily linked with C fixation in the euphotic zone, and N₂ fixation has recently been reported in aphotic waters down to 800 m (Hamersley et al., 2011; Rahav et al., 2013) and 2000 m (Bonnet et al., Accepted). However, despite the increasing recognition of their abundance in the global ocean (Luo et al., 2012), very few studies have examined in details the precise role and regulation of N₂ fixation in photo-heterotrophic and heterotrophic (cyano)bacteria in marine waters. Their ubiquity has significantly widened the geographical limits where N₂ fixation was supposed to occur and, therefore, the potential amount of fixed N entering the oceans. The physiology of these (photo)-heterotrophic diazotrophs as well as the environmental factors controlling their distribution, their activity and their relation with other organisms in the ocean are still very poorly known. However, the little knowledge we have on these diazotrophs suggests that they are very different from *Trichodesmium* spp and are regulated in the SE Pacific by organic C and N availability (Bonnet et al., Accepted). In the North Pacific Subtropical Gyre (NPSG) at station ALOHA, Dore et al. (2008) estimated that the highest integrated N₂ fixation rates occurred during summer while either *Trichodesmium* sp. or diatom blooms (mainly constituted by *Rhizosolenia* sp. or *Hemiaulus* sp. with *R. intracellularis*) were observed. However, the Southern Pacific exhibits a negative Si* (SiOH₄-NO₃) whereas it is strongly positive in the Northern Pacific (Sarmiento and Grüber, 2006) and the relative importance of diatoms in N₂ fixation remains unknown in the proposed study area. We should not dismiss the role of diazotrophs living in association with diatoms as possible key players in N₂ fixation and C export (Karl et al., 2012), and offering a link between the N and silicon biogeochemical cycles. **There is a clear need to study all diazotrophs if we want to know how N₂ fixation and therefore the oceanic N budget will respond to global change in the ocean.**

The cruise transect will cross a gradient of phytoplanktonic biomass identified from satellite data, providing *in situ* observations to compare with such satellite-based analysis. It will be used to calibrate PHYSAT, which allows determining large organism's classes from space (Alvain et al. 2005; 2008), toward a better representation of N₂ fixing organisms. A comparison with vertical distribution of phytoplankton communities based on surface chlorophyll

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

determination (Uitz et al., 2006) will also be undertaken. Ocean color remote sensing will also give a synoptic overview of the chlorophyll concentration in the South Pacific during the cruise. In parallel, synoptic observations of satellite SST and Sea Level anomaly will provide insights about the physical context of the upper water column at basin scale: i.e. variability of ocean stratification and thermocline depth (which can be used as a proxy of the nutricline depth) as well as horizontal and vertical advection from the surrounding waters of the transect (Wilson and Coles, 2005; Martinez et al., 2009). These physical observations will also be compared to *in situ* measurements to validate the use of this proxy.

Specific questions: *What species currently characterize the SW Pacific's pelagic ecosystems during austral summer conditions? Which species or group is responsible for specific functions (N₂ fixation, dissolved organic phosphate utilization, bacterial production, silification rates)?*

OBJECTIVE 2. PRODUCTION AND FATE OF ORGANIC MATTER IN CONTRASTING OLIGOTROPHIC ENVIRONMENTS WITH PARTICULAR EMPHASIS ON THE PRODUCTION SUSTAINED BY N₂ FIXATION

The second objective is to study how production, mineralisation and export of organic matter depends on the N₂ fixation process in contrasting oligotrophic areas: 3 long duration (LD: 7 days) stations. We will quantify the flow of material (biogenic elements) through each ecosystem and particularly focus on the role of N₂ fixation in the production and fate of organic C. **The fate of newly fixed N by diazotrophs in the ocean has been poorly studied so far, despite the fact that N₂ fixation provides the major external source of N for the global ocean.** In most studies, the input of N brought to surface waters by N₂ fixation is converted using Redfield ratios in order to 'theoretically' evaluate the C production potentially sustained by this source of N. It is not clear whether this N fuels photo-autotrophic phytoplankton and can be transferred along the trophic chain and rapidly exported out from the euphotic zone, and/or if it fuels heterotrophic growth and thereby contributes to remineralisation in surface waters. In addition, the plankton diversity and its evolution after the development of a diazotroph bloom (classical food web versus microbial loop) have been very poorly studied, mainly due to the difficulty of observing and monitoring a bloom in the natural environment.

Objective 2.1. Physical and biogeochemical characterization of contrasting oligotrophic environments

We will sample 3 water masses along the trophic gradient characterized by different populations of N₂-fixing organisms. The real added value will be the coupling between physical and biogeochemical strategies. We expect to locate the first LD station (A) (see Document 2) in an area dominated by autotrophic diazotrophs *Trichodesmium* spp. and/or UCYN-B, which appear often spatially associated in the SW Pacific (Moisander et al., 2010). The previously developed algorithms **TRICHOSAT** (Dupouy et al., 2011) and **PHYSAT** (Alvain et al. 2005; 2008; the *Trichodesmium* algorithm is currently being developed in the framework of the SVALEFER project, PI: C. Menkès) will help to locate a *Trichodesmium* spp. bloom from space. We expect to locate the second LD station (B) in an area associated with high abundances of UCYN-A, probably in the transition zone between the SW Pacific and the gyre as shown by Halm et al. (2011). Because it will not be possible to identify it from space, we will use **diazotroph abundance, diversity and gene expression assessed onboard in near real time** using qPCR at each 18 SD stations to decide which one will be used for a process study (LD station). The Third LD station (C) will be located in the low N₂ fixation region (gyre), where heterotrophic diazotrophs dominate (Bonnet et al., 2008; Halm et al., 2011).

The physical dynamics of the regions around the 3 LD stations will be first characterized in terms of large scale general circulation through the analysis of satellite (SST, Ocean color, Altimetry) and operational model data. These will be automatically retrieved and processed (to derive Eulerian and Lagrangian diagnostics such as the Okubo-Weiss parameter and Lagrangian Coherent Structures), and then transmitted onboard by a dedicated server on land. These data will be analysed in near realtime both on board and on land in order to optimize the sampling strategy according to the local physical and ecological characteristics. This approach has already been successfully implemented by the proposed team and employed during several previous cruises: LATEX (Nencioli et al. 2011), KEOPS2 (d'Ovidio et al., 2012) and STRASSE. Local meso and submesoscale dynamics within each region (eddy, filaments and frontal processes and their impact on regulating vertical fluxes and structuring the ecological community) will be first characterized through multisensor MVP 200 mapping at the beginning and at the end of each survey. This will allow to accurately identify the homogeneous and coherent water masses which will be the focus of each LD station. For this purpose the MVP 200 will represent an extremely useful instrument to sample a large zone in a short time to preserve synopticity. If not available, a more classical strategy with numerous CTD casts will be undertaken as during the BOUM cruise (Moutin et al., 2012). A glider mapping within a smaller region around the station will integrate the initial and final LD mappings. This will allow to investigate the impact of high-frequency small-scale physical phenomena on biomasses and biogeochemical fluxes. A recently improved version of the Lagrangian navigation software developed during the LATEX project (Doglioli et al., 2013) will be adopted in order to take into account the translation of the studied water masses, as well as their rotation and deformation.

3 Bio-Argo floats, specifically equipped with low level phycoerythrin sensors will be deployed at each LD station. In addition to conventional sensors for monitoring physical and biogeochemical parameters, they will allow to characterize *Trichodesmium* spp. blooms in the SW Pacific ocean during our cruise and on a longer time scale.

Specific questions: *How do physical processes structure the planktonic community? How accurately are phytoplanktonic communities, and specially N_2 -fixing organisms, represented by remote sensing data?*

Objective 2.2. Measurements of nutrient concentrations and/or availabilities in the photic zone, and identification and quantification of the major external fluxes.

Nutrient availability (N, P, Si, Fe) in the photic zone controls primary production of organic matter, and thus exerts a strong influence on the species composition of the food web. It is dependent on several input, recycling and export fluxes. Nutrient concentrations in the upper layer represent the equilibrium state between all those fluxes and is the first indicator of nutrient availability. **Nevertheless, as nutrient concentrations are very low in marine oligotrophic habitats, these measurements represent a major observational challenge.** Nanomolar methods developed by the proposed team will be used for nutrient concentrations measurements when necessary (Rimmelin & Moutin, 2005, Rimmelin et al., 2007, Pascoa et al., 2012).

New nutrient inputs in the upper mixed layer include fluxes induced by ocean dynamics (meso- and submesoscale pumping; vertical turbulent mixing), interior sources (N_2 fixation) and surface fluxes (atmospheric deposition). The dynamics of meso- and submesoscale structures is often associated with strong vertical motion that can induce intense upwelling of deeper, nutrient-rich waters into the euphotic zone (Levy et al., 2012). The impact of those structures in regulating local nutrient availability and primary production will be investigated through the observations described in section 2.1.

Vertical turbulent mixing is a key process driving physical and biogeochemical fluxes between the mixed layer and the stratified ocean (Cuyppers et al 2012) and can strongly impact primary production. While mixing in the mixed layer is mostly driven by direct atmospheric forcing, mixing in the stratified water column is mainly driven by internal wave breaking. Internal waves can be generated from inertial currents at the surface or tidal forcing at the bottom. The study area encompasses a large variety of environments regarding the internal waves (Internal tides notably vary from strong to negligible over the cruise area). As well we expect significant mixing resulting from instabilities of the strong currents of the western part. Therefore the measurements would provide a unique data set characterizing turbulent mixing in a poorly sampled area and under a variety of internal wave dynamical regimes and different current structures. Microstructure measurements that resolve the dissipative scales will be performed using a full ocean depth un-tethered profiling system, "VMP6000" (or a SCAMP that samples the first 100m). This profiler, that can profile down to 6000 m is equipped with microsensors for temperature and shear that enable two independent accurate estimates of the eddy diffusion coefficient K_z . These two estimates will be used to test the relevance of the different indirect methods based on classical CTD and ADCP measurements. This validation will allow to estimate K_z also when microstructure measurements are not performed. The same strategy has been used by the proposed team during the BOUM cruise (Cuyppers et al., 2012).

In addition to the input of nutrients by turbulent mixing, we will quantify the N input through biological N_2 fixation, as it may be a major source in the SW Pacific. Gross and net N_2 fixation rates will be measured at every station (SD and LD) between 0 and 2000 m depth using both the acetylene reduction method (Capone, 1993) and the $^{15}N_2$ labelling procedure, incubation (24 h) and mass spectrometry analyses (MIO Marseille) as described in Montoya et al., (1996) and Bonnet et al., (2011). The $^{15}N_2$ enriched seawater method (Mohr et al., 2010; Wilson et al., 2012; Grosskopf et al., 2012) will be used during the cruise and several method inter-comparisons will be performed between the $^{15}N_2$ bubble method and the $^{15}N_2$ seawater enriched method, both performed under trace metal and DOM-clean (Bonnet et al., 2009) and non-trace metal clean and DOM-clean procedures.

In order to better understand the relationship between (photo)-heterotrophic diazotrophs and DOM, we will perform DOM characterization through FT-ICR MS (which allows the detection of individual DOM compounds) simultaneously to N_2 fixation measurement and diazotrophs diversity.

Aeolian dust transport represents, on a global scale, the dominant source of iron, an essential micronutrient for phytoplankton growth, to the ocean (Jickells et al., 2005). Some of the melanesian archipelagos crossed during the transect (Vanuatu, Fiji) exhibit active volcanoes, which have been seen (in the North Pacific) to provide sources of very soluble and bioavailable trace metals such as iron (Olgun et al., 2011) and potentially N and P. Consequently, dust inputs could stimulate *in situ* biological productivity in oligotrophic ecosystems and alter community composition, distribution of nutrients and finally the net sequestration of atmospheric CO_2 . **We will quantify the input of nutrients by the atmosphere and study the influence of dust deposits on the food web and their potential impact on N_2 fixation, using microcosm experiments.**

Specific questions: *Is N_2 fixation a major source of new N for primary production in the photic layer? Do direct measurements of eddy diffusion coefficients reasonably agree with previous estimations? What could be the role of dust?*

Objective 2.3. Organic matter production and food web structure

Because of light/energy requirements, marine organic matter is almost entirely produced in the upper photic zone of the ocean. Variable primary production fuelled by physical processes acting over a wide range of scales interacts with predation to define the species composition of planktonic populations (Gargett & Marra, 2002). The basic principle of the conceptual food web structure, which has not been critically challenged since its original description

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

(Johannes, 1965; Thingstad and Rassoulzadegan, 1999), is to consider two trophic strategies. Osmotrophy referring to organisms that feed by taking up dissolved nutrients and phagotrophy referring to organisms that feed by eating particulate matter. Osmotrophs include both heterotrophic bacteria and autotrophic phytoplankton, while the predatory food chain includes protozoa, mesozooplankton and higher predators (all heterotrophs).

Biogeochemical fluxes in relation to osmotrophic production

We will measure fluxes of biogenic elements (including C and O₂) and determine parameters that will help to represent these fluxes (P vs I parameters, K_s, V_{max}, affinity constants...). Classical approaches using stable (¹⁵N, ¹³C) and unstable (¹⁴C, ³³P, ³²Si) isotopes for measuring biogeochemical fluxes will be used for bulk measurements, along with new techniques at the single-cell level, which address by which species (or group of species) a specific element has been taken up. **New methods concerning both dominant species separation as cell sorting by flow cytometry developed by the proposed team** (Duhamel et al., 2009, Gregori et al., 2011; Talarmin et al., 2011) **and low detection limits of chemical analyses will allow us to define species-specific uptake parameters.** The contribution of mixotrophy and photoheterotrophy to the biogeochemical fluxes of C and N will be studied together with the environmental factors that control mixotrophy and symbiosis by microbial eukaryotes. **The methods proposed will allow us to significantly improve our understanding of the factors controlling the distribution and activity of different groups of plankton functional types and to link their phylogenetic and functional diversity.**

The coupling between phytoplankton assemblages and production will be studied in the surface mixed layer by measuring simultaneously and at a high frequency both the net community production (Oxygen/Argon method) and the pico, nano- and microphytoplankton abundances by flow cytometry (cytosense).

Regarding N₂-fixing organisms, recent major development in SIMS (Secondary Ion Mass Spectrometry) instrumentation (NanoSIMS 50TM) now allows for the measurement of isotopic ratios with a spatial resolution better than 100 nm (Guerquin-Kern et al., 2005; Slodzian et al., 1992). The capability of such instrument to measure isotopic composition makes it suitable to study environmental microbiology at the single-cell level (Lechene et al., 2007). Most of these recently discovered N₂-fixing micro-organisms are uncultured and many unresolved questions remain about their physiology and their importance in term of input of new N in the ocean. The nanoSIMS technology associated with cell sorting (Bonnet et al., In Rev.) or FISH (HISM-SIMS, Thompson et al., 2012, Krupke et al., 2013) will be applied to assess the contribution of every diazotrophic group to overall fluxes, and determine organic/inorganic nutrients controlling their activity. We will focus on the recently described UCYN (Moisander et al. 2010, Thompson et al. 2012) group whose role in C and N cycling is not well understood thanks to recent methods developments realized by the proposed team (see references above).

The silicification process in marine diatoms will be investigated using the PDMPO labelling technique (Leblanc & Hutchins, 2005).

Phagotroph production (secondary production)

The planktonic food web structure influences the fate of primary production in the ocean and has consequences for the CO₂ transfer process. It is generally understood that when small eukaryotes or prokaryotes dominate the microbial community, the grazers of picoplankton are small protozoa which do not produce rapidly sinking faecal pellets. **Despite their omnipresence and their pivotal role in the energy flow in marine waters on a global scale, the physiological ecology of these organisms is poorly understood.** Several grazing steps are necessary to enable primary production to be incorporated into the upper trophic levels. Therefore, most of the C fixed by phytoplankton is respired and remineralised by the microbial community in the surface mixed layer and there is little or no net uptake of CO₂ from the atmosphere to the sea. In contrast, when large phytoplankton cells dominate, they can either sink to depth or be grazed by copepods and other mesozooplankton which produce rapidly sinking faecal pellets. However, Mesozooplankton, i.e. copepods, have recently been coupled to lower trophic levels in the eastern Mediterranean Sea (Thingstad et al. 2005) and their contribution to the C cycle of oligotrophic areas needs to be reconsidered. **The upper meso- and macrozooplankton, largely under-sampled by classical techniques, may also significantly contribute to the vertical transport of organic matter.**

An apparently high contribution of diazotroph N to zooplankton directly east of New Caledonia was recently evidenced (Hunt et al., in press), supporting similar findings in diazotroph rich areas of the Atlantic (Hauss et al. 2013). It is possible to trace the diazotroph signature through the macrozooplankton to the micronekton component of the food web. These are the first detailed stable isotope measurements of the pelagic community presented for the region. We will now increase the geographic coverage of zooplankton and stable isotope sampling across the SW Pacific diazotroph gradient, **specifically to investigate the relative contributions of diazotrophs to food web N and the their role in structuring community composition. We will apply bulk stable isotope analysis in combination with amino acid specific N isotope analysis (CSIA).** The latter method provides the added resolving power of direct estimate of source N isotope signature for any organism measured (McClelland et al. 2003). **A key question remains what are the pathways that fixed N takes to reach primary consumers (microzooplankton and zooplankton grazers) and upwards.** In part we can contribute to answering this question by detailed species level stable isotope analysis of all lower trophic level community components. Additional insights will be gained by experimental studies using labelled N tracers (Loick-Wilde et al. 2012).

Biogeochemical process from optical measurements

Integrated measurements of bio-optical properties and pigments will be made with instruments measuring hyperspectral radiometry in the UV-Visible domain, with UV-VIS Trios spectroradiometers (Murakami and Dupouy, 2013). Two consecutive profiles of downward irradiance [$E_d(Z, \lambda)$] will be conducted at solar noon with a MicroPro free-fall profiler (Satlantic) that is equipped with pressure, temperature and tilt sensors and OCR-504 downward irradiance sensors for the UVR-B (305 nm), UVR-A (325, 340 and 380 nm) and PAR (412, 443, 490 and 565 nm) spectral domains, according to the protocol given in Tedetti et al. (2007) and Para et al. (2013). Surface (atmospheric) irradiance [$E_s(\lambda)$], which is equivalent to the downward irradiance just above the sea surface [$E_d(0+, \lambda)$], will be continuously measured in the same channels from the ship deck with other OCR-504 downward irradiance sensors (surface reference). These measurements will be made to account for the variations in cloud conditions that occurred during measurement. Backscattering at the satellite channels will be obtained with the Hydrosat-6 (Dupouy et al., 2008; 2010; Loisel et al., 2011). Hyperspectral light absorption of particles and CDOM and FDOM characterization (with the identification of markers of bloom degradation in the surface, above and below the euphotic depth, etc...) in relation with pigment concentrations (Coble, 1996; Tedetti et al., 2011; 2012). Additionally, the characterization of optical properties of dominant species (Dupouy et al., 2008) encountered along the transect will be realized. In addition, inorganic aerosol quantification and atmospheric radiance measurements will be continuously done along the transect, especially around the Vanuatu archipelago. Simulations reveal that in Northern Atlantic atmosphere, dusts are able to induce a significant decrease of PP due to the attenuation of light by about 15-25% for dust optical depth (DOD) larger than 0.6-0.7 (at 550 nm).

Specific questions: *What are the characteristics of the dominant species concerning photosynthesis, N_2 fixation, nutrient uptake, osmotrophy and phagotrophy?*

Objective 2.4. Organic matter mineralization and food web structure

The study of organic matter degradation will focus on the relationship between mineralization and bacterial diversity. **Hence, examining the relationship between diversity and functionality within the bacterial community (ectoenzymatic activity, uptake of specific organic compounds representative of a chemical family) is a major challenge for understanding the impact of prokaryotic heterotrophic processes on mineralization of organic matter along the water column.** We will also study the factors controlling bacterial production and the consequences of such controls on heterotrophic activity, and the hydrolysis rate of Dissolved Organic Phosphate and nitrogen.

The wide geographical and vertical (in the oceanic water column) distribution of heterotrophic diazotrophs suggests they are **bound to have a key role in global N_2 fixation**. However, failure to isolate and maintain these organisms in culture limits our knowledge on their activity and nutritional needs (Zehr, 2011). While the genetic information of these organisms reveals their dependence on organic matter (Riemann et al., 2010; Tripp et al., 2010), this relationship has not been studied so far. We will perform microcosm experiments at LD stations to test whether different sources of DOM (C-enriched, N-enriched or P-enriched commercially available sources, and natural *in situ* DOM) trigger N_2 fixation and/or the expression of *nifH* by different groups of heterotrophic diazotrophs? Additional nutrient amendment experiments will be performed using ^{13}C - and ^{15}N -labelled organic molecule and the **HISH-SIMS** (Thompson et al., 2012) method in order to identify which diazotrophs assimilate which organic molecule and in which quantity.

Another question concerns the possible relationship between TEP production/concentration and heterotrophic diazotrophs. Do TEP/marine aggregates provide hot spots for heterotrophic diazotrophs especially in the mesopelagic/aphotic depths as suggested by Rahav et al. (2013)?

Specific questions: *What are the changes in prokaryotic heterotrophic activity and community composition in relation with horizontal (west-east) and vertical (surface to depth) nutrient gradients and the composition/lability of the dissolved organic matter?*

Objective 2.5. Organic matter export (particulate and dissolved matter)

The structure of pelagic ecosystems influences the size and type of downward flux of biogenic C in the sea (Legendre and Rassoulzadegan, 1996). This vertical flux is composed mainly of large particles such as fecal pellets, hard parts of zooplankton, amorphous aggregates, marine snow (Fowler and Knauer, 1986; Silver and Gowing, 1991), and senescent diatoms, particularly in the aftermath of blooms (Billet et al., 1983). Fecal pellets can sink quickly: 20-900 m d⁻¹ for copepods (Lorenzen, 1983; Welschmeyer and Lorenzen, 1985), and up to 2700 m.d⁻¹ for large gelatinous zooplankton (Bruland and Silver, 1981; Madin and Purcell, 1992). High sinking velocities can lead to the efficient export of biogenic C. The downward flux of biogenic C can therefore be largely dominated by C of zooplankton origin (Thibault et al., 1999). We will use the Underwater Vision Profiler (UVP; Picheral et al. 2010) to assess vertical POC flux from particle size distribution (PSD) (Guidi et al. 2008) and vertical distribution of zooplankton (Stemmann et al., 2008) that are directly linked to the vertical flux. We will also complement the zooplankton distribution by an indirect estimate of zooplankton vertical profiles through acoustics from the ship borne S-ADCP and Lowered ADCP on stations as well as from ER 60 (200kHz) echosounder. In addition, using images from the UVP, we will describe vertical, horizontal, and temporal evolution of the *Trichodesmium* spp. colonies similar to what has been done recently in the North Pacific (Guidi et al. 2012). ***Trichodesmium* spp.**

colonies will be spatially and temporally correlated to vertical particle flux and their potential contribution will be estimated.

We will study the C/N/P/Si stoichiometry of settling particulate matter because despite its biogeochemical relevance, there are few direct measurements available (Geider & La Roche, 2002). We will also examine the role of larger particulate matter responsible for the marine snow rarely observed in oligotrophic areas and quantify instantaneous DOC export.

It has been recently reported that bacteria living within colonies of the N₂-fixing cyanobacterium *Trichodesmium* spp. use cell-cell signaling to regulate the degradation of organic phosphorus compounds (Van Mooy et al., 2012). In a separate study, it has been found that bacteria living on sinking particles may also use cell-cell signaling to regulate organic matter degradation (Hmelo et al., 2011). Finally, rates of N₂-fixation were also found to be affected by cell-cell signaling (Van Mooy and Dyhrman, unpublished). We will combine these three findings and ask the next question: **How does cell-cell signaling** via acylated homoserine lactone (AHL) and autoinducer-2 (AI-2) molecules in senescent *Trichodesmium* spp. colonies **affect the export of new organic N in sinking particles?**

Specific questions: What is the ratio of particulate vs dissolved organic matter export? What is the role of *Trichodesmium* spp., and of cell-cell signalling in the export?

Objective 2.6. Fate of N₂ fixation

Although direct evidence of trophic transfer from diazotrophs through planktonic food webs is lacking, studies based on natural abundance of ¹⁵N in suspended particles and zooplankton suggest that N from diazotrophy would support a part of primary and secondary production in the subtropical Atlantic Ocean (Montoya et al., 2002; Landrum et al., 2011). In addition, a low delta ¹⁵N signature of exported material at the time series station HOT (Karl et al., 1997; 2002; Casciotti et al., 2008), and of nitrate accumulating in the upper thermocline of the Sargasso Sea (Knapp et al., 2008) would indicate that recently fixed N is transferred out of the euphotic zone. As fragments of *Trichodesmium* spp. are rarely recovered in sediment traps (Walsby, 1992) and are mostly ungrazed (O'Neil, 1999), transfer of fixed N is probably done through the dissolved pool (Mulholland, 2007). Indeed, *Trichodesmium* spp. has been seen in the natural environment and in cultures to release up to 50-80% of recently fixed N₂ as dissolved organic N (DON) and ammonium (NH₄⁺) (Capone et al., 1994; Mulholland & Bernhardt, 2005) potentially available for surrounding planktonic communities. Alternatively, Brandes et al., (1998) suggested that some material derived from N₂ fixation can be remineralized in surface waters, lightening the isotopic nitrate signal, which may be propagated along the trophic chain.

This lack of knowledge is essentially due to the lack of techniques which allow us to trace the N transfer through the different compartments of the food web. We propose here to overcome these difficulties by using a combination of powerful techniques previously used by the proposed team in the framework of the VAHINE project (INSU-LEFE – ANR JCJC PI: S. Bonnet), including: 1/ high-resolution nanometer scale secondary ion mass spectrometry (NanoSIMS) coupled to 2/ flow cytometry cell sorting and 3/ ¹⁵N₂ isotopic labelling (Bonnet et al., In Rev.).

Previous studies have shown that increased TEP production by *Trichodesmium* was coupled with caspase activation and programmed Cell Death (PCD, Berman-Frank et al., 2004, 2007). The concentration of TEP will be correlated to PCD of diazotrophs using diagnostic genetic markers developed by I. Berman-Frank (Univ. Bar Ilan, Israel) at LD stations.

In order to quantify the part of export production that has been sustained by N₂ fixation, a δ¹⁵N budget will be performed at LD stations, based on ¹⁵N natural abundance (collaboration with A. Knapp, Florida State University, see attached letter). δ¹⁵NO₃, δ¹⁵DON will be measured along the vertical at LD stations. Using the PN sinking flux and PN sinking δ¹⁵N, we will construct a 1-D (vertical) isotope budget, where the water mass at LD stations is treated as a single box. We will assume that there are two sources of new N to the surface waters, the first of which being total dissolved N (TDN) (TDN = NO₃⁻+NO₂⁻+DON) mixed up from subsurface waters, using the δ¹⁵N of TDN from the base of the seasonal mixed layer as the δ¹⁵N for this source term. The other source of new N will be assumed to be N from N₂ fixation, with a δ¹⁵N of -1‰ (Hoering and Ford, 1960; Minagawa and Wada, 1986; Carpenter et al., 1997). First we will construct a δ¹⁵N budget assuming that the TDN supplied from the subsurface is the only important source of new N, and assume that the two dominant export terms are represented by 1) the gradient in [TDN] and TDN δ¹⁵N from the surface to subsurface and 2) the PN sinking flux and its δ¹⁵N. We will then ask whether the δ¹⁵N budget can be balanced without N₂ fixation, or whether the δ¹⁵N of sediment trap material is too low to be explained by the TDN source alone, and the δ¹⁵N budget thus requires an additional, low δ¹⁵N source of new N, such as from N₂ fixation (see similar calculations in Altabet, 1988; Karl et al., 1997; Knapp et al., 2005). Using this δ¹⁵N budget, we will determine what fraction of export production is supported by N₂ fixation. By multiplying this fraction of export production supported by N₂ fixation by the PN sinking flux, we can calculate an absolute N₂ fixation rate for the duration of the sediment trap deployment and compare them with direct measurements.

Specific questions: What is the fate of N₂ fixation? Does programmed cell death (induced in some of the dominant diazotrophs – *Trichodesmium*) induce enhanced vertical export as we see from lab experiments? Can we identify changes in physiological status of the populations using PCD markers (Bar-Zeev et al. 2013)?

OBJECTIVE 3. REPRESENTATION OF THE MAJOR BIOGEOCHEMICAL FLUXES AND OF THE DYNAMICS OF THE PLANKTONIC TROPHIC NETWORK

The multidisciplinary field data gathered during the OUTPACE cruise will be available to the international community as soon as possible (CYBER data base) in order to help represent the interactions between climate, biogeochemical cycles and marine ecosystems. **A multi-scale modelling approach is proposed from the beginning of the OUTPACE project.** Its objective is to complement the observations with the analyzed data in order to understand the interactions between the biogeochemical cycles of the biogenic elements and the dynamics of the planktonic trophic network. Modelling will also be used in interaction with observation and measurements at several scales and at several moments of the project in order to optimize the potential of each of these tools.

Objective 3.1. Process scale studies

We first plan to focus on some physical and biogeochemical processes through (i) the zero-dimensional (0D) modelling of microcosm and through (ii) the simplified 1D vertical modelling of the physical and biogeochemical processes at the long duration stations. These stations will be positioned in regions where the horizontal variability of the hydrological and biogeochemical properties is supposed to be low over the duration of sampling making it possible to consider a 1DV modelling approach. Moreover, the majority of the model's needs, in terms of state variables and parameters, will be acquired through in situ measurements or by controlled activities i.e. sampling and microcosms during the cruises.

Microcosm experiments and modelling (0D) are important for several reasons, the main one being that they provide a vision of the biogeochemical and trophic web functioning deconvoluted from hydrodynamic aspects. This is a crucial step towards the understanding of the ecosystem. Microcosms are also useful to acquire certain model parameters (characteristics of nutrient assimilation, photosynthetic parameters, respiration rates, mineralisation...) and to test or develop new mathematical formulations for processes where current formula are not validated or represented. It is also important that these microcosm experiments are undertaken during the cruises (or field studies) with in situ water samples in order to obtain parameters which are representative of the studied ecosystem. In practice, a biogeochemical model relevant for SW Pacific waters and developed during the VAHINE project will be used to model the 0D experiments. It is based on a previous version of a biogeochemical model developed for the Mediterranean Sea which included 6 functional types, namely bacteria, two phytoplankton size-classes, HNF, ciliates and mesozooplankton and which was already implemented in the Eco3M modelling tool. In this model, organisms have flexible stoichiometry and are represented in terms of C, N, P biomasses as well as in abundances. During the VAHINE project, the diazotroph *Trichodesmium* spp. has been added and the introduction of other unicellular diazotrophs should be done in near future (Post Doc ANR JCJC VAHINE). This model should be further validated in the frame of the VAHINE project but it can already be used as an a priori model to help in designing the microcosm experiments that will be held on board. The measurements will in turn be useful to refine the a priori model.

In terms of processes, this model gives a mechanistic or semi-mechanistic representation of the key processes of plankton dynamics (photosynthesis, photoacclimation, nutrient absorption, DOM release, respiration, grazing, mineralization, excretion,...). The majority of these processes have been validated using microcosm and mesocosm experiments (Baklouti et al., 2006b, Baklouti et al., 2011, Alekseenko et al., subm.). Among the processes that specifically need to be worked on, the diazotrophy process is certainly the main one.

For *Trichodesmium* spp., the mechanistic model of Stephens et al. (2003) adapted to *Trichodesmium* spp. by Rabouille et al. (2006) has been used and adapted to our model. However, for unicellular diazotrophs, existing models for diazotrophy are scarce and rely on empirical laws deduced from macroscopic observations. In order to improve such models, the underlying mechanisms of diazotrophy need to be understood, especially the interaction between N_2 fixation and nutrient uptake of other N sources, phosphate, and iron.

Objective 3.2. In situ experiments at long duration station (1DV)

The major objective of 1DV modelling is to represent fluxes of biogenic elements in the surface layer and provide an accurate budget on the fate of the organic C produced (Re-mineralisation, export). The use of a flexible stoichiometry model (non Redfieldian) will potentially make it possible to illustrate the decoupling of the biogenic element cycles in the oligotrophic ocean. The objective is to understand the production and fate of organic matter in the oligotrophic food web, and their role in the global C cycle. To achieve this, we will proceed to the extraction of those criteria which appear essential in providing a satisfactory representation of the marine pelagic ecosystem and biogenic element fluxes. The complexity of the trophic relationships will be simplified by focusing on the groups of species having similar biogeochemical functions (i.e. functional groups). The relevance of the 1DV modelling will depend on in situ measurements carried out at the long duration stations. Indeed, a certain number of parameters which will be measured are essential in achieving a realistic representation of the dynamics of the pelagic ecosystem and thus a precise estimate of the C budget. These parameters include all the parameters related to phytoplankton photosynthesis and to nutrient uptake by the plankton. In coupled physical-biogeochemical models, the parameterization of turbulence is frequently a source of error, because it is based on empirical laws, and because these laws are not then re-calibrated for each studied site (typical values found in the literature are used to parameterize these laws). Here, it will be possible to use realistic vertical profiles in the hydrodynamic 1DV model to accurately estimate the coefficients of turbulent vertical diffusion - K_z - (cf obj 2.1). The use of such realistic

profiles is an essential step in representing the mixing processes in the surface layer and the nutrient fluxes at the base of the euphotic layer. However, a simplified 1D version could be achieved instead if the 1DV model is too difficult to parametrize. This simplified model would consider that the water column is divided in a number of boxes that would receive different light intensities according to the vertical profile of PAR, and which would exchange matter only through the sinking of detrital matter.

The biogeochemical model that will be used for the 1DV configuration is the same as the 0D one except that it will benefit from the refining that will have been done thanks to the microcosm experiments. This type of model enables us to obtain a representation of the biogeochemical cycles of the principal biogenic elements (C, N, P) as well as representing organisms ("functional" groups) that play a key role in the dynamics of organic C production and transfer. The whole data set collected from the long duration stations, and in particular the data obtained in a quasi continuous manner such as nitrate fluxes and stocks, will offer the possibility of validating the coupled model which up to this point has never been carried out due to the strong mismatch between experiments and modelling.

Specific questions: *Is it possible to reproduce, with only one uniquely structured model, the principal physical and biogeochemical characteristics of the different oligotrophic areas studied? If so, the model should enable us to identify the origin of the processes and their different functions. In particular, this approach will enable us to answer an important question in the OUTPACE project: are the differences in functioning between the sites attributable to one or more production process of organic matter, remineralisation and export?*

The references are indicated in 5.2 p. 37-42 for the OUTPACE community and in Annex 2 for the others: p. 63-65.

4. Liens avec les programmes nationaux et internationaux

Le projet OUTPACE est demandé dans le cadre de l'AO du programme national LEFE concernant les projets coordonnés qui s'intègrent dans une dynamique internationale avec une contribution directe aux priorités du programme international IMBER. Le financement demandé à LEFE a pour objectif de permettre la réalisation à minima de la campagne océanographique pour bénéficier de l'opportunité rare de la présence du N/O L'Atalante en Nouvelle Calédonie début 2015 (Cf AO de la CNFH 2014). Ce budget concerne le fonctionnement général du projet (réunions de préparation) et les frais de missions et de transport de matériel liés à la campagne sur le terrain (p.2 et p. 3 de l'AO LEFE). Un financement complémentaire sera demandé à l'ANR en octobre 2013 (Appel à projets génériques 'Les Grands Défis Sociétaux' et 'Aux Frontières de la Recherche') pour couvrir les coûts analytiques post-campagne (au laboratoire et dans les services nationaux) et la contribution de post-doctorants aux projets, ainsi que la valorisation scientifique du projet. Cet appel à projet ANR adresse des axes prioritaires parmi lesquels **l'Axe 3.1 : Comprendre et prévoir les évolutions de l'environnement**, et plus particulièrement **'Le Fonctionnement du climat, des océans et des grands cycles'** visant à 'lever les nombreux verrous de connaissance pour une meilleure compréhension et représentation des processus et réduire les biais et incertitudes des modèles (par exemple physico-chimie aérosols-nuages, subduction des masses d'eaux océaniques, biogéochimie marine, turbulence, emboîtements et interactions d'échelles et d'espaces, zones d'interface entre les milieux, cycles de l'eau, du carbone et de l'azote, etc.). C'est dans le cadre de cet appel à projet que nous soumettrons une demande de complément de financement.

Le projet OUTPACE concerne en priorité l'action CyBER du programme LEFE décrite dans la dernière prospective de l'INSU (2011-2016) et en particulier le **Thème 1 : étude de la production marine à différentes échelles clés**. Le projet OUTPACE permettra (1) de mieux identifier et comprendre la structuration verticale de la production à l'échelle journalière (formation de microcouches, diffusion turbulente...), (2) de mieux quantifier la productivité marine et son devenir vers les niveaux trophiques supérieurs ou la séquestration du carbone à l'échelle des bassins par la prise en compte de la physique à méso et submésoséchelle, et (3) de mieux comprendre l'évolution et le devenir de la production marine. Cela signifie que par son envergure, le projet OUTPACE pourra apporter des réponses sur les 3 volets du Thème 1 de l'action CyBER. Il s'inscrit également dans le **Thème 4 : Biodiversité fonctionnelle, fonctionnement des écosystèmes et cycles biogéochimiques**, dont un des objectifs est d'étudier **'Le rôle de la biodiversité des écosystèmes marins sur les fonctions biogéochimiques et les transferts trophiques'**. Le projet OUTPACE s'inscrit dans cette grande question, ainsi que dans les approches méthodologiques encouragées par LEFE-CYBER pour y répondre, à savoir **'examiner les modifications de structures des écosystèmes via les interactions trophiques, caractériser et quantifier les stocks et flux biogéochimiques à l'échelle individuelle/spécifique..., développer des modèles de budget des organismes intégrant la stoechiométrie'** puisque un panel important de méthodes couplant identité/fonction à l'échelle individuelle des cellules y sera développé.

Ce projet se situe à la frontière entre **l'expérimentation et la modélisation**, à la frontière entre la **physique**, la **biologie et la biogéochimie (structure/fonction)**, et à l'interface entre deux milieux, **l'océan et l'atmosphère**. Il s'inscrit dans les priorités des grands programmes internationaux de **l'IGBP et du SCOR** (IMBER, SOLAS, GLOBEC notamment) dans la mesure où cette étude vise à l'acquisition de connaissances permettant de comprendre, quantifier et modéliser les interactions entre cycles biogéochimiques et écosystèmes marins. Une demande de rattachement du projet OUTPACE au programme international IMBER est actuellement en cours (cf. Lettre de soutien de Eileen E. Hofmann Chair, IMBER SSC, annexe 3). L'objectif principal de ce programme de recherche est d'identifier les mécanismes par lesquels la vie marine influence les cycles biogéochimiques, et

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

comment cela affecte finalement les écosystèmes marins. Notre projet s'intègre pleinement dans le thème 1 « Interactions entre cycles biogéochimiques marins et chaînes alimentaires marines » dont la principale question est « Quels sont les cycles biogéochimiques marins et les écosystèmes qui seront impactés par le changement climatique ? ». Le projet OUTPACE devrait permettre de répondre en particulier à la sélection de questions suivantes identifiées dans les 2 sous-thèmes 1.1 Transformation de la matière organique dans les chaînes alimentaires marines : Qu'est ce qui contrôle la production, la transformation et la dégradation de la matière organique dans les chaînes alimentaires marines ? et dans le sous-thème 1.3 Flux de matière « end-to-end » dans les chaînes alimentaires : Comment les groupes fonctionnels clés, les espèces, et les gènes affectent les cycles biogéochimiques ?

D'un point de vue régional, le projet OUTPACE s'inscrit dans au moins deux des axes thématiques du **GOPS** (Grand Observation du Pacifique Sud) : 1/ Ecosystèmes marins et 2/ Changement climatique et aléas naturels. Il s'inscrit par ailleurs dans un des axes transversaux du GOPS 'Plateforme et moyens partagés, volet : innovations technologique' dans le sens où ce projet est un support à des développements méthodologiques et à l'application de technologies innovantes.

Une demande d'utilisation scientifique de flotteurs profilants Argo T/S et Bio-Argo est réalisée dans le cadre du GMMC. Une discussion est actuellement en cours avec H. Claustre pour envisager d'adapter le capteur de fluorescence à la mesure bas niveau de phycoerythrine. Ceci permettrait de détecter certains diazotrophes et augmenterait sensiblement l'intérêt post campagne de ces flotteurs pour le projet.

Une demande pour l'utilisation de moyen nationaux, cellule piège et analyses des variables du carbone minéral, en plus des moyens de l'INSU, est en cours.

5. Expected results

The OUTPACE project is organized on three main objectives involving collaborations between physicists, biologists and biogeochemists with specialties ranging from marine optics to modelling. The final goal is to obtain a better representation of the interactions between planktonic organisms and the cycle of biogenic elements, considering a variety of scales, from single-cell processes to the whole SW Pacific ocean. The main objectives of this research are the following:

1) To give a zonal description of the biogeochemistry and biological diversity of the SW Pacific during the strongest stratified period (austral summer)

The zonal characterization of stations from the North of New Caledonia to the western border of the South Pacific gyre will provide a physical and biogeochemical data set which will be implemented into the CYBER data base.

This will provide an accurate estimate of nutrient availability during pronounced oligotrophic conditions, enabling the quantification of mineral, organic, dissolved and particulate pools of biogenic elements over the whole water column and the penetration of anthropogenic CO₂. Such data will be used to validate multi-element biogeochemical models for the SW Pacific at the large scale of the general circulation. A detailed description of the planktonic communities will be assessed by investigating biological diversity (using classical taxonomic and molecular tools). In this way, the key roles of some of the functional groups in the biogeochemical cycles, such as nitrogen-fixing organisms, will be acknowledged.

2) To study the production and fate of organic matter of 3 contrasting oligotrophic environments with particular emphasis on nitrogen fixation

High frequency acquisition of physical, optical, biogeochemical and biological variables will be assessed over long duration (3 of 6 days long) stations (LD) that represent contrasting oligotrophic conditions (from oligotrophy to ultra-oligotrophy) and N₂ fixation conditions (from high to low N₂ fixation rates). This sampling strategy will make it possible to identify the impact of small scale dynamics on primary productivity, by providing new estimates for the vertical diffusion coefficients. The importance of nitrogen fixation in new nitrogen input and the control of this flux by nutrient availability will be assessed (*in situ* and microcosm studies). We will study primary and secondary production as well as mineralisation and export of organic matter by measuring biogenic element (C,N,P,Si) fluxes and focusing on the major functional groups responsible for these fluxes using bulk and single-cell approaches. Finally, physiological characteristics of microorganisms will be studied at the scale of species or functional groups that play key roles in biogenic element fluxes, and particularly N₂-fixing organisms (diazotrophs). Identifying the precise biogeochemical role of diazotrophs is of major importance as they will probably play an increasing role in the future ocean due to their sensitivity to global warming. It is thus critical to quantify their contribution to C sequestration in the present ocean, as well as their ability to sustain higher trophic levels of the marine food web. The results should provide a better understanding of the fundamental interactions between biogeochemical cycles and the structure of the planktonic food web in oligotrophic marine environments.

3) To obtain a satisfactory representation of the main biogeochemical fluxes (C, N, P, Si) and the dynamics of the planktonic trophic network, both *in situ* and by using microcosm experiments

The data obtained during the OUTPACE experiment will be rapidly available to the international scientific community to validate biogeochemical models (circulation-ecosystems models), whose overall objectives are to understand and/or predict the interactions between environmental climate changes and the marine ecosystems. The data will

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

also be used for modelling on a finer scale in the frame of the present project, particularly in order to obtain a better representation of the process of diazotrophy in the biological C pump. A biogeochemical model relevant for SW Pacific waters has already been developed during the VAHINE project. It is based on a previous version of a multi-element (C, N, P) model from bacteria to mesozooplankton implemented in the Eco3M modelling tool, in which the diazotroph *Trichodesmium* spp. has been added. The introduction of other unicellular diazotrophs is currently under development (Post Doc ANR VAHINE). The objective is to obtain a better representation of the C fluxes and associated biogenic elements in the surface layer of oligotrophic marine environments.

6. Research plan

The OUTPACE project is based upon the preparation, the realisation and the analysis of results from a 45 days long oceanographic cruise in the SW Pacific ocean.

The detailed research schedule of the cruise is detailed in **annex 2** (simplified form for R/V requirement).

7. Time schedule

February 2014: Pre-cruise meeting with all participants (Marseille, France)

September 2014: Pre-cruise meeting with the organizing committee (Marseille, France)

October 2014-February 2015: Cruise preparation, shipping of equipment to R/V Atalante and Noumea

February-March 2015: Cruise in the SW Pacific (detailed description in Document 2)

December 2015: Post-cruise meeting with all participants (Marseille, France)

February-March 2016: Workshop focused on physics (~10 people)

May-June 2016: Workshop focused on biogeochemistry (~10 people)

2016: Request for a special session at the Ocean Sciences Meeting 2016, New Orleans, Louisiana

2016-2017: Publication of scientific results (Special issue, Journal to be determined)

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

-Un profil 0-2000 m avec le VMP6000 qui nécessite une mise à l'eau en début et une récupération en fin de station. L'appareil étant autonome pour réaliser son profil. Si le VMP6000 n'est pas disponible à cause d'un chevauchement

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

des campagnes à la mer, un scamp sera utilisé pour évaluer la turbulence sur la couche 0-100 m uniquement. Il faut dans ce cas positionner le navire et réaliser le profil à partir du bateau. Le temps en station pour les deux opérations est considéré équivalent à 1h30.

-Deux profils CTD (0-2000 m et 0-200 m) avec la CTD-rosette 24 btl « classique » (2h30) permettant un échantillonnage de la surface jusqu'à 2000 m seront réalisés pour :

- (1) Les mesures des paramètres de base (température, salinité, oxygène dissous O₂, DIC, alcalinité, éléments nutritifs, chlorophylle, C, N et P organiques particulaires (POC, PON, POP), silice particulaire, C, N and P organiques dissous (DOC, DON, DOP).
- (2) Les mesures de variables spécifiques permettant d'évaluer la composition planctonique, en particulier des diazotrophes (biologie moléculaire)
- (3) Les mesures à des profondeurs choisies de flux biogéochimiques spécifiques (fixation d'azote profonde,...) avec incubations à bord en conditions contrôlées.

-Entre ces deux rosettes et dans le but de laisser aux préleveurs le temps d'effectuer leur échantillonnage, 3 filets seront réalisés pour prélever le phytoplancton, le zooplancton et de façon spécifique les diazotrophes *Trichodesmium* spp. (filet récemment acquis par le groupe de nos collaborateurs américains). (60 min)

-Un profil CTD (0-500 m) avec la CTD-rosette 12 btl « Trace Metal Clean, TMC » pour les prélèvements des métaux traces et les mesures spécifiques des flux qui requièrent ces conditions 'ultra-propres'. (45 min)

La distance entre les stations de courtes durées est d'environ 130 milles nautiques, ce qui correspond à environ 14 heures de transit (vitesse utilisée pour les calculs: 10 nœuds).

Bouteilles Niskin (12 L) disponible pour l'échantillonnage :

- Rosette « classique » : 24 bouteilles Niskin 12 litres
- Rosette « TMC » : 12 bouteilles Go-flow 12 litres

1-2 Stations de longue durée

Pour réussir notre étude de processus à chacune des 3 stations longues (1 au nord de la Nouvelle Calédonie en mer de Corail, 1 centrale, et une dans le bord ouest de la gyre du Pacifique sud), une localisation ainsi qu'une caractérisation hydrologique et hydrodynamique précises dans une zone à faible courant est nécessaire. Elles seront obtenues en utilisant l'ensemble des méthodes actuellement disponibles dans la communauté scientifique. A chaque station, la succession des opérations sera la suivante :

1) Prospection horizontale

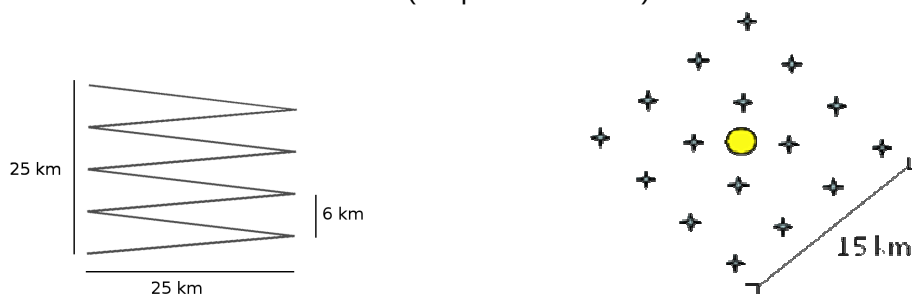
Nous allons considérer l'imagerie satellitale (Gilles Rougier) et les prévisions type MERCATOR pour définir des zones relativement homogènes où une prospection rapide (maximum 12h) sera réalisée. Le thermosalinographe, les données ADCP et du MVP 200 (XBT si le MVP 200 n'est pas disponible) nous permettront de localiser les sites à faible advection potentielle. La zone sera caractérisée en effectuant une croix avec deux transects globalement perpendiculaire d'environ 40 km à la vitesse de 10 nœuds (enfoncement du MVP 200 d'environ 230 m). La position exacte des transects sera décidée à bord en fonction de la structure physique à méso-échelle préalablement détectée par l'altimétrie et la thermographie satellite. L'altimétrie fournira une information quasi synoptique et quantitative sur les courants géostrophiques alors que les images satellitales de température donneront une information qualitative sur la position, la forme et la taille des structures physiques. En ce qui concerne l'imagerie satellitale de couleur de l'eau, les algorithmes TRICHOSAT (Dupouy et al., 2011) et PHYSAT (S, Alvain et al., 2005) dans sa nouvelle version en développement prenant en compte certains diazotrophes seront utilisés pour localiser le premier site souhaité (Station A) dans une efflorescence de *Trichodesmium* spp., ainsi que le dernier site souhaité dans une région d'oligotrophie extrême (Station C). Le choix du site intermédiaire (Station B), souhaité dans une zone à forte abondance de diazotrophes de type UCYN-A, sera effectué selon une autre approche. Ce site sera en effet choisi parmi les stations de courtes durées à l'aide de mesures de biologie moléculaire (qPCR) réalisée en quasi temps réel (collaboration avec R. Foster, Université de Stockholm) puisqu'aucune détection spatiale de ces organismes récemment découverts n'est actuellement possible. La position de la station « étude de processus » sera néanmoins affinée par une prospection horizontale du site, comme pour les autres sites.

2) Caractérisation physique de la zone d'étude.

En complément d'observations satellitaires quasi-synoptiques, la mesure des conditions hydrologiques est indispensable pour appréhender la variabilité de la dynamique 3D. Le contexte hydrologique de la zone d'étude sera appréhendé par l'exploration à l'aide d'un MVP d'une zone géographique d'environ 25*25 km² centrée sur la position préalablement définie de chaque station de longue durée. L'utilisation conjointe de la télédétection satellite et du MVP apportera une dimension nouvelle en termes de couverture 3D des structures hydrodynamiques méso et submésoéchelles de la zone d'étude.. Si le MVP 200 tracté est disponible, le suivi (surface-230 m) sera réalisé en partant d'un angle et en suivant une stratégie type zig-zag (Fig. ci-dessous à gauche, temps estimé : 12 h maximum à 10 nœuds). Si le MVP 200 n'est pas disponible, des profils CTD + oxygène + fluorescence seront réalisés entre 0 et 250 m dans un carré de station de 15 km de côté (Fig. ci-dessous à gauche). Chacune des 16

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

stations (séparées de 3 milles entre elles) sera occupée au maximum 30 minutes. Aucun prélèvement à la rosette de bouteilles Niskin ne sera réalisé durant ce suivi (temps estimé : 24h).



Détail concernant la stratégie de type zig-zag (à gauche) adoptée pour la caractérisation physique de la zone d'étude avec le MVP 200 en début de station de longue durée, et de la stratégie (profils CTD) qui sera réalisée si le MVP 200 n'est pas disponible (à droite).

3) Etude de processus pendant 144-h (6 jours)

Le centre du maillage correspond à la masse d'eau que nous souhaitons échantillonner selon une stratégie lagrangienne au cours des jours suivants. Les 3 bouées lagrangiennes (1 centrale et 2 annexes) seront immédiatement larguées au début de l'étude de processus. Les profils CTD et les prélèvements ainsi que les déploiements du mouillage dérivant (pièges à sédiment, ligne de production, courantomètre,...) seront ensuite réalisés à proximité de la bouée lagrangienne centrale. Il est important de noter que le mouillage dérivant sera mis à l'eau pour une durée de 24h avant d'être récupéré pour être remis à l'eau le jour suivant. Le calcul à partir des 3 bouées lagrangiennes (Doglioli et al., 2013) nous permettra de vérifier que le mouillage est resté dans la même masse d'eau.

La séquence des opérations sera la suivante :

Pour un lever de soleil à 6:00

JOUR 1

- 1:00-1:30 Profil CTD 0-200 m : échantillonnage production oxygène
- 1:30-2:00 Filets à plancton
- 2:00-3:00 Profil CTD 0-200 m : échantillonnage production et mesures de biologie moléculaire
- 3:00-4:00 **Profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique**
- 4:00-5:00 OPC + Filets à plancton
- 5:00 6:00 Mise à l'eau de la ligne de mouillage (ligne de production *in situ* (C,N,P,Si, ΔCO_2 , ΔO_2) + O_2 Productivity Autosampler (IODA) + pièges dérivants + **mise à l'eau du VMP6000** (Full ocean depth un-tethered profiling system).
- 6:00-7:00 **Profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique**
- 7:00-8:00 Profil CTD 0-500m Physique + prélèvements de grands volumes d'eau à une profondeur
- 8:00-9:00 Pompes *in situ*
- 9:00-10:00 **Profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique**
- 10:00-11:00 **Récupération du VMP6000, chargement du profil**
- 11:00-12:00 Profil CTD 0-500m Physique + prélèvements de grands volumes d'eau à une profondeur
- 12:00-13:00 **Profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique**
- 13:00-15:00 Profil radiométrique, filets à plancton, **profil Scamp**
- 15:00-16:00 **Profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique**
- 16:00-18:00 Profil radiométrique, **profil Scamp, mise à l'eau du VMP6000**
- 18:00-19:00 **Profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique**
- 19:00-21:00 Pompes *in situ*
- 21:00-22:00 **Profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique**
- 22:00-24:00 Pompes *in situ*
- 24:00-1:00 **Profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique, récupération du VMP6000**

JOUR 2

- 1:00:2:00 Filets à plancton
- 3:00-4:00 **Profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique**
- 4:00-5:00 Filets à plancton
- 5:00-6:00 Récupération de la ligne de production *in situ* (Zodiac) + **mise à l'eau du VMP6000**
- 6:00-7:00 **Profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique**
- 7:00-9:00 Récupération des pièges à sédiment et des lignes IODA

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

- 9:00-10:00 Profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 10:00-11:00 Récupération du VMP6000
- 12:00-13:00 Profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 13:00-15:00 Profil radiométrique, filets à plancton, profil Scamp
- 15:00-16:00 Profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 16:00-18:00 Profil radiométrique, profil Scamp
- 18:00-19:00 Profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 19:00-21:00 profil CTD rosette TMC 0-2000 m
- 21:00-22:00 Profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 22:00-24:00 Pompes *in situ*
- 24:00-1:00 Profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique

La même stratégie sera reproduite pour les jours 3 & 4, et 5 & 6 jusqu'à la récupération des pièges à sédiment et des lignes IODA. Une CTD jusqu'au fond sera réalisée (compter 3h) avant de faire route vers la station suivante.

Remarque:

Cette stratégie génère 147 h de profils CTD toutes les 3 heures (50 profils CTD), 3 mesures journalières (24 h aube à aube) de production *in situ* et de transfert particulière dans les pièges.

Bouteilles (12 L) disponibles pour l'échantillonnage:

Rosette « classique » : 24 bouteilles Niskin (1 miniPVM ne nécessitant pas de supprimer une bouteille).

Rosette TMC (Trace Metal Clean) : 12 bouteilles Niskin

4) Caractérisation physique simultanée à l'étude de processus

Le contexte hydrologique de la zone d'étude sera appréhendé pendant toute notre étude de processus à l'aide du glider SPRAY de l'IRD Nouméa (collaboration F. Marin, IRD-LEGOS, J.L. Fuda, MIO et L. Bellomo, USTV) par l'exploration d'une plus petite superficie (carré de 4 km de côté) toujours centré sur la position préalablement définie de chaque station de longue durée et durant les 6 jours d'étude de processus. En considérant une vitesse de 25 km j⁻¹ pour le glider, cela fait environ une prospection par jour. Cela nous permettra en particulier de prendre en compte l'advection si de grandes variations des propriétés physiques de l'eau sont observées durant les 6 jours de suivi malgré notre volonté de choisir des sites à faible advection potentielle. L'utilisation de ces gliders le long ou à proximité de traces altimétriques sera privilégiée. En effet, diverses études montrent la bonne complémentarité entre ces deux systèmes d'observations afin de mieux évaluer les vitesses horizontales absolues et la contribution respective des différentes composantes dynamiques en surface et dans la colonne d'eau (Bouffard et al., 2010, 2012).

3 étapes seront nécessaires pour quantifier l'apport des éléments nutritifs par des processus hydrologiques dans les 3 sites contrastés.

Localisation précise du site d'étude et estimation de l'advection horizontale.

- Examiner peu de jours avant l'arrivée sur site les images satellitales de SST et de couleur de l'eau, et les champs de courant altimétrique AVISO et de modélisation type Mercator pour déterminer la zone à étudier.
- Examiner ensuite les données du niveau de la mer échantillonnées directement le long des traces des satellites altimétriques. Ces données, qui se caractérisent par une résolution supérieure aux champs altimétriques précités 0-10 km contre 0-100 km, devraient permettre de mieux identifier les structures méso et submésoéchelles (Bouffard et al., 2008b ; 2010 ; 2011 ; 2012);
- En approchant du site, faire une courte prospection dans la région du site choisi et visualiser les sections verticales de S, T et des courants pour caractériser la dynamique (activité méso- et subméso-échelle) de la parcelle d'eau étudiée. Choisir le site.
- En arrivant sur le site: Effectuer une série de sections verticales (MVP 200) ou de profils (CTD) pour contrôler les profondeurs de la couche éclairée et de la pycnocline et détailler les courants, qui seront analysés après pour évaluer les advections horizontales de chaque variable.

Estimation de l'activité turbulente

Pour chaque profil vertical de la CTD rosette, les variables T, S, O₂ seront mesurées à 24 Hz et le profil vertical du courant horizontal déduit avec une résolution verticale de 4 m (LADCP). Les traitements donneront les profils moyens et les anomalies de T, S, à haute résolution verticale, les amplitudes d'ondes internes et éventuellement les inversions de densité, marques de l'activité turbulente.

Les profils de microstructure fourniront le taux de dissipation d'énergie cinétique turbulente, le coefficient de diffusion turbulente sera déduit et utilisé pour calculer les différents flux turbulents, ces mesures directes nous permettront également de valider des paramétrisations fine-échelle. La répétition temporelle des profils est privilégiée les jours 1, 3 et 5 alors que les jours 2, 4 et 6 des profils VMP6000 sur toute la profondeur sont prévus.

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Interactions physiques atmosphère-océan

Les flux de surface, de chaleur, d'eau, et de quantité de mouvement, seront calculés par la méthode globale (bulk method) afin d'évaluer le forçage atmosphérique sur la couche mélangée et sa variation temporelle.

5) Prélèvements atmosphériques

L'atmosphère sera prélevée en continu (dispositif installé à l'avant du bateau) et asservi par une girouette afin de ne prélever que lorsque le bateau est en mouvement et que le vent arrive bien de l'avant. 4 échantillons seront prélevés simultanément afin d'évaluer les flux d'éléments nutritifs/micronutritifs apportés par l'atmosphère et également d'en quantifier la fraction soluble (biodisponible) par des expériences de dissolution qui seront menées à bord dans le container propre.

2.2 – Déroulement général de la campagne

Le déroulement général de la campagne se fera selon le calendrier prévisionnel présenté dans la partie 2.3. L'embarquement du matériel se fera à Nouméa (les démarches logistiques/douanières seront facilitées par la présence de S. Bonnet en affectation à l'IRD Noumea). Une journée est prévue pour cela puis nous ferons route vers la première station processus dont la pré-localisation et la localisation définitive sera établie comme décrit précédemment. Cette station sera occupée durant 6 jours pour une étude de processus (voir 1.2.2) auquel il faut rajouter le temps de la prospection horizontale et de la caractérisation physique de la masse d'eau (durée min : 15h, durée max : 36h). Les estimations sont faites avec un temps moyen de 24h pour l'ensemble de la caractérisation physique pré et post occupation de la station.

2.3 – Calendrier prévisionnel des travaux

Remarque : la vitesse de déplacement est toujours considérée comme égale à 10 noeuds selon les dernières recommandations pour l'Atalante (AO 2014).

Tableau représentant le calendrier prévisionnel des travaux :

Jour	Transit Station Profil	Latitude Longitude	Types de travaux
J1	Nouméa	Voir tableau suivant	Embarquement
J2-J4	Transit		
J5-J11	LD station A		Voir 1.2. et en particulier le 2 ^{ème} paragraphe
J12	SD station 2 + transit vers SD station 3		Voir 1.1.
J13	SD station 3 + transit vers SD station 4		Voir 1.1.
	Idem jusqu'à SD station 10		
J20-J26	LD station B		Voir 1.2. et en particulier le 2 ^{ème} paragraphe
J27	SD station 11 + transit vers SD station 12		Voir 1.1.
J28	SD station 11 + transit vers SD station 12		Voir 1.1.
	Idem jusqu'à SD station 19		
J36-J42	LD station C		Voir 1.2. et en particulier le 2 ^{ème} paragraphe
J43-J44	Transit		
J45	Papeete		Débarquement du personnel et du matériel

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Tableau représentant la pré-localisation de principe des stations de longues (LD) et de courtes (SD) durées pour la campagne OUTPACE :

	Lat.			Long.		
	°	min	S	°	min	E
Nouméa	22	14	S	166	28	E
LD station A	19	0	S	155	0	E
SD station 2	19	0	S	157	22	E
SD station 3	19	0	S	159	44	E
SD station 4	19	0	S	162	6	E
SD station 5	19	0	S	164	28	E
SD station 6	19	0	S	166	51	E
SD station 7	19	0	S	169	13	E
SD station 8	19	0	S	171	35	E
SD station 9	19	0	S	173	57	E
LD station B	19	0	S	176	19	E
SD station 11	19	0	S	178	41	E
SD station 12	19	0	S	178	57	W
SD station 13	19	0	S	176	35	W
SD station 14	19	0	S	174	13	W
SD station 15	19	0	S	171	51	W
SD station 16	19	0	S	169	28	W
SD station 17	19	0	S	167	6	W
SD station 18	19	0	S	164	44	W
SD station 19	19	0	S	162	22	W
LD station C	19	0	S	160	60	W
Papeete	17	34	S	149	36	W

2.4 – Cartes de la ou des zones d'études

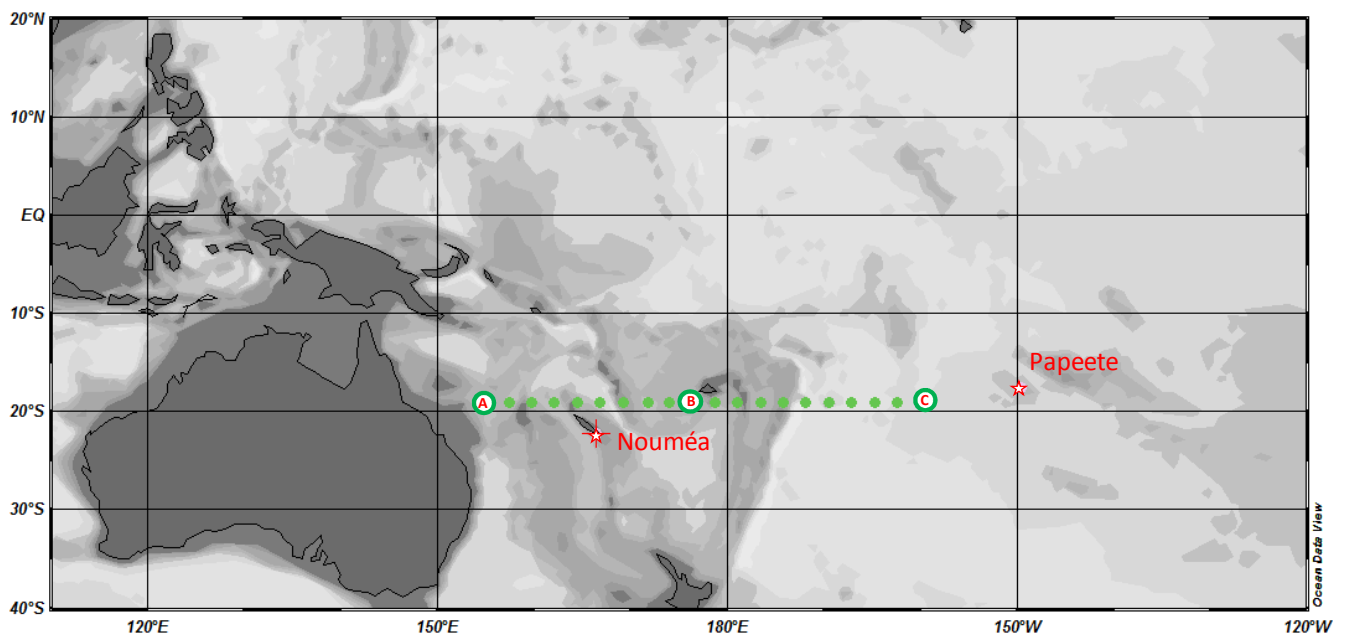


Fig. 4. Localisation des stations de courte durée (SD) et de longue durée (LD A : nord ouest de la Nouvelle Calédonie dans la mer de Corail, B : station centrale pour le transect et C : bord ouest de la gyre du Pacifique sud) de la mission OUTPACE.

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

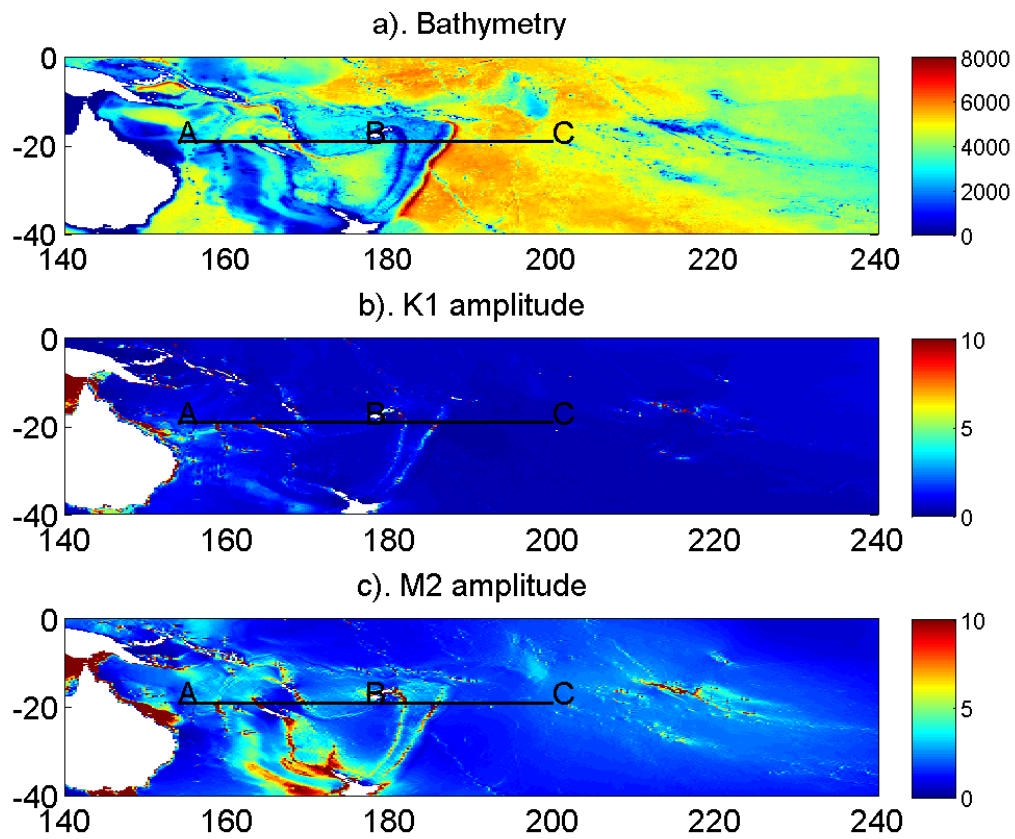


Fig. 5. Variabilité spatiale de la marée sur la zone et aux stations de longue durée : a). Bathymétrie, b). amplitude maximale du courant de marée de la composante diurne K1 en cm/s, c). de même que b). mais pour la composante semi-diurne M2.

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

DOCUMENT N° 3	NOM DE LA CAMPAGNE : OUTPACE
----------------------	-------------------------------------

MOYENS A METTRE EN OEUVRE

3.1 Navire support (justifier le choix du navire)

Nom du navire	Navire demandé	Commentaires, précisions, priorités
<i>Alis</i>	☐	
<i>Antea</i>	☐	
<i>Beautemps-Beaupré</i>	☐	
<i>Le Suroit</i>	☐	
<i>L'Atalante</i>	☒	Le Navire océanographique demandé en priorité est " L'Atalante " en raison du grand nombre d'embarquants nécessaire pour atteindre l'ensemble des objectifs fixés. La campagne OUTPACE est multidisciplinaire et requiert un grand espace de travail en laboratoire pour que l'ensemble des traitements et analyses à bord puisse être réalisé. Enfin, l'Atalante est spécifiquement demandé suite à sa présence probable début 2013 dans le Pacifique SW (cf AO CNFE 2014).
<i>Marion Dufresne</i>	☐	
<i>Pourquoi pas ?</i>	☐	
<i>Thalassa</i>	☐	

3.2 Equipements fixes du navire demandé au gestionnaire technique

Tous les équipements de base pour le travail hydrologique, ADCP (75 KHz, 300 KHz), portique latéral (rosette, Pompe *in situ*, filets zooplancton), portique arrière (mise à l'eau et récupération des appareils et des lignes de production). L'accès à la totalité des espaces laboratoires pour l'ensemble des analyses biologiques et chimiques. La place sur le pont pour installer 4 containers et l'accès au parc informatique du bord.

Nom de l'équipement	Equipements demandé	Commentaires et précisions	<i>Equipements dont l'absence entraînerait l'annulation de la campagne</i>
Sondeurs(s) multifaisceaux ¹	☐		☐
Sondeur multifaisceaux halieutique ²	☐		☐
Sondeurs monofaisceau halieutiques	☐		☐
Pénétrateur de sédiments (Chirp)	☐		☐
Courantomètre(s) Doppler (Adcp)	☒		☐
Gravimètre ³	☐		☐
Magnétomètre	☐		☐
Thermosalinomètre	☒		☐
CTD ⁶	☒		☒
Positionnement acoustique (BUC) ⁴	☐		☐
Système de carottage ⁵	☐		☐

¹ : Sur *Pourquoi pas ?*, *L'Atalante*, *Le Suroit*, *Beautemps-Beaupré*, *Alis*

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

² : Sur *Thalassa*

³ : Sur *Pourquoi pas ?*, *Beautemps-Beaupré*

⁴ : Sur *Pourquoi pas ?*, *L'Atalante*, *Le Suroît* et *Beautemps-Beaupré*

⁵ : Sur *Pourquoi pas ?*, *L'Atalante*, *Beautemps-Beaupré*

6 : Sur *Pourquoi pas ?*, *L'Atalante*, *Le Suroît*

3.3 Equipements mobiles demandés au gestionnaire technique

Nom de l'équipement	Equipements demandé	Commentaires et précisions	<i>Equipements dont l'absence entraînerait l'annulation de la campagne</i>
Sismique SMT (360 traces) ¹	☐		☐
Sismique rapide (24 traces)	☐		☐
Sismique HR/2D (72 traces)	☐		☐
Sismique HR/3D (2 x 48 traces)	☐		☐
Sparker	☐		☐
Pénétrromètre Penfeld ²	☐		☐
Scampi	☐		☐
Container labo « radioéléments »	☒		☐
	☐		☐
	☐		☐
	☐		☐

¹ : Utilisation possible sur *Pourquoi pas ?*, *L'Atalante*

2 : Utilisation possible sur *Pourquoi pas* et *L'Atalante*

3.4 Engins demandés au gestionnaire technique (justifier le choix de l'engin)

Nom de l'engin	Engin demandé	Commentaires, précisions, priorités
<i>Nautilie</i>	☐	
<i>Victor 6000</i>	☐	
<i>AUV Asterix</i> Immersion max 2650m	☐	
<i>AUV Idefix</i> Immersion max 2850m	☐	
<i>Sysif</i>	☐	
	☐	

3.5 Equipements mobiles engins demandés au gestionnaire technique

Nom de l'équipement (engin)	Equipement demandé	Commentaires, précisions, priorités	<i>Equipements dont l'absence entraînerait l'annulation de la campagne</i>
Sondeur multifaisceaux EM 2040 (V, A)	☐		☐
Sondeur halieutique ¹ EK60 (V, A)	☐		☐
Sondeur de sédiment ECHEOS 1000 (A)	☐		☐
Courantomètre Doppler ADCP600kHz (V, A)	☐		☐
Courantomètre Doppler ADCP300kHz (N, A)	☐		☐
Magnétomètre ² (A)	☐		☐
CTD (V, A)	☐		☐
Capteur température (N, V)	☐		☐

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Sondeur altitude (N, V, A, S)	☐		☐
Caméra OTUS (V)	☐		☐

¹ Equipement de l'Unité de Recherche Géosciences Marines de l'Ifremer Brest

² Equipement de l'INSU Villefranche

Equipement demandé à la DT INSU	quantité	Equipements dont l'absence entraînerait l'annulation de la campagne
CTDOD SBE 911+ rosette 24 + 24 bouteilles (avec l'équipement special pour le mini PVM)	1	☒
MVP 200 system (Automated underway water column profiling)	1	☐
ODIM BROOK OCEAN, http://www.brooke-ocean.com/mvp_main.html	1	☐
Fluorimètre	1	☐
Transmissiomètre	1	☐
PAR surface et <i>in situ</i>	1	☐
pinger	1	☐
Rosette TMC (Trace Metal Clean) + 12 bouteilles Go-Flow + treuil et cable Kevlar	1	☐
Container pour la chimie du fer (Container propre de 20 pieds)	1	☐
Container équipement INSU	1	☐
Pièges dérivants. (2 pièges + argos + gonio)	1	☐
LADCP 300 Khz (INSU) Rosette mounted	1	☐
ADCP (75 KHz, 300 KHz Ship mounted)		☐
Pompe pour le continu de surface (IPEV)	1	☐
Système eau Milli Q	1	

3.6 Types de laboratoire et outils informatiques demandés

3.7 Matériel propre de l'équipe demandeuse (préciser existant ou à acquérir).

Il appartient au chef de mission d'embarquer ses équipements en bon état de fonctionnement et conformes aux normes de sécurité en vigueur. Ce même chef de mission demande à tous les responsables de matériel embarqué de veiller à leur bon état de fonctionnement et qu'il soit conforme aux normes de sécurité en vigueur.

Matériel propre de l'équipe demandeuse

Matériel	Embarqué ou à terre	Laboratoire	Responsable
Spectromètre de masse	A terre	MIO	O. Grosso/S. Bonnet
Bouée Iridium (3 développement MIO)	Embarqué	MIO	A. Doglioli/G. Rougier
Poisson MVP 200 multi capteurs.	Embarqué	MIO	F. Carlotti/G. Rougier
Capteurs pour poisson MVP 200 : CTD, fluorimètre, LOPC.	Embarqué	MIO	F. Carlotti/G. Rougier
LISST profond pour CTD	Embarqué	MIO	F. Carlotti/G. Rougier
LOPC pour CTD	Embarqué	MIO	F. Carlotti/G. Rougier
UVP (comme rechange)	Embarqué	MIO	F. Carlotti
Filet BONGO	Embarqué	MIO	F. Carlotti
Filets et collecteurs	Embarqué	MIO	F. Carlotti
VMP6000	Embarqué	LOCEAN	P. Bouruet-Aubertot
Scamp	Embarqué	LOCEAN	P. Bouruet-Aubertot
Spectrometre de masse	Embarqué	MIO	D. Lefevre
Système d'analyse O ₂ Winkler	Embarqué	MIO	D. Lefevre
IODA6000	Embarqué	MIO	D. Lefevre
Cytomètre en flux (Cytosense)	Embarqué	MIO	M. Thyssen/G. Gregori
Spectrometre O ₂ /Ar	Embarqué	MIO	D. Lefevre
Autoanalyseur Bran&Luebbe (analyseur de sels nutritifs)	Embarqué	MIO	O. Grosso/T. Moutin
Autoanalyseur Bran&Luebbe (analyseur de sels nutritifs pour la MO)	Embarqué	MIO	S. Hélias/T. Moutin
Autoclave	Embarqué	MIO	S. Hélias/T. Moutin
Longue cuve capillaire LVCC	Embarqué	MIO	S. Hélias/T. Moutin

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

CHN LECO 900	A terre	MIO	K. Leblanc
TCO ₂ /TA système d'analyse potentiométrique	A terre	LOCEAN	C. Lo Monaco/N. Metzl
HYDROSCAT	Embarqué	M.I.O.	C. Dupouy
Radiomètre SATLANTIC ([Ed(Z,λ)] UVB UVA et visible MicroPro free fall)	Embarqué	M.I.O.	R. Sempéré
Radiomètre SATLANTIC ([Es(Z,λ)] UVB UVA et visible Référence sur le pont)	Embarqué	M.I.O.	R. Sempéré
Radiomètre TRIOS (Lu(λ) 350 nm à 900 nm pas 3 nm) dans une cage spécifique, max 20 mètres	Embarqué	M.I.O.	C. Dupouy
Radiomètre TRIOS (Ed(λ) 350 nm à 900 nm pas 3 nm) Référence sur le pont	Embarqué	M.I.O.	C. Dupouy
PSICAM	Embarqué	M.I.O.	R. Röttgers
Ultrapath ou LWCC	Embarqué	M.I.O.	R. Sempéré /C. Dupouy
Préleveur aérosols inorganiques	Embarqué	M.I.O.	R. Sempéré
PVM (Profileur Vidéo Marin)	Embarqué	LOV	L. Guidi
Filets à plancton et nanoplancton	Embarqué	MIO	K. Leblanc
Zooscan	A terre	MIO	V. Cornet
HPLC	A terre	LOV	J. Ras/H. Claustre
Cytomètre en flux	A terre	MIO	A. Barani/G. Grégori
Cytomètre en flux trieur	Embarqué	MIO	A. Barani/G. Grégori
Analyseur TOC-V	A terre	MIO	R. Sempéré
Compteur à scintillation Packard	Embarqué	MIO	F. Van Wambeke
Spectrophotomètre Spectronic 401	Embarqué	MIO	K. Leblanc
Visible spectrophotometer	Embarqué	MIO	K. Leblanc/V. Cornet
Spectrofluorometer	Embarqué	MIO	K. Leblanc
Large volume centrifuge	Embarqué	MIO	K. Leblanc/V. Cornet
Epifluorescence straight microscope	Embarqué	MIO	K. Leblanc/V. Cornet
1 filet à plancton	Embarqué	MIO	V. Cornet
1 microscope inversé	A terre	MIO	V. Cornet
Armoire de culture pour isolement nouvelles souches	Embarqué	MIO	S. Bonnet
Rampes filtration, pompes à vide, pompe péristaltique	Embarqué	MIO	S. Bonnet
Microscope à épifluorescence droit	Embarqué	MIO	S. Bonnet
Incubateurs pour mesures de production sur le pont	Embarqué	MIO	K. Leblanc et T. Moutin
Micro GC	Embarqué	MIO	S. Bonnet
2 centrifugeuses	Embarqué	MIO	V. Cornet
1 ultra-centrifugeuse	Embarqué	MIO	F. Van Wambeke
Containers d'azote liquide	Embarqué	MIO	S. Bonnet
Système eau Milli Q	Embarqué	MIO	O. Grosso
FIA with chemiluminescence detection for dissolved iron analysis	Embarqué	LOV	C.Guieu – J.Louis
Teflon pump (3 available) for 'clean' seawater surface sampling and tubing	Embarqué	LOV	C.Guieu – J.Louis
Metrohm' s 705 UV Digester	Embarqué	LOV	C.Guieu – J.Louis
Aerosol 'clean' collector with simultaneous filtration of 4 samples	Embarqué	LOV	C.Guieu – J.Louis

MIO : Institut Méditerranéen d'océanographie (regroupant en particulier l'ancien LOPB et LMGM)

LOV : Laboratoire d'Océanographie de Villefranche

LOCEAN : Laboratoire d'Océanographie et du Climat

ELICO : Ecosystèmes Littoraux et Côtiers, Wimereux

IRD : Institut de Recherche pour le Développement (antenne MIO)

Besoins en équipements ou matériels complémentaires :

Hormis 3 bouées Irridium (devis à 10 k€), les équipements nécessaires à la campagne océanographique OUTPACE demandés en 2015 sont acquis. Une demande MERCATOR sera réalisée pour obtenir des bouées SVP à larguer dans la zone pour les études de circulation à plus long termes.

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Matériel fourni par des organismes extérieurs :

Matériel	Embarqué ou à terre	Laboratoire	Responsable
Plate-reading fluorometer	On board	WHOI	B. Van Mooy
Gas chromatograph	On board	WHOI	B. Van Mooy
Plankton net	On board	WHOI	B. Van Mooy
Filtration manifolds and associated sampling equipment	On board	Columbia University	S. Dyhrman
Cold storage containers	On board	Columbia University	S. Dyhrman
Influx flow cytometersorter	In the lab	Columbia University	S. Duhamel
Delta V Advantage Mass Spec	In the lab	In Lab	A. Knapp
NanoSIMS	In the lab	MNHN, plateforme INSU	F. Robert
NanoSIMS 2	In the lab	Max Planck Institute, Bremen	M. Kuypers
In situFIRe : Measuring variable fluorescence in photosynthetic organisms <i>in situ</i> .	On board	Bar Ilan University	I. Berman-Frank
Filtering manifolds and peristaltic pumps.	On board	Bar Ilan University	I. Berman-Frank
PeristalticPumps	On board	Stockholm University	R. Foster

WHOI : Woods Hole Oceanographic Institution

3.8 Interfaçage éventuel à prévoir avec les engins ou les navires. Tout ou partie des éventuels surcoûts de cet interfaçage seront répercutés au demandeur

Le MVP200 a déjà été utilisé sur l'Atalante (semelle à prévoir).

3.9 Liste des produits chimiques et radioactifs embarqués

Produits chimiques : methanol, ethanol , acetate d'éthyle, acide chlorhydrique, acide sulfurique, acide nitrique, acide oxalique, acide ascorbique, calcium carbide, gas ethylene, fluorescently-labeled organic molecules, paraformaldehyde, phosphatase substrates, glutaraldehyde, chlorure mercurique, active charcoal, liquid scintillant, RNA later, azote liquid, sulfate de cuivre, cadmium, NED, SDS, sulfanilamide, brij 35, acétone, chlorure d'ammonium, tartrate de potassium et d'Antimoine, sodium oxyde de sodium, molybdate d'ammonium, ¹³Sodium bicarbonate, ¹³C-molécules organiques, ¹⁵N-molécules organiques, ¹⁵N₂. Lugol, PDMPO, Hydroxide de sodium, Sulfate de manganèse, Iodure de sodium et de potassium, Iode, Thiosulfate de sodium. Phosphatidyl Choline ; acide trichloracétique, MCA-leucine, MUF-phosphate, MUF, MCA, methylcellosolve, lugol, Phosphate Buffer Saline, Agarose, Oligonucleotides, 2X buffer (molecular genetic assays), RNAlater, NH₄OH, H₂O₂, Luminol, acétate d'ammonium, azote liquide.

Produits radioactifs : ³³P-phosphate, ³³P-molecules- organiques, ¹⁴C, ³²Si (5μCi), ³H-leucine, ³H-thymidine, ³H-glucose, ³⁵S-méthionine

3.9.1 Moyens terrestres à mettre en œuvre

Ils sont indiqués dans le tableau 3.2.

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

DOCUMENT N° 4	NOM DE LA CAMPAGNE : OUTPACE
----------------------	-------------------------------------

ANALYSE ET TRAITEMENT DES ECHANTILLONS ET DES DONNEES

Analyses et traitements des échantillons et des données à bord et à terre

HYDRODYNAMIQUE ET

OPTIQUE

Variable	Méthode et/ou appareil de mesure et/ou référence	A bord	A terre
Température, Salinité	CTD SBE 911 monté sur rosette, système MVP 200	X	X
Courant horizontal	LADCP 300 KHz (INSU) monté sur rosette	X	
Courant horizontal	ADCP (75 KHz, 300 KHz du bord)	X	
Coefficient de diffusion vertical Kz	Méthodes indirectes Gregg (1987) et profileur VMP6000	X	
SST et SSS	Thermosalinographe SBE 21	X	
Direction et vitesse du vent, Température de l'air, Humidité, Radiation solaire.	Station météo du bord	X	
Suivi et calcul de trajectoires	Doglioli et al., 2013	X	
Rétrodiffusion Hydroscat-6	Dupouy et al., 2008 ; 2010	Profileur à bord, résultats à bord	
Absorption CDOM	Ultrapath + spectrophotomètre miniaturisé TIDAS / et	X	
PSICAM (Rottgers et al., 2007)	Filtrations et Analyses à bord	X	
Absorption ATOT	PSICAM (Rottgers et al., 2007)	X	
Absorption phytoplancton	Méthode des filtres (Dupouy et al. 1997 ; 2003 ; 2008)	Filtrations à bord	Analyses
Eclairements UV-Vis 350-800 nm de surface	Radiométrie TRIOS de surface (max : 20 mètres) et référence sur le Pont (Murakami et Dupouy, 2013)	Mesures en mer, résultats à bord	
Parametres photosynthétiques, fluorescence variable	FIRE	X	

BIOGEOCHIMIE (stocks)

Variable	Méthode et/ou appareil de mesure et/ou référence	A bord	A terre
Nitrate, nitrite, phosphate, acide orthosilicique	Aminot et Kerouel (2007)	X	
Nitrite, nitrate (dosages sensibles)	Spectrophotométrie visible (Raimbault et al 1990)	X	
Phosphate, (dosage sensible)	LWCC (Zhang & Chi, 2002)	X	
Nitrate (ISUS <i>in situ</i>)	Spectrophotométrie UV (Johnson & Coletti, 2002)	X	
Ammonium	Fluorescence (Holmes et al., 1996)	X	
Concentration en fer dissous	Chimiluminescence (Bonnet & Guieu, 2006)	X	
TCO ₂ , Alcalinité, Carbone anthropogénique	Potentiométrie (DOE 1994, Touratier & Goyet 2004)	X	Analyse
Concentration en oxygène dissous	Winkler, capteur SBE43	X	
Matière Organique Dissoute: DON, DOP	Spectrophotométrie visible après digestion (Pujo-pay & Raimbault, 1994)	X	
	Method UV light photooxidation (Armstrong et al., 1967) and visible spectrophotometry	On board : filtration and irradiation	In lab : analyze (LWCC)
Carbone organique total (TOC)	Oxidation catalytique à haute température (HTCO) (Sorin et Sempere, 2000)	X	X
FDOM	Spectrofluorométrie UV (Tedetti et al., 2011)	Filtrations à bord	Analyse
DOM composition and lability	FT-ICR MS (Kido Soule et al., 2010)	Sampling and storage	
TEP	Passow and Alldrege, 1995	Filtration, staining, freezing on board	Analyse
Matière particulaire : Carbone (POC) Azote (PON), Phosphate (POP) Silice (biomasse)	CHN Spectrophotométrie visible après filtration et digestion (Pujo Pay & Rambault, 1994) Ragueneau et al., 2005	Filtration, séchage X X	X
Analyse élémentaire C, N, P, Mg, Fe	Spectroscopie par fluorescence aux Rayons X	Filtration, séchage	X
Abondance naturelle ¹⁵ N (δ ¹⁵ N) et ¹³ C (δ ¹³ C)	Spectrométrie de masse, ¹⁵ N (Kerhervé et al, 2001)	Filtration, séchage	X
[NO ₃ +NO ₂]	Braman and Hendrix, 1989.	Filtration, congélation	Analyse
NO ₃ +NO ₂ δ ¹⁵ N	Sigman et al., 2001, Casciotti et al., 2002	Filtration, congélation	Analyse
[TDN]	Solorzano and Sharp, 1980, Knapp et al., 2005	Filtration, congélation	Analyse
TDN δ ¹⁵ N	Knapp et al., 2005	Filtration, congélation	Analyse

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

DFe	FIA + detection chimiluminescence detection (Bonnet and Guieu, 2006)	Filtration et acidification trace metal clean + analyse à bord	
Al, Ti aerosol	X-ray Fluorescence spectrometry (Losno et al, 1987)	On board : sampling	
Fe aerosol + dissolvable species	HNO ₃ /HF acid-digestion and ICP-AES (Bonnet and Guieu, 2005, Ternon et al., 2011)	On board : sampling	total iron and metals species analyses
Aérosols inorganiques	Prélèvements Pompe	Mesures sur filtres aérosols	Analyses
Dissolved Ag Co Cu Cd Ni Pb Mo and V	ICP-MS; ThermoFinnigan, Element 2) (Tovar-Sanchez and Sanudo-Wilhelmy, 2010)	Filtration et acidification trace metal clean	Analyses

BIOGEOCHIMIE (flux)

Variable	Méthode et/ou appareil de mesure et/ou référence	A bord	A terre
Production primaire totale	Incorporation d'isotopes RA (¹⁴ C), (Moutin & Raimbault 2002,)	X	
Production communautaire nette (NCP) in situ	Spectrometre de masse, O ₂ /Ar, (Cassar et al., 2009)	Incubation, filtration	Analyses
NCP dans la couche éclairée	Analyses Winkler, (Lefevre et al., 2007)	Mouillage	Analyses
NCP dans la couche éclairée	Capteurs <i>in situ</i> , (Robert et al., submitted)	Mouillage	Traitement des données
Distribution en taille des particules et flux de carbone dérivé.	Picheral et al. 2010, Guidi et al. 2008	Validation des données	Analyses et calculs
Assimilation de N minéral (¹⁵ NO ₃ / ¹⁵ NH ₄) (PN δ ¹⁵ N)	Spectrométrie de masse, Double marquage ¹³ C/ ¹⁵ N, (Raimbault et al., 2008)	Incubation, filtration	Analyses
Fixation de N ₂ atmosphérique (PN δ ¹⁵ N ¹³ C enrichis) et production primaire	Nouvelle méthode eau enrichie ¹⁵ N ₂ (Mohr et al., 2010 ; Wilson et al., 2012) + Spectrométrie de masse (Montoya et al, 1996 ; Bonnet et al., 2011)	Incubation, filtration	Analyses
Fixation d'azote à l'échelle individuelle des cellules	HISH-SIMS (Musat et al., 2008 ; Foster et al., 2011; Thompson et al., 2012)	Fixation, congélation	Analyses
Devenir de l'azote fixé dans la chaîne trophique (bacteries/phyto)	Tri cytométrie en flux et microscope + NanoSIMS (Bonnet et al., In Rev.)	Fixation, congélation	Analyses
Devenir de l'azote fixé dans la chaîne trophique (zooplancton)	Expérience de broutage sur phytoplancton marqué au ¹⁵ N, spectrometrie de masse standard + recherche gene nifH dans les estomacs de copepodes + Compound Specific Stable Isotope Analysis	Fixation, congélation	Analyses
Devenir de l'azote fixé dans la matière exportée	Budget delta ¹⁵ N (Knapp et al., 2005)	Fixation	Analyses
Contrôle nutritif de la fixation d'azote	Microcosms experiments		
Régénération d'ammonium,, excrétion d'azote organique dissous	Spectrométrie de masse, marquage ¹⁵ N (Slawyk & Raimbault, 1995)	Incubation, filtration	Analyses
Assimilation d'acide orthosilicique	Incorporation d'isotopes RA, ³² Si-Si(OH) ₄ , (Brzezinski and Phillips (1997).	X	
Flux de silicification à l'échelle cellulaire	Marquage par sonde fluorescente (PDMPO)	Incubation, fixation	Analyses
Activités ectoenzymatiques (aminopeptidase, phosphatase)	Mesure en spectrofluorimétrie de l'hydrolyse de substrats fluorogènes -MUF- et - MCA (Van Wambeke et al, 2002)	X	
Temps de turnover du DOP	Incorporation d'isotopes RA, Assimilation de ³³ P-ATP et ³ H-ATP (Nedoma et al, 2003)	X	
Production bacterienne hétérotrophe	Incorporation d'isotopes RA, Incorporation de ³ H-leucine et de ³ H-thymidine (Smith & Azam, 2002)	X	
Flux de matières sédimentant			
Flux de masse, C,N,P,LSi,BSi,Ca,COP,Al,Fe.	Pièges dérivants	Récolte, tri	X
O ₂ /Argon dynamics at the surface	Automated spectrometry	High frequency analysis (several times per hour)	
Acetylene reduction	Gas chromatography	Analysis on board	None
Enzyme hydrolysis rates	Fluorometry	Analysis on board	None
³³ P- tracer	Scintillation counting	Analysis on board	None
Quorum sensing molecules	Solid phase extraction and HPLC/MS	Solid phase extraction on board	HPLC/MS
Group-specific C and P uptake rates	Flow cytometry sorting of ³³ P, ¹⁴ C, ³ H, ³⁵ S methionine labeled cells (Talarmin et al., 2011a & b, Duhamel et al. 2012).	Incubation, filtration, storage in cryovials on board	counting of sorts
Isolation of protists with focus on symbiosis	Flow cytometry sorting of live samples (Sinigalliano et al. 2009)	Establishment of cultures of new isolates on board	Positive cultures
Group-specific 18S and 16S phylogenetic analyses	Flow cytometry sorting of samples preserved in RNA later	Storage in cryovials on board	Sorting and phylogenetic analyses
Dual TSA-FISH	Identification of protists associated with picocyanobacteria	Filtration and preservation	Labeling and analyses
Fluorescently labeled bacteria feeding experiments	Flow cytometry identification of rates of ingestion vs digestion of bacteria by protists	Incubation and storage in cryovials on board	Analyses

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

BIOLOGIE

Variable	Méthode et/ou appareil de mesure et/ou référence	A bord	A terre
Pigments	Chromatographie liquide haute performance (HPLC), (Claustre et al, 2004)	Fix. azote liquide, congélation	X
Taxonomie du phytoplancton,	Méthode Utermöhl (1958)	Fixation	Analyses
Abondance et biomasses du picoplankton, du nanoplankton et du bacterioplankton	Cytométrie en flux (Marie et al., 1999)	Filtration et fix. azote liquide	X
Pico, nano, micro-phytoplankton distribution at the surface	Automated flow cytometry	High frequency analysis (up to 6 times per hour)	
Diversité spécifique des diazotrophes	Comparaison des gènes nifH (Zehr et al, 2001 ; Foster et al., 2011)	Fix. azote liquide et analyses à bord	X
Abondance des diazotrophes	Comparaison des gènes nifH (Zehr et al, 2001 ; Foster et al., 2011)	Fix. azote liquide et analyses à bord	X
nifH diversity and expression	qPCR (Turk et al., 2011)	Filtration and storage	
Diversité des cyanobactéries	Marqueurs de gènes de fonctions (recA, ftsZ, rbcL) et PCR en temps réel (Holtzendorff et al, 2002)	Fix. azote liquide	
Abondance/diversité des diatomées	Détermination taxonomique (microscopie inversée)	Fix. lugol	X
PCD and stress markers	Q-RT-PCR	Incubation, filtration	Analyses at home.
Diversité phylogénétique des procaryotes hétérotrophes	FISH (Bacteria Archaea), SSCP, clonage, séquençage	Congélation, fix. azote liquide	X
Abondance et biomasses du zooplankton	OPC: compteur optique de plancton, comptages microscopiques, poids sec	Fix. formol, congélation	X
Meso- macrozooplankton: -abondance et spectre de taille - détermination taxonomique - migrations verticales - structure verticale des assemblages	Filets à plancton maillages spécifiques + Zooscan Zooscan + experts (Grosjean et al 2004) Filet à plancton + Profileur Vidéo Marin - jour/nuit Profileur vidéo Marin (Gorsky et al 2000)	fix. Formol fix. Formol fix. Formol X	X X X
Neige marine : abondance, spectre de taille, dynamique nyctémérale, équivalences flux de carbone	Profileur Vidéo Marin	X	

Références bibliographiques des méthodes (hors communauté OUTPACE)

- Alekseenko, E., V. Raybaud, B. Espinasse, F. Carlotti, B. Queguiner, B. Thouvenin, P. Garreau, M. Baklouti (subm.) Seasonal dynamics and stoichiometry of the planktonic community in the NW Mediterranean Sea; a 3D modeling approach
- Aminot A & Kerouel R, 2007. Dosage automatique des nutriments dans les eaux marines : méthodes en flux continu. IFREMER, 188 p., éditions QUAE ISBN 978-2-7592-0023-8
- Baklouti, M., Chevalier, C., Bouvy, M, Pagano, M., Corbin, D., Trousselier, M. and Arfi, R. (2011). A study of plankton dynamics under osmotic stress in an estuary (Senegal River) using a 3D mechanistic model, Ecological Modelling, 222, 2704-2721
- Baklouti, M., V. Faure, L. Pawlowski, A. Sciandra (2006 b). Investigation and sensitivity analysis of a mechanistic phytoplankton model implemented in a new modular numerical tool (Eco3M) dedicated to biogeochemical modelling. Progress in Oceanography, 71(1), 34-58
- Braman, R. S., and S. A. Hendrix (1989). Nanogram nitrite and nitrate determination in environmental and biological materials by vanadium (III) reduction with chemiluminescence detection, Anal. Chem., 61, 2715– 2718.
- Brzezinski, M. A., and Phillips, D. R.: Evaluation of ^{32}Si as a tracer for measuring silica production rates in marine waters, Limnol. Oceanogr., 42, 856-865, 1997.
- Casciotti, K. L. et al. (2002). Measurement of the oxygen isotopic composition of nitrate in seawater and freshwater using the denitrifier method, Anal. Chem., 74, 4905– 4912.
- Cauwet G. (1994). HTO method for dissolved organic carbon analysis in seawater: influence of catalyst on blank estimation. Mar. Chem, 47:55-64.
- Cottrell M. & Kirchman D. (2000). Natural assemblages of marine proteobacteria and members of the Cytophaga-Flavobacter cluster consuming low- and high-molecular-weight dissolved organic matter. Applied and Environmental Microbiology 66: 1692-1697.
- Delmas D, Frikha EA, Linley EA. (1990). Dissolved primary amine measurement by flow injection analysis with o-phthalaldehyde: comparison with high-performance liquid chromatography. Mar Chem 29:145-154.
- Holtzendorff J, Marie D, Post AF, Partensky F, Rivlin A and Hess WR (2002). Synchronized expression of ftsZ in natural *Prochlorococcus* populations of the Red Sea. Environmental Microbiology 4:644-653
- Kerhervé P, Minagawa M, Heussner S & Monaco A (2001). Stable isotopes ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$ and $^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$) in settling organic matter of the northwestern Mediterranean Sea: biogeochemical implications. Oceanol. Acta 24 supplement: S77-S85.
- Langdon C, Marra J. & Knudson C. (1995). Measurements of net and gross O_2 production, dark O_2 respiration, and ^{14}C assimilation at the Marine Light-Mixed Layers site (59°N , 21°W) in the northeast Atlantic Ocean. Journal of Geophysical Research, Volume 100, Issue C4, p. 6645-6654. 10.1029/94JC02286.
- Nelson DM, Smith WO, Muench, RD, Gordon LI, Sullivan CW, Husby DM (1989). Particulate matter and nutrient distributions in the ice-edge zone during late summer. Deep-Sea Research 36, 191209.
- Oz A, Sabehi G, Kobizek M, Massana R & Béjà O (2005). Roseobacter-like bacteria in Red and Mediterranean Sea aerobic anoxygenic photosynthetic populations. Appl. Environ. Microbiol. 71: 344-353.
- Pantoja S., Repeta DJ, Sachs JP. and Sigman DM (2002). Stable isotope constraints on the nitrogen cycle of the Mediterranean Sea water column. Deep Sea Res. Part I 49(9): 1609-1621.
- Ragueneau, O., Savoye, N., Del Amo, Y., Cotten, J., Tardiveau, B., and Leynaert, A.: A new method for the measurement of biogenic silica in suspended matter of coastal waters: Using Si:Al ratios to correct for the mineral interference, Cont. Shelf Res., 25, 697-710, 2005.
- Sarthou G and Jeandel C (2001). Seasonal variations of iron concentrations in the Ligurian Sea and iron budget in the Western Mediterranean, Marine Chemistry, 74(2-3): 115-129.

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Schwabach MS & Fuhrman JA (2005). Wide-ranging abundances of aerobic anoxygenic phototrophic bacteria in the world ocean revealed by epifluorescence microscopy and quantitative PCR. *Limnol. Oceanogr.* 50: 620-628.

Short S & Suttle C. (2000). Denaturing gradient gel electrophoresis resolves virus sequences amplified with degenerate primers. *BioTechniques* 28: 20-26.

Sigman, D. M. et al. (2001). A bacterial method for the nitrogen isotopic analysis of nitrate in seawater and freshwater, *Anal. Chem.*, 73, 4145–4153.

Sinigalliano CD, Winshell J, Guerrero MA, Scorzetti G, Fell JW, Eaton RW, Brand L, Rein KS (2009) Viable cell sorting of dinoflagellates by multiparametric flow cytometry. *Phycologia* 48:249-257

Smith DC & Azam F (1992). A simple, economical method for measuring bacterial protein synthesis rates in sea water using ³H-Leucine. *Mar Microb Food Webs* 6: 107-114.

Solorzano, L., and J. H. Sharp (1980). Determination of total dissolved nitrogen in natural waters, *Limnol. Oceanogr.*, 25, 751–754.

Strickland JD & Parsons TR (1972). A practical handbook of seawater analysis. *Fish. Res. Bd. Can. Bull.* 167, 1310.

Treguer P & Le Corre, P. (1975). Manuel d'analyses des sels nutritifs dans l'eau de mer. *Lab. D'Océanologie Chimique, Université de Bretagne Occidentale*, Brest, 110p

Uthermohl H.(1958) Zur vervollkommnung der quantitativen phytoplankton methodic. *Limnologie.*, 9: 1-38.

Verity P (1986). Growth rates of natural tintinnid populations in Narragansett Bay *Mar Ecol Prog Ser* 29:117-126

Williams PJ, LeB & Jenkinson NW. (1982). A transportable microprocessor-controlled precise Winkler titration suitable for field station and shipboard use. *Limnol. Oceanogr.* 27, 576-585.

Wommack KE & Ravel J et al. (1999). Population dynamics of Chesapeake Bay virioplankton: total-community analysis by pulse-field gel electrophoresis. *Appl Environ Microbiol* 65: 231-240.

Zhang J.Z & Chi J., *Environmental Science and Technology*, 2002, Vol 36, N°5 p1048-1053. Automated Analysis of Nanomolar Concentrations of Phosphate in Natural Waters with Liquid Waveguide

Aquisition des données pendant la campagne

L'acquisition des données « navires » (navigation, météo, sonde) est sous la responsabilité de l'IFREMER et de son équipe informatique embarquée.

L'acquisition des données est sous la responsabilité des équipes pendant la campagne.

Une description exhaustive des méthodes, du type et du nombre de données acquises pendant la campagne sera réalisée en fin de mission sous la responsabilité des chefs de mission avec l'aide de P. Bouruet-Aubertot pour la Physique. Ceci servira de canevas à la mise en place d'une base de fichiers et de son catalogue.

Mise à disposition des données pour les équipes impliquées dans le projet

Les données, après validation par les équipes qui les ont acquises, seront transférées sous forme de fichiers électroniques dans la base de données « CYBER » à Villefranche/mer pour la constitution d'une base de fichiers à accès restreint via internet. Cette base contiendra un catalogue. L'ensemble des opérations sera sous la responsabilité de T. Moutin et S. Bonnet. Les aspects techniques de la mise en place des données seront réalisés par Catherine Schmechtig qui a en charge la base de données LEFE CYBER.

Diffusion des données

L'accès restreint concerne dans un premier temps la communauté OUTPACE. La mise dans le domaine public se fera deux années après la date limite de mise à disposition sur la base des fichiers conformément à la charte CYBER (<http://www.obs-vlfr.fr/proof/vt/infos/mini-charte.htm>).

Type de données	Périodes acquisition données	Echéanciers	
		Date limite de mise à disposition sur la base de fichiers	Date limite de mise dans le domaine public
Mesures et analyses à bord	Février-Mars 2015	Décembre 2015	Mars 2017
Mesure labo post camp. Pièges	Septembre 2015	Mars 2016	Septembre 2017

Problèmes éventuels

Une partie des analyses notamment de biologie moléculaire peuvent éventuellement prendre plus de temps que ce qui est mentionné de manière générale dans l'échéancier. Le comité « LEFE » sera informé au cas par cas de ces exceptions et de leur justification si elles se présentent.

Publications

2016 Rapport de campagne et publications dans différentes revues scientifiques.

2017 Publications dans un numéro spécial.

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

DOCUMENT N° 5	NOM DE LA CAMPAGNE : OUTPACE
----------------------	-------------------------------------

EQUIPE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

5.1 - Equipe demandeuse

Chef de projet/programme : Thierry Moutin & Sophie Bonnet

Chef(s) de mission : Thierry Moutin

Equipe embarquée

Nom	Prénom	Spécialité (géologie, physique, chimie, biologie, mécanique, électronique, informatique, etc.)	Responsabilité et rôle à bord (données, analyses ...)	Organisme employeur	Siège social de l'organisme employeur ⁽¹⁾			Statut ⁽²⁾						Parties de la campagne		
					F	E	A	Ch ⁽³⁾	ITA	Doct.	Etu.	P. sed.	Autre	1	2	3
Moutin	Thierry	Biogeochemistry	Chief scientist Photic zone C,N,P cycles	AMU MIO	x			x								
Bellomo/Nencioli	Lucio/Francesco	Physics	Lagrangian strategy, MVP200, Moorings, CTD	USTV MIO eq. 1	x			x								
Benavides	Mar	Biogeochemistry	N ₂ fixation control, DOM characterization	IRD MIO		x							x			
Berman-Frank	Ilana	Biogeochemistry	PCD and role on export	Bar-Ilan Univ.			x	x								
Berthelot	Hugo	Biogeochemistry	N ₂ fixation and its fate (nanoSIMS)	AMU MIO	x					x						
Bonnet	Sophie	Biogeochemistry	Co-PI of the project, N ₂ fix. and cycle (nanoSIMS)	IRD MIO	x			x								
Bouruet Aubertot	Pascale	Physics (turbulence, internal waves)	VMP6000, Scamp, ADCP, CTD	UPMC LOCEAN	x			x								
Carlotti	François	Biogeochemistry, food webs	Zooplankton, MPV	CNRS MIO	x			x								
Cornet/Observateur	Véronique	Biology/taxonomy	Phytoplankton taxonomy, Pigments, TEP	CNRS MIO					x							
Delmont	Anne	Biogeochemistry	DOC, Optical measurements	CNRS MIO	x				x							
Duhamel	Solange	Biogeochemistry	Flow cytometry, single-cell analyses	Univ. Columbia			x	x								
Dupouy	Cécile	Optics	Optical measurements	IRD MIO	x			x								

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Foster	Rachel	Microbiology	Molecular biology, real time qPCR, HISH-SIMS	Univ. Stockholm		x			x								
Fuda/Rougier	Jean-Luc/Gilles	Physics, Instrumentation	MVP 200, Lagrangian strategy, Moorings, CTD	CNRS MIO	x				x								
Grosso	Olivier	Biogeochemistry, Instrumentation	Nutrients, low level determination, N ₂ fixation	CNRS MIO	x				x								
Guidi	Lionel	Biogeochemistry	Particle size spectra, UVP	CNRS LOV	x				x								
Guieu	Cécile	Biogeochemistry	Aerosols, dissolved iron	CNRS LOV	x				x								
Hélias	Sandra	Biogeochemistry, Instrumentation	DOM, POM	CNRS MIO	x				x								
Hunt	Brian	Biogeochemistry	Zooplankton, stable isotopes, CSIA	IRD MIO	x								x				
Knapp	Angela	Geochemistry	Delta ¹⁵ N budget	Florida St University			x		x								
Leblanc	Karine	Biogeochemistry	Si cycle	CNRS MIO	x				x								
Lefevre	Dominique	Biogeochemistry	O ₂ -Argon	CNRS MIO	x				x								
Louis	Justine	Biogeochemistry	Aerosols, low level nutrient determination	UPMC LOV	x					x							
Lourenço	Antoine	Physics	Turbulence (MVP 6000, SCAMP), CTD	LOCEAN					x								
Royer	Anne	INSU Instrumentation, CTD	CTD, sediment traps	DT INSU	x				x								
Van Moy/Dyhrman	Benjamin/Sonya	Biogeochemistry	Cell-cell signaling, impact on POM mineralization	WHOI			x		x								
Van Wambeke	France	Microbiology	Heterotrophic Bacteria (BP, single-cell analyses)	CNRS MIO	x				x								
PhD 1		Biogeochemistry			x					x							
PhD 2		Physics/Biogeochemistry			x					x							
Nombre TOTAL de personnes embarquées, par catégorie (total = 29 personnes)									16	7	4			2			

(1) F : France, E : Europe, A : Autres pays

(2) Ch : Chercheurs, ITA : ITA ou technicien, Doct. : doctorant, Etu : Etudiant, P. sed. : Personnel sédentaire et gestionnaire technique, Autre : autres (observateurs,...)

(3) Définition du chercheur embarqué :

- ✓ Chercheur, post-doctorant inclus,
- ✓ ingénieur ayant une activité de recherche,
- ✓ ingénieur-chercheur (au sens de chercheur en technologies marines) considéré chercheur.

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Equipe participant au dépouillement à terre (rajouter années si nécessaire)

Nom	Prénom	Institut Laboratoire	Spécialité	Responsabilité et rôle	Temps consacré (Equivalent temps plein)
Alvain	Séverine	LOG	Optics	PHYSAT algorithm, diazotrophs bloom localisation	Année N : 10
					Année N+1 : 10
					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 0
Baklouti	Melika	MIO eq. 4	Modelling	Processes modelling	Année N : 10
					Année N+1 : 20
					Année N+2 : 20
					Année N+3 : 10
Baroni	Aude	MIO eq. 4	Biology	Cytometry	Année N : 5
					Année N+1 : 10
					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 0
Bouffard	Jérôme	MIO eq. 1	Physics	Altimetry	Année N : 10
					Année N+1 :
					Année N+2 :
					Année N+3 :
Capone	Douglas	University of Southern California	Biogeochemistry	N ₂ fixation	Année N: 5
					Année N+1 : 5
					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 5
Claustre	Hervé	LOV	Biogeochemistry	BIO-ARGO floats deployment, Pigments	Année N: 5
					Année N+1 : 5
					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 5
Cravatte	Sophie	IRD LEGOS Nouméa	Physics	Circulation in the SW Pacific	Année N: 5
					Année N+1 : 5
					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 5
Cuypers	Yannis	LOCEAN	Physics	Scamp, ADCP	Année N : 5
					Année N+1 : 10
					Année N+2 : 10
					Année N+3 : 5
Deboissieu	Florian	IRD LOCEAN	Optics	PHYSAT algorithm, diazotrophs bloom localisation	Année N : 10
					Année N+1 : 10
					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 5
Dekaezemacker	Julien	MPI Allemagne	Biogeochemistry	N ₂ fixation	Année N : 5
					Année N+1 : 15
					Année N+2 : 10
					Année N+3 : 5
Doglioli	Andrea	MIO eq. 1	Physics	Lagrangian trajectories	Année N : 5
					Année N+1 : 15
					Année N+2 : 10
					Année N+3 : 5
D'ovidio	Francesco	LOCEAN	Physics	Lagrangian trajectories	Année N : 5
					Année N+1 : 5
					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 5
Dyhrman/Van Mooy	Sonya	WHOI (USA)	Biogeochemistry	Cell-cell signaling, impact on POM mineralization	Année N : 5
					Année N+1 : 10
					Année N+2 : 10
					Année N+3 : 5
Goutx	Madeleine	MIO eq. 2	Biogeochemistry	FDOM	Année N: 5
					Année N+1 : 5
					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 5
Gregori	Gerald	MIO eq. 4	Microbiology	Flow cytometry	Année N : 5
					Année N+1 : 10
					Année N+2 : 10
					Année N+3 : 5
Jacot des Combes	Hélène	USP - Fidji	Geochemistry	Radiolarians	Année N : 10
					Année N+1 : 10
					Année N+2 : 10
					Année N+3 : 5
Leblond	Nathalie	LOV	Biogeochemistry	Sediment trap analyses	Année N : 5
					Année N+1 : 10
					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 5
L'Helguen	Stéphane	LEMAR	Biogeochemistry	N cycle (other than N ₂ fixation)	Année N : 5
					Année N+1 : 10

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 5
Lo Monaco/Metzl	Claire/Nicolas	LOCEAN/SNA POCO2	Biogeochemistry	DIC/Alcalinity	Année N: 5
					Année N+1 : 5
					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 5
					Année N+3 : 5
Marin	Frédéric	IRD LEGOS Nouméa	Physics	Physical characterization Glider SPRAY	Année N : 5
					Année N+1 : 10
					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 5
Martinez	Elodie	IRD EIO Papeete	Optics/Physics	Ocean colours	Année N : 5
					Année N+1 : 10
					Année N+32: 5
					Année N+3 : 5
Menkes	Christophe	IRD_LOCEAN Nouméa	Physics/acoustics	ADCP/Zooplankton	Année N : 5
					Année N+1 : 10
					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 5
N'Yeurt	Antoine	USP - Fidji	Biology	Taxonomy algaea	Année N : 10
					Année N+1 : 10
					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 5
Pagano	Marc	IRD MIO eq. 5	Biology	Zooplankton	Année N : 5
					Année N+1 : 10
					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 5
Petrenko	Anne	MIO eq. 1	Physics	Lagrangian trajectories	Année N : 5
					Année N+1 : 10
					Année N+2 : 10
					Année N+3 : 5
Picheral	Marc	LOV	Biogeochemistry	Instrumentation Zoopklnkton	Année N: 5
					Année N+1 : 5
					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 5
Ras	Joséphine	LOV	Biogeochemistry	Pigments HPLC	Année N : 5
					Année N+1 : 10
					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 0
Rodier	Martine	IRD EIO Papeete	Biogeochemistry	SW Pacific expert	Année N : 5
					Année N+1 : 5
					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 5
Sanudo-Wilhelmy	Sergio	USC Los Angeles	Chemistry	Trace metals other than Fe	Année N : 5
					Année N+1 : 20
					Année N+2 : 10
					Année N+3 : 5
Sempere	Richard	MIO eq. 2	Biogeochemistry	DOC, Optics	Année N: 5
					Année N+1 : 5
					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 5
Schmechtig	Catherine	LOV	Physics Biogeochemistry	LEFE CyBER Data base	Année N: 5
					Année N+1 : 5
					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 5
Tedetti	Marc	IRD MIO	Biogeochemistry	UV, Optics	Année N: 5
					Année N+1 : 5
					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 5
Thyssen	Mélilotus	MIO	Microbiology	Flow cytometry	Année N : 10
					Année N+1 : 20
					Année N+2 : 10
					Année N+3 : 10
Uitz	Julia	LOV	Biogeochemistry	Dominant phytoplankton size class from satellite remote sensing	Année N: 5
					Année N+1 : 5
					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 5
Wagener	Thibaut	MIO eq. 2	Chemistry	DIC/Alcalinity	Année N : 5
					Année N+1 : 10
					Année N+2 : 10
					Année N+3 : 5
Zehr	Jonathan	University of California Santa Cruz	Molecular Biology	Diazotrophs diversity	Année N: 5
					Année N+1 : 5
					Année N+2 : 5
					Année N+3 : 5

5.2 - Présentation des références scientifiques récentes de l'équipe demandeuse et traitement des données des dernières campagnes menées par les équipes participantes

Sélection de publications de l'équipe proposante en relation avec le projet (depuis 2008):

- Atkinson A, Ward P, Hunt BPV, Pakhomov EA, Hosie GW (2012) Zooplankton in Southern Ocean food web models: a critique of available data. *CCAMLR Science* 19: 171-218.
- Baklouti, M., Faure, V., Pawlowski, L., Sciandra, A., (2006) *Investigation and sensitivity analysis of a mechanistic phytoplankton model implemented in a new modular numerical tool (Eco3M) dedicated to biogeochemical modelling..* Progress in Oceanography, 71:34-58
- Baklouti, M., Chevalier, C., Bouvy, M., Corbin, D., Pagano, M., Trousselier, M. and Arfi, R., 2011. A study of plankton dynamics under osmotic stress in an estuary (Senegal River) using a 3D mechanistic model. *Ecological Modelling* (sous presse).
- Bar-Zeev Edo, Eyal Rahav, Gal Dishon, Barak Herut, Nurit Kress, Tom Berman, and Ilana Berman-Frank. 2011. Transparent exopolymer particle (TEP) dynamics in the eastern Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series*. 431:107-118
- Bar-Zeev, E., E., Avishay I., Bidle K.D., and Berman-Frank I. (2013). Programmed cell death in the marine cyanobacterium *Trichodesmium* mediates carbon and nitrogen export *The ISME Journal*, 1–9
- Bellomo, L., M. Saillard, S. Pioch, F. Barbaresco, and M. Lesturgie, "Waveform design based on Phase Conjugation and Time Reversal", *Waveform Design and Diversity for Advanced RADAR Systems*, IET, 2012.
- Bellomo, L., S. Pioch, M. Saillard, and E. Spano, "Time Reversal Experiments in the Microwave Range: Description of the RADAR and results", *Progress In Electromagnetic Research*, vol. 104, 427-448, 2010.
- Berman-Frank, I., and Eyal Rahav. Nitrogen fixation as a source for new production in the Mediterranean Sea: a review. 2012. *Life in the Mediterranean Sea*. N. Stambler (Ed.). Nova Science Publishers. NY, Ch. 8, 199-226.
- Berman-Frank, I., Chen, Yi-bu, Gao, Y., Fennel, K., Follows, M., Milligan, A., and Falkowski P.G. 2008. Feedbacks Between the Nitrogen, Carbon and Oxygen Cycles. Capone, DG, D Bronk, M Mulholland and EJ Carpenter, Eds. *Nitrogen in the Marine Environment*, 2nd edition. San Diego, Academic Press/ Elsevier ISBN 9780123725226.
- Blain S., S. Bonnet, and C. Guieu, 2008, Dissolved iron distribution in the tropical and sub tropical South Eastern Pacific, *Biogeosciences*, 5, 269-280
- Bonnet, S., Biegala, I., Dutrieux, P., Slemmons, L., Capone, D.G. Nitrogen fixation in the western equatorial Pacific: Rates, diazotrophic cyanobacterial size class distribution, and biogeochemical significance, *Global Biogeochemical Cycles*, 23, GB3012, doi:10.1029/2008GB003439 (2009)
- Bonnet, S., Gregori, G., Barani, A., S. Mostefaoui, S., Cornet-Barthaux, V., Dekeazemacker, J., Charrière, B., Dupouy, C., Rodier, M., Gérard, P. Efficient transfer of fixed N₂ from *Trichodesmium* to picophytoplankton (*Synechococcus*) and microphytoplankton (Diatoms) revealed at the single cell level by nanometer-scale secondary ion mass-spectrometry (NanoSIMS). In rev., *Nature Geosciences*
- Bonnet, S., Grosso, O., Moutin, T. Planktonic Dinitrogen Fixation along a longitudinal gradient across the Mediterranean Sea during the stratified period (BOUM cruise). *Biogeosciences* 8, 2257–2267 (2011)
- Bonnet, S., Guieu, C., Bruyant, F., Prasil, O., Raimbault, P., Gorbunov, M.Y., Zehr, J.P., Grob, C., Masquelier, S.M., Garczareck, L., Moutin, T., Van Wambeke, F., Claustre, H. Nutrient limitation of primary productivity in the Southeast Pacific (BIOCOPE cruise). *Biogeosciences*, 5, 1-11 (2008)
- Bonnet, S., Dekaezemaker, J., Turk-Kubo, K., Moutin, T., Grosso, O., Zehr, J., Capone, D.G. Aphotic N₂ fixation in the Eastern Tropical South Pacific Ocean. Accepted. *Plos One*.
- Bonnet, S., Webb, E., Panzeca, C., Karl, D.M., Capone, D.G., and Sanudo-Wilhelmy. Vitamin B12 excretion by cultures of the marine cyanobacteria *Crocosphaera* and *Synechococcus*. *Limnology and Oceanography*, 55(5), 1959-1964 (2010)
- Bouffard J., L. Renault, A. Pascual, S. Ruiz, C. Dufau, and J. Tintoré, 2012 : Sub-surface small scale eddy dynamics from multi-sensor observations and modelling, *Progress in Oceanography.*, 106, Pages 62–79. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2012.06.007>
- Bouffard J., L. Roblou, F. Birol, A. Pascual, L. Fenoglio-Marc, M. Cancet, R. Morrow and Y. Ménard, 2011: Introduction and assessment of improved coastal altimetry strategies: case study over the North Western Mediterranean Sea. Chapter 12 in S. Vignudelli, A.G. Kostianoy, P. Cipollini, J. Benveniste (eds.), *Coastal Altimetry*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 578 pp, 2011.
- Bouffard J., A. Pascual, S. Ruiz, Y. Faugère, and J. Tintoré, 2010: Coastal and mesoscale dynamics characterization using altimetry and gliders: A case study in the Balearic Sea, *J. Geophys. Res.*, 115, C10029, doi:10.1029/2009JC006087.
- Bouffard J., L. Renault, A. Pascual, S. Ruiz, C. Dufau, and J. Tintoré, 2012 : Sub-surface small scale eddy dynamics from multi-sensor observations and modelling, *Progress in Oceanography.*, 106, Pages 62–79. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2012.06.007>
- Bouffard J., Vignudelli S., Cipollini P and Ménard Y., 2008(b): Exploiting the potential of an improved multi-mission altimetric dataset over the coastal ocean. *Geophysical Research Letters*, 35, L10601, DOI:10.1029/2008GL033488.
- Bressac M., C. Guieu. Post-depositional processes: What really happens to new atmospheric iron in the ocean surface? *Global Biogeochemical Cycles*, doi:10.1002/gbc.20076, in press.
- Capone, D.G. in *Handbook of Methods in Aquatic Microbial Ecology*. (ed. J.J. Cole) 621–631 (Lewis Press, Boca Raton; 1993).
- Claustre H. et al. (2004). An intercomparison of HPLC phytoplankton pigment methods using *in situ* samples: Application to remote sensing and database activities, *Mar. Chem.*, 85, 41– 61.
- Crombet, Y., Leblanc, K., Quéguiner, B., Moutin, T., Rimmelin, P., Ras, J., Claustre, H., Leblond, N., Oriol, L., and Pujo-Pay, M. 2011. Deep silicon maxima in the stratified oligotrophic Mediterranean Sea, *Biogeosciences*, 8, 459-475, doi:10.5194/bg-8-459-2011.
- Cuyppers, Y., B. Vinçon-Leite, A. Groleau, B. Tassin, J-F. Humbert « Impact of internal waves on the spatial distribution of *Planktothrix rubescens* (cyanobacteria) in an alpine lake » *The ISME Journal* doi:10.1038/ismej.2010.154. 2010
- Cuyppers, Y., P. Bouruet-Aubertot, C. Marec, and J.-L. Fuda. Characterization of turbulence and validation of a fine-scale parametrization in the Mediterranean Sea during the BOUM experiment. *Biogeosciences*, 9, 3131–3149, 2012

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

- Cuypers, Y., X. Levailant, P. Bouruet Aubertot, J. Vialard, M. Mac Phaden. « Tropical storm-induced near inertial internal waves during the Cirene experiment: energy fluxes and impact on vertical mixing"» Journal of Geophysical Research: oceans. Volume 118 issue 1: 358-380. In press.
- De Monte, S., Soccodato, A., Alvain, S., d'Ovidio, F., "Can we detect biodiversity hotspots from satellite?", ISME Journal, in press (2013)doi: 10.1038/ismej.2013.72.
- Dekaezemacker, J. & Bonnet, S. Sensitivity analysis of nitrogen fixation to combined nitrogen forms (NO₃⁻ and NH₄⁺) in two strains of the marine diazotroph *Crocospaera watsonii* (Cyanobacteria). Marine Ecology Progress Series 438: 33–46, doi: 10.3354/meps09297 (2011)
- Dekaezemacker, J., Bonnet, S., Grosso, O., Moutin, T., Bressac, M. and Capone D.G., 2013. Evidence of active dinitrogen fixation in surface waters of the eastern tropical south pacific during El Niño and La Niña events and evaluation of its potential nutrient controls. Global Biogeochemical Cycles in press.
- Dekaezemacker, J., Bonnet, S., Moutin, T., Grosso, O., Bressac, M., Capone D.G Evidence of Active Dinitrogen Fixation in Surface Waters of the Eastern Tropical South Pacific during El Niño and La Niña events and Evaluation of its Potential Nutrient Controls. Global Biogeochemical Cycles DOI: 10.1002/gbc.20063., (Accepted).
- De Leeuw, G., C. Guieu, A. Arneth, N. Bellouin, L. Bopp, P. Boyd, H. Denier van der Gon, K. Desboeufs, F. Dulac, C. Facchini, B. Gantt, B. Langmann, N. Mahowald, E. Maranon, C. O'Dowd, N. Olgun, E. Pulido-Villena, M. Rinaldi, E. Stephanou, T. Wagener (2013). Ocean-Atmosphere interactions of particles. In: P. Liss and M. Johnson (Editors), "Ocean-Atmosphere Interactions of Gases and Particles" Publisher: Springer (in press)
- Doglioli, A.M., Nencioli, F., Petrenko, A.A., Fuda, J.-L., Rougier, G., Grima, N. (2013), A software package and hardware tools for *in situ* experiments in a Lagrangian reference frame. J. Atmos. Ocean. Tech. doi: 10.1175/JTECH-D-12-00183.1
- d'Ovidio, F., Zhou, M., Park, Y.H., Nencioli, F., Resplandy, L., Doglioli, A., Petrenko, A., Queguiner, B., Blain, S., (2012) Guiding biogeochemical campaigns with high resolution altimetry: waiting for the SWOT mission. "20 years of progress in radar altimetry" Symposium, Venice, Italy. Abstract Poster
- Dubischar CD, Pakhomov EA, von Harbou L, Hunt BPV, Bathmann UV (2011) Salps in the Lazarev Sea, Southern Ocean: II. Biochemical composition. Marine Biology, DOI 10.1007/s00227-011-1785-5
- Duhamel S., and T. Moutin, 2009. Carbon and phosphate incorporation rates of microbial assemblages in contrasting environments in the Southeast Pacific. Marine Ecology Progress Series, 375, 53–64. DOI: 10.3354/meps07765
- Duhamel S, Björkman KM, Karl DM (2012) Light dependence of phosphorus uptake by microorganisms in the North and South Pacific subtropical gyres. Aquatic Microbial Ecology 67:225-238
- Duhamel S., Björkman K.M., Van Wambeke F., Moutin T., and D.M. Karl. 2011. Characterization of alkaline phosphatase activity in the North and South Pacific subtropical gyres: implication for the phosphorus cycle. Limnology and Oceanography, 56(4), 1244-1254.
- Duhamel S., Dyhrman S.T., and D.M. Karl, 2010. Alkaline phosphatase activity and regulation in the North Pacific Subtropical Gyre. Limnology and Oceanography, 55(3), 1414–1425. DOI: 10.4319/lo.2010.55.3.1414
- Duhamel S., Gregori G., Van Wambeke F., and J. Nedoma, 2009. Detection of extracellular phosphatase activity of heterotrophic prokaryotes at the single cell level by flow cytometry. Current Protocols in Cytometry, 49:11.18.1–11.18.8. DOI: 10.1002/0471142956.cy1118s49.
- Duhamel S., Gregori G., Van Wambeke F., Mauriac R., and J. Nedoma, 2008. A method for analysing phosphatase activity in aquatic bacteria at the single cell level using flow cytometry. Journal of Microbiological Methods, 75, 269–278. DOI: 10.1016/j.mimet.2008.06.018
- Duhamel, S., & T. Moutin, 2009. Carbon and Phosphate incorporation rates of microbial assemblages in contrasting environments in the Southeast Pacific. 2009. Marine Ecological Progress Series, 375, 53-64. doi : 10.3354/meps07765
- Dupouy, C., Neveux, J., Dirberg, G., Röttgers, R., Tenório, M. M. B., S. Ouillon, 2008. Bio-optical properties of the marine cyanobacteria *Trichodesmium* spp., Journal of Applied Remote Sensing, 2, 1-17. doi:10.1117/1.2839036.
- Dupouy, C., Benielli-Gary, D., Neveux, J., Dandonneau, Y, T. Westberry, 2011. A new algorithm for detecting *Trichodesmium* surface blooms in the South Western Tropical Pacific, Biogeosciences, 8, 1-17, doi:10.5194/bg-8-1-2011.
- Elskens, M., N. Brion, K.O. Buesseler, B.A.S. Van Mooy, P. Boyd, F. Dehairs, N. Savoyes and W. Baeyens (2008). Primary, new and export production in the NW Pacific Subarctic Gyre during the VERTIGO K2 experiments. Deep-Sea Res. II. 55: 1594-1604.
- Grégori, G., M. Denis, S. Duhamel, and F. Wambeke. 2011. Analysis of Phosphatase Activity from Aquatic Heterotrophic Bacteria at the Single Cell Level by Flow Cytometry: Example of a Development Achieved in the Regional Flow Cytometry Platform for Microbiology (Precym) Hosted by the Oceanology Center of Marseille, p. 255-258. In H.-J. Ceccaldi, I. Dekeyser, M. Girault and G. Stora [eds.], Global Change: Mankind-Marine Environment Interactions. Springer Netherlands. DOI: 10.1007/978-90-481-8630-3_44
- Guidi, L. and others 2009. Effects of phytoplankton community on production, size, and export of large aggregates: A world-ocean analysis. Limnol. Oceanogr. 54: 1951-1963.
- Guidi, L. and others 2012. Does eddy-eddy interaction control surface phytoplankton distribution and carbon export in the North Pacific Subtropical Gyre? J. Geophys. Res. 117: G02024.
- Guidi, L., Calil P. H. R., Duhamel S., Björkman K. M., Doney S. C., Jackson G. A., Li B., Church M. J., Tozzi S., Kolber Z. S., Richards K. J., Fong A. A., Letelier R. M., Gorsky G., Stemman L., and D. M. Karl. 2012. Does eddy-eddy interaction control surface phytoplankton distribution and carbon export in the North Pacific Subtropical Gyre? Journal of Geophysical Research, 117, G02024, doi:10.1029/2012JG001984.
- Guidi, L., G. A. Jackson, L. Stemmann, J. C. Miquel, M. Picheral, and G. Gorsky. 2008. Relationship between particle size distribution and flux in the mesopelagic zone. Deep-Sea Res. I. 55: 1364-1374.
- Guidi, L., L. Stemmann, L. Legendre, M. Picheral, L. Prieur, and G. Gorsky. 2007. Vertical distribution of aggregates (> 110 µm) and mesoscale activity in the northeastern Atlantic: Effects on the deep vertical export of surface carbon. Limnol. Oceanogr. 52: 7-18.
- Harriet Alexander, Bethany D. Jenkins, Tatiana A. Rynearson, Melissa Mercier, Mak A. Saito, and Sonya T. Dyhrman (2012) The identification of stably expressed reference genes from high-throughput sequence data Frontiers in Microbiology 3:385 doi: 10.3389/fmicb.2012.00385
- Hmelo L.R., Mincer T. J., and Van Mooy B. A. S. (2011) Possible influence of bacterial quorum sensing on the hydrolysis of sinking particulate organic carbon in marine environments. Environ. Microbiol. Reports 3: 682-688.

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

- Hmelo, L.R., Van Mooy, B.A.S., and Mincer, T.J. (2012) Bacterial epibionts in *Trichodesmium* colonies are distinct from bacteria in surrounding waters. *Aquat. Microb. Ecol.* 67: 1-14.
- Hu, Z.H., Petrenko, A.A., Doglioli, A.M., Dekeyser, I. (2011), Study of a mesoscale anticyclonic eddy in the western part of the Gulf of Lion. *J. Mar. Syst.*, Vol.88/1, pp.3-11, doi: 10.1016/j.jmarsys.2011.02.008 . see preprint
- Hunt BPV and Hosie GW (2008) Southern Ocean biogeography and taxonomic resolution: What's in the name? *Marine Biology* 155: 191-203
- Hunt BPV, Pakhomov EA, Hosie GW, Siegel V, Ward P and Bernard K (2008) Pteropods in Southern Ocean ecosystems. *Progress in Oceanography* 78: 193-221
- Hunt BPV, Pakhomov EA, Siegel V, Strass V, Cisewski B, Bathmann U (2011) The seasonal cycle of the Lazarev Sea macrozooplankton community and a potential shift to top down trophic control in winter. *Deep-Sea Research II* 58 (Southern Ocean GLOBEC special issue): 1662-1676
- Jardon, F., P. Bouruet-Aubertot, Y. Cuypers, F.Vivier, . ;Lourenço , « Internal waves and vertical mixing in the Storfjorden Polynya, Svalbard» *Journal Of Geophysical Research : oceans*. Volume 116, Issue C12, DOI: 10.1029/2010JC00691.8; 2011
- Kathleen Ruttenberg and Sonya T. Dyhrman (2012) Dissolved organic phosphorus production during simulated phytoplankton blooms in a coastal upwelling system. *Frontiers in Microbiology* 3:274. doi: 10.3389/fmicb.2012.00274
- Kersalé, M., Doglioli, A.M., Petrenko, A.A. (2011), Sensitivity study of the generation of mesoscale eddies in a numerical model of Hawaii islands. *Ocean Sci.*, Vol.7, pp.277-291, doi : 10.5194/os-7-277-2011 . see Open Access paper or see preprint
- Kersalé, M., Petrenko, A.A., Doglioli, A.M., Dekeyser, I., Nencioli, F. (2013), Physical characteristics and dynamics of the coastal Latex09 Eddy derived from *in situ* data and numerical modeling. *J. Geophys. Res.*, Vol.118, pp.1-11, doi:10.1029/2012JC008229. see preprint
- Kessler, W. S. and S. Cravatte, Mean Circulation of the Coral Sea, Accepted *Journal of Geophysical Research*
- Knapp, A. N. et al. (2005). N isotopic composition of dissolved organic nitrogen and nitrate at the Bermuda Atlantic Time-series Study site, *Global Biogeochem. Cycles*, 19, GB1018, doi:10.1029/2004GB002320. (no page #s - it's an AGU publication)
- Knapp, A.N., P.J. DiFiore, C. Deutsch, D.M. Sigman, and F. Lipschultz, 2008, Nitrate isotopic composition between Bermuda and Puerto Rico Implications for N₂ fixation in the Atlantic Ocean, *Global Biogeochem. Cycles*, 22, GB3014.
- Knapp, A.N., Dekazemacker, J., Bonnet, S. Sohm, J.A. and Capone, D.G. Sensitivity of *Trichodesmium* and *Crocospaera* abundance and N₂ fixation rates to varying NO₃ - and PO₄ 3- concentrations in batch cultures. *Aquatic Microbial Ecology*, 66, 223-236, doi:10.3354/ame01577 (2012)
- Küpper, H., Sven Seibert, Ivan Šetlík, Ondrej Prášil, Eva Šetlikova, Jens Lohscheider, Orly Levitan, Martina Strittmatter, Iwona Adamska and Ilana Berman-Frank. 2008. Iron Limitation in *Trichodesmium* reveals new insights into regulation of photosynthesis for N-fixation. *New Phytologist*. 179, 784-798.
- Leblanc, K., and Hutchins, D. A.: New applications of a biogenic silica deposition fluorophore in the study of oceanic diatoms, *Limnology and Oceanography-Methods*, 3, 462-476, 2005.
- Li L, Mackas D, Hunt B, Schweigert J, Pakhomov E, Perry RI, Galbraith M, Pitcher TJ (2013) Zooplankton communities in the Strait of Georgia, British Columbia, track large-scale climate forcing over the Pacific Ocean. *Progress in Oceanography* (in press)
- Loisel, H., V. Vantrepotte, K. Norkvist, X.Mériaux, M. Kheireddine, J. Ras, M. Pujo-Pay, Y. Combet, K. Leblanc, G. Dall'Olmo, R. Mauriac, D. Dessailly and T. Moutin (2011). Characterization of the bio-optical anomaly and diurnal variability of particulate matter, as seen from scattering and backscattering coefficients, in ultra-oligotrophic eddies of the Mediterranean Sea, *Biogeosciences*, 8, 3295-3317. doi:10.5194/bg-8-3295-2011.
- Longnecker K., Lomas M. W., and Van Mooy B. A. S. (2010) Abundance and diversity of heterotrophic bacterial cells assimilating 33P-phosphate in the subtropical North Atlantic Ocean. *Environ. Microbiol.* 12: 2773-2782.
- Louie L. Wurch, Erin M. Bertrand, Benjamin A. S. Van Mooy, Mak Saito, and Sonya T. Dyhrman (2011) Proteome changes driven by phosphorus deficiency and recovery in the brown tide-forming alga *Aureococcus anophagefferens*. *Public Library of Science (PLOS) One* 6: e28949. doi:10.1371/journal.pone.0028949
- Luo, Y.-W., Doney, S. C., Anderson, L. A., Benavides, M., Berman-Frank, I., Bode, A., Bonnet, S., Boström, K. H., Böttjer, D., Capone, D. G., Carpenter, E. J., Chen, Y. L., Church, M. J., Dore, J. E., Falcón, L. I., Fernández, A., Foster, R. A., Furuya, K., Gómez, F., Gundersen, K., Hynes, A. M., Karl, D. M., Kitajima, S., Langlois, R. J., LaRoche, J., Letelier, R. M., Marañón, E., McGillicuddy Jr., D. J., Moisander, P. H., Moore, C. M., Mouriño-Carballido, B., Mulholland, M. R., Needoba, J. A., Orcutt, K. M., Poulton, A. J., Rahav, E., Raimbault, P., Rees, A. P., Riemann, L., Shiozaki, T., Subramaniam, A., Tyrrell, T., Turk-Kubo, K. A., Varela, M., Villareal, T. A., Webb, E. A., White, A. E., Wu, J., and Zehr, J. P.: Database of diazotrophs in global ocean: abundance, biomass and nitrogen fixation rates, *Earth Syst. Sci. Data*, 4, 47-73, doi:10.5194/essd-4-47-2012 (2012)
- Martin P., Van Mooy B. A. S., Heithoff A., and Dyhrman S. T. (2011) Phosphorus supply drives rapid turnover of membrane phospholipids in the diatom *Thalassiosira pseudonana*. *ISME J.* 5, 1057-1060.
- Martinez, E., D. Antoine, F. D'Ortenzio, B. Gentili (2009). Climate-driven basin-scale decadal oscillations of oceanic phytoplankton. *Science*, 36, 1253-1256.
- Mauriac, R., Moutin, T., and Baklouti, M. 2011. Accumulation of DOC in Low Phosphate Low Chlorophyll (LPLC) area : is it related to higher production under high N:P ratio ?, *Biogeosciences*, 8, 933-950, doi:10.5194/bg-8-933-2011.
- Mendez J., Guieu C. , Adkins J., Atmospheric input of Manganese and Iron to the ocean: Seawater dissolution experiments with Saharan and North American dusts, *Marine Chemistry*, 120, 34-43, 2010
- Moisander PH, Beinart RA, Hewson I, White AE, Johnson KS, Carlson CA, Montoya JP, Zehr JP (2010) Unicellular Cyanobacterial Distributions Broaden the Oceanic N-2 Fixation Domain. *Science* 327:1512-1514
- Moore CM, Mills MM, Arrigo KR Berman-Frank I, Bopp L, Boyd PW, Galbraith ED, Geider RJ, Guieu C, Jaccard SL, Jickells TD, La Roche J, Lenton TM, Mahowald NM, Marañón E, Marinov I, Moore JK, Nakatsuka T, Oschlies A, Saito MA, Thingstad TF, Tsuda A, Ulloa O (2013) Processes and patterns of oceanic nutrient limitation. *Nature Geoscience*, doi:10.1038/ngeo1765
- Moore, C.M., Mills, M.M., Arrigo, K.R., Berman-Frank, I., Bopp, L., Boyd, P.W., Galbraith, E.D., Geider, R.J., Guieu, C., Jaccard, S.L., Jickells, T.D., La Roche, J., Lenton, T., Mahowald, N.M., Marañón, E., Marinov, I., Moore, J.K., Nakatsuka, T., Oschlies, A., Saito, M.A., Thingstad, T.F., Tsuda, A., Ulloa, O., 2013, Processes and patterns of oceanic nutrient limitation, *Nature Geoscience*, doi:10.1038/ngeo1765.
- Moutin T., Karl D.M., Duhamel S., Rimmelin P., Raimbault P., Van Mooy B., and H. Claustre, 2008. Phosphate availability and the ultimate control of new nitrogen input by nitrogen fixation in the tropical Pacific Ocean. *Biogeosciences*, 5, 95–100

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

- Moutin, T. and Prieur, L. : Influence of anticyclonic eddies on the Biogeochemistry from the Oligotrophic to the Ultraoligotrophic Mediterranean (BOUM cruise), *Biogeosciences*, 9, 3827-3855, doi:10.5194/bg-9-3827-2012, 2012.
- Moutin, T., Karl, D. M., Duhamel, S., Rimmelin, P., Raimbault, P., Van Mooy, B. A. S., and H. Claustre. 2008. Phosphate availability and the ultimate control of new nitrogen input by nitrogen fixation in the tropical Pacific Ocean, *Biogeosciences*, 5, 95-109.
- Moutin, T., Van Wambeke, F., and Prieur, L. : Introduction to the Biogeochemistry from the Oligotrophic to the Ultraoligotrophic Mediterranean (BOUM) experiment, *Biogeosciences*, 9, 3817-3825, doi:10.5194/bg-9-3817-2012, 2012.
- Murakami, H., Dupouy C., 2013. Atmospheric correction and inherent optical property estimation in the southwest New Caledonia lagoon using AVNIR-2 high-resolution data, *Applied Optics* Vol. 52, Iss. 2, pp. 182–198.
- Nencioli, F., d'Ovidio, F., Doglioli, A.M., Petrenko, A.A. (2011), Surface coastal circulation patterns by in-situ detection of Lagrangian Coherent Structures. *Geophys. Res. Lett.*, Vol.38, L17604, doi:10.1029/2011GL048815. see preprint
- Nencioli F., F. d'Ovidio, A.M. Doglioli and A.A. Petrenko, 2011. "Surface coastal circulation patterns by in-situ detection of Lagrangian Coherent Structures". *Geophysical Research Letters*, Vol 38, L17604. doi: 10.1029/2011GL048815
- Pakhomov EA, Hall J, Williams M, Hunt BPV, Stevens, C. (2010) Biology of Salpa thompsoni in waters adjacent to the Ross Sea, Southern Ocean, during austral summer 2008. *Polar Biology* DOI: 10.1007/s00300-010-0878-9
- Para, J., Charrière, B., Matsuoka, A., Miller, W.L., Rontani, J.F., Sempéré, R. (2013). UV/PAR radiations and DOM properties in surface coastal waters of the Canadian shelf of the Beaufort Sea during summer 2009. *Biogeosciences*, vol. 10, p.2761-2774.
- Patrick Martin, Benjamin A. S. Van Mooy, Abigail Heithoff, and Sonya T. Dyhrman (2011) Phosphorus supply drives rapid turnover of membrane phospholipids in the diatom *Thalassiosira pseudonana* *International Society of Microbial Ecology (ISME) Journal* 5:1057-1060.
- Picheral, M., L. Guidi, L. Stemmann, D. M. Karl, G. Iddaoud, and G. Gorsky. 2010. The Underwater Vision Profiler 5: An advanced instrument for high spatial resolution studies of particle size spectra and zooplankton. *Limnol. Oceanogr. Meth.* 8: 462–473.
- Poggiale, J.C., M. Baklouti, B. Queguiner, and B. Kooijman. (2010) How far details are important in ecosystem modelling : the case of multi-limiting nutrients in phytoplankton - zooplankton interactions. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 365 :3495_3507, 2010.
- Popendorf K.J., Tanaka T., Pujo-Pay M., Lagaria A., Couties C., Conan P., Oriol L., Sofen L.E., Moutin T., Van Mooy B.A.S. (2011). Gradients in intact polar diacylglycerolipids across the Mediterranean Sea are related to phosphate availability. *Biogeosci.* 8: 2547-2560.
- Popendorf, K.J., Lomas, M.W., and Van Mooy, B.A.S. (2011) Microbial sources of intact polar diacylglycerolipids in the western North Atlantic Ocean. *Org. Geochem.* 42: 803–811.
- Rahav E., Herut B., Levi A., Mulholland R.M. and Berman-Frank I (2013 b), Springtime contribution of dinitrogen fixation to primary production across the Mediterranean. *Ocean Sciences*, 9, 1-10, doi: 10.5194/os-9-1-2013.
- Rahav E., Herut B., Stambler N., Bar-Zeev E., Mulholland R.M., and I. Berman-Frank (2013 a), Uncoupling between dinitrogen fixation and primary productivity in the Eastern Mediterranean Sea, *JGR Biogeosciences*, 18, 195-202, doi: 10.1002/jgrg.20023.
- Read, B., Jessica Kegel, Mary Klute, Alan Kuo, Stephan Lefebvre, John Miller, Andy Allen, Virginia Armbrust, Kay Bidle, Mark Borodovsky, Chris Bowler, Colin Brownlee, Jean-Michel Claverie, Mark Cock, Colomban de Vargas, Marek Elias, Stephan Frickenhaus, Richard Geider, Vadim N. Gladyshev, Karina Gonzalez, Chittibabu Guda, Ahmad Hadaegh, Emily Herman, Deborah Iglesias-Rodriguez, Tracey Lawson, Florian Leese, Yao-Cheng Lin, Erica Lindquist, Alexei Lobanov, Susan Lucas, Mary E. Marsh, Florian Maumus, Christoph Mayer, Thomas Mock, Adam Monier, Herve Moreau, Bernard Mueller-Roeber, Johnathan Napier, Hiroyuki Ogata, Micaela Parker, Konrad H. Paszkiewicz, Ian Probert, Hadi Quesneville, Christine Raines, Stefan Rensing, Diego Riano, Thomas Richards, Sophie Richier, Asaf Salamov, Analissa Sarno, Jeremy Schmutz, Declan Schroeder, Yoshihiro Shiraiwa, Darren M. Soanes, Michael Steinke, Klaus Valentin, Mark Van der Geizen, Yves Van der Peer, Assaf Vardi, Frederic Verret, Peter Von Dossow, Glen Wheeler, Bryony Williams, Willie Wilson, Gordon Wolfe, Alexandra Worden, Louie L. Wurch, Jeremy Young, Joel B. Dacks, Charles F. Delwiche, & Sonya T. Dyhrman, Gernot Glockner, Uwe John, Tom Richards, Alexandra, Worden, Xiaoyu Zhang and Igor V. Grigoriev Pan genome of the phytoplankton *Emiliania* drives its global distribution (2013) *Nature* 499:209-213. & designated as a co-contributing senior author for co-writing the manuscript
- Ridame, C., Le Moal, M., Guieu, C., Ternon, E., Biegala, I., L'Helguen, S. and Pujo-Pay, M., 2011, Nutrient control of N₂ fixation in the oligotrophic Mediterranean Sea and the impact of Saharan dust events, *Biogeosciences*, 8, 2773–2783, 2011
- Rubin, M., Ilana Berman-Frank, Yeala Shaked. 2011. Utilization of mineral iron by the marine diazotroph *Trichodesmium*. *Nature Geosciences*. 4, 529–534
- Sharma A.K., Becker J.W., Ottesen E.A., Bryant J.A., Duhamel S., Karl D.M., Cordero O.X., Repeta D.J. and E.F. DeLong. 2013. Distinct dissolved organic matter sources induce rapid transcriptional responses in sympatric populations of *Prochlorococcus*, *Pelagibacter* and the OM60 Clade. *Environmental Microbiology*. In revision.
- Sonya T. Dyhrman and #Sheean T. Haley (2011) Arsenate resistance in the marine diazotroph *Crocospaera watsonii*. *Frontiers in Microbiology* 2:214. doi:10.3389/fmicb.2011.00214.
- Sonya T. Dyhrman, Bethany D. Jenkins, Tatiana A. Ryneerson, Mak A. Saito, Melissa L. Mercier, #Harriet Alexander, LeAnn P. Whitney, Andrea Drzewianowski, Vladimir V. Bulygin, Erin M. Bertrand, Zhijian Wu, Claudia Benitez-Nelson, and #Abigail Heithoff (2012) the transcriptome and proteome of the diatom *Thalassiosira pseudonana* reveal a diverse phosphorus stress response. *Public Library of Science (PLOS) One* 7:e3376. doi:10.1371/journal.pone.0033768
- Steinberg, D.K., B.A.S. Van Mooy, K.O. Buesseler, P.W. Boyd, T. Kobari and D.M. Karl (2008). Microbial vs. zooplankton control of sinking particle flux in the ocean's twilight zone. *Limnol. Oceanogr.* 53:1327-1338.
- Talarmin A., Van Wambeke F., Duhamel S., Catala P., Moutin T., and P. Lebaron. 2011. Improved methodology to measure taxon-specific phosphate uptake in live and unfiltered samples. *Limnology and Oceanography: Methods*, 9:443-453. DOI: 10.4319/lo.2011.56.4.1244
- Tedetti, M., Sempéré, R., Vasilkov, A., Charrière, B., Nérini, D., Miller, W.L., Kawamura, K. and Raimbault, P. (2007). High penetration of ultraviolet radiation in the south east Pacific waters. *Geophysical Research Letters* 34: doi: 10.1029/2007GL029823. issn: 0094-8276.
- Thompson AW, Foster RA, Krupke A, Carter BJ, Musat N, Vaultot D, Kuypers MMM, Zehr JP (2012) Unicellular Cyanobacterium Symbiotic with a Single-Celled Eukaryotic Alga. *Science* 337:1546-1550
- Tedetti, M., Longhitano R., Garcia N., Guigue G., Ferretto N., Goutx M. (2012). Fluorescence properties of dissolved organic matter in coastal Mediterranean waters influenced by a municipal sewage effluent (Bay of Marseilles, France). *Environmental Chemistry*, 9 (5), 438- 449.

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

- Tedetti M., Cuet P., Guigue C., Goutx M. (2011) Characterization of dissolved organic matter in a coral reef ecosystem subjected to anthropogenic pressures (La Réunion Island, Indian Ocean) using multi-dimensional fluorescence spectroscopy, *Science of The Total Environment*, 409, 2198-2210.
- Ternon E. C. Guieu, C. Ridame, L'Helguen, S, Catala, P., 2011, Longitudinal variability of the biogeochemical role of Mediterranean aerosols in the Mediterranean Sea, *Biogeosciences*, 8, 1067–1080, 2011
- Wagener T., Guieu C., Losno R., Bonnet S., Mahowald N., 2008, Revisiting atmospheric dust export to the South Hemisphere ocean, *Global Biogeochemical Cycles*, 22, GB2006, doi:10.1029/2007GB002984.
- Van Mooy B. A. S. and Fredricks H. F. (2010) Bacterial and eukaryotic intact polar lipids in the eastern subtropical South Pacific: water-column distribution, planktonic sources, and fatty acid composition. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 74: 6499-6516.
- Van Mooy, B.A.S. and A.H. Devol (2008) Assessing nutrient limitation of *Prochlorococcus* in the North Pacific subtropical gyre by using an RNA capture method. *Limnol. Oceanogr.* 53:78-88.
- Van Mooy, B.A.S., Fredricks, H.F., Pedler, B.E., Dyhrman, S.T., Karl, D.M., Koblížek, M., Lomas, M.W., Mincer, T., Moore, L.R., Moutin, T., Rappé, M.S., and Webb, E.A. (2009) Phytoplankton in the ocean substitute lipids in response to phosphorus scarcity. *Nature*. 458:69-72.
- Van Mooy, B.A.S., H.F. Fredricks, B.E. Pedler, S.T. Dyhrman, D.M. Karl, M. Koblížek, M.W. Lomas, T.J. Mincer, L.R. Moore, T. Moutin, M.S. Rappe, and E.A. Webb, 2009. Phytoplankton in the Ocean Use Non-Phosphorus Lipids in Response to Phosphorus Scarcity, *Nature*, 458, 69-72. doi:10.1038/nature07659.
- Van Mooy, B.A.S., Moutin, T., Duhamel, S., Rimmelin, P., and Van Wambeke, F. (2008) Phospholipid synthesis rates in the eastern subtropical South Pacific Ocean. *Biogeosciences* 5:95-109.
- Van Mooy, B.A.S., Laura R. Hmelo, Laura E. Sofen, Shawn R. Campagna, Amanda L. May, Sonya T. Dyhrman, #Abigail Heithoff, Eric A. Webb, Lily Momper, and Tracy J. Mincer (2012) Quorum sensing control of phosphorus acquisition in *Trichodesmium* consortia. *International Society of Microbial Ecology (ISME) Journal* 6:422-429.
- Van Wambeke F., Nedoma J., Duhamel S., and P. Lebaron, 2008. Alkaline phosphatase activity of marine bacteria studied with ELF97 phosphate: Success and limits in P-limited Mediterranean Sea. *Aquatic Microbial Ecology*, 52, 245–251. DOI: 10.3354/ame01238
- Van Wambeke F., Obernosterer I., Moutin T., Duhamel S., Ulloa O. and H., Claustre. 2008. Heterotrophic prokaryotic production in the South East Pacific: longitudinal trends and coupling with primary production. *Biogeosciences*, 5, 157–169.
- Van Wambeke, F., Bonnet, S., Moutin, T., Raimbault, Alarcón, G., Guieu, C. Factors limiting heterotrophic bacterial production in the Southern Pacific Ocean. *Biogeosciences*, Vol. 5, 833-845 (2008)
- White, A. and Sonya T. Dyhrman (2013) The Marine Phosphorus Cycle *Frontiers in Microbiology* 4:105. doi: 10.3389/fmicb.2013.00105
- Wuttig K., T. Wagener, M. Bressac, A. Dammschäuser, P. Streu, C. Guieu, and P. L. Croot, 2013, Impacts of dust deposition on dissolved trace metal concentrations (Mn, Al and Fe) during a mesocosm experiment *Biogeosciences* 10, 2583-2600 (SI DUNE)
- Xie, X., Y. Cuypers, P. Bouruet-Aubertot, B. Ferron, A. Pichon, A. Lourenço, N. Cortes. "Large amplitude internal tides, solitary waves and turbulence in the central Bay of Biscay". *Geophys. Res. Letters* 2013.
- Zehr JP, Mellon MT, Zani S (1998) New nitrogen-fixing microorganisms detected in oligotrophic oceans by amplification of nitrogenase (*nifH*) genes. *Applied and Environmental Microbiology* 64: 3444-3450.
- Zehr J, Waterbury JB, Turner PJ, Montoya JP et al. (2001) Unicellular cyanobacteria fix N₂ in the subtropical North Pacific ocean. *Nature*, 412, 635-638.
- Zehr JP, Bench SR, Carter BJ, Hewson I, Niazi F, et al. (2008) Globally Distributed Uncultivated Oceanic N₂-Fixing Cyanobacteria Lack Oxygenic Photosystem II. *Science* 322: 1110-1112.

Campagnes auxquelles les membres de l'équipe demandeuse ont participé au cours des 10 dernières années

Nom des campagnes	Année	Noms des membres de l'équipe demandeuse ayant participé
AMOP	2014	Lefevre
VENUS	2013	Bouruet-Aubertot
OPTIMISM	2010-2013	Lourenço
DEWEX	2013	Cornet, Grosso, Lefevre
HOE-PhoR	2013	Duhamel
VAHINE	2013	Berman-Frank, Bonnet (PI) , Moutin, Van Wambeke, Berthelot
MEDEX	2012	Berman-Frank
TOSCA	2011-2012	Bellomo.
ETSP 2	2011	Dekaezemacker, Knapp (Co-PI), Foster, Grosso, Moutin
KEOPS 2	2011	Carlotti, Cornet, Leblanc, Lefevre
MOMAR	2010	Lourenço
INDOMIX	2010	Bouruet-Aubertot
ANT 26-4	2010	Wagener
ETSP 1	2010	Bonnet, Dekaezemacker, Knapp (Co-PI)
LATEX	2010	Doglioli, Grosso, Petrenko (PI), Rougier
CALLIOPE	2010	Dupouy (PI)
PAP	2009	Lefevre
COGASMOS	2009	Bouruet-Aubertot

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

HOT	2008-2009	Duhamel, Foster
BOUM	2008	Bonnet, Bouruet-Aubertot, Cornet, Cuypers, Leblanc, Lefevre, Moutin (PI) , Van Wambeke
MOUTON	2008	Bouruet-Aubertot, Lourenço
OPEREEX	2008	Guidi
VALHYBIO	2008	Dupouy (PI)
SAS-SENSE	2007	Cornet, Leblanc, Lefevre
GRAVILUCK	2006	Lourenço
EUC-Fe	2006	Bonnet
NASB	2005	Leblanc
INSTANT	2004-2006	Lourenço
BIOSOPE	2004	Bonnet, Claustre (PI), Duhamel, Guidi, Moutin, Van Mooy, Van Wambeke

VALORISATION DES TRAVAUX ANTERIEURS RECENTS DES PI

Campagne BOUM : PI : T. Moutin

La **campagne BOUM sur le N/O L'Atalante** financée par le programme national LEFE et le programme européen SESAME (250 ke hors salaire pour la participation française), dont Thierry Moutin était chef de mission, a été évaluée très positivement lors de la commission évaluation de la flotte océanographique hauturière qui s'est déroulée en juin 2013. La fiche descriptive des résultats détaillés de cette campagne est présentée en annexe 1. Les données sont disponible sur les bases de données SISMER, CyBER et SESAME. Elles ont permis la publications de 30 articles de rang A dont 24 dans une issue spéciale de Biogeosciences (17 avec des membres de la communauté OUTPACE en co-auteurs): http://www.biogeosciences.net/special_issue82.html

Campagne ETSP : participants S. Bonnet (crédits LEFE Humboldt-Fix: 18K€) et T. Moutin

- 5 articles publiés :

Bonnet, S., Dekaezemacker, J., Turk-Kubo, K., Moutin, T., Grosso, O., Zehr, J., Capone, D.G. (2013) Aphotic N₂ fixation in the Eastern Tropical South Pacific Ocean. Accepted. Plos One.

Dekaezemacker, J., Bonnet, S., Moutin, T., Grosso, O., Bressac, M., Capone D.G. (2013). Evidence of Active Dinitrogen Fixation in Surface Waters of the Eastern Tropical South Pacific during El Niño and La Niña events and Evaluation of its Potential Nutrient Controls. Global Biogeochemical Cycles 27, doi:10.1002/gbc.20063.

Dekaezemacker, J. & Bonnet, S. (2011) Sensitivity analysis of nitrogen fixation to combined nitrogen forms (NO₃- and NH₄⁺) in two strains of the marine diazotroph *Crocospaera watsonii*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 438: 33–46, doi: 10.3354/meps09297

Knapp, A.N., Dekaezemacker, J., Bonnet, S. Sohm, J.A. and Capone, D.G. (2012). Sensitivity of Trichodesmium and *Crocospaera* abundance and N₂ fixation rates to varying NO₃- and PO₄ 3- concentrations in batch cultures. Aquatic Microbial Ecology, 66, 223-236, doi:10.3354/ame01577

Luo, Y.-W., Doney, S. C., Anderson, L. A., Benavides, M., Berman-Frank, I., Bode, A., Bonnet, S., Boström, K. H., Böttjer, D., Capone, D. G., Carpenter, E. J., Chen, Y. L., et al. (2012). Database of diazotrophs in global ocean: abundance, biomass and nitrogen fixation rates, Earth Syst. Sci. Data, 4, 47-73, doi:10.5194/essd-4-47-2012.

-Une these soutenue: Julien Dekaezemacker (MRT) - Dec. 2012. Mention Très Honorable. PostDoc MPI, Bremen.

-Organisation Special Session Ocean Science Meeting 2012 (SL City) par Bonnet/Knapp/Santoro/Foster: N and C Cycling in the ETP Pacific Ocean: Linking the OMZ to the Open Ocean. 4 présentations orales dont Student Award for Best Oral Presentation pour J. Dekaezemacker (Doctorant)

- 3 Séminaires invités internationaux (SOLAS Ocean Science Meeting, EUROCEAN, SCOR)

-Outreach: Contribution SOLAS newsletter 2012 + Emission TV S. Bonnet Festival Science Frontières 2012.

Projet VAHINE : PI : Sophie Bonnet

Résumé des différentes opérations effectuées

Le projet VAHINE (2012-2015) financé par LEFE-CYBER et l'ANR (JCJC) est en cours de réalisation. Une première campagne (étude de faisabilité) a été réalisée avec succès en avril 2012 et a permis d'obtenir le financement pour la campagne phare du projet. Cette seconde campagne VAHINE s'est déroulée en Janv-Fév. 2013 avec 14 scientifiques de 5 laboratoires internationaux avec le soutien du N/O Alis. Nous avons déployé avec succès 3 larges mésocosmes et avons obtenu les blooms souhaités d'organismes diazotrophes permettant de répondre aux 3 grandes questions scientifiques du projet. 100% des objectifs ont été atteints durant la phase terrain. Les échantillons sont en cours d'analyse (70% ont été analysés au 01/09/2013). Le volet modélisation est également en cours (2 stages de master + recrutement d'un PostDoctorant ANR en cours). Le post cruise meeting VAHINE est prévu les 22-23 octobre 2013 à Marseille pour présenter les jeux de données acquis et établir un plan de publications commun.

Master-Doc-PostDoc impliqués

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

- Hugo Berthelot (Aix Marseille University): hired in October 2012 to work on the VAHINE project at 100% for 3 years (French Ministry Fellowship). Supervision: S. Bonnet, T. Moutin
- Eyal Rahav (Bar Ilan University, Israël). Supervision: I. Berman-Frank
- Dina Spungin (Bar Ilan University, Israël). Supervision: I. Berman-Frank
- Ulrike Pfreundt (Univ. of Friburg, Germany). Supervision: W. Hess
- Lauriane Marie: Master 2 student (UBO University). Supervision: C. Dupouy
- Clément Aldebert : Master 1 (Aix Marseille University). Supervision : M. Baklouti
- Audrey Gimenez : Master 1 (Aix Marseille University). Supervision : M. Baklouti

Publications en cours

Bonnet, S., Gregori, G., Barani, A., S. Mostefaoui, S., Cornet-Barthaux, V., Dekeazemacker, J., Charrière, B., Dupouy, C., Rodier, M., Gérard, P. Translocation of New Nitrogen from *Trichodesmium* to phytoplankton: potential impacts on export carbon flux. In Rev. Nature Geoscience.

Communication autour du projet

Le projet VAHINE a bénéficié d'une large couverture médiatique

- 3 reportages aux informations de Nouvelle Calédonie
- 3 émissions de radio
- 3 articles de presse dans 'Les Nouvelles Calédoniennes'
- 1 reportage de 26 minutes CANAL IRD
- Une page dans la SOLAS newsletter 2nd semestre 2012. '*NanoSIMS reveals efficient transfer of fixed N₂ from Trichodesmium to large size phytoplankton*'

Le projet VAHINE sera terminé au moment de la campagne OUTPACE.

5.3 - Collaborations prévues

Ce projet fédère une cinquantaine de scientifiques issus de 7 unités de recherche françaises (MIO, LOV, LOCEAN, LEGOS, LEMAR, LOG, EIO) et de 8 Universités de pays étrangers (USA, Allemagne, Israël, Suède, Fidji) pour lesquels les financements sont déjà acquis.

Il est important de noter que 4 des 5 équipes du MIO sont impliquées dans ce projet dont la transversalité permettra sans aucun doute de renforcer les liens entre ces équipes.

Au niveau international, il s'agit essentiellement de renforcer des collaborations déjà existantes au sein et à l'extérieur de l'Europe comme l'attestent les différents projets/campagnes où des membres de différents pays de l'équipe proposante participaient (paragraphe 5.2) et les nombreuses publications co-signées (paragraphe 5.2) dont une dans le prestigieux magazine Nature (Van Mooy et al., 2009).

Ce projet vise également à renforcer les relations de l'IRD dans le Pacifique, et notamment les relations entre l'IRD Nouméa et University of South Pacific (USP) qui fédère 12 pays insulaires du Pacifique (Fidji, Tonga, Iles Cook, Tuvalu, Micronesie, Iles Marshall, Samoa, Salomon, Kiribati, Nauru, Tokelau, et Vanuatu) pour lesquels la campagne OUTPACE va traverser les eaux territoriales de 4 de ces états. 2 chercheurs de USP sont impliqués dans le projet OUTPACE et 3 étudiants de USP sont encadrés par des membres IRD et USP de la communauté OUTPACE.

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

DOCUMENT N° 6	NOM DE LA CAMPAGNE : OUTPACE
----------------------	-------------------------------------

ASPECTS INTERNATIONAUX ET ENGAGEMENTS CONTRACTUELS

• 6.1 Distinction entre travaux Eaux internationales - ZEE - Eaux territoriales
• 6.2 Contacts préliminaires éventuellement pris et interlocuteurs privilégiés des pays riverains
• 6.3 Manifestations éventuelles post-campagnes (colloques, conférences, échanges de personnel)
• 6.4 Engagements contractuels dans le cadre de programmes européens, financements européens
• 6.5 Autres engagements contractuels

Navigation dans les eaux territoriales :

Une partie du transect étudié se situe dans les eaux territoriales de certains archipels du Pacifique (Vanuatu, Fidji, Samoa, Tonga, îles Cook) et les demandes officielles seront réalisées en temps voulu. Nous pourrions nous appuyer sur les bonnes relations qu'entretien l'IRD avec ses partenaires des archipels situés entre la Nouvelle Calédonie et le Polynésie française. Les expériences antérieures de campagnes océanographiques conduites dans la zone nous indiquent que ces demandes devraient être de simples formalités, à l'exception éventuellement des Vanuatu. Dans le cas d'un éventuel refus des Vanuatu, le trajet ne sera pas modifié mais aucun prélèvement et aucune analyse ne seront réalisés dans la zone (perte de 2 stations courtes). Si d'autres difficultés, bien que peu probables, devaient être rencontrées avec les autres pays concernés, la fin du transect serait réalisée plus au sud, à la latitude de la limite des eaux territoriales pour aboutir comme prévu dans le bord ouest du gyre du Pacifique sud, et ainsi respecter le gradient d'oligotrophie recherché.

Contribution à CARINA/GLODAP : Contribution aux efforts internationaux de synthèse de données de carbone océanique.

Les données DIC/TA recueillies durant OURPACE vont d'une part servir à l'étude des processus océaniques qui gouvernent le cycle du carbone dans le Pacifique tropical SW, et d'autre part contribuer à la synthèse de données internationale CARINA/GLODAP permettant des analyses à plus grande échelle, comme la comparaison et la validation des modèles de climat développés dans le cadre du GIEC..

Programmes américains NASA et NSF : La totalité des frais concernant la participation de Sonya Dyrhman et Benjamin Van Mooy (Woods Hole Oceanographic Institute, USA) au projet de campagne OUTPACE est pris en compte dans le cadre d'un projet NSF (consommable, transport matériel, billet d'avion et frais de séjour) financé à 1.2 millions de dollars (cf. Lettre jointe en annexe 4).

DOCUMENT N° 7	NOM DE LA CAMPAGNE : OUTPACE
---------------	------------------------------

CURRICULUM VITAE DES CHEFS DE MISSION

(1 à 2 pages au maximum par personne, en particulier préciser votre expérience du travail en mer)

PI of the OUTPACE project:

Thierry MOUTIN, Professeur 1^{ère} classe

Né le 15 octobre 1964 à Grenoble.

Etablissement actuel : Institut Méditerranée d'Océanologie (MIO),
Aix-Marseille Université (AMU), Campus de Luminy, case 901
F- 13288 Marseille cedex 09, FRANCE

Thèse de l'Université de Montpellier (1992).
Habilitation à diriger des recherches : décembre 2002

Thème de recherche : Cycles biogéochimiques des éléments biogènes dans la couche éclairée des océans et pompe biologique du carbone.

Co-responsable de la spécialité Océanographie Physique et Biogéochimie du master d'Océanographie de Marseille.

Membre nommé de la Commission Nationale de la Flotte Océanographique Hauturière.

Participation personnelle à **17 campagnes océanographiques de longue durée** (10 jours à 2 mois) dont une en tant que **chef de mission sur l'Atalante**.

OLIPAC , **Pacifique équatorial, L'Atalante**, Oct-Nov.1994
DYNAPROC 1, Mer Méditerranée, Le Suroît, Mai 1995
MINOS, Mer Méditerranée, Le Suroît, Mai-Juin 1996
ELISA 1, Mer Méditerranée, Le Suroît, Juil 1997
MOOGLI 1,2,3, Mer Méditerranée, **L'Atalante** et Le Suroît, Avr et Juin 1998, janv 1999.
PROSOPE, Mer Méditerranée, Thalassa, Sept 1999
POMME 1,2,3 Atlantique nord est, **L'Atalante** et La Thalassa Fév et Avr 2000, Sept 2001
DIAPALIS, **Pacifique tropical SW**, Alis, Juin 2002, Fév 2003
BIOSOPE, **Pacifique sud**, Nov-Déc 2004
BOUM, Mer Méditerranée occidentale et orientale, **L'Atalante**, juin-juil 2008 : **CHEF DE MISSION**
ETSP 2, **Pacifique est équatorial (OMZ)**, Atlantis. avril 2011
VAHINE, **Pacifique tropical SW**, Alis, janv-fév 2013

52 publications de rang A dont voici les plus récentes et plus en rapport avec le projet OUTPACE (H-index : 20):

Dekaezemacker, J., S. Bonnet, O. Grosso, T. Moutin, M. Bressac, and D. G. Capone (2013), Evidence of active dinitrogen fixation in surface waters of the eastern tropical South Pacific during El Nino and La Nina events and evaluation of its potential nutrient controls, *Global Biogeochem. Cycles*, 27, doi:10.1002/gbc.20063.
Moutin, T., Van Wambeke, F., and Prieur, L. : Introduction to the Biogeochemistry from the Oligotrophic to the Ultraoligotrophic Mediterranean (BOUM) experiment, *Biogeosciences*, 9, 3817-3825, doi:10.5194/bg-9-3817-2012, 2012.
Moutin, T. and Prieur, L. : Influence of anticyclonic eddies on the Biogeochemistry from the Oligotrophic to the Ultraoligotrophic Mediterranean (BOUM cruise), *Biogeosciences*, 9, 3827-3855, doi:10.5194/bg-9-3827-2012, 2012.
Bonnet, S., Grosso, O., and Moutin, T. : Planktonic dinitrogen fixation along a longitudinal gradient across the Mediterranean Sea during the stratified period (BOUM cruise), *Biogeosciences*, 8, 2257-2267, doi:10.5194/bg-8-2257-2011, 2011.
Duhamel S., K.M. Björkman, F. Van Wambeke, T. Moutin, D.M. Karl. 2011. Characterization of alkaline phosphatase activity in the North and South Pacific Subtropical Gyres : Implications for phosphorus cycling. *Limnol. Oceanogr.* 56 : 1244-1254.
Van Mooy, B.A.S., H.F. Fredricks, B.E. Pedler, S.T. Dyhrman, D.M. Karl, M. Koblizek, M.W. Lomas, T.J. Mincer, L.R. Moore, T. Moutin, M.S. Rappe, and E.A. Webb, 2009. Phytoplankton in the Ocean Use Non-Phosphorus Lipids in Response to Phosphorus Scarcity, *Nature*, 458, 69-72. doi:10.1038/nature07659.
Duhamel, S., & T. Moutin, 2009. Carbon and Phosphate incorporation rates of microbial assemblages in contrasting environments in the Southeast Pacific. 2009. *Marine Ecological Progress Series*, 375, 53-64. doi : 10.3354/meps07765

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Moutin, T., Karl, D. M., Duhamel, S., Rimmelin, P., Raimbault, P., Van Mooy, B. A. S., and H. Claustre. 2008. Phosphate availability and the ultimate control of new nitrogen input by nitrogen fixation in the tropical Pacific Ocean, *Biogeosciences*, 5, 95-109.
Moutin, T., N. Van Den Broeck, B. Beker, C. Dupouy, P. Rimmelin & A. Le Bouteiller. 2005. Phosphate availability controls *Trichodesmium* spp. biomass in the SW Pacific ocean. *Mar. Ecol. Progress Ser.* 297, 15-21.

Sophie Bonnet - Co-PI of the OUTPACE project

Permanent Research Scientist IRD at MIO since 2007

Mediterranean Institute of Oceanography (MIO)

CNRS/IRD/AMU/USTV, UM 110, OSU Pytheas

Marseille, Luminy, France & IRD Center Nouméa, 101 Promenade Roger Laroque

BP A5 - 98848 Nouméa cedex

Nouvelle Calédonie, France sophie.bonnet@univ-amu.fr

Birth: 04/22/1978

Education and Training

Postdoctoral institution: *University of Southern California*, Los Angeles, USA

2006-2007 Postdoctoral Research Fellow, 2006-2007. Marine Biogeochemistry (N₂ fixation)

Pr Capone Lab - Pr Sanudo-Wilhelmy

Graduate institution: *University Paris 6*, Paris, France

Laboratoire d'Océanographie de Villefranche – UMR 9073

2001-2002 Master degree Oceanography 2002. With honors, Rank: Valedictorian.

2002-2005 Ph.D (French Ministry Fellow) in Marine Biogeochemistry (Directeur: C. Guieu, 'The role of atmospheric iron in oligotrophic environments'). With honors.

Research cruises

DYAFMED, Mediterranean Sea, monthly cruises (1-3 days) between Sept 2003-Sept2004, R/V Tethys II

BIOSOPE, South East Pacific, 55 days (Nov-Dec 2004)

EUC-Fe, Equatorial Pacific, R/V Kilo Moana, 48 days (Sept-Oct 2006)

BOUM, Méditerranéan Sea, R/V Atalante, 40 days (June-July 2008)

ETSP 1, South East Pacific (OMZ), R/V Atlantis (WHOI), 38 days (March-April 2010)

VAHINE, South West Pacific, R/V Alis, 30 days (Jan-Feb 2012) – **Chief scientist**

Recent Funded Research. Contracts and Grants Awarded as a PI

VAHINE-Process (INSU LEFE/CYBER, 2012-2014, ANR JCJC). Nitrogen fate in the Ocean.

VAHINE-Times Series (GOPS, 2012-2013). High frequency survey of N₂ fixation in the Pacific.

HUMBOLDT-FIX (INSU-LEFE/CYBER, 2009-2012). Part of a larger project 'Documenting N₂ fixation in N deficient waters of the Eastern Tropical South Pacific (National Science Foundation), Capone, D.G., Berelson, W., \$826,537, 07/01/2009-06/30/2012

Administrative Appointments

Co-chair of the scientific team CYBELE (Biogeochemical Cycles and Functional Role of Planktonic Microorganisms) (25 scientists) of the UM 110 MIO

Member of Executive Committee of MIO

Member of the National Coastal Fleet Commission (CNFC - UMS Flotte, TGI)

Conferences Organized

Chair & co-chair of 2 sessions at the ASLO/AGU/TOS International Conferences (Nice – France, Feb. 2009) & Salt Lake City – USA, Feb. 2012

Teaching and Mentoring

Teaching in the Master of Oceanography (Marseille). Marine Nitrogen Cycle

Supervision PhD Thesis J. Dekeazemacker 2009-2012 (French Ministry Fellow)

Supervision PhD Thesis H. Berthelot 2012-2015 (French Ministry Fellow)

Supervision Graduate (Master) and Undergraduate Students

Honors and Recognition

2002 Graduate Research Fellowship Awardee, University of Paris 6

2002-2005 Graduate Research Fellowship Awardee, French Ministry of Research.

2003 Recipient International SOLAS Summer school award (SOLAS: Surface Ocean, Lower Atmosphere Study)

2004 Recipient Daniel Jouvance Laboratories award

2006 Women in Science and Engineering Postdoctoral Fellowship, USC, Los Angeles

2012 Award Best Oral Presentation ASLO/AGU/TOS International Conference PhD student

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Science Promotion

- Book Chapter 'Comment je suis devenue chercheur' (Alvik Ed., 2005, operation coordinated by France Culture),
- Radio broadcast (France Inter, 2005),
- Invited Seminar Ministère de la Recherche - Joliot Curie Price Ceremony (2005),
- Scientific Documentary **CANAL IRD** <http://www.ird.fr/la-mediatheque/videos-en-ligne-canal-ird/des-trichos-s-il-fait-trop-chaud>,
- TV Broadcast '24h Sur la Terre', Festival Science Frontières 2012.

Publications < 5 years

- Bonnet, S.**, Dekaezemacker, J., Turk-Kubo, K., Moutin, T., Grosso, O., Zehr, J., Capone, D.G. Aphotic N₂ fixation in the Eastern Tropical South Pacific Ocean. Accepted. **Plos One**.
- Bonnet, S.**, Gregori, G., Barani, A., S. Mostefaoui, S., Cornet-Barthaux, V., Dekeazemacker, J., Charrière, B., Dupouy, C., Rodier, M., Gérard, P. Efficient transfer of fixed N₂ from *Trichodesmium* to picophytoplankton (*Synechococcus*) and microphytoplankton (Diatoms) revealed at the single cell level by nanometer-scale secondary ion mass-spectrometry (NanoSIMS). In rev., **Nature Geosciences**.
- Dekaezemacker, J., **Bonnet, S.**, Moutin, T., Grosso, O., Bressac, M., Capone D.G Evidence of Active Dinitrogen Fixation in Surface Waters of the Eastern Tropical South Pacific during El Niño and La Niña events and Evaluation of its Potential Nutrient Controls. In Rev. **Global Biogeochemical Cycles** 27, doi:10.1002/gbc.20063.
- Bonnet, S.**, Tovar-Sánchez, A., Panzeca, C., Duarte, C.M, Ortega-Retuerta, E., Sañudo-Wilhelmy, S.A. Geographical gradients of dissolved Vitamin B₁₂ in the Mediterranean Sea. **Frontiers in Aquatic Microbiology** 4:126. doi: 10.3389/fmicb.2013.00126 (2013)
- Bonnet, S.**, Grosso, O., Moutin, T. Planktonic Dinitrogen Fixation along a longitudinal gradient across the Mediterranean Sea during the stratified period (BOUM cruise). **Biogeosciences** 8, 2257–2267 (2011)
- Dekaezemacker, J. & **Bonnet, S.** Sensitivity analysis of nitrogen fixation to combined nitrogen forms (NO₃⁻ and NH₄⁺) in two strains of the marine diazotroph *Crocospaera watsonii* (Cyanobacteria). **Marine Ecology Progress Series** 438: 33–46, doi: 10.3354/meps09297 (2011)
- Bonnet, S.**, Biegala, I., Dutrieux, P., Slemmons, L., Capone, D.G. Nitrogen fixation in the western equatorial Pacific: Rates, diazotrophic cyanobacterial size class distribution, and biogeochemical significance, **Global Biogeochemical Cycles**, 23, GB3012, doi:10.1029/2008GB003439 (2009)
- Bonnet, S.**, Guieu, C., Bruyant, F., Prasil, O., Raimbault, P., Gorbunov, M.Y., Zehr, J.P., Grob, C., Masquelier, S.M., Garczareck, L., Moutin, T., Van Wambeke, F., Claustre, H. Nutrient limitation of primary productivity in the Southeast Pacific (BIOCOPE cruise). **Biogeosciences**, 5, 1-11 (2008)
- Bonnet, S.**, Webb, E., Panzeca, C., Karl, D.M., Capone, D.G., and Sanudo-Wilhelmy. Vitamin B₁₂ excretion by cultures of the marine cyanobacteria *Crocospaera* and *Synechococcus*. **Limnology and Oceanography**, 55(5), 1959-1964 (2010)
- Blain, S., **Bonnet, S.**, Guieu, S. Dissolved iron distribution in the tropical and sub tropical South Eastern Pacific. **Biogeosciences**, Vol. 5, 269-280 (2008)
- Van Wambeke, F., **Bonnet, S.**, Moutin, T., Raimbault, Alarcón, G., Guieu, C. Factors limiting heterotrophic bacterial production in the Southern Pacific Ocean. **Biogeosciences**, Vol. 5, 833-845 (2008)
- Wagener T., Guieu C., Losno R., **Bonnet S.**, Mahowald N. Revisiting atmospheric dust export to the Southern Hemisphere ocean. **Global Biogeochemical Cycles**, Vol. 22, GB2006, doi:10.1029/2007GB002984 (2008)
- Mahowald, N.M., Engelstaedter, S., Luo, C., Sealy, A., Artaxo, P., Benitez-Nelson, C., **Bonnet, S.**, Chen, Y., Chuang, P.Y., Cohen, D.D., Dulac, F., Herut, B., Johansen, A.M., Kubilay, N., Losno, R., Maenhaut, W., Paytan, A., Prospero, J.M., M. Shank, L.M., Siefert, R.L. Atmospheric Iron Deposition: Global distribution, variability, and human perturbations. **Annual Review of Marine Science**, Vol.1:245-278, doi:10.1146/annurev.marine.010908.163727 (2008)
- Knapp, A.N., Dekaezemacker, J., **Bonnet, S.** Sohm, J.A. and Capone, D.G. Sensitivity of *Trichodesmium* and *Crocospaera* abundance and N₂ fixation rates to varying NO₃⁻ and PO₄³⁻ concentrations in batch cultures. **Aquatic Microbial Ecology**, 66, 223-236, doi:10.3354/ame01577 (2012)
- Luo, Y.-W., Doney, S. C., Anderson, L. A., Benavides, M., Berman-Frank, I., Bode, A., **Bonnet, S.**, Boström, K. H., Böttjer, D., Capone, D. G., Carpenter, E. J., Chen, Y. L., Church, M. J., Dore, J. E., Falcón, L. I., Fernández, A., Foster, R. A., Furuya, K., Gómez, F., Gundersen, K., Hynes, A. M., Karl, D. M., Kitajima, S., Langlois, R. J., LaRoche, J., Letelier, R. M., Marañón, E., McGillicuddy Jr., D. J., Moisan, P. H., Moore, C. M., Mouriño-Carballido, B., Mulholland, M. R., Needoba, J. A., Orcutt, K. M., Poulton, A. J., Rahav, E., Raimbault, P., Rees, A. P., Rieman, L., Shiozaki, T., Subramaniam, A., Tyrrell, T., Turk-Kubo, K. A., Varela, M., Villareal, T. A., Webb, E. A., White, A. E., Wu, J., and Zehr, J. P.: Database of diazotrophs in global ocean: abundance, biomass and nitrogen fixation rates, **Earth Syst. Sci. Data**, 4, 47-73, doi:10.5194/essd-4-47-2012 (2012)

International Conferences

- 25 contributions (oral presentations and posters) - 12 as a first author since 2003
- Organization of special sessions at Ocean Science Meetings 053: Nitrogen and Carbon Cycling in the Eastern Tropical Pacific Ocean: Linking the OMZ To the Open Ocean (Salt Lake City, 2012) and 015. Biogeochemical processes in the Mediterranean Sea (Nice, 2009)

Recent Invited talk International Conferences

- Bonnet, S.** (2012). Dinitrogen fixation and nutrient controlling factors above/in Oxygen Minimum Zones. SOLAS International Conference, 7-10 May 2012, Suncadia (Seattle), USA.
- Dekaezemacker, J. & **Bonnet, S.** (2012). N₂ fixation Above Oxygen Minimum Zones? EUROCEAN Conference, 24-26 October, Toulouse, France.
- Bonnet S.** (2010). Nitrogen Fixation in the Ocean: which Impact for Marine biogeochemistry ? Scientific Committee on Oceanic Research (SCOR), September 15th, Toulouse, France.

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

DOCUMENT N° 8	NOM DE LA CAMPAGNE : OUTPACE
----------------------	-------------------------------------

ACCORD DES PERSONNELS EMBARQUANTS

(Chaque embarquant devra indiquer les autres propositions de campagnes pour lesquelles il a donné son accord)

Nom	% implication	Accord pour l'embarquement Aucune autre mission prévue en 2015 sauf si cette mission est indiquée
Moutin	Année 2014 : 30 Année 2015 : 50 Année 2016 : 25 Année 2017 : 10	
Bellomo/Nencioli	Année 2014 : 5 Année 2015 : 15 Année 2016 : 10 Année 2017 : 10	
Benavides	Année 2014 : 10 Année 2015 : 20 Année 2016 : 10 Année 2017 : 0	
Berman-Frank	Année 2014 : 10 Année 2015 : 20 Année 2016 : 10 Année 2017 : 0	
Berthelot	Année 2014 : 20 Année 2015 : 20 Année 2016 : 0 Année 2017 : 0	
Bonnet	Année 2014 : 15 Année 2015 : 50 Année 2016 : 25 Année 2017 : 10	
Bouruet Aubertot	Année 2014 : 10 Année 2015 : 20 Année 2016 : 10 Année 2017 : 5	
Carlotti	Année 2014 : 10 Année 2015 : 20 Année 2016 : 20 Année 2017 : 5	
Cornet/Observateur	Année 2014 : 10 Année 2015 : 30 Année 2016 : 20 Année 2017 : 0	
Delmont	Année 2014 : 10 Année 2015 : 20 Année 2016 : 10 Année 2017 : 5	
Duhamel	Année 2014 : 10 Année 2015 : 20 Année 2016 : 10 Année 2017 : 5	
Dupouy	Année 2014 : 10 Année 2015 : 20 Année 2016 : 10 Année 2017 : 5	
Foster	Année 2014 : 20 Année 2015 : 20 Année 2016 : 10 Année 2017 : 0	
Fuda/Rougier	Année 2014 : 10 Année 2015 : 20 Année 2016 : 10 Année 2017 : 0	

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Grosso	Année 2014 : 10 Année 2015 : 20 Année 2016 : 10 Année 2017 : 0	
Guidi	Année 2014 : 10 Année 2015 : 20 Année 2016 : 10 Année 2017 : 5	
Guieu	Année 2014 : 10 Année 2015 : 20 Année 2016 : 10 Année 2017 : 5	
Hélias	Année 2014 : 10 Année 2015 : 20 Année 2016 : 10 Année 2017 : 5	
Hunt	Année 2014 : 10 Année 2015 : 20 Année 2016 : 10 Année 2017 : 5	
Knapp	Année 2014 : 5 Année 2015 : 15 Année 2016 : 15 Année 2017 : 10	
Leblanc	Année 2014 : 10 Année 2015 : 30 Année 2016 : 20 Année 2017 : 0	Accord pour la mission GREENEDGE en 2015
Lefevre	Année 2014 : 10 Année 2015 : 30 Année 2016 : 20 Année 2017 : 10	
Louis	Année 2014 : 10 Année 2015 : 20 Année 2016 : 10 Année 2017 : 5	
Lourençio	Année 2014 : 5 Année 2015 : 20 Année 2016 : 10 Année 2017 : 5	
Royer	Année 2014 : 10 Année 2015 : 20 Année 2016 : 10 Année 2017 : 5	
Van Moy/Dyhrman	Année 2014 : 10 Année 2015 : 20 Année 2016 : 10 Année 2017 : 5	
Van Wambeke	Année 2014 : 10 Année 2015 : 20 Année 2016 : 10 Année 2017 : 5	
PhD 1		Biogeochemistry
PhD 2		Physics/Biogeochemistry

ANNEXE 1

Fiche " Valorisation des résultats des campagnes océanographiques "

(à envoyer par courriel à Commission.Flotte@ifremer.fr)

Nom de la campagne : BOUM

Projet / Programme de rattachement : LEFE action CYBER, SESAME

Navire : L'Atalante	Engins lourds :
Dates de la campagne : 16-06-08/20-07-08	Zone(s) : Mer Méditerranée orientale et occidentale
Nombre de jours sur zone/en transit : 28/5	
Chef de mission principal (Nom, prénom et organisme) : MOUTIN Thierry MIO, OSU Institut Pythéas, Aix Marseille Université.	
Nombre de chercheurs et d'enseignants-chercheurs (en mer / à terre) : 15/21	
Nombre d'ingénieurs et de techniciens (en mer / à terre) : 8/5	
Nombre d'étudiants (en mer / à terre) : 10/1	

Fiche remplie par : T. MOUTIN	Date de rédaction ou d'actualisation de la fiche : 28-02-13
Adresse : MIO, OSU Institut Pythéas, Aix-Marseille Université, Campus de Luminy, Case 901, 13288 Marseille Cedex 09	
Email : thierry.moutin@univ-amu.fr	Tel : 04 91 82 95 60
Fax : 04 91 82 19 91	

Résultats majeurs obtenus

1 – Contexte scientifique et programmatique de la campagne

Le fonctionnement et la productivité des systèmes oligotrophes, ainsi que le rapport entre production et minéralisation dans ces régions, sont encore sujets à débat. Initialement considérés comme des déserts biologiques, il a été récemment démontré que ces systèmes peuvent largement contribuer à l'exportation de carbone par des processus biologiques (figure 1).

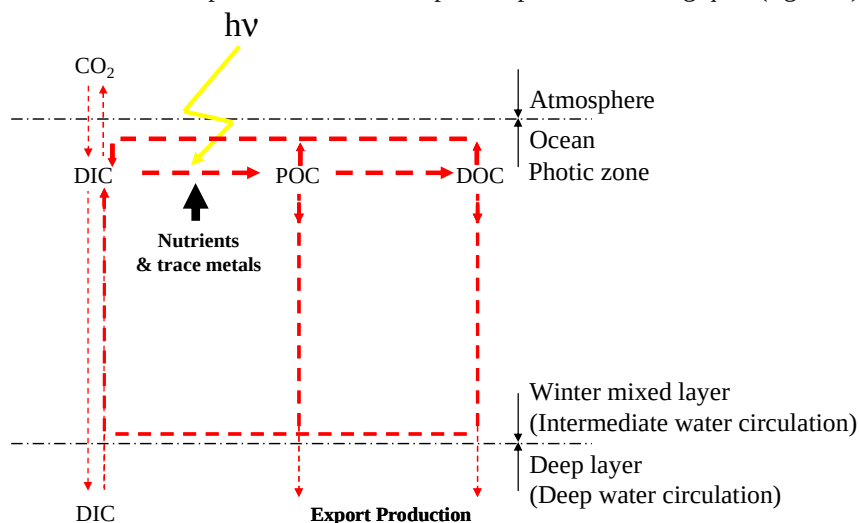


Fig. 1. Pompe biologique : transfert de carbone par des processus biologiques à l'intérieur de l'océan (Modifié de Moutin et al. 2000).

DIC : Carbone inorganique dissous, POC : Carbone organique particulaire, DOC : Carbone organique dissous

La production exportable est essentiellement contrôlée par la production primaire qui dépend surtout de la lumière et de la disponibilité nutritive dans les systèmes oligotrophes. La disponibilité nutritive nouvelle (non liée à la régénération d'éléments nutritifs dans la couche de surface) nécessite d'être particulièrement étudiée car elle seule peut créer une augmentation ou une diminution de biomasse, et représente un critère fondamental pour comprendre à long terme l'évolution de la pompe biologique du carbone suite au changement climatique.

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Les systèmes oligotrophes occupent la majeure partie de l'océan global, ce qui rend la compréhension de leur fonctionnement particulièrement indispensable. Il existe un gradient d'oligotrophie en Mer Méditerranée (MM) qui en fait un site privilégié pour l'étude des interactions entre les cycles biogéochimiques, en particulier du carbone, et les écosystèmes.

La campagne océanographique BOUM a été cofinancée par le programme national LEFE action CYBER (Cycles Biogéochimiques Environnement et Ressources). Elle correspond à la contribution française au programme européen SESAME (Southern European Seas : Assessing and Modelling Ecosystems changes). Elle a reçu le soutien du programme international IMBER (Integrated Marine Biogeochemistry and Ecosystem Research).

2 – Rappel des objectifs

Le projet BOUM s'articulait autour de 3 objectifs principaux, et a permis la collaboration entre physiciens, biologistes et biogéochimistes ayant des spécialités allant de l'optique marine à la modélisation. Le but du projet était d'obtenir une meilleure représentation des interactions entre les organismes planctoniques et les cycles des éléments biogènes (C,N,P,Si) pour des échelles allant de l'étude de processus à l'étude de la MM.

1. **Donner une description longitudinale de la biogéochimie et de la diversité biologique en MM en période de stratification maximale.**
2. **Etudier dans 3 environnements oligotrophes contrastés la production et le devenir de la matière organique en insistant particulièrement sur l'étude des processus qui conduisent aux divergences des rapports stœchiométriques des éléments biogènes dans la matière organique, dans l'eau environnante ou dans le matériel exporté.**
3. **Obtenir une représentation satisfaisante des principaux flux biogéochimiques (C,N,P,Si) et de la dynamique du réseau trophique planctonique, *in situ* et pour des expériences en microcosmes.**

3 – Principaux résultats obtenus

La mission BOUM s'est déroulée durant l'été 2008, du 16 juin au 20 juillet. Un transect de 3000 km a été réalisé entre l'embouchure du Rhône en MM occidentale et le mont sous marin Eratosthenes en MM orientale (Figure 2). Le long de ce transect, deux types de stations ont été échantillonnées, les stations de « courte durée » où un profil surface-fond a été réalisé dans le but de décrire les masses d'eaux et la diversité biologique, et les stations de « longue durée » que nous avons positionnées au centre de grands tourbillons anticycloniques dans le but de réaliser des études de processus. La localisation approximative des stations de « longue durée » a été déterminée à partir d'images satellitaires et des prévisions MERCATOR. La localisation exacte a été déterminée à bord en utilisant des XBT ainsi que les données ADCP et du thermosalinographe. La figure 2 montre le gradient de concentration en chlorophylle *a*, dans les eaux de surface oligotrophe à ultraoligotrophe de MM orientale, observé lors de la campagne BOUM.

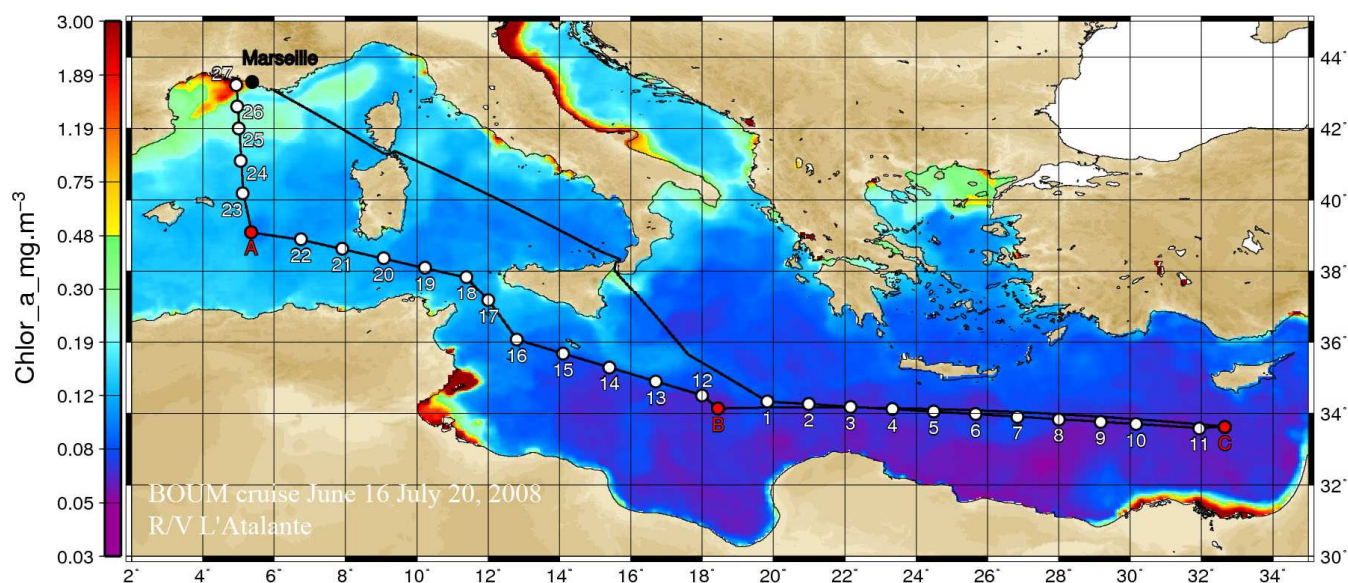


Fig. 2. Transect de la mission BOUM superposé à une image composite SeaWiFS de la concentration en chlorophylle *a* de surface dans les eaux de la MM entre le 16 juin et le 20 juillet 2008. Les deux types de station, de courte et longue durée, sont indiquées. Les 3 stations de longue durée échantillonnées durant plus de 4 jours et situées au centre de tourbillons anticycloniques sont indiquées en rouge (remerciement à E. Bosc).

Les principaux résultats de la campagne BOUM sont présentés dans une revue spéciale de la revue Biogeosciences. Les différents articles sont présentés ici en fonction des 3 principaux objectifs de la campagne.

- 1) Une description longitudinale de la biogéochimie et de la diversité biologique de la MM durant la période la plus stratifiée.

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

La faible disponibilité du phosphate en particulier dans le bassin Est ultra-oligotrophe a été confirmée (Pujo-Pay et al., 2011), ce qui confirme le statut initialement proposé de région LPLC (Low Phosphate Low Chlorophyll) de l'océan mondial à la MM (Moutin et al., 2008). Parallèlement à l'approfondissement des nutriclines, des maxima profonds de silice biogénique, de chlorophylle *a* totale, de fucoxanthine ont été observés en allant vers l'Est, ainsi qu'une diminution des biomasses et des productions planctoniques (Christaki et al., 2011; Crombet et al., 2011, Lamy et al., 2011, Mella-Florès et al., 2011, Nowaczyk et al., 2011, Van Wambeke et al., 2011). Contrairement au maximum profond de chlorophylle qui est une caractéristique observée partout en MM, le maximum profond de silice corrélé au maximum profond de fucoxanthine n'est observé que dans certaines zones de chaque bassin (Crombet et al., 2011). De façon intéressante, il n'y avait pas de diminution de la fixation d'azote, résultat en désaccord avec les estimations indirectes basées sur les traceurs géochimiques et les budgets en azote (Bonnet et al., 2011). La plupart des diazotrophes identifiés étaient des cyanobactéries unicellulaires isolées de la fraction de taille picoplanctonique (Le Moal et al., 2011). Néanmoins, celles vivant en association avec les diatomées ont été observées à pratiquement tous les sites (Crombet et al., 2011) donnant un couplage entre les cycles de l'azote et de la silice en MM autant intéressant qu'inattendu. La production de carbone organique dissous augmentait dans les conditions de forte limitation nutritive (Lopez-Sandoval et al., 2011), ce qui pourrait expliquer la plus forte accumulation de COD à l'Est et à l'intérieur des tourbillons (Pujo-Pay et al., 2011, Moutin and Prieur, 2012). La concentration en phospholipides a été trouvée corrélée à la concentration en phosphate, et une réponse rapide de la composition membranaire en lipides aux variations de la concentration en éléments nutritifs a été démontrée pour la première fois (Popendorf et al., 2011). Les mesures à bord de *Leucine* marquée à l'échelle cellulaire utilisant la cytométrie en flux couplée au tri cellulaire ont permis de montrer le rôle prépondérant des organismes mixotrophes dans les communautés microbiennes de la MM (Talarmin et al., 2011). Il a été également montré que certains parasites (*Syndiniales* et *Blastodinium* spp.) étaient capables d'infester leur hôte (des microalgues de type dinoflagellés et des copépodes, respectivement), à la fois dans des eaux côtières et ultra-oligotrophes, mettant en évidence le rôle souvent négligé du parasitisme dans la chaîne alimentaire et les cycles biogéochimiques (Siano et al., 2011, Alves-de-Souza et al., 2011). Aucune différence importante dans la diversité génétique des populations de cyanobactéries observées durant la mission BOUM (2008) et la précédente mission PROSOPE (1999) n'a été observée, suggérant que les populations locales n'ont pas encore été remplacées par leurs homologues (sub)tropicales malgré un réchauffement des eaux de surface du bassin Levantin de près de 0,5°C par décennie (Mella-Flores et al., 2011). Les 3 tourbillons géographiquement distants ont montré des conditions biogéochimiques très différentes de celles observées typiquement en l'absence de tourbillons le long du transect (Pujo-Pay et al., 2011, Moutin and Prieur, 2012) et des écosystèmes différents de ceux des eaux environnantes (Christaki et al., 2011), probablement principalement en relation avec les conditions de système « fermé » rencontrées depuis au moins l'hiver précédent (Moutin and Prieur, 2012). Ces tourbillons ont été choisis pour faire des études de processus.

2) Etudes de processus au centre des trois tourbillons anticycloniques étudiés.

Les études de processus ont concernés à la fois des mesures *in situ* et des expériences en microcosmes. Les premières estimations de dissipation turbulente à l'intérieur de tourbillons anticycloniques ont mis en évidence une augmentation significative au sommet et à la base de chaque tourbillon qui peut être associée avec les fortes oscillations quasi inertielles (Cuyppers et al., 2011). La diffusivité verticale turbulente est augmentée à ces endroits et dans le cœur faiblement stratifié du tourbillon (Cuyppers et al., 2011). Ceci a permis de quantifier les flux de nitrate ascendants dus à la diffusion turbulente, qui étaient faibles et du même ordre de grandeur que l'apport par la fixation d'azote (Bonnet et al., 2011). Contrairement à l'image commune qui est de ne pas considérer le phytoplancton siliceux comme un acteur clé en MM, Crombet et al., (2011) suggèrent qu'ils pourraient contribuer de façon prépondérante à la production marine. L'anomalie bio-optique et la variabilité diurne de la matière particulaire ont été étudiées. Le cycle diurne du coefficient de rétro-diffusion des particules a été observé à partir de mesures *in situ* pour la première fois (Loisel et al., 2011). Une nouvelle méthode pour analyser les cycles diurnes du coefficient d'atténuation particulaire à longueurs d'onde multiples suggère que l'essentiel des variations observées peut être attribué à une population synchronisée de cellules ayant un diamètre sphérique équivalent entre 1-4 μm (Dall'Olmo et al., 2011). La limitation par les éléments nutritifs de la chaîne alimentaire microbienne pélagique a été étudiée à partir d'expériences d'enrichissement en microcosmes. Une différence entre les caractéristiques biogéochimiques (un état apparent de limitation en P) et les réponses biologiques (pas de limitation apparente en P) a été démontré (Tanaka et al., 2011) ainsi qu'un découplage entre la production phytoplanctonique et la consommation par les procaryotes hétérotrophes (*Lagaria* et al., 2011). La production primaire augmentait significativement après l'ajout d'aérosols, indiquant l'élimination des (co)-limitations en cours (Ternon et al., 2011) et une forte stimulation de la fixation d'azote (Ridame et al., 2011).

3) Représentation des principaux flux biogéochimiques et de la dynamique des réseaux trophiques.

Une représentation schématique intéressante du fonctionnement biogéochimique des deux bassins méditerranéens a été proposée (Pujo-Pay et al., 2011). De façon surprenante, le rapport nitrate sur phosphate des niveaux intermédiaires et profonds sont proches de la valeur canonique de Redfield dans les deux bassins suggérant une analogie dans leurs fonctionnement biogéochimiques.

Un modèle multi-élémentaire utilisant Eco3M (Ecological Mechanistic Modular tool) a été développé pour comprendre comment les producteurs primaires et les organismes minéralisant la matière organique interagissaient et contrôlaient les dynamiques des éléments nutritifs et du carbone organique dissous. Il a été suggéré que les rapports N:P élevés de la MM en surface pourraient favoriser le découplage entre la croissance et la production de carbone, conduisant à une plus forte accumulation de carbone organique dissous que dans les systèmes à plus faibles rapports N:P (Mauriac et al., 2011). La prochaine étape sera d'utiliser les très nombreuses données acquises dans le cadre de la campagne BOUM

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

(<http://www.com.univ-mrs.fr/BOUM/spip.php?rubrique6>) pour implémenter des modèles couplés physique-biogéochimie, aux échelles spatiales de tourbillons et à l'échelle de la MM, dans le but d'étudier l'influence exercée par les nombreux tourbillons anticycloniques sur la séquestration du carbone anthropique en MM à l'échelle décennale.

Tableau récapitulatif

		Nombre
1	Publications d'articles originaux dans des revues avec comité de lecture référencées dans JCR (<i>Journal Citation Reports</i>)	Année 2010 : 3 Année 2011 : 21 Année 2012 : 5 Année 2013 : 1
2	Publications dans d'autres revues ou ouvrages scientifiques faisant référence dans le domaine	
3	Publications électroniques sur le réseau Internet	Année 2010 : 11 Année 2011 : 12 Année 2012 : 1
4	Publications sous forme de rapports techniques	
5	Articles dans des revues ou journaux « grand public »	Année 2010 : 1
6	Communications dans des colloques internationaux	Année 2008 : 2 Année 2009 : 6 Année 2010 : 17 Année 2011 : 4 Année 2012 : 1 Année 2013 : 2
7	Communications dans des colloques nationaux	4
8	Nouvelles espèces (animales, végétales, microorganismes) décrites	
9	Rapports de contrats (Union européenne, FAO, Convention, Collectivités ...)	Oui
10	Applications (essais thérapeutiques ou cliniques, AMM ...)	
11	Brevets	
12	Publications d'atlas (cartes, photos)	
13	Documents vidéo-films	2
14	DEA ou MASTER 2 ayant utilisé les données de la campagne	Nombreux
15	Thèses ayant utilisé les données de la campagne	10
16	Traitement des échantillons et des données Si en cours, préciser et donner les échéances	terminé
17	Transmission au SISMER des données acquises avec les moyens communs du navire (NB : cette transmission est systématique dans le cadre des navires gérés par Genavir) Transmission au SISMER de données autres que celles acquises avec les moyens communs du navire	Oui Oui
18	Transmission à d'autres banques de données	Oui
19	Transmission à d'autres équipes	Oui
20	Considérez-vous la publication des résultats terminée Si en cours préciser et donner les échéances	en cours

Fournir pour chacune des rubriques en classant année par année :

Rubriques 1 à 7 incluses : liste des publications et colloques avec les noms d'auteurs suivant la présentation en vigueur pour les revues scientifiques.

Rubriques 8 à 13 : Liste des références des rapports, des applications, des brevets, atlas ou documents vidéo

Rubriques 14 et 15 : Nom et Prénom des étudiants, Laboratoire d'accueil. Sujet du DEA ou MASTER 2 ou de la thèse, Date de soutenance

Rubriques 17 à 19 incluses : données transmises à des banques de données ou à des équipes auxquelles.

Rubrique 20 : Si la publication des résultats n'est pas terminée, pouvez-vous donner un échéancier ?

Références

R1 - Références des publications d'articles originaux dans des revues avec comité de lecture référencées dans JCR (vérifier dans la base « Journal Citation Reports » via « ISI Web of Knowledge » si les revues sont bien référencées) **et résumés des principales publications**

2010

Picheral, M., Guidi, L., Stemmann, L., Karl, D.M., Iddaoud, G., and G.Gorsky. 2010. The Underwater Vision Profiler 5: An advanced instrument for high spatial resolution studies of particle size spectra and zooplankton. *Limnol. Oceanogr.: Methods* 8, 462–473.

Gomez, F., D. Moreirab, and P. Lopez-Garcia. Molecular Phylogeny of Noctiluroid Dinoflagellates (Noctilucales, Dinophyceae). *Protist*. 2010, 161(3):466-78.

Westberry, T.K., G. Dall'Olmo, E. Boss, M. J. Behrenfeld, and T. Moutin. 2010. Coherence of particulate beam attenuation and backscattering coefficients in diverse open ocean environments. *Optics Express*, Vol. 18, Issue 15, pp. 15419-15425. doi:10.1364/OE.18.015419.

2011

Alves-de-Souza, C., Cornet, C., Nowaczyk, A., Gasparini, S., Skovgaard, A., and Guillou, L.: *Blastodinium* spp. infect copepods in the ultra-oligotrophic marine waters of the Mediterranean Sea, *Biogeosciences*, 8, 2125-2136, doi:10.5194/bg-8-2125-2011, 2011.

Bonnet, S., Grosso, O., and Moutin, T.: Planktonic dinitrogen fixation along a longitudinal gradient across the Mediterranean Sea during the stratified period (BOUM cruise), *Biogeosciences*, 8, 2257-2267, doi:10.5194/bg-8-2257-2011, 2011.

Christaki, U., Van Wambeke, F., Lefevre, D., Lagaria, A., Prieur, L., Pujo-Pay, M., Grattepanche, J.-D., Colombet, J., Psarra, S., Dolan, J. R., Sime-Ngando, T., Conan, P., Weinbauer, M. G., and Moutin, T.: Microbial food webs and metabolic state across oligotrophic waters of the Mediterranean Sea during summer, *Biogeosciences*, 8, 1839-1852, doi:10.5194/bg-8-1839-2011, 2011.

Crombet, Y., Leblanc, K., Quéguiner, B., Moutin, T., Rimmelin, P., Ras, J., Claustre, H., Leblond, N., Oriol, L., and Pujo-Pay, M.: Deep silicon maxima in the stratified oligotrophic Mediterranean Sea, *Biogeosciences*, 8, 459-475, doi:10.5194/bg-8-459-2011, 2011.

Dall'Olmo, G., Boss, E., Behrenfeld, M. J., Westberry, T. K., Courties, C., Prieur, L., Pujo-Pay, M., Hardman-Mountford, N., and Moutin, T.: Inferring phytoplankton carbon and eco-physiological rates from diel cycles of spectral particulate beam-attenuation coefficient, *Biogeosciences*, 8, 3423-3439, doi:10.5194/bg-8-3423-2011, 2011.

Jeanthon, C., Boeuf, D., Dahan, O., Le Gall, F., Garczarek, L., Bendif, E. M., and Lehours, A.-C.: Diversity of cultivated and metabolically active aerobic anoxygenic phototrophic bacteria along an oligotrophic gradient in the Mediterranean Sea, *Biogeosciences*, 8, 1955-1970, doi:10.5194/bg-8-1955-2011, 2011.

Lagaria, A., Psarra, S., Lefèvre, D., Van Wambeke, F., Courties, C., Pujo-Pay, M., Oriol, L., Tanaka, T., and Christaki, U.: The effects of nutrient additions on particulate and dissolved primary production and metabolic state in surface waters of three Mediterranean eddies, *Biogeosciences*, 8, 2595-2607, doi:10.5194/bg-8-2595-2011, 2011.

Lamy, D., Jeanthon, C., Cottrell, M. T., Kirchman, D. L., Van Wambeke, F., Ras, J., Dahan, O., Pujo-Pay, M., Oriol, L., Bariat, L., Catala, P., Cornet-Barthaux, V., and Lebaron, P.: Ecology of aerobic anoxygenic phototrophic bacteria along an oligotrophic gradient in the Mediterranean Sea, *Biogeosciences*, 8, 973-985, doi:10.5194/bg-8-973-2011, 2011.

Le Moal, M., Collin, H., and Biegala, I. C.: Intriguing diversity among diazotrophic picoplankton along a Mediterranean transect: a dominance of rhizobia, *Biogeosciences*, 8, 827-840, doi:10.5194/bg-8-827-2011, 2011.

Loisel, H., Vantrepotte, V., Norkvist, K., Mériaux, X., Kheireddine, M., Ras, J., Pujo-Pay, M., Combet, Y., Leblanc, K., Dall'Olmo, G., Mauriac, R., Dessailly, D., and Moutin, T.: Characterization of the bio-optical anomaly and diurnal variability of particulate matter, as seen from scattering and backscattering coefficients, in ultra-oligotrophic eddies of the Mediterranean Sea, *Biogeosciences*, 8, 3295-3317, doi:10.5194/bg-8-3295-2011, 2011.

Mauriac, R., Moutin, T., and Baklouti, M.: Accumulation of DOC in Low Phosphate Low Chlorophyll (LPLC) area: is it related to higher production under high N:P ratio?, *Biogeosciences*, 8, 933-950, doi:10.5194/bg-8-933-2011, 2011.

Mella-Flores, D., Mazard, S., Humily, F., Partensky, F., Mahé, F., Bariat, L., Courties, C., Marie, D., Ras, J., Mauriac, R., Jeanthon, C., Mahdi Bendif, E., Ostrowski, M., Scanlan, D. J., and Garczarek, L.: Is the distribution of *Prochlorococcus* and

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Synechococcus ecotypes in the Mediterranean Sea affected by global warming?, *Biogeosciences*, 8, 2785-2804, doi:10.5194/bg-8-2785-2011, 2011.

Nowaczyk, A., Carlotti, F., Thibault-Botha, D., and Pagano, M.: Distribution of epipelagic metazooplankton across the Mediterranean Sea during the summer BOUM cruise, *Biogeosciences*, 8, 2159-2177, doi:10.5194/bg-8-2159-2011, 2011.

Popendorf, K. J., T. Tanaka, M. Pujo-Pay, A. Lagaria, C. Courties, P., Conan, L. Oriol, L. E. Sofen, T. Moutin, B. A. S. Van Mooy (2011). Gradients in intact polar diacylglycerolipids across the Mediterranean Sea are related to phosphate availability, *Biogeosciences*, 8: 3733-3745. doi:10.5194/bg-8-3733-2011, 2011.

Pujo-Pay, M., Conan, P., Oriol, L., Cornet-Barthaux, V., Falco, C., Ghiglione, J.-F., Goyet, C., Moutin, T., and Prieur, L.: Integrated survey of elemental stoichiometry (C, N, P) from the western to eastern Mediterranean Sea, *Biogeosciences*, 8, 883-899, doi:10.5194/bg-8-883-2011, 2011.

Ridame, C., Le Moal, M., Guieu, C., TERNON, E., Biegala, I. C., L'Helguen, S., and Pujo-Pay, M.: Nutrient control of N₂ fixation in the oligotrophic Mediterranean Sea and the impact of Saharan dust events, *Biogeosciences*, 8, 2773-2783, doi:10.5194/bg-8-2773-2011, 2011.

Siano, R., Alves-de-Souza, C., Foulon, E., Bendif, El M., Simon, N., Guillou, L., and Not, F.: Distribution and host diversity of Amoebozoa parasites across oligotrophic waters of the Mediterranean Sea, *Biogeosciences*, 8, 267-278, doi:10.5194/bg-8-267-2011, 2011.

Talarmin, A., Van Wambeke, F., Catala, P., Courties, C., and Lebaron, P.: Flow cytometric assessment of specific leucine incorporation in the open Mediterranean, *Biogeosciences*, 8, 253-265, doi:10.5194/bg-8-253-2011, 2011.

Tanaka, T., Thingstad, T. F., Christaki, U., Colombet, J., Cornet-Barthaux, V., Courties, C., Grattepanche, J.-D., Lagaria, A., Nedoma, J., Oriol, L., Psarra, S., Pujo-Pay, M., and Van Wambeke, F.: Lack of P-limitation of phytoplankton and heterotrophic prokaryotes in surface waters of three anticyclonic eddies in the stratified Mediterranean Sea, *Biogeosciences*, 8, 525-538, doi:10.5194/bg-8-525-2011, 2011.

Ternon, E., Guieu, C., Ridame, C., L'Helguen, S., and Catala, P.: Longitudinal variability of the biogeochemical role of Mediterranean aerosols in the Mediterranean Sea, *Biogeosciences*, 8, 1067-1080, doi:10.5194/bg-8-1067-2011, 2011.

Van Wambeke, F., Catala, P., Pujo-Pay, M., and Lebaron, P.: Vertical and longitudinal gradients in HNA-LNA cell abundances and cytometric characteristics in the Mediterranean Sea, *Biogeosciences*, 8, 1853-1863, doi:10.5194/bg-8-1853-2011, 2011.

2012

Moutin, T., Van Wambeke, F., and Prieur, L. : Introduction to the Biogeochemistry from the Oligotrophic to the Ultraoligotrophic Mediterranean (BOUM) experiment, *Biogeosciences*, 9, 3817-3825, doi:10.5194/bg-9-3817-2012, 2012.

Moutin, T. and Prieur, L. : Influence of anticyclonic eddies on the Biogeochemistry from the Oligotrophic to the Ultraoligotrophic Mediterranean (BOUM cruise), *Biogeosciences*, 9, 3827-3855, doi:10.5194/bg-9-3827-2012, 2012.

Puig, P., Durrieu de Madron, X., Salat, J., Schroeder, K., Martín, J., Karageorgis, A.P., Palanques, A., Roullier, F., Lopez-Jurado, J.L., Emelianov, M., Moutin, T., and L. Houpert. Thick bottom nepheloid layers in the western Mediterranean generated by deep dense shelf water cascading. *Prog. Oceanogr.* (2012), in press. <http://dx.doi.org/10.1016/j.pocean.2012.10.003>

Skovgaard, A., S.A. Karpov and L. Guillou, The parasitic dinoflagellates *Blastodinium* spp. Inhabiting the gut of marine planktonic copepods morphology, ecology, and unrecognized species diversity. *Frontiers in Microbiology*. 3 (305), 1-22, 2012. doi: 10.3389/fmicb.2012.00305

Stemmann, L., Boss E. Particle and plankton size and packaging: from determining optical properties to driving the biological pump. *Annual Review of Marine Science*. Vol. 4: 263-290, 2012. DOI: 10.1146/annurev-marine-120710-100853

2013

Dolan, J.R., M.R. Landry and M.E. Ritchie. 2013. The species-rich assemblages of tintinnids (marine planktonic protists) are structured by mouth size. *The ISME Journal* (2013), 1-7.

R2 – Références des publications parues dans d'autres revues ou des ouvrages scientifiques faisant référence dans la discipline

R3 – Références des publications électroniques sur le réseau Internet

2010

Talarmin, A., F. Van Wambeke, P. Catala, C. Courties, and P. Lebaron. Specific rates of leucine incorporation by marine bacterioplankton in the open Mediterranean Sea in summer using cell sorting. *Biogeosciences Discuss.*, 7, 6545-6588, 2010.

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Crombet, Y., K. Leblanc, B. Quéguiner, T. Moutin, P. Rimmelin, J. Ras, H. Claustre, N. Leblond, L. Oriol, and M. Pujo-Pay. Deep silicon maxima in the stratified oligotrophic Mediterranean Sea. *Biogeosciences Discuss.*, 7, 6789-6846, 2010

Mauriac, R., T. Moutin, and M. Baklouti. Accumulation of DOC in Low Phosphate Low Chlorophyll (LPLC) area: is it related to higher production under high N:P ratio? *Biogeosciences Discuss.*, 7, 7091-7130, 2010

Pujo-Pay, M., P. Conan, L. Oriol, V. Cornet-Barthaux, C. Falco, J.-F. Ghiglione, C. Goyet, T. Moutin, and L. Prieur. Integrated survey of elemental stoichiometry (C, N, P) from the Western to Eastern Mediterranean Sea. *Biogeosciences Discuss.*, 7, 7315-7358, 2010

Siano, R., C. Alves-de-Souza, E. Foulon, El M. Bendif, N. Simon, L. Guillou, and F. Not. Distribution and host diversity of Amoebohyridae parasites across oligotrophic waters of the Mediterranean Sea. *Biogeosciences Discuss.*, 7, 7391-7419, 2010

Ternon, E., C. Guieu, C. Ridame, S. L'Helguen, and P. Catala. Longitudinal variability of the biogeochemical role of Mediterranean aerosols in the Mediterranean Sea. *Biogeosciences Discuss.*, 7, 8087-8121, 2010

Tanaka, T., T. F. Thingstad, U. Christaki, J. Colombet, V. Cornet-Barthaux, C. Courties, J.-D. Grattepanche, A. Lagaria, J. Nedoma, L. Oriol, S. Psarra, M. Pujo-Pay, and F. Van Wambeke. N-limited or N and P co-limited indications in the surface waters of three Mediterranean basins. *Biogeosciences Discuss.*, 7, 8143-8176, 2010

Van Wambeke, F., P. Catala, and P. Lebaron. Relationships between cytometric characteristics of high and low nucleic-acid bacterioplankton cells, bacterial production and environmental parameters along a longitudinal gradient across the Mediterranean Sea. *Biogeosciences Discuss.*, 7, 8245-8279, 2010

López-Sandoval, D. C., A. Fernández, and E. Marañón. Dissolved and particulate primary production along a longitudinal gradient in the Mediterranean Sea. *Biogeosciences Discuss.*, 7, 8591-8617, 2010

Le Moal, M., H. Collin, and I. C. Biegala. Intriguing diversity among diazotrophic picoplankton along a Mediterranean transect: from the origin of plastids to the dominance of rhizobia. *Biogeosciences Discuss.*, 7, 8779-8816, 2010

Lagaria, A., S. Psarra, D. Lefèvre, F. Van Wambeke, C. Courties, M. Pujo-Pay, L. Oriol, T. Tanaka, and U. Christaki. The effects of nutrient additions on particulate and dissolved primary production in surface waters of three Mediterranean eddies. *Biogeosciences Discuss.*, 7, 8919-8952, 2010

2011

Alves-de-Souza, C. Cornet, C., Nowaczyk, A. Gasparini, S., Skovgaard, A. and L. Guillou, L.: *Blastodinium* spp. infect copepods in the ultra-oligotrophic marine waters of the Mediterranean Sea. *Biogeosciences Discuss.*, 8, 2563-2592, 2011.

Bonnet, S., Grosso, O., and T. Moutin, T.: Planktonic dinitrogen fixation in the Mediterranean Sea: a major biogeochemical process during the stratified period? *Biogeosciences Discuss.*, 8, 1197-1225, 2011

Cuyper, Y., Bouruet-Aubertot, P., Marec, C., and Fuda, J. L.: Characterization of turbulence and validation of fine-scale parametrization in the Mediterranean Sea during BOUM experiment. *Biogeosciences Discuss.*, 8, 8961-8998, 2011.

Dall'Olmo, G., Westberry, T. K. Behrenfeld, M. J., Boss, E., Courties, C., Prieur, L., Hardman-Mountford, N., and T. Moutin, T.: Inferring phytoplankton carbon and eco-physiological rates from diel cycles of spectral particulate beam-attenuation coefficient. *Biogeosciences Discuss.*, 8, 3009-3050, 2011.

Jeanthon, C., Boeuf, D., Dahan, O., Le Gall, F., Garczarek, L., Bendif, E. M., and Lehours, A. C.: Diversity of cultivated and metabolically active aerobic anoxygenic phototrophic bacteria along an oligotrophic gradient in the Mediterranean Sea. *Biogeosciences Discuss.*, 8, 4421-4457, 2011.

Lamy, D., C. Jeanthon, J. Ras, F. Van Wambeke, O. Dahan, M.T. Cottrell, D.L. Kirchman and P. Lebaron. Ecology of aerobic anoxygenic phototrophic bacteria along an oligotrophic gradient in the Mediterranean Sea. *Biogeosciences Discuss.*, 8, 323-354, 2011.

Loisel, H., Vantrepotte, V., Norkvist, K., Mériaux, X., Kheireddine, M., Ras, J., Pujo-Pay, M., Combet, Y., Leblanc, K., Mauriac, R., D. Dessailly, D., and Moutin, T.: Characterization of the bio-optical anomaly and diurnal variability of the particulate matter in ultraoligotrophic eddies of the Mediterranean Sea. *Biogeosciences Discuss.*, 8, 7859-7919, 2011.

Mella-Flores, D., Mazard, S., Humily, F., Partensky, F., Mahé, F., Bariat, L., Courties, C. Marie, D., Ras, J., Mauriac, R., Jeanthon, C., Bendif, E. M. Ostrowski, M., Scanlan, D. J., and Garczarek, L.: Is the distribution of *Prochlorococcus* and *Synechococcus* ecotypes in the Mediterranean Sea affected by global warming? *Biogeosciences Discuss.*, 8, 4281-4330, 2011.

Moutin, T., F. Van Wambeke, and L. Prieur. The Biogeochemistry from the Oligotrophic to the Ultraoligotrophic Mediterranean (BOUM) experiment. *Biogeosciences Discuss.*, 8, 8091-8160, 2011.

Nowaczyk, A., Carlotti, F., Thibault-Botha, D., and Pagano, M. Metazooplankton diversity, community structure and spatial distribution across the Mediterranean Sea in summer: evidence of ecoregions. *Biogeosciences Discuss.*, 8, 3081-3119, 2011.

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Popendorf, K. J., Tanaka, T., Conan, P., Courties, C., Lagaria, A., Moutin, T., Oriol, L., Pujo-Pay, M., Sofen, L., Van Mooy, B. A. S.: Intact polar diacylglycerolipid changes in response to nutrient limitation in the Mediterranean Sea. *Biogeosciences Discuss.*, 8, 7921-7952, 2011.

Ridame, C., Le Moal, M., Guieu, C., Ternon, E., Biegala, I. C., L'Helguen, S., and Pujo-Pay, M.: Nutrient control of N₂ fixation in the oligotrophic Mediterranean Sea and the impact of Saharan dust events. *Biogeosciences Discuss.*, 8, 2629-2657, 2011.

2012

Touratier, F., V. Guglielmi, C. Goyet, L. Prieur, M. Pujo-Pay, P. Conan, and C. Falco. Distributions of the carbonate system properties, anthropogenic CO₂, and acidification during the 2008 BOUM cruise (Mediterranean Sea). *Biogeosciences Discuss.*, 9, 2709-2753, 2012.

R4 – Références des rapports techniques

R5 – Références des articles parus dans des revues ou des journaux « grand public »

Guillou, L., C. Alves-de-Souza, R. Siano, H. González. The ecological significance of small, eukaryotic parasites in marine ecosystems. *Microbiology today*. May 2010.

R6 – Références des communications dans des colloques internationaux

2008

Moutin T. Phosphate availability and the ultimate control of new nitrogen input by nitrogen fixation in the Oligotrophic Ocean : overview and objectives of the BOUM cruise project. 2008 Ocean Sciences Meeting, 2-7 March 2008, Orlando, Florida, USA.

Mauriac, R., M. Baklouti, B. Queguiner & T. Moutin. Modelisation of C,N,P cycles in an oligotrophic Mediterranean system : a possible explanation for the seasonal uncoupling of the nutriclines. Euroceans, Ankara, Turkey, August, 10-16 2008.

2009

Mauriac, R., M. Baklouti, M. Pujo-Pay, J. Touboul, L. Oriol, V. Cornet-Barthaux, B. Queguiner, F.T. Thingstad, L. Prieur & T. Moutin. Coupling, uncoupling of carbon and nutrients cycles in the upper Mediterranean sea: preliminary results of the BOUM cruise. ASLO meeting. 25-30 janvier 2009, Nice, France.

Talarmin, A., C. Courties, P. Catala, F. Van Wambeke, T. Moutin, P. Lebaron Competition among microbial populations for phosphate in the Mediterranean Sea assessed by cell-sorting. SAME meeting 11th, 1-4 septembre 2009, Piran, Slovénie

Ridame, C; Ternon, E, l'Helguen S and Guieu, C. Impact of a Saharan dust input on primary production and N₂ fixation in Mediterranean Sea, SOLAS Conference, 16-19 november 2009, Barcelona.

Van Wambeke, F., A. Talarmin, P. Catala, C. Courties, J.F.Ghiglione, M. Goutx, P. Lebaron, T. Tanaka & T. Moutin. Effect of bottom-up factors on the distribution of bacterioplankton groups - Case study in the Mediterranean Sea. SAME meeting 11th, 1 - 4 septembre 2009, Piran, Slovénie.

Posters

Crombet, Y. K. Leblanc, B. Queguiner & T. Moutin. Silicon cycle in the Mediterranean sea : occurrence of deep biogenic silica maxima in oligotrophic regions of the eastern basin (BOUM cruise). ASLO meeting. 25-30 janvier 2009, Nice, France.

Leblanc, K., Y. Crombet, B. Queguiner, F. Gomez & T. Moutin. Species-specific silification rates in a longitudinal nutritional gradient in the Mediterranean sea during the BOUM cruise. ASLO meeting. 25-30 janvier 2009, Nice, France.

2010

Moutin, T., Prieur, L., The Mediterranean sea as a typical low-P low chlorophyll oligotrophic system : overview and preliminary results of the BOUM experiment. Ocean Sciences meeting, 22-26 February 2010, Portland, USA.

Bouruet-Aubertot, P., Y Cuypers, Y., Fuda, J.L., Marec, C., Near-inertial wave generation within an anticyclonic eddy and turbulence in the Mediterranean Sea during BOUM experiment. Ocean Sciences meeting, 22-26 February 2010, Portland, USA.

Christaki, U., Lefevre, D., Van Wambeke, F., Lagaria, A., Grattepanche, J., Psarra, S., Colombet, J., Sime-Ngando, T., Weinbauer, M., Moutin, T., The impact of anticyclonic mesoscale features on the Mediterranean Sea's microbial food web. Ocean Sciences meeting, 22-26 February 2010, Portland, USA.

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Dolan, J.R., Ritchie, M. 2010. Coherent species packing of planktonic protists: Tintinnid ciliates of the oligotrophic Mediterranean Sea. AGU-ASLO-TOC Ocean Sciences meeting, 22-26 February 2010, Portland, USA.

Jeanthon, C. Abundance and diversity of aerobic anoxygenic phototrophic bacteria in contrasted marine environments. Workshop on Aerobic Anoxygenic Phototrophs, September 22-24, 2010, Trebon, Czech Rep.

Lefevre, D., Tamburini, C. Robert, A., Payre, P., Billault, M., Beurthey, S., Arnaud, K., Prieur, L., Assessing Metabolic Balance In Oligotrophic Gyres. Ocean Sciences meeting, 22-26 February 2010, Portland, USA.

Tanaka T., Thingstad, F.T., Christaki, U., Cornet-Barthaux V., Courties C., Grattepanche J.-D., Lagaria A., Oriol L., Psarra S., Pujo-Pay M., Van Wambeke F., Moutin, T., 2010. N-limited or N&P co-limited indications in the Mediterranean surface waters: BOUM microcosm experiments. Ocean Sciences meeting, 22-26 February 2010, Portland, USA.

Lamy, D., Lehours, A., Cottrell, M., Van Wambeke, F., Ras, J., Kirchman, D.L., Lebaron, P., Jeanthon, C., Abundance and culturable diversity of aerobic anoxygenic phototrophs in the Mediterranean Sea. Ocean Sciences meeting, 22-26 February 2010, Portland, USA.

Van Wambeke, F., A. Talarmin, P. Catala, P. Lebaron, C. Courties & T. Moutin. Longitudinal and vertical trends of bacterial production and high and low nucleic-acid bacterioplankton cells in Mediterranean Sea. CIESM meeting, 10-14 May 2010, Venice, Italy.

Posters

Mauriac, R., Baklouti, M., Moutin, T., Modeling the coupling of carbon and nutrients in the upper Mediterranean Sea : preliminary results from the BOUM cruise. Ocean Sciences meeting, 22-26 February 2010, Portland, USA.

Bonnet, S., Grosso, O., Raimbault, P., Moutin, T., Is Nitrogen Fixation a Major Biogeochemical Process in the Mediterranean Sea during the stratification Period? Ocean Sciences meeting, 22-26 February 2010, Portland, USA.

Leblanc, K., Crombet, Y., Species-specific silification rates in a longitudinal nutritional gradient in the Mediterranean Sea during the BOUM cruise. Ocean Sciences meeting, 22-26 February 2010, Portland, USA.

Popendorf, K., Tanaka, T., Van Wambeke, F., Pujo-Pay, M., Courties, C., Moutin, T., Van Mooy, B., Phospholipid production and turnover in a nutrient addition microcosm experiment in the Mediterranean. Ocean Sciences meeting, 22-26 February 2010, Portland, USA.

Psarra, S., Lagaria, A., Lefevre, D., Van Wambeke, F., Christaki, U., Courties, C., Pujo-Pay, M., Oriol, L., Tanaka, T., Moutin, T., Microbial community responses and trophic shifts (autotrophy vs. heterotrophy) upon addition of limiting nutrients -N. vs. P. - in oligotrophic Mediterranean surface waters: the BOUM microcosm experiments. Ocean Sciences meeting, 22-26 February 2010, Portland, USA.

Le Moal, M., Collin, A., Ridame, C., Bonnet, S., Biegala, I.C., Diazotrophic unicellular cyanobacteria (UCYN2-Fix) across an oligotrophic gradient in the Mediterranean Sea: preliminary results from the BOUM cruise. Ocean Sciences meeting, 22-26 February 2010, Portland, USA.

Nowaczyk, A., Carlotti, F., Botha, D., Zooplankton abundance, biomass and metabolic rates along an eastern and western basin transect in the Mediterranean Sea: Ocean Sciences meeting, 22-26 February 2010, Portland, USA.

Moutin, T., F. Van Wambeke & L. Prieur. The Mediterranean sea as a typical Low-P Low Chlorophyll (LPLC) area : overview and preliminary results of the BOUM experiment. IMBER IMBIZO II, 10-14 Oct 2010, Heraklion, Greece.

2011

Dolan, J.R. 2011. Similarity in widely separated communities of planktonic protists (tintinnid ciliates). VI European Congress of Protistology, Berlin, July 2011.

Mella-Flores D., Mazard S., Humily F., Partensky F., Mahé F., and Garczarek L. Use of picocyanobacteria as biomarkers of the effects of global warming: a case study in the Mediterranean Sea. Colloque "Microorganisms facing their environment", Museum National d'Histoire Naturelle, Paris, 27-28 Oct. 2011

Posters

Van Wambeke, F., U. Christaki, A. Talarmin, P. Catala, A. Lagaria, P. Lebaron, D. Lefèvre, S. Psarra, J. Ras, T. Tanaka Bacterial heterotrophic production and biomass across Mediterranean Sea, in relation with primary production, chlorophyll biomass and bottom-up controls. SESAME Final Scientific Conference, 4-8 April 2011, Athens, Greece.

Moutin T., Prieur L., Van Wambeke F. The BOUM experiment (Biogeochemistry from the Oligotrophic to the Ultraoligotrophic Mediterranean) SESAME Final Scientific Conference, 4-8 April 2011, Athens, Greece.

2012

Popendorf, K. J., Tanaka, T., Pujo-Pay, M., Lagaria, A., Courties, C., Conan, P., Oriol, L., Sofen, L. E., Moutin, T., Van Mooy, B. Gradients in intact polar membrane lipids across the Mediterranean sea are related to phosphate availability. Ocean Sciences Meeting, 20-24 February 2012, Salt Lake City, USA.

2013

Popendorf, K.J., T. Tanaka, M. Pujo-Pay, A. Lagaria, C. Courties, P. Conan, L. Oriol, L. E. Sofen, T. Moutin, B. A. S. Van Mooy. Shifts in the ratios of phospholipids to non-phosphorus lipids across the Mediterranean Sea: indicators of microbial response to nutrient conditions. ASLO Aquatic Sciences Meeting, New Orleans, LA, February 17-22, 2013

Romagnan, J.B., F. Roullier, L. Guidi, A. Forest, P. Vandromme, M. Picheral, G. Jackson, D. Checkley, L. Stemann. 2013. Variability in Plankton and Particle Size Distributions (PSDs) in different ocean basins. ASLO Aquatic Sciences Meeting, New-Orleans, 17-22 February, 2013.

R7 – Références des communications dans des colloques nationaux

2009

Jeanthon, C. Importance écologique et biogéochimique des bactéries photohétérotrophes marines. Colloque bilan LEFE, Brest, 27-29 mai 2009.

Ridame, C., Dekaezemacker, J., Biegala, I., L'Helguen, S., et E. TERNON. Impact des apports atmosphériques sahariens sur la fixation de N₂ et l'abondance des diazotrophes en Méditerranée – Journées SOLAS-IMBER France, 22 et 23 Juin 2009, Paris.

2011

Moutin T., Prieur L., Van Wambeke F. The BOUM experiment (Biogeochemistry from the Oligotrophic to the Ultraoligotrophic Mediterranean) IMBER meeting, 11-13 April 2011, Marseilles, France.

Popendorf, K. J., Microbial sources of intact polar lipids and their distribution in the Mediterranean Sea. WHOI Marine Chemistry and Geochemistry Department Seminar, June 2011.

R8 – Références des nouvelles espèces (animales, végétales, microorganismes) décrites, lieux où sont déposés les holotypes

R9 – Références des rapports de contrats (Union européenne, FAO, Convention, Collectivités ...)

R10 – Liste des applications (essais thérapeutiques ou cliniques, AMM ...)

R11 – Références des brevets

R12 – Références des atlas (cartes, photos)

R13 – Liste des documents vidéo-films

Sites Web :

Site de la campagne BOUM à Marseille

<http://www.com.univ-mrs.fr/BOUM/?lang=fr>

Lien vers le site SESAME

<http://www.sesame-ip.eu/public/boum.php>

Le carnet de bord, une initiative du programme européen SESAME

http://www.sesame-ip.eu/public/educ_cruise.php?cruise=11&country=cr#diary_98

R14 – DEA ou MASTER 2 ayant utilisé les données de la campagne (Nom et Prénom de l'étudiant, Laboratoire d'accueil. Sujet du DEA ou MASTER ou de la thèse, Date de soutenance)

De nombreux étudiants de Master 2 ont utilisés les données de la campagne BOUM. Il n'est pas possible d'en donner le nombre.

R15 – Thèses ayant utilisé les données de la campagne (Nom et Prénom de l'étudiant, Laboratoire d'accueil. Sujet du DEA ou MASTER ou de la thèse, Date de soutenance)

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Bendif, El Mahdi

Equipe Evolution du Plancton et des Paléo-Océans, Groupe Plancton UMR7144
Station Biologique de Roscoff, France.
Encadrant(s) : Colomban de Vargas
Sujet : « Adaptation des coccolithophores à l'acidification des océans »

Crombet, Yann

LOPB UMR CNRS 6535, Marseille, France.
Encadrant(s) : Karine Leblanc et Bernard Queguiner (LOPB)
Sujet : impact du réchauffement climatique et de l'acidification sur les diatomées.

Dominique Bœuf

UMR 7144, Doctorat, Université Pierre et Marie Curie.
Encadrant(s) : C. Jeanthon & P. Lebaron
Sujet : « Importance écologique des bactéries phototrophes en milieu marin côtier et océanique ».

Grattepanche, Jean-David

Laboratoire d'Océanographie et de Géoscience, UMR CNRS 8187, Wimereux, France.
Encadrant(s) : Pr Urania Christaki
Sujet : « Rôle des protistes hétérotrophes dans la régulation du nano- et du pico-plancton et les flux de carbone en milieu marin: exemple de la Manche orientale et de la mer méditerranée »

Lagaria, Anna

Institute of Oceanography, HCMR, Heraklion, Crete, Greece
Laboratoire d'Océanologie et de Géosciences - UMR LOG 8187, Wimereux, France
Encadrants: Stella Psarra (HCMR) et Urania Christaki.(LOG)
Sujet : « Variabilité de la production primaire particulaire et dissoute en Méditerranée: Implications écologiques et interactions avec les osmotrophes »

Le Moal, Morgane

Institut de Recherche pour le Développement (UR103)/Laboratoire d'Océanographie Physique et Biogéochimique (UMR6535), Marseille, France
Encadrants: Isabelle Biegala (IRD/LOPB), Patrick Raimbault (LMGEM)
Sujet : « Diversité et Distribution des diazotrophes pico et nanoplanctoniques (1 - 10 µm) en Méditerranée »

Mauriac, Romain

LOPB UMR CNRS 6535, Marseille, France.
Encadrant(s) : Mélika Baklouti et Thierry Moutin (LOPB)
Sujet : « Observation et modélisation du couplage/découplage des cycles du carbone et des éléments biogènes associés (N,P) dans la couche éclairée de milieux oligotrophes contrastés : mission BOUM en Méditerranée ».

Mella-Flores, Daniella

Station Biologique de Roscoff, UMR 7144 CNRS et UPMC, Roscoff, France
Encadrant(s) : Laurence Garczarek
Sujet : « Diversité Génétique et Fonctionnelle des Cyanobactéries Picoplanctoniques Marines et Adaptation aux Stress Environnementaux ».

Nowaczyk, Antoine

Laboratoire d'Océanographie Physique et Biogéochimique, Centre d'Océanologie de, Marseille, France
Encadrant(s): François Carlotti et Delphine Botha
Sujet : Caractérisation du métabolisme du mésozooplancton à deux niveaux d'organisation (individu et communauté). Cas de l'Arctique et de la Méditerranée.

Popendorf, Kimberly

MIT/WHOI Joint Program (Massachusetts Institute of Technology/Woods Hole Oceanographic Institution) Woods Hole, Massachusetts, USA.
Encadrant(s) : Benjamin Van Mooy
Sujet : Marine microbial intact polar diacylglycerolipids and their application in the study of nutrient stress and bacterial production.

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Talarmin, Agathe

LMGEM UMR CNRS 6117, Centre d'Océanologie de Marseille, France

LOBB UMR CNRS 7621, Banyuls-sur-mer, France.

Encadrant(s) : France Van Wambeke (LMGEM) & Philippe Lebaron (LOBB)

Sujet : « Assimilation spécifique et diversité fonctionnelle des organismes autotrophes et hétérotrophes en compétition pour la disponibilité du phosphate en milieu marin oligotrophe – conséquence sur le couplage des cycles du C et de P »

Ternon, Eva

UPMC, LOV UMR CNRS 7093, Villefranche/mer Cedex

Encadrantes : Cécile Guieu (LOV)

Sujet : "dépôts atmosphériques en Méditerranée: quel impact pour la biogéochimie marine?"

R16 – Traitements des échantillons et des données en cours (types et échéances)

Terminé

R1, R18 et R19 – Liste des données transmises (Préciser les destinataires, SISMER, autres banques, équipes scientifique ...)

Les données ont été transmises dans les bases de données suivantes :

SISMER

<http://www.ifremer.fr/sismer/FR/catal/campagne/campagne.html?crno=8010090>

LEFE CYBER

http://www.obs-vlfr.fr/proof/php/x_datalist.php?xxop=boum&xxcamp=boum

SESAME

<http://isramar.ocean.org.il/SESAMEMETA/>

R20 – Liste des résultats restant à publier - échéance

La grande majorité des résultats ont été publiés dans l'issue spéciale « BOUM » du journal Biogeosciences en 2012, après une discussion ouverte sur le site internet de cette revue entre fin 2010 et début 2012. Quelques articles sont encore à paraître.

ANNEXE 2

References cited (outside OUTPACE community):

- Altabet, M. A. (1988). Variations in nitrogen isotopic composition between sinking and suspended particles: Implications for nitrogen cycling and particle transformation in the open ocean, *Deep Sea Res.*, 35, 535– 554.
- Alvain, S., Moulin, C., Dandonneau, Y., & Bréon, F. M. (2005). Remote sensing of phytoplankton groups in case 1 waters from global SeaWiFS imagery. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 52(11), 1989-2004.
- Alvain, S., Moulin, C., Dandonneau, Y., & Loisel, H. (2008). Seasonal distribution and succession of dominant phytoplankton groups in the global ocean: A satellite view. *Global Biogeochemical Cycles*, 22(3).
- Antoine, D., André, J.M. and A. Morel (1996). Oceanic primary production : II. Estimation at global scale from satellite (Coastal Zone Color Scanner) chlorophyll, *Global Biogeochemical Cycles*, 10, 57-69.
- Avril, G., 2002: DOC Dynamics in the northwestern Mediterranean Sea (DYFAMED site). *Deep-Sea Research II*, 49, 2163-2182.
- Billet, D.S.M., Lampitt, R.S., Rice, A.L., Mantoura, R.F.C., (1983). Seasonal sedimentation of phytoplankton to the deep-sea benthos. *Nature* 302, 520-522.
- Brandes, J. A., A. H. Devol, T. Yoshinari, D. A. Jayakumar, and S. W. A. (1998). Naqvi, Isotopic composition of nitrate in the central Arabian Sea and eastern tropical North Pacific: A tracer for mixing and nitrogen cycles, *Limnol. Oceanogr.*, 43(7), 1680– 1689.
- Broecker, W. S. (1991). Keeping global change honest, *Global Biogeochem. Cycles.*, 1, 15–29.
- Bruland, K.L.W., Silver, M.W. (1981). Sinking rates of fecal pellets from gelatinous zooplankton (salps, pteropods, doliolids). *Marine Biology* 63, 295-300.
- Campbell, L., Carpenter, E. J., Montoya, J. P., Kustka, A. B., & Capone, D. G. (2005). Picoplankton community structure within and outside a *Trichodesmium* bloom in the southwestern Pacific Ocean. *Vie et Milieu*, 55(3-4), 185-195.
- Capone, D. G., Burns, J.A., Montoya, J.P., Subramaniam, A., Mahaffey, C., Gunderson, T., Michaels, A.F. & Carpenter, E.J. (2005). Nitrogen fixation by *Trichodesmium* spp.: An important source of new nitrogen to the tropical and subtropical North Atlantic Ocean, *Global Biogeochem. Cycles*, 19, GB2024, doi:10.1029/2004GB002331.
- Capone D. G., M. D. Ferrier and E. J. Carpenter (1994). Amino acid cycling in colonies of the planktonic marine cyanobacterium *Trichodesmium thiebautii*. *Applied & Environmental Microbiology*, 60, 3989-3995.
- Capone DG, Zehr JP, Paerl HW, Bergman B, Carpenter EJ (1997) *Trichodesmium*, a globally significant marine cyanobacterium. *Science* 276: 1221-1229.
- Carpenter, E.J., H.R. Harvey, B.F. Ry, and D.G. Capone. (1997). Biogeochemical tracers of the marine cyanobacterium *Trichodesmium*. *Deep-Sea Res.* 44: 27–38.
- Casciotti, K. L., Trull, T. W., Glover, D. M., & Davies, D. (2008). Constraints on nitrogen cycling at the subtropical North Pacific Station ALOHA from isotopic measurements of nitrate and particulate nitrogen. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 55(14), 1661-1672.
- Claustre, H., & Maritorena, S. (2003). The many shades of ocean blue. *Science*, 302(5650), 1514-1515.
- Claustre, H., Sciandra, A., & Vaulot, D. (2008). Introduction to the special section bio-optical and biogeochemical conditions in the South East Pacific in late 2004: the BIOSOPE program. *Biogeosciences Discussions*, 5(1), 605-640.
- Close, H. G., Shah, S. R., Ingalls, A. E., Diefendorf, A. F., Brodie, E. L., Hansman, R. L., ... & Pearson, A. (2013). Export of submicron particulate organic matter to mesopelagic depth in an oligotrophic gyre. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(31), 12565-12570.
- Coble PG. (1996). Characterization of marine and terrestrial DOM in seawater using excitation– emission matrix spectroscopy. *Mar Chem*:51:325–46.
- Codispoti, L. A., Brandes, J. A., Christensen, J. P., Devol, A. H., Naqvi, S. W. A., Paerl, H. W., & Yoshinari, T. (2001). The oceanic fixed nitrogen and nitrous oxide budgets: Moving targets as we enter the anthropocene?. *Scientia Marina*, 65(S2), 85-105.
- Dore, J. E., Letelier, R. M., Church, M. J., Lukas, R., and Karl, D. M. (2008). Summer phytoplankton blooms in the oligotrophic north pacific subtropical gyre: Historical perspective and recent observations, *Prog. Oceanogr.*, 76, 2-38.
- Falkowski, P.G., Barber, R.T. & Smetacek, V. (1998). Biogeochemical Controls and Feedbacks on Ocean Primary Production. *Science* 281, 200-206.
- Fernandez C, Farías L, Ulloa O (2011) Nitrogen Fixation in Denitrified Marine Waters. *PLoS ONE* 6: e20539.
- Fonseca, C. R., G. Ganade, 2001: Species functional redundancy, random extinctions and the stability of ecosystems. *Journal of Ecology*, 89, 118-125.
- Fowler, S.W., Knauer, G.A., (1986). Role of large particles in the transport of elements and organic compounds through the oceanic water column. *Progress in Oceanography* 16, 147-194.
- Galbraith, E.D., Markus Kienast and the NICOPP working group members (2013). The acceleration of oceanic denitrification during deglacial warming, *Nature Geoscience*, 2 june 2013 | DOI: 10.1038/NCEO1832

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

- Garcia, N., Raimbault, P., & Sandroni, V. (2007). Seasonal nitrogen fixation and primary production in the Southwest Pacific: Nanoplankton diazotrophy and transfer of nitrogen to picoplankton organisms. *Marine Ecology Progress Series*, 343, 25-33.
- Gargett, A. E, and J. Marra. (2002). Effects of upper ocean physical processes - turbulence, advection, and air-sea interaction - on oceanic primary production. *The Sea*, Vol.12, ed. A. R. Robinson, J. J. McCarthy, and B. J. Rothschild, John Wiley & Sons, NY, 19-49. (copyright John Wiley and Sons).
- Geider, R., & La Roche, J. (2002). Redfield revisited: variability of C: N: P in marine microalgae and its biochemical basis. *European Journal of Phycology*, 37(1), 1-17.
- Grosjean, P., Picheral, P., Warembourg, C. and G Gorsky (2004) Enumeration, measurement and identification of net zooplankton samples using the ZOOSCAN digital imaging system. *ICES Journal of Marine Science*. 61 (4): 518-525.
- Großkopf, T., Mohr, W., Baustian, T., Schunck, H., Gill, D., Kuypers, M. M., ... & LaRoche, J. (2012). Doubling of marine dinitrogen-fixation rates based on direct measurements. *Nature*, 488(7411), 361-364.
- Gruber, N. (2004). The dynamics of the marine nitrogen cycle and its influence on atmospheric CO₂ variations. In *The ocean carbon cycle and climate* (pp. 97-148). Springer Netherlands.
- Gruber N., Sarmiento J.L. (1997) Global patterns of marine nitrogen fixation and denitrification. *Global Biogeochemical Cycles* 11: 235-266.
- Guerquin-Kern, J. L., Wu, T. D., Quintana, C., & Croisy, A. (2005). Progress in analytical imaging of the cell by dynamic secondary ion mass spectrometry (SIMS microscopy). *Biochimica et Biophysica Acta (BBA)-General Subjects*, 1724(3), 228-238.
- Halm H, Lam P, Ferdelman TG, Lavik G, Dittmar T (2011) Heterotrophic organisms dominate nitrogen fixation in the South Pacific Gyre. *ISME J* 6: 1238-1249.
- Hamersley MR, Turk KA, Leinweber A, Gruber N, Zehr JP, et al. (2011) Nitrogen fixation within the water column associated with two hypoxic basins in the Southern California Bight. *Aquatic Microbial Ecology* 63: 193-205.
- Hartmann A, Fu H, Burris RH (1988) Influence of amino acids on nitrogen fixation ability and growth of *Azospirillum* spp. . *Applied and Environmental Microbiology* 54: 87-93.
- Hasle, G.R. (1978). In *Phytoplankton Manual*, Vol. 6. (ed. A. Sournia) (UNESCO Monographs on oceanographic methodology, Paris.
- Hauss, H, Franz JMS, Hansen T, Struck U, Sommer U (2013) Relative inputs of upwelled and atmospheric nitrogen to the eastern tropical North Atlantic food web: Spatial distribution of $\delta^{15}\text{N}$ in mesozooplankton and relation to dissolved nutrient dynamics. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers* 75: 135
- Hewson I, Moisander PH, Achilles KM, Carlson CA, Jenkins BDea (2007) Characteristics of diazotrophs in surface to abyssopelagic waters of the Sargasso Sea. *Aquatic Microbial Ecology* 46: 15-30.
- Hmelo, L. R., Mincer, T. J., & Van Mooy, B. A. (2011). Possible influence of bacterial quorum sensing on the hydrolysis of sinking particulate organic carbon in marine environments. *Environmental microbiology reports*, 3(6), 682-688.
- Jackson, G. A. (1990). A model of the formation of marine algal flocs by physical coagulation processes. *Deep Sea Research Part A. Oceanographic Research Papers*, 37(8), 1197-1211.
- Jackson, G. A. (2001). Effect of coagulation on a model planktonic food web. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 48(1), 95-123.
- Jickells, T., et al. (2005), Global iron connections between dust, ocean biogeochemistry and climate, *Science*, 308, 67– 71.
- Karl, D. M. (2002). Microbiological oceanography: hidden in a sea of microbes. *Nature*, 415(6872), 590-591.
- Karl DM, Letelier R, Tupas L, Dore J, Christian J, et al. (1997) The role of nitrogen fixation in biogeochemical cycling in the subtropical North Pacific Ocean. *Nature* 388: 533-538.
- Karl, D. M., Letelier, R. M., RKMANN, K., & LETELIER, R. (2008). Nitrogen fixation-enhanced carbon sequestration in low nitrate, low chlorophyll seascapes. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 364, 257-268.
- Karl, D.M., M.J. Church, J.E. Dore, R.M. Letelier and C. Mahaffey. (2012). Predictable and efficient carbon sequestration in the North Pacific Ocean supported by symbiotic nitrogen fixation. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 109: 1842-1849.
- Krupke, A., Musat, N., LaRoche, J., Mohr, W., Fuchs, B. M., Amann, R. I., ... & Foster, R. A. (2013). In situ identification and N₂ and C fixation rates of uncultivated cyanobacteria populations. *Systematic and applied microbiology*.
- Landrum, J. P., Altabet, M. A., & Montoya, J. P. (2011). Basin-scale distributions of stable nitrogen isotopes in the subtropical North Atlantic Ocean: Contribution of diazotroph nitrogen to particulate organic matter and mesozooplankton. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 58(5), 615-625.
- Lechene, C. P., Luyten, Y., McMahon, G., & Distel, D. L. (2007). Quantitative imaging of nitrogen fixation by individual bacteria within animal cells. *Science*, 317(5844), 1563-1566.
- Legendre, L., Rassoulzadegan, F., (1996). Food-web mediated export of biogenic carbon in oceans: hydrodynamic control. *Marine Ecology Progress Series* 145, 179-193.
- Lévy, M.; Ferrari, R.; Franks, P. J. S.; Martin, A. P. & Rivière, P. Bringing physics to life at the submesoscale *Geophys. Res. Lett.*, AGU, 2012, 39, L14602
- Loick-Wilde, L., N, Dutz J, Miltner A, Gehre M, Montoya JP, Voss M (2012). Incorporation of nitrogen from N₂ fixation into amino acids of zooplankton. *Limnology and Oceanography* 57: 199-210.

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

- Loisel, H., V. Vantrepotte, K. Norkvist, X. Mériaux, M. Kheireddine, J. Ras, M. Pujo-Pay, Y. Combet, K. Leblanc, G. Dall'Olmo, R. Mauriac, D. Dessailly and T. Moutin (2011). Characterization of the bio-optical anomaly and diurnal variability of particulate matter, as seen from scattering and backscattering coefficients, in ultra-oligotrophic eddies of the Mediterranean Sea, *Biogeosciences*, 8, 3295-3317. doi:10.5194/bg-8-3295-2011
- Lomas, M. W., Steinberg, D. K., Dickey, T., Carlson, C. A., Nelson, N. B., Condon, R. H., & Bates, N. R. (2010). Increased ocean carbon export in the Sargasso Sea linked to climate variability is countered by its enhanced mesopelagic attenuation. *Biogeosciences*, 7(1), 57-70.
- Longhurst A, Sathyendranath S, Platt T, Caverhill C (1995). An estimate of global primary production in the ocean from satellite radiometer data. *J Plankton Res* 17:
- Luo, Y. W., Doney, S. C., Anderson, L. A., Benavides, M., Bode, A., Bonnet, S., ... & Zehr, J. P. (2012). Database of diazotrophs in global ocean: abundances, biomass and nitrogen fixation rates. *Earth System Science Data Discussions*, 5(1), 47-106.
- Madin, L.P., Purcell, J.E., (1992). Feeding, metabolism, and growth of *Cyclosalpa bakeri* in the subarctic Pacific. *Limnology and Oceanography* 37, 1236-1251.
- Mahaffey C, Michaels AF, Capone DG (2005). The conundrum of marine N₂ fixation. *American Journal of Science* 305: 546-595.
- McClelland JW, Holl CM, Montoya JP (2003). Relating low delta 15N values of zooplankton to N₂-fixation in the Tropical North Atlantic: insights provided by stable isotope ratios of amino acids. *Deep Sea Research (Part I, Oceanographic Research Papers)* 50: 849-861
- Minawaga, M., and E. Wada. (1986). Nitrogen isotope ratios of red tide organisms in the East China Sea: A characterization of biological nitrogen fixation. *Marine chemistry* 6: 245-259.
- Mohr, W., Grosskopf, T., Wallace, D. W., & LaRoche, J. (2010). Methodological underestimation of oceanic nitrogen fixation rates. *PloS one*, 5(9), e12583.
- Moisander, P. H., Beinart, R. A., Hewson, I., White, A. E., Johnson, K. S., Carlson, C. A., ... & Zehr, J. P. (2010). Unicellular cyanobacterial distributions broaden the oceanic N₂ fixation domain. *Science*, 327(5972), 1512-1514.
- Moisander PH, Zhang RF, Boyle EA, Hewson I, Montoya J, et al. (2012) Analogous nutrient limitations in unicellular diazotrophs and *Prochlorococcus* in the South Pacific Ocean. *The ISME Journal* 6: ISME Journal 6: 733-744
- Montoya, J. P., Carpenter, E. J., & Capone, D. G. (2002). Nitrogen fixation and nitrogen isotope abundances in zooplankton of the oligotrophic North Atlantic. *Limnology and Oceanography*, 47(6), 1617-1628.
- Montoya JP, Holl CM, Zehr JP, Hansen A, Villareal TA, et al. (2004) High rates of N₂ fixation by unicellular diazotrophs in the oligotrophic Pacific Ocean. *Nature* 430: 1027-1031.
- Moutin, T. Van Den Broeck, N., Beker, B., Dupouy, C., Rimmelin, P., LeBouteiller, A. (2005). Phosphate availability controls *Trichodesmium* spp. biomass in the SW Pacific ocean. *Marine Ecology-Progress Series* 297, 15-21.
- Mulholland, M. R., Bernhardt, P. W., Heil, C. A., Bronk, D. A., & O'Neil, J. M. (2005). Nitrogen fixation and release of fixed nitrogen by *Trichodesmium* spp. in the Gulf of Mexico. *Limnol. Oceanogr*, 51(4), 1762-1776.
- Mulholland, M. R. (2007). The fate of nitrogen fixed by diazotrophs in the ocean. *Biogeosciences*, 4(1), 37-51.
- Murnane, R., Sarmiento, J. L. and Le Quere, C. L. (1999). Spatial distribution of air-sea CO₂ fluxes and the interhemispheric transport of carbon by the oceans, *Global Biogeochem. Cy.*, 13, 287-305.
- Needoba JA, Foster RA, Sakamoto C, Zehr JP, Johnson KS. (2007). Nitrogen fixation by unicellular diazotrophic cyanobacteria in the temperate oligotrophic North Pacific Ocean. *Limnology and Oceanography* 52: 1317-1327.
- Neveux, J., Tenorio, M., Dupouy, C. & Villareal, T. (2006). Spectral diversity of phycoerythrins and diazotrophs abundance in tropical South Pacific. *Limnology and Oceanography* 51, 1689-1698.
- Olgun, N., Duggen, S., Croot, P. L., Delmelle, P., Dietze, H., Schacht, U., ... & Garbe-Schönberg, D. (2011). Surface ocean iron fertilization: The role of airborne volcanic ash from subduction zone and hot spot volcanoes and related iron fluxes into the Pacific Ocean. *Global Biogeochemical Cycles*, 25(4), GB4001.
- O'Neil, J.M., Metzler, P. & Glibert, P.M. (1996). Ingestion of ¹⁵N₂-labelled *Trichodesmium*, and ammonium regeneration by the pelagic harpacticoid copepod *Macrosetella gracilis*. *Marine Biology* 125, 89-96.
- Partensky F, Blanchot J, Vaultot D (1999). Differential distribution and ecology of *Prochlorococcus* and *Synechococcus* in oceanic waters: a review. In *Marine cyanobacteria*, Charpy L et Larkum AWD (eds) *Bulletin de l'Institut Océanographique*, Monaco, n°19: 457-475.
- Páscoa, R. N., Tóth, I. V., & Rangel, A. O. (2012). Review on recent applications of the liquid waveguide capillary cell in flow based analysis techniques to enhance the sensitivity of spectroscopic detection methods. *Analytica chimica acta*, 739, 1-13.
- Picheral, M., Guidi, L., Stemmann, L., Karl, D. M., Iddaoud, G., & Gorsky, G. (2010). The Underwater Vision Profiler 5: An advanced instrument for high spatial resolution studies of particle size spectra and zooplankton. *Limnology And Oceanography-methods*, 8, 462-473.
- Rabouille, S., M. Staal, L.J. Stal, et K. Soetaert. (2006). Modeling the Dynamic Regulation of Nitrogen Fixation in the Cyanobacterium *Trichodesmium* sp. *Appl. Environ. Microbiol.* 72(5) :3217-3227
- Raimbault, P., Garcia, N., & Cerutti, F. (2008). Distribution of inorganic and organic nutrients in the South Pacific Ocean—evidence for long-term accumulation of organic matter in nitrogen-depleted waters. *Biogeosciences*, 5(2), 281-298.
- Richardson, T. L., & Jackson, G. A. (2007). Small phytoplankton and carbon export from the surface ocean. *Science*, 315(5813), 838-840.

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

- Ridgway, K. R., and J. R. Dunn (2003), Mesoscale structure of the mean East Australian Current System and its relationship with topography, *Prog. Oceanogr.*, 56(2), 188-222.
- Riemann L, Farnelid H, Steward GF (2010) Nitrogenase genes in non-cyanobacterial plankton: prevalence, diversity and regulation in marine waters. *Aquatic Microbial Ecology* 61: 235-247.
- Rimmelin, P. & T. Moutin. (2005). Re-examination of the MAGIC method to determine low orthophosphate concentration in seawater. *Analytica Chimica Acta*, 548(1-2), 174-182.
- Rimmelin-Maury, P., T. Moutin, B. Quéguiner, A new method for nanomolar determination of silicic acid in seawater, *Analytica Chimica Acta* (2007), doi:10.1016/j.aca.2007.01.055.
- Sabine, C. L., Feely, R. A., Gruber, N., Key, R. M., Lee, K., and Bullister, J. L. (2004). The oceanic sink for anthropogenic CO₂, *Science*, 305, 367-371.
- Sarmiento, J. L., and Gruber, N. (2006). *Ocean Biogeochemical Dynamics*, Princeton University Press, Princeton. 503 pp, 2006.
- Silver, M.W., Gowing, M.M.(1991). The particles flux: origins and biological components. *Progress in Oceanography* 26, 75-113.
- Short, S. M., & Zehr, J. P. (2007). Nitrogenase gene expression in the Chesapeake Bay Estuary. *Environmental Microbiology*, 9(6), 1591-1596.
- Slodzian, G., Daigne, B., Girard, F., Boust, F., & Hillion, F. (1992). Scanning secondary ion analytical microscopy with parallel detection. *Biology of the Cell*, 74, 43-50.
- Sohm, J. A., Hilton, J. A., Noble, A. E., Zehr, J. P., Saito, M. A., & Webb, E. A. (2011). Nitrogen fixation in the South Atlantic Gyre and the Benguela upwelling system. *Geophysical Research Letters*, 38(16), L16608.
- Stemmann, L., Eloi, D., Sciandra, A., Jackson, G. A., Guidi, L., Picheral, M., & Gorsky, G. (2008). Volume distribution for particles between 3.5 to 2000 µm in the upper 200 m region of the South Pacific Gyre. *Biogeosciences*, 5(2), 299-310.
- Stephens, N., K.J. Flynn, et J.R. Gallon. (2003). Interrelationships between the pathways of inorganic nitrogen assimilation in the cyanobacterium *Gloethece* can be described using a mechanistic mathematical model. *New Phytol.* 160 :545-555
- Thibault D, Head E and Wheeler A (1999) Mesozooplankton in the Arctic Ocean in summer. *Deep Sea Res I* 46:1391-1415
- Thingstad TF, Rassoulzadegan F (1999) Conceptual models for the biogeochemical role of the photic zone microbial food web, with particular reference to the Mediterranean Sea. *Prog.Oceanogr.* 44: 271-286.
- Thingstad, T. F., Krom, M. D., Mantoura, R. F. C., Flaten, G. A. F., Groom, S., Herut, B., Kress, N., Law, C., Pasternak, A., Pitta, P., Psarra, S., Rassoulzadegan, F., Tanaka, T., Tselipides, A., Wassmann, P., Woodward, E. M. S., Wexels Riser, C., Zodiatis, G., and Zohary, T. (2005) Nature of P limitation in the ultraoligotrophic Eastern Mediterranean. *Science* 309, 1068-1071.
- Thompson, A. W., Foster, R. A., Krupke, A., Carter, B. J., Musat, N., Vault, D., ... & Zehr, J. P. (2012). Unicellular cyanobacterium symbiotic with a single-celled eukaryotic alga. *Science*, 337(6101), 1546-1550.
- Tripp, H. J., Bench, S. R., Turk, K. A., Foster, R. A., Desany, B. A., Niazi, F., ... & Zehr, J. P. (2010). Metabolic streamlining in an open-ocean nitrogen-fixing cyanobacterium. *Nature*, 464(7285), 90-94.
- Uitz, J., Claustre, H., Morel, A., & Hooker, S. B. (2006). Vertical distribution of phytoplankton communities in open ocean: An assessment based on surface chlorophyll. *Journal of Geophysical Research: Oceans* (1978-2012), 111(C8).
- Van Den Broeck, N., T. Moutin, M. Rodier & A. Le Bouteiller. (2004). Seasonal variations of phosphate availability in the SW Pacific Ocean near New Caledonia. *Mar. Ecol. Progress Ser.* 268, 1-12.
- Walsby, A.E. (1992). In *Marine Pelagic Cyanobacteria: Trichodesmium and other Diazotrophs*. (eds. E.J. Carpenter, D.G. Capone & J.G. Rueter) 141-161(1992).
- Welschmeyer, N.A., Lorenzen, C.J. (1986). Chlorophyll budgets: zooplankton grazing and phytoplankton growth in a temperate fjord and the Central Pacific Gyres. *Limnology and Oceanography* 30, 1-21.
- Wilson, S. T., Böttjer, D., Church, M. J., & Karl, D. M. (2012). Comparative assessment of nitrogen fixation methodologies, conducted in the oligotrophic North Pacific Ocean. *Applied and environmental microbiology*, 78(18), 6516-6523.
- Wilson, C., and V.J. Coles (2005). Global climatological relationships between satellite biological and physical observations and upper ocean properties. *J. Geophys. Res.*, 110 (C10).

ANNEXE 3



Integrated Marine Biogeochemistry and
Ecosystem Research

www.imber.info

03 September 2013

Professor Thierry Moutin
Institut Méditerranéen d'Océanologie
Aix-Marseille Université
Université du Sud Toulon-Var
13288, Marseille, Cedex 09
France

Dear Professor Moutin,

This letter is in support of the proposal that you and Dr. Sophie Bonnet are submitting for funding of the Oligotrophy to Ultra-oligotrophy Pacific Experiment (OUTPACE) cruise and project. The objectives of OUTPACE are relevant to the science goals of the Integrated Marine Biogeochemistry and Ecosystem (IMBER) project. IMBER science is focused on the key interactions between marine biogeochemical cycles and ecosystems, and how these are affected by the complex interactions of natural and anthropogenic forcings resulting from global environmental change. The objectives of OUTPACE, which are focused on understanding the biogeochemical functioning and biological diversity of the South West Pacific, are directly relevant to IMBER science themes. The OUTPACE project will provide insights into controls of production, transformation, and breakdown of organic matter in marine food webs, and how key functional groups, species, and genes affect biogeochemical cycles. These results will contribute to advancement of an important IMBER research area.

We wish you success in obtaining funding for OUTPACE. We look forward to endorsing OUTPACE as an IMBER project and to providing assistance that will ensure the success of the project.

Best wishes,

Eileen E. Hofmann
Chair, IMBER SSC

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

ANNEXE 4



WOODS HOLE OCEANOGRAPHIC INSTITUTION

Dr. Benjamin Van Mooy, Associate Scientist
Department of Marine Chemistry and Geochemistry

September 6, 2013

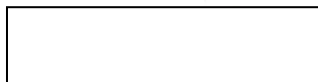
Professeur Thierry Moutin
Institut Méditerranéen d'Océanologie (MIO)
Aix-Marseille Université, Université du Sud Toulon
Campus de Luminy - Case 901 -
Marseille, France

Dear Dr. Moutin,

Thank you for making my colleague Sonya Dyhrman and me aware of your plans to submit a proposal for a cruise to the western South Pacific Ocean. This region of the ocean is known for an abundance of nitrogen-fixing organisms, but many questions remain about the fate of organic matter produced by these organisms. We are thrilled at the possibility of joining the cruise, and conducting research as part of our recently funded project from the U.S. National Science Foundation (>\$1.2 M).

I wish you the best of luck with your proposal.

Sincerely,



Benjamin Van Mooy

MS#4 • Woods Hole, MA 02543 • 508.289.2322 • Fax 508.457.2164 • bvanmooy@whoi.edu

MS#4 • Woods Hole, MA 02543 • 508.289.2740 • Fax 508.457.2164 • bvanmooy@whoi.edu

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

ANNEXE 5

Correspondance des postes de dépenses avec le Tableau budget de la page suivante :

N° poste de dépense	FONCTIONNEMENT
1	Isotopes stables/radiactifs pour la campagne (¹⁴ C, ³³ P, ¹⁵ N, ¹³ C molécules minérales/organiques) + réactifs chimiques/gaz pour campagne)
2	Frais de publication dans un numéro spécial
3	Autres publications
4	Communication/outreach activities
5	Gratifications 5 stagiaires Master 2 (430 €/mois)
	PETIT EQUIPEMENT (<15K€)
6	3 Bouées Iridium
	ANALYSES
7	Analyses/consoommable associé communauté française (cf details dans le tableau en Annexes SVP)
8	Analyses/consoommables associés communauté étrangère (cf details dans le tableau en Annexes SVP)
	FRAIS DE MISSION ET TRANSPORT DE MATERIEL
9	Réunion pré-campagne de toute la communauté (Février 2014, Marseille) 2 jours, 30 pers. x 80€/pers + déplacements (4000€)
10	Réunion pré-campagne du comité organisateur élargi (Sept. 2014, Marseille) 2 jours, 8 pers. x 80€/pers + déplacements (1500€)
11	Transport matériel scientifique France-Noumea/Papeete-France (2 containers 40 pieds A/R) (Cf devis en annexes)
12	Transport containers INSU (Chimie propre + équipement INSU) France-Noumea/Papeete-France (2 containers 20 pieds A/R) (Cf devis annexes)
13	Transport produits dangereux France-Noumea (isotopes, gaz, acides etc..)
14	Transport A/R matériel scientifique participants étrangers (US-Allemagne-Suède-Israel)
15	Billets avion France-Noumea et Papeete-France (2000€/pers x 21 'français', Cf Devis en annexes)
16	Billets avion Papeete-Noumea (900€/pers x 2 scientifiques, Cf Devis en annexes)
17	Per diem 100€/jour 2 jours avant/après mission x 20 scientifiques
18	Billets avion + per diem participants étrangers
19	Transport échantillons -80°C, -20°C, 4°C (Papeete-France, Papeete-Noumea)
20	Transport échantillons -80°C, -20°C, 4°C (Papeete-US-Allemagne-Suede-Israel)
21	Réunion Post campagne de toute la communauté (Déc. 2015) 2 jours, 40 pers. x 80€/pers + déplacements (5000€)
22	Atelier ciblé physique (Mars 2016) 2 jours, 10 pers. x 80€/pers + déplacements (1500€)
23	Atelier ciblé biogéochimie (Mai 2016) 2 jours, 10 pers. x 80€/pers + déplacements (1500€)
24	Organisation d'une session Spéciale à l'Ocean Science Meeting 2016 - Louisiane 15 pers. x 1800 euros
	SALAIRES NON PERMANENTS IMPLIQUES
25	Post-Doc Modelisation ANR VAHINE 40 %
26	Post-Doc Physique Stratégie Lagrangienne (F. Nenciolli, J. Bouffard)
27	Post-Doc Zooplankton CSIA (B. Hunt, Marie Curie) + PHYSAT (F. Deboissieu)
28	Post-Doc DOM-N ₂ fixation (M. Benavides, LABEX CORAIL - Marie Curie) 20-60 %
29	Doc aerosols (J. Louis) - MRT 30 %
30	Doc N2 fixation (H. Berthelot) - MRT 10+30 %
31	Doc/PostDoc étrangers (J. Dekaezemaeker)
32	PostDoc couplage Physique/Biogéochimie
33	Doc Biogéochimie

Proposition de campagne à la mer
Flotte Océanographique Française
Appel d'offres 2015

Ressources nécessaires à la réalisation du projet :

N° POSTE DE DEPENSE (Cf Tab. Annexe 2)	2014	2015	2016	2017	TOTAUX	TOTAL ACQUIS (Or salaires perm.)	TOTAL DEMANDE LEFE	TOTAL DEMANDE ANR
FONCTIONNEMENT Total -->	16000	10240	22740	12500	61480	FONCTIONNEMENT		
1	16000	0	0	0				
2	0	0	7500	7500				
3	0	0	5000	5000				
4	0	2500	2500	0				
5	0	7740	7740	0		0	16000	45480
PETIT EQUIPEMENT (<15K€) Total -->	6000	0	0	0	6000	PETIT EQUIPEMENT		
6	6000	0	0	0		non évalué ici mais > 1M€	6000	0
ANALYSES (incluant consommables) Total -->	113760	113760	45880	0	273400	ANALYSES		
7	43760	43760	21880	0				
8	70000	70000	24000	0		164000	43760	43760
MISSIONS + TRANSPORT DE MATERIEL Total -->	121760	53840	35200	0	210800	MISSIONS		
9	8800	0	0	0				
10	2780	0	0	0				
11	12660	14320	0	0				
12	5520	8320	0	0				
13	8000	0	0	0				
14	25000	0	0	0				
15	42000	0	0	0				
16	0	1800	0	0				
17	0	8000	0	0				
18	17000	0	0	0				
19	0	4000	0	0				
20	0	6000	0	0				
21	0	11400	0	0				
22	0	0	4100	0				
23	0	0	4100	0				
24	0	0	27000	0		72000	85600	35200
SALAIRES NON PERMANENTS Total -->	49949	152497	88598	32568	323612	SALAIRES		
25	18677	0	0	0				
26	7004	7004	4669	0				
27	4669	4669	0	0				
28	9338	28015	0	0				
29	0	9770	0	0				
30	3257	9770	0	0				
31	7004	14009	4669	0				
32	0	46692	46692	0				
33	0	32568	32568	32568		132524	0	191088
TOTAUX	598938	650434	362096	77636	TOTAUX	368524	151360	315528
TOTAL ACQUIS	185949	149237	33338	0	368524			
TOTAL DEMANDE A LEFE	81640	69720	0	0	151360			
TOTAL DEMANDE A L'ANR	0	111380	159080	45068	315528			
TOTAL DEMANDE ACI IRD	18000	0	0	0	18000			
COUT GLOBAL (4 ans)	285589	330337	192418	45068	853412			
COUT GLOBAL France (4 ans)	135581	228655	159080	90136	613452			