

CAMPAGNE OCEANOGRAPHIQUE BOUM

Biogéochimie de Oligotrophie à
l'Ultraoligotrophie Méditerranéenne



BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

Cette proposition est rattachée à des programmes nationaux ou internationaux avec comité scientifique : OUI

Si oui lesquels :

programme **LEFE CYBER**

programme **IMBER** (lettre de soutien de J. Hall jointe en annexe, le rattachement à IMBER sera demandé dès que le soutien par LEFE CYBER sera acquis)

Envoyer une copie de ce dossier de proposition de campagne aux responsables des programmes concernés

S'agit-il d'une première demande ? : NON

Le rapport « 2006 » d'évaluation de la campagne ainsi que la réponse de la communauté BOUM figure en annexe 4.

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

| | |
|------------------------------|----------------------------------|
| FICHE SYNTHETIQUE N°2 | NOM DE LA CAMPAGNE : BOUM |
|------------------------------|----------------------------------|

Evaluation des frais à la charge de l'équipe demandeuse

| Types de coûts | Coûts en Euros | Sources de Financement assurées et/ou envisagées | Niveau de financement |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------|
| Frais de préparation de la campagne (missions préparatoires, équipement à acquérir, consommables,) | Missions : 21 000 8 500 Font, Petit eq. : 19 700 Consommable : 120 000 99 000 4 000 | LEFE CYBER EGIDE PAI AURORA (Fr-Norvège) LEFE CYBER SESAME LEFE CYBER CARBOCEAN | Demandé Acquis Demandé Acquis Demandé Acquis |
| Frais de missions (voyages + séjour) des membres de l'équipe embarquant | 59 900 26 600 | INSU SESAME | A demander Acquis |
| Frais d'acquisition de nouveaux matériels, contrat, sous-traitance | 62 920 | Mi lourd | Demandé |
| Frais de transport du matériel propre à la campagne | 42 000 | INSU | A demander |
| Frais d'analyse et de dépouillement à terre | 10 000 1 000 | LEFE CYBER CARBOCEAN | Demandé Acquis |
| Autres frais (Missions et fonctionnement après la campagne, congrès, publications dans une revue spéciale) | 42 000 20 000 | LEFE CYBER SESAME | Demandé Acquis |
| Coût total | 536 620 | | 180 100 Acquis |

*détail des montants demandés en annexe.

Les ANR suivantes contribuent à BOUM en finançant des équipements spécifiques et les analyses prévues dans le cadre de la campagne. (ANR **Ondes Internes**, ANR-Biodiversité **BOOM**: Biodiversity of Open Ocean Microcalcifiers, ANR **Potes** : Pressure effect on heterotrophic prokaryotes).

Des soutiens financiers (NASA et NSF) sont déjà acquis pour la participation des chercheurs américains.

Avis et signatures des responsables (Obligatoire)

| | Responsable hiérarchique du chef de mission principal* | Autre responsable concerné (chef de mission n° 2) |
|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Nom et Prénom | Quéguiner Bernard | Sempéré Richard |
| Titre | Professeur | DR CNRS |
| Unité | LOB UMR CNRS 6535 | LMGEM UMR CNRS 6117 |
| Organisme | Centre d'Océanologie de Marseille | Centre d'Océanologie de Marseille |
| Adresse | Campus de Luminy-Case 901 163, Av. de Luminy F 13 288 Marseille Cedex 09 | Campus de Luminy-Case 901 163, Av. de Luminy F 13 288 Marseille Cedex 09 |
| Tel | 04 91 82 91 11 | 04 91 82 90 52 |
| Fax | 04 91 82 65 48 | 04 91 82 90 51 |
| E-mail | queguiner@com.univ-mrs.fr queguiner@univ-med.fr | sempere@com.univ-mrs.fr sempere@univ-med.fr |
| Nombre de dossiers présentés par l'unité | 1 | |
| Avis - Priorité | 1 | |
| Date et signature des responsables | 10 janvier 2007 | 10 janvier 2007 |

| | |
|--------------------------|----------------------------------|
| RESUME - ABSTRACT | NOM DE LA CAMPAGNE : BOUM |
|--------------------------|----------------------------------|

RESUME

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 longitudinale de la biogéochimie et de la diversité biologique de la mer Méditerranée, et de produire une étude détaillée de la production biologique et de son devenir dans 3 sites. Ces sites représentent, à une échelle régionale, les principales caractéristiques d'environnements contrastés trouvés dans l'océan oligotrophe. Nous voulons déterminer si les processus de production de matière organique, de re-minéralisation et d'exportation sont différents dans ces sites; et si ils le sont, déterminer comment ces différences sont reliées à la structure des communautés planctoniques. 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 décrire le fonctionnement de chaque écosystème dans des conditions physiques aussi stationnaires que possible, et également, examiner les réponses des écosystèmes à des perturbations (additions impulsionnelles d'éléments nutritifs), à partir d'approches expérimentales et de modélisations.

ABSTRACT

The functioning and productivity of oligotrophic systems, and the balance between production and mineralization in these 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 total oceanic organic carbon export. It is important to thoroughly understand these vast ecosystems in order to characterise them and predict any modifications that could occur due to environmental changes. This project aims to give a longitudinal description of the biogeochemistry and biological diversity of the Mediterranean Sea and produce a detailed study of the biological production and its subsequent fate in 3 sites. These distinct ecosystems represent, on a regional scale, the main oceanographic features found in contrasting environments in the oligotrophic ocean as a whole. 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 to the structure of the planktonic community. Comparing different sites, along a longitudinal 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 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 carbon. We shall describe the functioning of each distinct ecosystem under physical conditions as stationary as possible, and finally, using experimental and modelling approaches, examine the response of each system to perturbations, i.e. pulsed nutrient additions.

DOCUMENT N° 1

NOM DE LA CAMPAGNE : BOUM

PROJET SCIENTIFIQUE, TECHNOLOGIQUE OU TECHNIQUE

Résumé des principaux objectifs et résultats escomptés :

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

1. Donner une description longitudinale de la biogéochimie et de la diversité biologique en Mer Méditerranée en période de stratification maximale.

La description longitudinale de stations courtes entre Gibraltar et l'extrémité orientale de la mer Méditerranée procurera un set de données physiques et biogéochimiques de base qui alimentera la base de données CYBER et la base de données SESAME (Southern European Seas : Assessing and Modelling Ecosystems changes). Elle permettra d'étudier précisément la disponibilité nutritive actuelle en période d'oligotrophie prononcée, de quantifier les pools minéraux et organiques, dissous et particuliers des éléments biogènes sur toute la colonne d'eau, de quantifier la pénétration du CO₂ d'origine anthropique. Ces mesures serviront à la validation des modèles biogéochimiques multi-éléments à l'échelle de la Méditerranée. L'étude de la diversité biologique envisagée (taxonomie classique et biologie moléculaire) procurera une description précise des communautés planctoniques et permettra d'apprécier le rôle clef de certains microorganismes, en particulier les fixateurs d'azote, dans les cycles biogéochimiques majeurs.

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 stoechiométriques des éléments biogènes dans la matière organique, dans l'eau environnante ou dans le matériel exporté.

L'occupation pendant 5 jours de 3 sites représentant des conditions oligotrophes contrastées permettra d'acquérir à plus haute fréquence des variables physiques, optiques, biogéochimiques et biologiques. Elle permettra de préciser l'impact de la dynamique à petite échelle sur la productivité primaire en fournissant de nouvelles estimations des coefficients de diffusion verticaux, d'évaluer l'importance de la fixation d'azote dans l'apport d'azote nouveau et d'étudier son contrôle par la disponibilité du phosphate et/ou du fer (études *in situ* et en microcosmes). Elle permettra d'étudier la production primaire et secondaire ainsi que la minéralisation et l'exportation de matières, en mesurant d'une part les flux des éléments biogènes (C,N,P,Si,O) et en déterminant d'autre part les organismes majoritairement responsables de ces flux. Les caractéristiques physiologiques des organismes seront étudiées à l'échelle des espèces ou des groupes d'espèces jouant un rôle majeur dans les flux d'éléments biogènes. Le principal résultat attendu est une meilleure compréhension des interactions fondamentales entre les cycles biogéochimiques et la structure du réseau trophique planctonique dans les milieux marins oligotrophes.

3. Obtenir une représentation satisfaisante des principaux flux biogéochimiques (C,N,P,Si,O) et de la dynamique du réseau trophique planctonique, *in situ* et pour des expériences en microcosmes.

L'ensemble des données acquises durant la campagne BOUM sera rapidement mis à la disposition de la communauté internationale. Une modélisation multi-échelles est proposée dès le début du projet. A l'échelle de la Méditerranée et en relation avec le programme SESAME, les données serviront à la validation de modèles biogéochimiques (circulation-écosystèmes) dont les objectifs sont de prédire l'impact du changement climatique sur les écosystèmes méditerranéens. La modélisation à cette échelle permettra également d'évaluer la distribution du CO₂ d'origine anthropique. A une échelle plus fine, il est attendu une amélioration de la représentation de certains processus (diazotrophie, compétition phytoplancton-bactéries pour la ressource nutritive, multi-limitation) dans le modèle biogéochimique multi-éléments, multi-groupes fonctionnels ECO3M. Ceci dans l'objectif d'améliorer la représentation des flux de carbone et des éléments biogènes associés dans la couche de surface des milieux marins oligotrophes.

1. Intérêt scientifique :

Contexte général:

Introduction:

Les apports et pertes, la dynamique et la spéciation chimique des éléments nutritifs majeurs et mineurs déterminent la disponibilité nutritive, et influencent à la fois les organismes autotrophes et hétérotrophes dans l'océan (Bruland et al, 2001). Déterminer la disponibilité nutritive apparaît ainsi comme un facteur clé pour comprendre et éventuellement prédire la réponse biologique (en termes de structure de la chaîne trophique ou de diversité des espèces, et/ou de flux de carbone) dans la couche éclairée des océans (Moutin & Raimbault, 2002). **Si la connaissance des facteurs physiques, chimiques et biologiques qui influencent l'assimilation des éléments nutritifs et la re-minéralisation dans l'océan augmente rapidement, elle n'est pas suffisante pour permettre de construire des modèles prédictifs réalistes. Une vision holistique de l'impact des sels**

nutritifs majeurs et mineurs sur la structure et la fonction de la chaîne alimentaire dans différents régimes océaniques est nécessaire (IMBER, 2005).

La quantification de la transformation de la matière organique dans les chaînes alimentaires marines est également essentielle pour établir le cycle global du carbone et évaluer l'impact de l'excès de CO₂ atmosphérique d'origine anthropique sur le changement climatique (Longhurst, 1991). Les régions océaniques oligotrophes représentent plus de 50 % de la superficie de l'océan global et environ 40% de la production primaire océanique (Antoine et al., 1996). Cependant, le fonctionnement et la productivité des systèmes oligotrophes, et particulièrement l'équilibre entre production et minéralisation dont dépend l'exportation de carbone par des processus biologiques (fig. 1), font encore l'objet de débat (Karl et al, 2003; Williams et al, 2004).

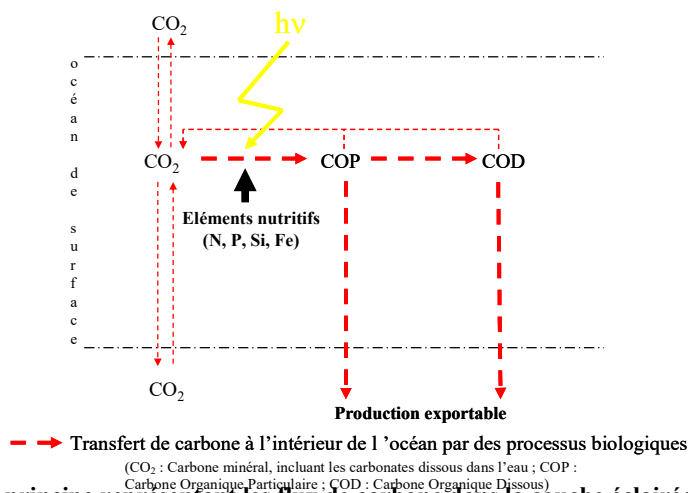


Fig. 1. Schéma de principe représentant les flux de carbone dans la couche éclairée et le contrôle de la production par la disponibilité des éléments nutritifs (Moutin, 2000).

La mer Méditerranée et l'océan oligotrophe (synthèse des précédentes missions, voir également ANNEXE 2).

Les régions marines oligotrophes sont caractérisées par une stratification thermique plus ou moins prononcée de la colonne d'eau qui délimite (a) un couche de surface chaude, mélangée, et dépourvue d'éléments nutritifs et (b) un niveau subsuperficiel avec moins de lumière et plus d'éléments nutritifs. Les régions tropicales, ainsi que les grands tourbillons anticycloniques, la mer des Sargasses et la Méditerranée ont depuis longtemps été considérées comme des systèmes oligotrophes typiques (Herbland & Voituriez, 1977). La profondeur à laquelle la concentration de nitrate approche zéro est d'environ 10 m en mer d'Alboran durant la période stratifiée et elle peut atteindre plus de 150 m dans le bassin Levantin de la mer Méditerranée (Fig. 2). Ceci est lié aux conditions hydrologiques et au fait que les deux principales sources externes de sels nutritifs, les apports par le fleuve Rhône et les entrées d'eaux Atlantiques de surface, sont dans la partie occidentale de la mer Méditerranée. La grande profondeur de la nitracline dans le bassin Levantin est uniquement trouvée ailleurs dans des conditions ultraoligotrophes, comme par exemple, dans le centre du gyre du Pacifique sud (mission BIOSOPE, BIogeochemistry and Optics South Pacific Experiment). **Il peut être ainsi établi que la mer Méditerranée présente, à une échelle régionale, les principales caractéristiques océanographiques d'environnements contrastés dans l'océan oligotrophe.**

La limitation par les éléments nutritifs de la production organique a été étudiée en mer Méditerranée au cours des missions missions MINOS (Mediterranean INvestigation of Oligotrophic Systems), PROSOPE (PROductivité des Systèmes Océaniques PELagiques), TMC (Trans Mediterranean Cruise et CYCLOPS (CYCLing Of Phosphorus in the mediterranean Sea). Bien qu'il existe un consensus sur le contrôle majeur exercé par la disponibilité du phosphate (Moutin et al, 2002, Van Wambeke et al, 2002), celle de l'azote est également faible (Thingstad et al, 2005) et la disponibilité de l'acide silicique pourrait jouer un rôle central dans le contrôle de la production exportable (Leblanc et al, 2003). Ainsi, **une approche multi-élémentaire est nécessaire pour améliorer notre connaissance de la production en Méditerranée.**

La dynamique des éléments nutritifs, et son rôle dans la variabilité des rapports stoechiométriques de la matière organique, sera un aspect central de notre étude biogéochimique. Il y a de nombreuses observations du découplage entre les cycles biogéochimiques de l'azote et du phosphate en mer Méditerranée (Krom et al, 2005). **La fixation d'azote apparaît comme un processus clé pour expliquer en particulier les rapports Nitrate:Phosphate élevés des eaux subsuperficielles en mer Méditerranée. Néanmoins, très peu de mesures sont actuellement disponibles (Garcia et al, 2006) et très limités spatialement (station DYFAMED en Méditerranée occidentale, Programme MELISSA : MEditerranée LImitationS SAisonnières).** La quantité d'azote atmosphérique dissous étant inépuisable, la question du contrôle de ce flux est posée et la disponibilité en phosphate (Karl et al. 2002) ou en fer (Falkowski 1997) apparaissent comme les facteurs clefs de ce contrôle à l'échelle de l'océan global. Si l'apport d'azote par la fixation d'azote est important en Méditerranée, et que l'on considère la faible disponibilité en phosphate comme facteur clé dans le contrôle de ce flux, alors le contrôle de la production nouvelle, initialement définie comme la fraction de la production associée à l'apport nouveau d'élément nutritif (généralement nitrate) devrait être définie à partir du phosphate nouveau (Dugdale and Goering, 1967). **Il est nécessaire de parfaire notre connaissance du cycle du phosphate dans l'océan de surface, trop peu étudié (Benitez-Nelson, 2000 ; Karl, ASLO**

meeting 2006), pour améliorer notre compréhension de la production océanique, en particulier dans les milieux oligotrophes.

Régions eutrophes

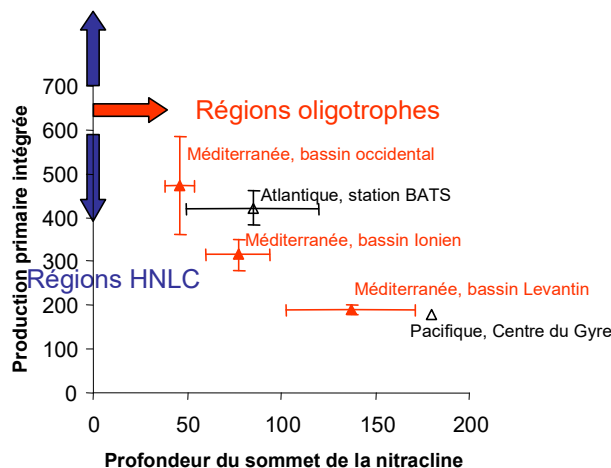


Fig. 2. Production primaire intégrée (mgC m⁻² j⁻¹) en fonction de la profondeur du sommet de la nitracline (m)

Mer Méditerranée: mission MINOS (Bassin occidental : 7 stations, bassin Ionien: 8 stations, bassin Levantin: 4 stations, Moutin & Raimbault, 2002).
Ocean Pacifique : Données non publiées de production dans le gyre durant la mission BIOSOPE (2004).
Ocean Atlantique: données de Steinberg et al. (2001) à la station BATS.

La mer Méditerranée offre une grande diversité de conditions oligotrophes pour étudier la production et le devenir de la matière organique dans les chaînes alimentaires, et procure un cas d'école pour étudier les liens entre les cycles des éléments biogènes C,N,P,Si et Fe dans ces conditions de faible disponibilité nutritive. La comparaison entre différents systèmes le long d'un gradient longitudinal de faibles disponibilités nutritives va nous procurer de nouvelles perspectives pour identifier et comprendre les interactions fondamentales entre les cycles biogéochimiques et les écosystèmes marins oligotrophes.

objectifs généraux:

(A x.x renvoie à un supplément en **Annexe 1**)

OBJECTIF 1. DESCRIPTION BIOGEOCHIMIQUE ET DIVERSITE BIOLOGIQUE EN MER MEDITERRANEE

Le premier objectif de la campagne BOUM est de donner une description de paramètres biogéochimiques et de la diversité biologique selon deux axes (1) Nord-Sud de l'embouchure du Rhône au centre du bassin occidental et Ouest-Est de Gibraltar aux côtes de la Syrie, durant la période où la stratification est maximale.

Objectif 1.1. Description biogéochimique

Les variables classiques température, salinité, concentration en oxygène dissous, ainsi que les pools organiques et minéraux du carbone et des éléments biogènes (C,N,P,Si), l'alcalinité, les pigments seront mesurés ainsi que d'autres variables plus spécifiques à quelques profondeurs choisies (fixation d'azote, diversité des diazotrophes, temps de recyclage du phosphate minéral dissous...). L'intérêt est de pouvoir décrire les variations des caractéristiques biogéochimiques (disponibilité nutritive dans la couche éclairée, profondeur des nutriclines, rapports dissous/particulaire et organique/minéral dans la concentration des éléments biogènes, pénétration du CO₂ d'origine anthropique, biomasses phytoplanctoniques, taux de fixation d'azote,...) à partir des deux principales sources d'éléments nutritifs qui sont d'une part l'entrée des eaux Atlantique de surface à Gibraltar et d'autre part les apports par le fleuve Rhône. Cette description biogéochimique s'étendra jusqu'à la limite orientale de la Méditerranée où les conditions oligotrophes sont les plus extrêmes. Le bassin Levantin n'avait pas été échantillonné au cours de la mission PROSOPE en 1999. Par ailleurs, **notre communauté a acquis récemment de nouvelles compétences dans les mesures biogéochimiques en milieu ultra-oligotrophe qui devraient nous permettre d'améliorer significativement notre connaissance de la biogéochimie de la mer Méditerranée.** Nous ne connaissons pas la distribution spatiale de certaines variables biogéochimiques comme la fixation d'azote, ou la concentration réelle en phosphate dans les eaux de surface qui exerce pourtant un rôle prépondérant dans le contrôle de la production planctonique. Par ailleurs, des études récentes ont montré **l'importance de la mer Méditerranée dans l'absorption de l'excès de CO₂ d'origine anthropique** à partir de données à l'entrée et à la sortie du Golfe de Cadiz (Alvarez et al. 2005, Ait-Ameur & Goyet, 2006). Il est nécessaire de quantifier ce processus à l'échelle de la Méditerranée (A 1.1) et d'évaluer la quantité transportée dans l'océan Atlantique par le détroit de Gibraltar.

Objectif 1.2. Diversité biologique

Un objectif majeur sera une description la plus complète possible des structures des communautés planctoniques des écosystèmes pélagiques Méditerranéens, en incluant une structure fonctionnelle pour l'étude précise de certains flux. Une description détaillée de la diversité biologique est nécessaire parce que cette biodiversité est supposée augmenter la redondance fonctionnelle des écosystèmes marins. Une telle redondance pourrait jouer un rôle important dans la capacité d'un écosystème à supporter des perturbations naturelles ou d'origine anthropique (Fonseca & Ganade, 2001). La nécessité de décrire une structure fonctionnelle plus « opérationnelle » ne signifie pas qu'il ne soit pas indispensable de décrire la composition des

espèces. Les variations de la composition des espèces restent probablement l'indicateur le plus sensible pour identifier des perturbations naturelles ou liées à l'activité humaine.

Une attention spéciale sera portée à l'étude de la diversité des diazotrophes. Des études récentes ont montré qu'une grande diversité de procaryotes pico et nanoplanctoniques étaient capables de fixer l'azote atmosphérique. Cette fonction était précédemment principalement attribuée à *Trichodesmium* spp., une cyanobactérie microplanctonique formant de vastes efflorescences (Zehr et al. 2001), ainsi qu'à *Richelia*, un hétérocyste endosymbionte de certaines espèces de diatomées (Gomez et al, 2005). De manière surprenante, *Trichodesmium* spp n'a jamais été observé dans la mer Méditerranée, où les taux de fixation de diazote sont supposés être élevés (Gruber & Sarmiento 1997, Karl et al. 2002). **Il est ainsi probable que les diazotrophes de petite taille, récemment découverts (Zehr et al, 2001, Montoya et al. 2004), soient les principaux acteurs de ce flux.** Des travaux très récents ont révélé l'existence de toute une nouvelle gamme de cyanobactéries diazotrophes de très petite taille appartenant au picoplancton (<3 µm), grâce à l'utilisation d'outils moléculaires (Biegala et al. soumis). La présence de diazotrophes dans cette classe de taille avait jusqu'à présent été attribué aux bactéries hétérotrophes. Bien que ces organismes aient été découverts dans le Pacifique sud-ouest, il serait très intéressant de rechercher leur présence en Méditerranée (A 1.2). Par ailleurs, la relativement forte accumulation de silice biogénique associée au maximum profond de chlorophylle observé durant la mission PROSOPE dans le bassin Ionien (Leblanc, pers. com.) indique que **nous ne devons pas écarter les diatomées (A 1.3) associées à *Richelia* comme actrices potentielles de la fixation d'azote.** Si les diatomées apparaissent comme les principaux vecteurs de la fixation d'azote, il faudra alors considérer un nouveau lien entre les cycles biogéochimiques de l'azote et du silicium.

Le picoplancton (i.e. globalement les cellules qui passent à travers un filtre de 3 µm de porosité) est à la base de toutes les chaînes alimentaires marines. Il est composé de procaryotes (Bactéries et Archae) et d'eucaryotes. Dans ces deux groupes, les organismes peuvent utiliser directement l'énergie lumineuse (autotrophes), ou bien utiliser la matière organique (hétérotrophes), ou éventuellement utiliser les deux (mixotrophes). Les cyanobactéries marines *Prochlorococcus* et *Synechococcus* représentent la majorité de la biomasse des procaryotes photosynthétiques, particulièrement dans les régions oligotrophes de l'océan mondial (Partensky et al. 1999a, Partensky et al. 1999b). **La distribution très large de ces deux genres suggère qu'ils possèdent des stratégies efficaces pour répondre aux stress environnementaux. Cependant, la description précise de ces réponses est encore largement méconnue (A 1.4).** Des travaux récents suggèrent que les bactéries phototrophiques aérobiques anoxygéniques (AAnPB) sont abondantes dans les systèmes pélagiques marins (Kolber et al, 2000; 2001), et peut être plus abondantes dans les régions oligotrophes (des résultats préliminaires de la mission BIOSOPE dans le gyre du Pacifique sud suggèrent qu'elles peuvent représenter jusqu'à 20% des bactéries hétérotrophes totales, travail en cours dans le groupe de P. Lebaron). **En considérant le grand impact potentiel que les AAnPB pourrait avoir sur le cycle marin du carbone et les quelques rapports contradictoires sur leur abondance dans l'océan mondial (Schwalbach & Furchman, 2005), il apparaît nécessaire de déterminer l'importance écologique de ces photohétérotrophes (A 1.5).** Dans les dernières années, les méthodes moléculaires ont révélés une très grande diversité chez les picoeucaryotes, en particulier au sein des hétérotrophes. Cependant, mis à part pour les eaux côtières (Not et al. 2004), **nous n'avons encore que très peu d'information sur les groupes dominants dans la plupart des océans et sur leur écologie (A 1.6).**

Les coccolithophores (micro-algues haptophytes calcifiantes, Thierstein and Young 2004) sont des organismes clefs impliqués dans la calcification et le transfert de matière en milieu pélagique oligotrophe (de Vargas et al. in press). C'est dans ces milieux qu'ils sont le plus diversifiés, relativement abondants, et ont développé des adaptations pour coloniser l'ensemble de la zone photique et capturer la lumière à différentes profondeurs, notamment au-dessous du maximum profond de chlorophylle. Certaines espèces sont probablement les organismes photosynthétiques qui se situent au plus profond dans la colonne d'eau et leur micro-squelette calcaire permet des agrégations de la matière organique particulière et pourraient être le vecteur principal de la pompe biologique (Klaas and Archer 2002). La mer Méditerranée a un temps de renouvellement des eaux beaucoup plus court que les vastes océans (Lacombe, 1990), et les effets de l'acidification des masses d'eau océaniques planétaires corrélative à l'augmentation de CO₂ d'origine anthropique devraient être observée également en mer Méditerranée (Conférence C. Lee, Marseille, 2006). **Il est donc particulièrement crucial d'étudier la diversité des coccolithophores (A 1.7) dont la calcification est fortement dépendante du pH.**

Une étude pilote dans la Baie de Villefranche a montré que la richesse des cyanophages augmentaient avec la richesse des cyanobactéries (données non publiées de l'efflorescence phytoplanctonique printanière observée en 2005). Ceci suggère une co-variation de la diversité des hôtes et des phages, et pourrait expliquer certains mécanismes de contrôle des cyanobactéries. Malgré l'importance de ce contrôle, **les données sur la diversité virale des milieux oligotrophes, et en particulier en mer Méditerranée, sont rares (A 1.8).**

La diversité des niveaux trophiques inférieurs, i.e. les producteurs primaires, est généralement supposée induire la diversité des niveaux trophiques supérieurs. Ainsi, la diversité de la ressource serait à la base de la diversité des consommateurs. Cependant, cette relation reste hypothétique puisqu'elle a rarement été observée. En effet, certains considèrent qu'une telle relation n'existe pas pour le plancton (Irigoien et al. 2004). Elle a été pourtant récemment démontrée (Dolan 2005). Parmi les consommateurs du phytoplancton, le microzooplancton a généralement un rôle dominant et est composé majoritairement de protistes ayant des taux de croissance équivalents à ceux de leurs proies. Ainsi, les communautés microzooplanctoniques (A 1.9) sont potentiellement aussi dynamiques que leurs proies phytoplanctoniques.

OBJECTIF 2. PRODUCTION ET DEVENIR DE LA MATIERE ORGANIQUE DANS DES ENVIRONNEMENTS OLIGOTROPHES CONTRASTES

L'objectif est d'étudier **comment la production, la minéralisation et l'exportation de matière organique varient en fonction de la structure des communautés planctoniques dans un gradient de faibles disponibilités nutritives ?** Nous

allons particulièrement nous focaliser sur le couplage/découplage entre les processus d'apport et de perte d'éléments nutritifs et de carbone dans la couche éclairée.

Objectif 2.1. Caractérisation de la disponibilité nutritive

Mesures des concentrations et de la disponibilité des éléments nutritifs (N, P, Si, Fe)

La disponibilité des éléments nutritifs dans la zone éclairée contrôle la production primaire de matière organique, et exerce une forte influence sur la structure et la composition de la chaîne trophique. Elle dépend de différents flux d'apports, de pertes et de recyclage. La concentration des éléments nutritifs représente l'état d'équilibre entre tous ces flux et apparaît comme le premier indicateur de la disponibilité nutritive. **Néanmoins, comme les concentrations sont très faibles dans les habitats oligotrophes marins, ces mesures sont très délicates et représentent elles-mêmes un enjeu.** Nous allons pour la première fois étudier la variabilité à petite échelle de temps de la nitracine en utilisant le capteur ISUS nouvellement mis au point (Johnson & Coletti, 2002) et permettant d'obtenir des profils en continu de la concentration de nitrate. La méthode de dosage nanomolaire des nitrate/nitrite sera employée en surface. Nous allons étudier la disponibilité du phosphate minéral dissous, probablement le principal facteur de contrôle des populations planctoniques et en particulier des diazotrophes (A 2.1), ainsi que le rapport N:P dans la couche éclairée (A 2.2) à partir de méthodes récemment adaptées pour les conditions ultra-oligotrophes (Rimmelin & Moutin, 2005, Tanaka et al, submitted, Thingstad & Mantoura 2005). La disponibilité de l'acide orthosilicique (A 2.3) peut également jouer un rôle central dans le contrôle de la production exportable (Leblanc et al, 2003). Des concentrations élevées en fer ont déjà été mesurées dans la partie occidentale de la mer Méditerranée à la fin de la période stratifiée (Guieu *et al.* 2002, Bonnet & Guieu *submitted*, Sarthou & Jeandel, 2001). Cependant, aucune donnée sur la disponibilité en fer (A 2.4), qui peut exercer un fort contrôle sur les taux de fixation d'azote (Kustka et al, 2002), n'est actuellement disponible pour la partie orientale de la mer Méditerranée.

Identification et quantification des principaux flux biogéochimiques d'éléments nutritifs (N, P, Si, Fe) vers la couche éclairée.

La production nouvelle, supportée par les sources externes à la couche éclairée, est faible dans les milieux oligotrophes mais représente une fraction cruciale de la production totale autotrophe. En effet, à long terme, il y a un nécessaire équilibre entre la production nouvelle et la production exportable pour maintenir une production organique dans la couche éclairée.

-Apport par des processus hydrologiques

Le flux d'éléments nutritifs à la base de la couche éclairée est le résultat des effets permanents et/ou intermittents d'advection et de diffusion et peut être représenté par le produit d'un coefficient de diffusion turbulente par le gradient des éléments nutritifs. **Ce flux est sans doute mal évalué dans les zones oligotrophes et reste un sujet crucial d'étude** (Lévy 2003, McGillicuddy & Robinson 1997, Balter et al. 2005, and comments from Lévy 2005). Dans l'étude proposée, les sites d'observation seront choisis de manière à ce que l'advection horizontale soit faible, plutôt aux centres des tourbillons anticycloniques, afin d'éviter la complexité induite par les apports latéraux. Toutefois, l'advection horizontale sera évaluée. Les gradients verticaux sont mesurables avec précision, mais les coefficients de diffusion verticaux K_z sont difficiles à mesurer, bien que les techniques de mesure des flux turbulents par la méthode des corrélations de fluctuation de vitesses verticales avec la température ou la salinité existent (Lewis et al. 1986). Malheureusement, ces techniques sont difficiles à mettre en œuvre. Ainsi, la diffusion turbulente est généralement estimée à partir de méthodes indirectes basées sur des mesures (CTD et ADCP) à échelle fine. Une méthode actuellement utilisée repose sur l'évaluation du nombre de Richardson, carré du rapport entre la fréquence de flottabilité (fonction du gradient vertical de densité) et du cisaillement vertical du courant horizontal, ce nombre permet d'estimer l'occurrence d'instabilités de Kelvin Helmholtz, sans doute responsables du principal flux vertical d'éléments nutritifs dans les régions stratifiées (Gregg 1987, Large et al. 1994, Kantha & Clayson 1994). Une mesure correcte de ce nombre est accessible avec les sondes CTD SBE 911 couplée à une rosette équipée d'un LADCP. Une autre méthode utilisant le rapport des variances des gradients verticaux de température ou salinité à petite et moyenne échelle (10 cm et 5 m par exemple), peut être mise en œuvre. **Parallèlement, des mesures de microstructure résolvant les échelles dissipatives seront réalisées en utilisant le "VMP5500" (full ocean depth un-tethered profiling system)** qui sera prochainement acquis par le LPO et le LOCEAN. Ce profileur est équipé avec des capteurs haute fréquence pour la température et le cisaillement qui permettent deux estimations indépendantes de K_z . Ces deux estimations de K_z vont être utilisées pour tester la pertinence des différentes méthodes indirectes basées sur les mesures classiques à échelle fine avec la CTD et l'ADCP. La validation de ces estimations indirectes de K_z permet de les utiliser avec plus de pertinence lorsque des mesures de microstructure ne pourront être réalisées.

-Apports atmosphériques – N₂ fixation

Le transport éolien de poussière représente, à l'échelle globale, la source dominante de fer, un élément essentiel pour la croissance du phytoplancton dans l'océan (Duce and Tindale 1991; Gao et al, 2001; Jickells et al, 2005). Il a été montré que les aérosols sahariens peuvent également représenter une source significative de phosphate (Ridame & Guieu 2002). En conséquence, les apports de poussière saharienne peuvent stimuler la productivité biologique dans les écosystèmes oligotrophes comme la mer Méditerranée, et altérer la structure des communautés, la disponibilité nutritive et finalement la séquestration nette du CO₂ atmosphérique. En considérant la courte durée de notre suivi pour les stations longues (4 à 5 jours à chaque station) et la faible fréquence des apports d'aérosols par l'atmosphère, ces apports seront probablement négligeables et donc ne seront pas considérés. En revanche, **nous allons mesurer l'apport atmosphérique d'azote par la fixation d'azote, qui peut être une source majeure d'azote nouveau en mer Méditerranée orientale et occidentale (A 2.5), et étudier en microcosmes l'influence de dépôts de poussières atmosphériques sur la chaîne trophique (A 2.6), et en particulier sur**

les fixateurs d'azote. Pantoja et al. (2002) ont estimé que plus de 20% de l'azote dans le bassin occidental et jusqu'à 90 % dans le bassin oriental, pourrait provenir de la fixation biologique de diazote. Malgré cela, très peu de données sont actuellement disponibles, en particulier en Méditerranée orientale.

Objectif 2.2. Production de matière organique et structure de la chaîne trophique

Suite à des besoins énergétiques (lumière), la matière organique marine est pratiquement entièrement produite dans le niveau superficiel éclairé des océans. Une production primaire variable, alimentée par des processus physiques agissant à un grand nombre d'échelles, interagit avec la prédation pour définir la composition en espèces des populations planctoniques (Gargett & Marra, 2002). Le concept de base de la structure de la chaîne trophique, concept qui n'a pas été sévèrement remis en cause depuis sa description originale (Johannes, 1965; Thingstad et al. 1999), est de considérer deux stratégies trophiques. L'osmotrophie qui fait référence aux organismes qui se nourrissent en absorbant des éléments nutritifs dissous, et la phagotrophie qui fait référence aux organismes se nourrissant à partir de matière organique particulaire. Les osmotrophes incluent à la fois les bactéries hétérotrophes et le phytoplancton autotrophe, alors que la chaîne des prédateurs inclut à la fois les protozoaires, le mésozooplancton et les prédateurs supérieurs, tous hétérotrophes.

Flux biogéochimiques en relation avec la production des osmotrophes

Les objectifs ici sont de mesurer les flux des éléments biogènes (incluant le carbone) et de déterminer les paramètres qui vont aider à la représentation de ces flux (paramètres P vs I , K_s , V_{max} , constantes d'affinité...). Les approches classiques utilisant les isotopes stables (^{15}N , ^{13}C) et instables (^{14}C , ^{33}P , ^{32}Si) pour mesurer les flux biogéochimiques, ainsi que les nouvelles approches permettant d'associer les flux à des organismes spécifiques, seront employées. **Nous allons étudier la production primaire de carbone organique dissous (A 2.7), récemment reconnue pour contribuer significativement à la production primaire totale dans les régions oligotrophes** (Marañón et al, 2005). Nous allons quantifier la **nitrification** ainsi que l'impact de l'**excrétion d'azote organique dissous** dans le flux d'assimilation du nitrate « nouveau », (A 2.8). **Les méthodes nouvelles concernant à la fois le tri des espèces dominantes (Lebaron et al 2001, Servais et al 2003) et les faibles niveaux de détection des analyses chimiques (Rimmelin & Moutin, 2005; Duhamel et al, 2006) vont nous permettre d'affiner la détermination des caractéristiques spécifiques pour l'assimilation des éléments nutritifs.** Nous allons caractériser l'absorption du phosphate minéral dissous au niveau des espèces dominantes (A 2.9), et son devenir biogéochimique (A 2.10), ce qui nous procurera une plus ample connaissance des besoins chimiques nécessaire à la croissance des organismes planctoniques (Van Mooy, 2003). Le processus de silicification dans les diatomées marines (A 2.11) sera étudié à l'aide d'une nouvelle technique de marquage (Shimizu et al, 2001; Leblanc & Hutchins, 2005) qui permettra pour la première fois de quantifier la contribution de chaque espèce au flux total de production de silice biogénique.

Production des phagotrophes (production secondaire)

La structure de la chaîne alimentaire influence le devenir de la production primaire dans l'océan et a des conséquences sur le processus de transfert du CO_2 vers les couches profondes. Il est généralement admis que si les eucaryotes phytoplanctoniques de petite taille ou les procaryotes dominent la communauté microbienne, alors les brouteurs du picoplancton sont des petits protozoaires qui ne produisent pas de pelotes fécales à fort pouvoir de sédimentation. **Malgré leur ubiquité et leur rôle central dans le transfert d'énergie à une échelle globale dans les eaux marines, l'écologie du micro-zooplancton est peu connue (A 2.12).** Plusieurs étapes de broutage sont nécessaires pour permettre à la production primaire d'être incorporée dans les niveaux trophiques supérieurs. Ainsi, la majeure partie du carbone fixé par la photosynthèse est respirée et re-minéralisée par la communauté microbienne dans la couche de surface mélangée et il y a pas ou peu d'absorption nette de CO_2 de l'atmosphère vers l'océan. En revanche, quand les cellules phytoplanctoniques de plus grande taille dominent, elles peuvent soit sédimenter directement, soit être broutées par le mésozooplancton, essentiellement des copépodes, qui produisent des pelotes fécales à fort pouvoir de sédimentation. Cependant, il été montré récemment que les organismes du mésozooplancton pouvaient être couplés à des niveaux trophiques inférieurs dans la mer Méditerranée orientale (Thingstad et al. 2005) et que leur contribution au cycle du carbone dans les régions oligotrophes devait être revue (A 2.13). **Le meso-supérieur et le macrozooplancton, largement sous échantillonnés par les techniques de pêche classique, pourraient également contribuer de façon significative au transport vertical de matière organique (A 2.14).**

Processus biogéochimiques étudiés à partir de mesures optiques

L'utilisation de mesures d'optique pour appréhender des processus biogéochimiques à l'échelle de la journée est actuellement bien reconnue (Siegel et al, 1989; Claustre et al, 1999). **La technique de déduction du carbone organique particulaire à haute fréquence à partir de mesures d'atténuation (diffusion) a permis récemment de proposer de nouvelles estimations, plus élevées, de la production primaire dans les environnements oligotrophes** (Claustre et al, submitted.). La plupart des études couplées biogéochimie-optique ont été réalisées en utilisant le coefficient d'atténuation des particules en suspension dans la partie rouge du spectre (équivalent au coefficient de diffusion particulaire, b_p), combiné aux mesures de chlorophylle par fluorescence. Les mesures simultanées de b_p , b_{bp} (rétrodifusion des particules, sensible aux particules submicrométriques en dehors des efflorescences) et du signal de fluorescence de la chlorophylle peuvent être utilisées pour analyser les variations temporelles de la matière organique particulaire (Loisel et al, 2002; Behrenfeld et al, 2005), et en particulier pour savoir comment les variations journalières des particules submicrométriques essentiellement détritiques, révélées par b_{bp} , se comportent comparativement à celles plus grandes et essentiellement associées à des organismes autotrophes et révélés par b_p . (A 2.15). Au cours du cycle journalier et entre les régions océaniques de disponibilités nutritives variables, la séparation physiologique des processus photosynthétiques (séparation de la charge initiale et fixation du carbone)

peut induire un sévère découplage entre la fluorescence variable et la fixation du carbone. **La compréhension et la caractérisation d'un tel découplage (A 2.16) constitue la base pour relier les données de fluorescence à haute résolution (même de l'espace) au cycle du carbone dans l'océan.**

Objectif 2.3. Minéralisation de la matière organique et structure de la chaîne trophique

Les flux de minéralisation spécifique de chaque élément biogène, si ils sont différents, peuvent conduire à un découplage des cycles biogéochimiques dans la colonne d'eau (Raimbault et al, 1999; Karl et al, 2001, Leblanc et al. 2003). Il est généralement admis que le phosphate est plus rapidement recyclé que l'azote qui est plus rapidement recyclé que le silicium. **De telles mesures en parallèle des flux de recyclage des éléments biogènes sont très rares et ce dernier postulat provient essentiellement de mesures indirectes.** L'étude de la dégradation de la matière organique se focalisera sur la relation entre production et diversité bactérienne (A 2.17). **Examiner les relations entre diversité et fonctionnalité** (activité ectoenzymatique, absorption spécifique de composés organiques spécifiques) **dans la communauté bactérienne représente un enjeu majeur pour comprendre l'impact des processus hétérotrophes sur la minéralisation de la matière organique** dans la colonne d'eau. Nous étudierons également les facteurs contrôlant la production bactérienne et les conséquences de tels contrôles sur les activités hétérotrophes (A 2.18), la vitesse d'hydrolyse du phosphate organique dissous (A 2.19) et les effets de la pression hydrostatique sur la minéralisation de la matière organique dissoute et particulaire (A 2.20).

Objectif 2.4. Exportation de matière organique (particulaire et dissoute)

La structure des écosystèmes pélagiques a une influence sur le flux de carbone biogénique de la couche éclairée vers l'océan profond (Legendre and Rassoulzadegan, 1996). Ce flux vertical est essentiellement composé de larges particules telles que des pelotes fécales, des parties de zooplancton, des agrégats amorphes, de la neige marine (Fowler and Knauer, 1986; Silver and Gowing, 1991), et des diatomées scénéscentes, particulièrement suite à une efflorescence (Billet et al, 1983). Les pelotes fécales peuvent sédimenter rapidement : 20-900 m j⁻¹ pour les copépodes (Lorenzen, 1983; Welschmeyer and Lorenzen, 1985), et jusqu'à 2700 m j⁻¹ pour le grand zooplancton gélatineux (Bruland and Silver, 1981; Madin and Purcell, 1992). Des vitesses élevées peuvent conduire à une exportation efficace de carbone biogénique. Ce flux de carbone peut ainsi être largement d'origine zooplanctonique (Thibault *et al*, 1999).

Nous allons étudier la stoechiométrie C/N/P/Si de la matière particulaire qui sédimente (A 2.21) puisque, malgré son importance en biogéochimie, il existe peu de mesures directes (Geider & La Roche, 2002). Nous allons également examiner le rôle des matières particulaires de grande taille à l'origine de la « neige marine » rarement observée dans les zones oligotrophes (A 2.22), et évaluer l'exportation instantanée par diffusion de carbone organique dissous.

Objectif 2.5. Budget en oxygène

L'équilibre entre photosynthèse et respiration dans la communauté microbienne définit l'état métabolique du système étudié (Net autotrophe ou hétérotrophe) et sa capacité à exporter du carbone. **Le bilan à l'échelle de l'océan global est incertain et la zone de l'océan où réside la principale incertitude est paradoxalement l'océan de surface (Williams, ASLO meeting 2006).** L'originalité de l'approche que nous allons mener consistera à comparer les variations de la concentration en oxygène à différentes échelles de temps, *in situ* et dans des bouteilles d'incubation, ainsi qu'à l'intérieur de nouveaux systèmes appelés « Productivity Autosampler » (A 2.23). En plus des données classiques du bilan journalier (production communautaire brute et nette, respiration de la communauté), les variations nyctémérales de la concentration en oxygène nous procurerons des informations sur la respiration des autotrophes et des hétérotrophes (Pringault et al. L&O method, submitted). Ceci devrait nous permettre de mieux cerner l'impact des communautés microbiennes dans le cycle du carbone.

Objectif 2.6. Réponses de la chaîne trophique a un apport impulsif d'élément nutritif .

L'apport de phosphate dans les eaux de surface ultra-oligotrophes du tourbillon "Cyprus" en mer Méditerranée orientale, réalisé dans le cadre de l'expérience lagrangienne CYCLOPS, a entraîné des réponses inattendues de l'écosystème (Thingstad et al. 2005). Le système a montré une diminution de la concentration en chlorophylle et une augmentation de la production bactérienne et de l'abondance des œufs de copépodes. Ces résultats ont été confirmés par d'autres, obtenus simultanément à partir d'expériences réalisées à bord dans des microcosmes (Zohary et al. 2005). Bien que la croissance du phytoplancton était co-limitée par la disponibilité de l'azote et du phosphate, ces expériences suggèrent que le phosphate a été transféré à travers la chaîne trophique jusqu'aux copépodes selon deux voies distinctes non mutuellement exclusives : (1) le « bypass », contournement du compartiment phytoplanctonique par les bactéries hétérotrophes qui absorbent le phosphate, et (2) le « tunneling », la consommation du phosphate au delà des besoins spécifiques des organismes qui modifie rapidement la composition stoechiométrique des proies des copépodes (Thingstad et al. 2005). Puisque les résultats des expériences réalisées à bord dans les microcosmes étaient très similaires à ceux obtenus *in situ* (Thingstad et al. 2005; Zohary et al. 2005), des expériences en microcosmes (A 2.24) vont nous permettre d'étudier les mécanismes énoncés ci-dessus. Parallèlement, des expériences d'enrichissement seront également réalisées à bord en utilisant des techniques ultra-propres pour étudier le rôle du fer et des poussières atmosphériques sur la fixation d'azote (A 2.24). Des études à échelles de temps de l'heure à l'année ont montré que **l'essentiel des apports nutritifs de la couche profonde vers la couche éclairée dans les milieux oligotrophes était lié à des pulses ponctuels** (Dickey et al, 2001) **dont les conséquences sur la chaîne trophique sont rarement étudiées.** Les apports atmosphériques sont également très ponctuels et il est donc particulièrement intéressant d'étudier simultanément l'écosystème *in situ* dans son état d'équilibre le plus probable ainsi que sa réponse lors d'un apport impulsif.

OBJECTIF 3. REPRESENTATION DES PRINCIPAUX FLUX BIOGEOCHIMIQUES ET DE LA DYNAMIQUE DU RESEAU TROPHIQUE PLANCTONIQUE

L'ensemble des données pluridisciplinaires acquises au cours de la mission BOUM sera rapidement mis à la disposition de la communauté internationale (base de données CYBER et SESAME) pour aider à la représentation des interactions entre climat, cycles biogéochimiques et écosystèmes marins. **Une modélisation multiéchelles est proposée dès le début du projet BOUM.** Son objectif est de compléter l'observation et l'analyse des données pour la compréhension des interactions entre les cycles biogéochimiques des éléments biogènes et la dynamique du réseau trophique planctonique. Trois échelles de modélisation sont envisagées.

Objectif 3.1. Modélisation à l'échelle de la Méditerranée

L'ensemble des données acquises au cours des campagnes réalisées dans le cadre du WP2 du programme européen SESAME (Fig. 5, page 36) va constituer un jeu de données unique en Méditerranée. Des efforts ont été conduits pour utiliser des protocoles d'analyses communs, des stratégies de prélèvements (horizontaux et verticaux) communes, pour établir les variables prioritaires à mesurer, et pour intercalibrer les analyses (en cours pour les éléments nutritifs). La base de données, hydrologiques, chimiques et biologiques SESAME, sera utilisée pour l'implémentation, l'ajustement des paramètres et l'évaluation de modèles écologiques (WP4 et WP6 de SESAME). Elle doit également servir à la **validation d'un modèle biogéochimique à l'échelle de la Méditerranée** (Vichi et al, 2006a,b).

A cette échelle, il est également prévu d'**évaluer la distribution du carbone d'origine anthropique en utilisant le modèle 3D de la Mer Méditerranée développé par le GHER** (Université de Liège en Belgique) actuellement disponible sur une station de travail bi-opteron de l'Université de Perpignan (France), (A 1.1).

Objectif 3.2. Modélisation à l'échelle de processus

Nous envisageons de travailler sur des échelles plus fines adaptées à l'étude des processus physiques et biogéochimiques : c'est-à-dire à l'échelle 0D du microcosme et en 1D vertical au niveau des trois stations longues. Le but est d'améliorer la représentation de certains processus (diazotrophie, compétition phytoplancton-bactéries pour la ressource nutritive, multi-limitation) dans le modèle ECO3M (Baklouti et al, 2006a). Afin de renforcer la complémentarité entre les approches de modélisation et d'expérimentation, une stratégie commune a été mise au point dès l'élaboration du projet BOUM. Ainsi, le positionnement des stations longues est prévu dans des zones où la variabilité horizontale des propriétés hydrologiques et biogéochimiques est supposée être faible sur la durée d'échantillonnage permettant ainsi d'envisager une modélisation 1DV. Par ailleurs, la plupart des besoins du modèle seront couverts par des jeux de données et de paramètres acquis *in situ* ou en milieu contrôlé au cours de la campagne.

Expériences en milieu contrôlé (0D)

Les expériences et la modélisation à l'échelle de microcosmes sont importantes à plusieurs titres : d'une part, pour **acquérir certains paramètres du modèle (caractéristiques d'assimilation des éléments nutritifs, paramètres photosynthétiques, taux de respiration, de minéralisation...)** et d'autre part, pour **tester ou mettre au point des modèles de processus pour lesquels les formulations actuelles ne sont pas satisfaisantes ou restent non validées.** L'acquisition des paramètres au moment du prélèvement est considérée comme un enjeu essentiel pour en particulier les diazotrophes (Holl & Montoya, 2005). Les processus qui feront l'objet d'une attention particulière du fait de leur l'importance dans le fonctionnement des systèmes oligotrophes et dont la formulation dans le modèle actuel n'est pas satisfaisante sont : (1) **la diazotrophie.** Il existe actuellement quelques modèles pour représenter la diazotrophie (e.g. Bissett et al, 1999 ; Fennel et al, 2002 ; Moore et al, 2002) mais ils reposent sur des bases empiriques déduites d'observations macroscopiques. L'amélioration de tels modèles passe par la description des mécanismes sous-jacents de la diazotrophie ainsi que par la prise en compte du contrôle par la disponibilité nutritive (phosphate, fer) de ce flux. (2) **la compétition phytoplancton-bactéries pour la ressource nutritive.** Cette compétition est particulièrement cruciale dans la mesure où elle induit, notamment lors d'un apport de phosphate, des changements (bypass, tunnelling) dans les voies de transfert de matière vers les échelons supérieurs par rapport aux voies classiquement observées (Thingstad et al. 2005). La modélisation des expériences prévues dans l'objectif 4 permettra ainsi de tester la capacité du modèle à reproduire la réponse du réseau trophique à un apport impulsif de phosphate ainsi qu'à aider à l'interprétation de ces expériences. (3) **La multi-limitation par l'azote et le phosphate de la croissance planctonique.** En effet, en présence de plusieurs nutriments susceptibles de limiter la croissance phytoplanctonique, les modèles actuels utilisent souvent des lois empiriques qui contraignent la croissance par la plus forte des limitations (loi de Liebig) ou par le produit de ces limitations. Le fondement de ces lois reste encore à prouver (e.g. Davidson et Gurney, 1999) et un travail sur la formulation de la multi-limitation accompagné d'expérimentations spécifiques permettra d'avancer la réflexion dans ce domaine.

La modélisation fine des processus permettra d'alimenter le modèle 1DV qui sera appliqué pour chaque station longue.

Expériences in situ en station longue (1DV)

L'objectif majeur de la modélisation 1DV est de représenter les flux de carbone et des éléments biogènes associés dans la couche de surface et d'établir un bilan sur le devenir du carbone organique produit (re-minéralisation, exportation). L'utilisation d'un modèle multi-éléments (non redfieldien) permettra d'illustrer le cas échéant le découplage des cycles des éléments biogènes en milieu oligotrophe. Si l'objectif est de comprendre la production et le devenir de la matière organique dans les chaînes trophiques marines oligotrophes, et leurs rôles dans le cycle global du carbone, l'idée n'est pas de décrire en

détail toutes les relations complexes qui existent entre les organismes. Elle est plutôt d'extraire celles qui semblent essentielles pour aboutir à une représentation aussi satisfaisante que possible des écosystèmes et des flux des éléments biogènes (A 3.1). La complexité des relations trophiques sera simplifiée en se focalisant sur les groupes d'espèces ayant des rôles biogéochimiques similaires (i.e. des groupes fonctionnels). La pertinence de la modélisation 1DV dépendra tout aussi directement des mesures *in situ* effectuées en station longue que la modélisation des processus décrite ci-dessus dépendra des résultats des expériences en microcosmes. En effet, un certain nombre de paramètres qui y seront mesurés sont essentiels à connaître pour espérer une représentation réaliste de la dynamique de l'écosystème pélagique et donc une estimation précise du bilan de carbone. Ces paramètres sont par exemple tous les paramètres liés à la photosynthèse du phytoplancton ou bien encore à l'absorption des sels nutritifs par le plancton. Par ailleurs, du point de vue de la description de l'hydrodynamique dans les modèles couplés physique-biogéochimie, la paramétrisation de la turbulence constitue fréquemment une source d'erreur, d'une part parce qu'elle repose sur des lois empiriques, et d'autre part du fait que ces lois ne sont pas calibrées à nouveau pour chaque site étudié (des valeurs typiques de la littérature sont utilisées pour paramétrer ces lois). Ainsi, l'estimation précise des coefficients de diffusion verticale turbulente $-K_z$ permettra d'utiliser des profils verticaux réalistes de ce paramètre dans le modèle hydrodynamique 1DV. Ceci constitue un gage d'une représentation correcte du mélange dans la couche de surface et donc, du flux d'éléments nutritifs à la base de la couche euphotique.

Le modèle biogéochimique implémenté par défaut dans la plate-forme ECO3M (Baklouti et al, 2006a) propose une représentation mécaniste ou semi-mécaniste des processus clés de la dynamique phytoplanctonique (photosynthèse, photoacclimatation, absorption de nutriments, excrétion de MOD, respiration autotrophe). La plupart de ces processus ont été validés à l'aide d'expériences réalisées en microcosme (Pawlowski, 2004) sur un groupe fonctionnel de diatomées soumises à une carence en nitrate et en lumière (Baklouti et al, 2006b). Le modèle utilisé en 1DV dans sa version méditerranéenne repose sur une représentation similaire de ces processus, et inclut de surcroît plusieurs groupes fonctionnels ainsi que d'autres éléments biogènes que l'azote et le carbone; ce type de modèle permet une représentation potentielle des cycles biogéochimiques des principaux éléments biogènes (C,N,P,Si et O) combinée à une représentation d'organismes qui ont une fonction clé (groupes « fonctionnels ») dans la dynamique de production et de transfert de carbone organique. En outre, ce modèle sera enrichi par l'apport des nouveaux processus étudiés, ainsi que par la considération des compartiments bactérien et microzooplanctonique (boucle microbienne). L'ensemble des données acquises au niveau de ces stations longues, et on peut penser en particulier aux données obtenues en quasi continu comme les flux et stocks d'oxygène, ou de nitrate, offriront des possibilités de validation du modèle couplé qui n'avait jusque-là jamais pu être effectuées en raison d'une mauvaise adéquation entre impératifs expérimentaux et modélisation.

2. Plan de recherche

Le projet BOUM est basé sur la préparation, la réalisation et l'exploitation des résultats d'une campagne océanographique de 35 jours en mer Méditerranée.

Le plan de recherche détaillé de cette campagne est présenté dans le document 2. La partie terrestre correspond à l'analyse dans les différents laboratoires impliqués dans le projet de certains échantillons (détail dans le document 4).

3. Calendrier

Septembre 2007: Réunion pré-campagne de toute la communauté (Marseille)

Mars 2008: Réunion pré-campagne du comité organisateur élargi (Marseille)

Août-Septembre 2008: Mission (description détaillée dans le document 2)

Mai-Juin 2009: Réunion post-campagne de toute la communauté (Marseille)

Oct-Nov 2009 : Atelier ciblé (10 personnes max)

Fév-Mars 2010 : Atelier ciblé (10 personnes max)

Juin-Juillet 2010 : Atelier ciblé (10 personnes max)

2010 : Demande d'une session spéciale à l'Ocean Sciences Meeting

4. Collaborations et programmes de rattachement (nationaux et internationaux)

Cette partie est détaillée dans le document 3 pages 21-22.

**RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES HORS
COMMUNAUTE BOUM (p. 30) ET METHODES (p. 41):**

- Alvarez M, Pérez F, Shoosmith D & Bryden HL (2005). Unaccounted role of Mediterranean Water in the drawdown of anthropogenic carbon. *J. Geophys. Res.*, Vol. 110.
- Ammerman JW & Azam F (1991). Bacterial 5'-nucleotidase activity in estuarine and coastal marine waters: Characterization of enzyme activity. *Limnol. Oceanogr.* 36: 1427-1436.
- Andersen RA, Bidigare RR, Keller MD & Latasa M (1996). A comparison of HPLC pigment signatures and electron microscopic observations for oligotrophic waters of the North Atlantic and Pacific Oceans. *Deep Sea Res. II* 43:517-537.
- Antoine D, André JM & Morel A (1996). Oceanic primary production : II. Estimation at global scale from satellite (Coastal Zone Color Scanner) chlorophyll. *Global Biogeochemical Cycles*, 10: 57-69.
- Béjà O, Suzuki MT, Heidelberg JF et al. (2002). Unsuspected diversity among marine aerobic anoxygenic phototrophs. *Nature* 415: 630-633.
- Berman-Frank I, Cullen JT, Shake Y, Sherrell RM & Falkowski PG (2001). Iron availability, cellular iron quotas, and nitrogen fixation in *Trichodesmium*. *Limnology and Oceanography* 46(6): 1249-1260.
- Bethoux JP, Morin P, Madec C & Gentili B (1992). Phosphorus and nitrogen behaviour in the Mediterranean Sea. *Deep-Sea Res.*, 39: 1641-1654.
- Béthoux JP & Copin-Montégut G (1986). Biological fixation of atmospheric nitrogen in the Mediterranean Sea. *Limnol. Oceanogr.*, 31:1353-1358.
- Bidle KD, Azam F (1999) Accelerated dissolution of diatom silica by marine bacterial assemblages. *Nature* 397:508-512
- Billet DS, Lampitt RS, Rice AL & Mantoura RF (1983). Seasonal sedimentation of phytoplankton to the deep-sea benthos. *Nature* 302, 520-522.
- Bissett WP, Walsh JJ, Dieterle DA & Carder KL (1999). Carbon cycling in the upper waters of the Sargasso Sea: I. Numerical simulation of differential carbon and nitrogen fluxes. *Deep Sea Res.* 46: 205-269.
- Björkman A, Thomson-Bullidis AL & Karl D (2000). Phosphorus dynamics in the North Pacific subtropical gyre. *Aquat. Microb. Ecol.* 22: 185-198
- Bonin DJ, Bonin MC & Berman T (1989). Mise en évidence expérimentale des facteurs nutritifs limitants de la production du micro-nanoplancton et de l'ultraplancton dans une eau côtière de la Méditerranée orientale (Haïfa, Israël). *Aquat. Sci.*, 51: 132-148.
- Breitbart M., Salamon P, et al. (2002). Genomic analysis of uncultured marine viral communities. *Proc Natl Acad Sci U S A* 99(22): 14250-5.
- Bruland KW, Rue EL & Smith GJ (2001). Iron and macronutrients in California coastal upwelling regimes: Implications for diatom blooms. *Limnol. Oceanogr.* 46, 1661-1674.
- Bruland KL & Silver MW (1981) Sinking rates of fecal pellets from gelatinous zooplankton (salps, pteropods, doliolids). *Mar. Biol.* 63: 295-300.
- Carlson CA., Ducklow HW & Michaels AF (1994) Annual flux of dissolved organic carbon from the euphotic zone in the northwestern Sargasso Sea. *Nature*, 371: 405-408.
- Carlsson P & Caron DA (2001) Seasonal variation of phosphorus limitation of bacterial growth in a small lake. *Limnol. Oceanogr.* 46: 108-120.
- Chen F & Suttle CA (1995). Amplification of DNA polymerase gene fragments from viruses infecting microalgae. *Appl. Environ. Microbiol.* 61: 1274-1278.
- Cole JJ, Likens EE, Strayer DL (1982). Photosynthetically produced dissolved organic carbon: an important carbon source for planktonic bacteria. *Limnol. Oceanogr.* 27: 1080-1090.
- Copin-Montégut G & Avril B (1993). Vertical distribution and temporal variation of dissolved organic carbon in the North-Western Mediterranean Sea. *Deep-Sea Res.*, 40, 1963-1972.
- Davidson K & Gurney WS (1999). An investigation of non-steady algal growth. II. Mathematical modelling of co-nutrient-limited growth. *Journal of Plankton Research* 21(5):839-858.
- Dickey T, Zedler S, Yu X, Doney SC et al (2001). Physical and biogeochemical variability from hours to years at the Bermuda Tested Mooring site: June 1994-March 1998. *Deep-Sea Res. II* 48:105-140.
- Duce RA. & Tindale NW (1991). Atmospheric transport of iron and its deposition in the ocean. *Limnol. Oceanogr.* 36: 1715-1726.
- Ducklow HW & Carlson CA (1992). Oceanic bacterial production. *Adv. Microb. Ecol.* 12: 113-181.
- Elifantz H, Malmstrom R, Cotrell M & Kirchman DL (1995). Assimilation of polysaccharides and glucose by major bacterial groups in the Delaware estuary. *Appl. Environ. Microbiol.* 71:7799-7805.
- Fennel K, Spitz YH, Letelier RM, Abbott MR & Karl DM (2002). A deterministic model for N₂ fixation at Station ALOHA in the subtropical North Pacific Ocean. *Deep-Sea Res. II* 49: 149-174.
- Fonseca CR & Ganade G (2001). Species functional redundancy, random extinctions and the stability of ecosystems. *J. Ecology*, 89: 118-125.
- Fowler SW & Knauer GA (1986). Role of large particles in the transport of elements and organic compounds through the oceanic water column. *Prog. Oceanogr* 16: 147-194.
- Fenchel T (1987). Ecology of protozoa. *The Biology of free-living Phagotrophic protists*. Science Tech Publishers, Springer-Verlag (Eds), pp. 193.
- Fuhrman JA (1999). Marine viruses and their biogeochemical and ecological effects. *Nature* 399: 541-548.
- Gao Y, Kaufman YJ, Tanre D, Kolber D & Falkowski PG (2001). Seasonal distributions of aeolian iron fluxes to the global ocean. *Geophys. Res. Lett.* 28: 29-32.
- Gargett AE & Marra J (2002). Effects of upper ocean physical processes - turbulence, advection, and air-sea interaction - on oceanic primary production. *The Sea, Vol.12*, ed. Robinson AR, McCarthy JJ & Rothschild BJ, John Wiley & Sons, NY, pp19-49.
- Geider RJ & La Roche J (2002). Redfield revisited: Variability of C: N: P in marine microalgae and its biochemical basis. *Eur J Phycol.* 37: 1-17
- Gifford DJ & Caron DA (2000). Sampling, preservation, enumeration and biomass of marine protozooplankton. *Zooplankton methodology manual*. Edited by R. P. Harris. P. H. Wiebe, J. Lenz, H. R. Skjoldal and M. Huntley. ICES. Academic Press. Chap 5, 193-221.
- Gomez F, Furuya K & Takeda S (2005). Distribution of the cyanobacterium *Richelia intracellularis* as an epiphyte of the diatom *Chaetoceros compressus* in the western Pacific Ocean. *J Plank. Res.*, 27: 323-330.
- Gregg MC (1987). Diapycnal mixing in a thermocline: a review. *J. Geophys. Res.*, 92: 5249-5286.
- Gruber N & Sarmiento JL (1997). Global patterns of marine nitrogen fixation and denitrification. *Glob. Biogeochem. Cycle* 11: 235-266.
- Guerzoni S, Chester R, Dulac F, Herut B, et al (1999). The role of atmospheric deposition in the biogeochemistry of the Mediterranean Sea. *Prog. Oceanogr.* 44: 147-190.
- Herbland A & Voituriez B (1977). Production primaire, nitrate et nitrite dans l'Atlantique tropical. 1. Distribution du nitrate et production primaire. *Cah. ORSTOM, (Sér. Océanogr.)*, 15, 47-56.
- Holl C & Montoya JP (2005). Interactions between nitrate uptake and nitrogen fixation in continuous cultures of the marine diazotroph *Trichodesmium* (Cyanobacteria). *J. Phycol.*, 41: 1178-1183.
- Hoppe HG & Ullrich S (1999). Profiles of ectoenzymes in the Indian Ocean: phenomena of phosphatase activity in the mesopelagic zone. *Aquat. Microb. Ecol.*, 19: 139-148.
- IMBER (2005). Science Plan and Implementation Strategy. IGPB Report No. 52, IGPB Secretariat, Stockholm. 76pp.
- Irigoin X, Huisman J & Harris RP (2004). Global biodiversity patterns of marine phytoplankton and zooplankton. *Nature* 429:863-867.
- Jickells TD, An ZS, Andersen KK, Baker AR et al (2005). Global Iron Connections Between Desert Dust, Ocean Biogeochemistry, and Climate. *Science*, 308: 67-71.
- Johnson KM (1999). Operator's Manual. Single perator Multiparameter Metabolic Analyzer (SOMMA) for Total Carbon Dioxide (C_T) with Coulometric Detection. New York : 11
- Johnson KS, Coletti LJ (2002). In situ ultraviolet spectrophotometer for high resolution and long term monitoring of nitrate, bromide, bisulfide in the ocean. *Deep Sea Res.*, 49: 1291-1305
- Kantha LH & Clayson CA (1994). An improved mixed layer model for geophysical applications. *J. Geophys. Res.*, 99,C12, 25235-25266.
- Karl DM, Laws EA, Morris P, Williams PJ leB & Emerson S (2003). Metabolic balance of the open sea. *Nature*, 426, 32.
- Karl DM, Björkman KM, Dore JE et al (2001). Ecological nitrogen-to-phosphorus stoichiometry at station ALOHA. *Deep-Sea Res. II*, 48, 1529-1566.
- Karl D, Michaels AB, Bergman B et al (2002). Dinitrogen fixation in the world's oceans. *Biochem.* 57-58: 47-98.
- Kamer M., DeLong E & Karl D (2001). Archaeal dominance in the mesopelagic zone of the Pacific Ocean. *Nature* 409: 507-510.
- Klaas C & Archer DE (2002). Association of sinking organic matter with various types of mineral ballast in the deep sea: Implications for the rain ratio. *Glob. Biogeochem. Cycles*, 16 (4): art no 1116, Dec 5.
- Koblizek M, Béjà O, Bidigare R, Christensen SB, Benitez-Nelson C et al (2003). Isolation and characterization of *Erythrobracter* sp. strains from the upper ocean. *Arch. Microbiol.*, 180: 327-338.
- Kolber ZS, Van Dover CL, Niederman RA & Falkowski PG (2000). Bacterial photosynthesis in surface waters of the open ocean. *Nature* 407: 177-179.

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV - IRD

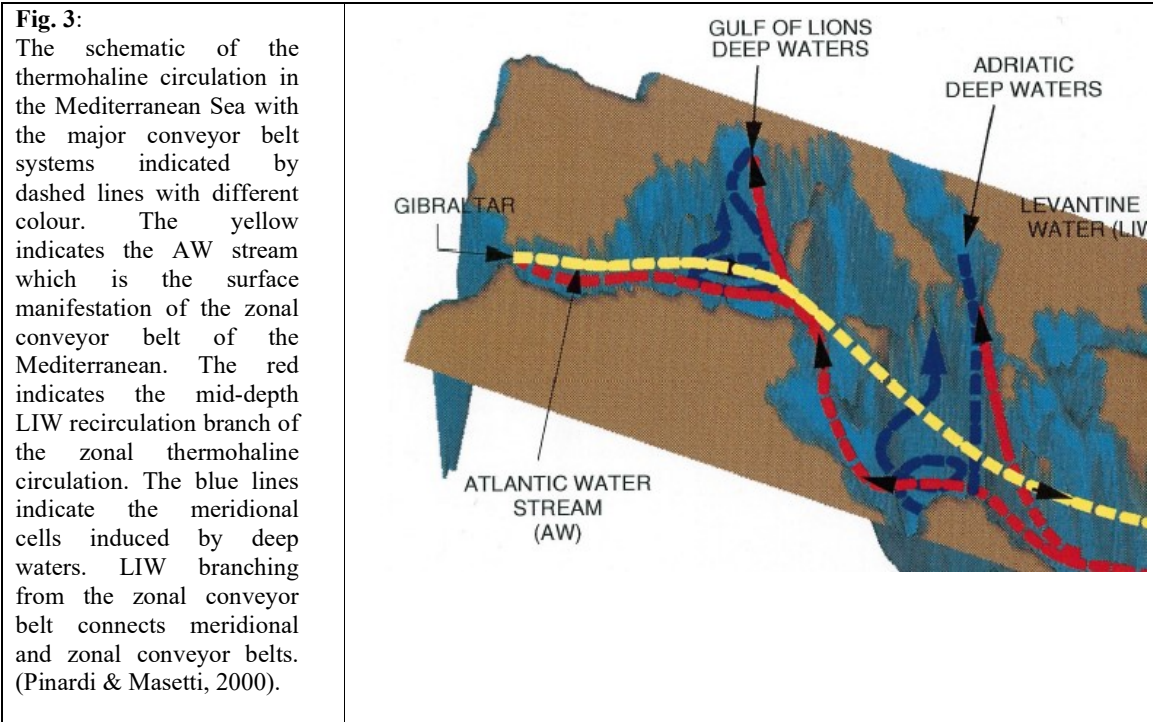
- Kolber ZS, Plumley FG, Lang AS et al (2001). Contribution of aerobic photoheterotrophic bacteria to the carbon cycle in the ocean. *Science* 292: 2492-2495.
- Krom MD, Kress N & Brenner S (1991). Phosphorus limitation of primary productivity in the eastern Mediterranean Sea. *Limnol. Oceanogr.*, 36, 424-432.
- Kuipers BR & Witte HJ (2000). Prochlorophytes as secondary prey for heterotrophic nanoflagellates in the deep chlorophyll maximum layer of the (sub)tropical North Atlantic. *Mar. Ecol. Prog. Ser.*, 204: 53-63
- Kustka A, Carpenter EJ, Sañudo-Wilhelmy SA (2002) Iron and marine nitrogen fixation: progress and future directions. *Res. Microbiol.* 153:255-262.
- Labry C (2001). Dynamique du phosphore et rôle comme facteur limitant de la production planctonique dans les eaux du plateau continental Sud-Gascogne. Thèse de l'Université de la Méditerranée.
- Lacombe H (1990). A model of the world ocean, water, salt heat, and wind in the Mediterranean. *Oceanus*, 33, 26-36.
- Large WG, McWilliamw JC & Doney SC (1994). Oceanic vertical mixing: a review and a model with a non local boundary layer paramétrisation. *Rev. Geophysics*, 32,4 363-403.
- Legendre L, Rassoulzadegan F (1996). Food-web mediated export of biogenic carbon in oceans: hydrodynamic control. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 145, 179-193.
- Lenes JM., Darrow BP, Cattrall C, Heil CA et al (2001). Iron fertilization and the *Trichodesmium* response on the West Florida shelf. *Limnol. Oceanogr.* 46(6): 1261.
- Lévy M, (2003). Mesoscale variability of phytoplankton and of new production. Impact on the large scale nutrient distribution. *J. Geophys. Res.* 108(C11)3358:1-22.
- Lévy M (2005). Nutrients in remote mode. *Nature*, 437, 29: 628-631.
- Longhurst AR (1991). Role of the marine biosphere in the global carbon cycle. *Limnol. Oceanogr.*, 36, 1507-1526.
- Lorenzen CJ (1983). The in situ sinking rates of herbivore fecal pellets. *J. Plank. Res.* 5, 929-933.
- Loÿe-Pilot M-D & Martin JM (1996). Saharan dust input to the Western Mediterranean: an eleven years record in Corsica. The impact of desert dust across the Mediterranean. Guerzoni S & Chester R, Kluwer Academic Publishers: 191-199.
- Madin L & Purell JE (1992). Feeding, metabolism, and growth of *Cyclosalpa bakeri* in the subarctic Pacific. *Limnol. Oceanogr.* 37: 1236-1251.
- Martinez J, Smith DC, Steward GF & Azam F (1996). Variability in ectohydrolytic enzyme activities of pelagic marine bacteria and its significance for substrate processing in the sea. *Aquat. Microb. Ecol.* 10: 223-230.
- Mc Gillicuddy DJ & Robinson AR (1997). Eddy induced nutrient supply and new production in the Sargasso sea. *Deep Sea Res. I*, 44(8) 1427-1450.
- Millot C (1999). Circulation in the western Mediterranean Sea. *J. Mar. Syst.* 20, 423-442.
- Minas HJ, Minas M & Packard TT (1986). Productivity in upwelling areas deduced from hydrographic and chemical fields. *Limnol. Oceanogr.* 1182-1206.
- Montoya JP, Holl CM, Zehr JP, Hansen A et al (2004) High rates of N₂ fixation by unicellular diazotrophs in the oligotrophic Pacific Ocean. *Nature*, 430, 1027-1032.
- Montoya JP, Voss M., Kahler P & Capone DG (1996). A simple, high-precision, high-sensitivity tracer assay for N₂ fixation. *Appl. Environ. Microbiol.*, 62: 986-993.
- Moore JK, Doney SC, Kleypas JA, Glover DM & Fung IY (2002). An intermediate complexity marine ecosystem model for the global domain. *Deep-Sea Res. II* 49: 403-462
- Morel A & Ahn YH (1991). Optics of heterotrophic nanoflagellates and ciliates: A tentative assessment of their scattering role in oceanic waters compared to those of bacterial and algal cells. *J. Marine Res.*, 49, 177-202.
- Partensky F, Blanchot J & Vault D (1999a). Differential distribution and ecology of *Prochlorococcus* and *Synechococcus* in oceanic waters: a review. In: Charpy L, Larkum AWD (eds) *Marine Cyanobacteria*. Musée Océanographique, Monaco, p 457-475.
- Partensky F, Hess WR & Vault D (1999b) *Prochlorococcus*, a marine photosynthetic prokaryote of global significance. *Microb. Molecular Biol. Rev.* 63:106-127.
- Pawlowski L (2004). Modélisation de l'incorporation du Carbone photosynthétique en environnement marin piloté par ordinateur. Thèse de doctorat de l'université Paris 6.
- Pernthaler A, Preston C, Pernthaler J, DeLong E & Amann R (2002). Comparison of fluorescently labeled oligonucleotide and polynucleotide probes for the detection of pelagic marine bacteria and archaea. *Appl. Environ. Microbiol.* 68: 661-667.
- Pinardi N & Masetti E (2000). Variability of the large scale general circulation of the Mediterranean Sea from observations and modelling: a review. *Palaeogeogr., Palaeoclimat., Palaeoecol.* 158 (2000) 153-173.
- Pringault O, Tassas V, Rochelle-Newall E (2006). Consequences of Light Respiration on the Production/Respiration Ratio in Pelagic Systems. *Limnol Oceanogr Methods*, submitted.
- Sacchs JP & Repeta D (1999). Oligotrophy and nitrogen fixation during eastern Mediterranean sapropel events. *Science*, 286: 2485-2488.
- Sala MM, Peters F, Gasol JM, Pedros-Alio C, Marrasse C, & Vaque D (2002). Seasonal and spatial variations in the nutrient limitation of bacterioplankton growth in the northwestern Mediterranean. *Aquat Microb. Ecol.* 27: 47-56.
- Sanudo-Wilhelmy SA, Kustka AB, Gobler CJ, Hutchins DA et al (2001). Phosphorus limitation of nitrogen fixation by *Trichodesmium* in the central Atlantic Ocean. *Nature* 411(6833): 66-69.
- Shimizu K, Del Amo Y, Brzezinski MA, Stucky GD & Morse DE (2001). A novel fluorescent silica tracer for biological silicification studies. *Chemistry and Biology*, 136, 1-10.
- Siegel DA, Dickey D, Washburn L, Hamilton MK & Mitchell BG (1989). Optical determination of particulate abundance and production variations in the oligotrophic ocean. *Deep-Sea Res.* 36: 211-222.
- Silver MW & Gowing MM (1991). The particles flux: origins and biological components. *Progress in Oceanography* 26, 75-113.
- Steinberg DK, Carlson AC, Bates NR et al (2001). Overview of the US JGOFS Bermuda Atlantic Time-series Study (BATS): a decade-scale look at ocean biology and biogeochemistry. *Deep-Sea Res. II*, 48: 1405-1447.
- Stramski D & Kiefer DA (1991). Light scattering by microorganisms in the open ocean. *Prog. Oceanogr.*, 28, 343-383.
- Striby L, Lafont R & Goutx M (1999) Improvement in the Iatroscan thin-layer chromatography flame ionisation detection analysis in marine lipids. Separation and quantification of mono and diacyl glycerols in the standards and natural samples. *J. Chromatogr. A* 849: 371-380.
- Suttle CA (2005). Viruses in the sea. *Nature* 437(7057): 356-361.
- Thierstein HR & Young JR (2004). Coccolithophores: from molecular processes to global impact. Springer, Berlin, pp. 1-565.
- Vichi M., Pinardi N & Masina S. (2006a). A generalized model of pelagic biogeochemistry for the global ocean ecosystem. Part I: theory. *J. Mar. Syst.*, in press.
- Vichi M, Masina S, Navarra A (2006b). A generalized model of pelagic biogeochemistry for the global ocean ecosystem. Part II: numerical simulations. *J. Mar. Syst.*, in press.
- Walsh JJ & Steidinger KA (2001). Saharan dust and Florida red tides: the cyanophyte connection. *J. Geoph. Res.*, Vol. 106, No. C6. 11597-11612.
- Wawrik B, Paul JH & Tabita FR (2002). Real-time PCR quantification of rbcL (ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase) mRNA in diatoms and pelagophytes. *Appl. Environ. Microbiol.* 68:3771-3779.
- Welschmeyer NA & Lorenzen CJ (1985). Chlorophyll budgets: zooplankton grazing and phytoplankton growth in a temperate fjord and the Central Pacific Gyres. *Limnol. Oceanogr.* 30: 1-21.
- Wilhelm SS, Brigden et al. (2002). A dilution technique for the direct measurement of viral production: a comparison in stratified and tidally mixed coastal waters. *Microb. Ecol.* 43: 168-173.
- Williams PJ leB., Morris PJ & Karl DM (2004) Net community production and metabolic balance at the oligotrophic ocean site, station ALOHA. *Deep-Sea Res. I*, 51, 1563-1578.
- Wright RT & Coffin RB (1984) Measuring microzooplankton grazing on planktonic marine bacteria by its impact on bacterial production. *Microb Ecol* 10: 137-149.
- Young JR, Davis SA, Bown PR & Mann S (1999). Coccolith ultrastructure and biomineralisation. *J. Structural Biol.* 126: 195-215.
- Zohary T & Roberts RD (1998). Experimental study of microbial P limitation in the eastern Mediterranean. *Limnol. Oceanogr.*, 43: 387-395.

DOCUMENT N° 2

NOM DE LA CAMPAGNE : BOUM

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV - IRD
DESCRIPTIF DE LA CAMPAGNE

La circulation thermohaline générale (Fig. 3) est à l'origine de la grande variété de conditions oligotrophes observée dans le mer Méditerranée. La mission **BOUM** (**B**iochimie de l'**O**ligotrophie à l'**U**ltra-oligotrophie **M**éditerranéenne) sera focalisée sur une étude de deux transects Est-Ouest et Nord-Sud, et 3 stations « étude de processus » échantillonnées durant 5 jours (Fig. 4). Elles représentent un contexte unique pour comprendre à une échelle régionale, le lien entre les cycles biogéochimiques des éléments biogènes C,N,P,Si,Fe et la structure des communautés planctoniques d'environnements marins oligotrophes très contrastés. Les deux transects de stations type « biogéochimie descriptive », l'un de l'embouchure du Rhône au centre de la Méditerranée occidentale et l'autre de Gibraltar à l'Est du bassin Levantin, seront réalisés pour décrire de la surface jusqu'au fond les variables biogéochimiques essentielles en mer Méditerranée.



1- Stratégie générale :

La figure ci-dessous présente la localisation générale des stations qui seront échantillonnées au cours de la mission BOUM.

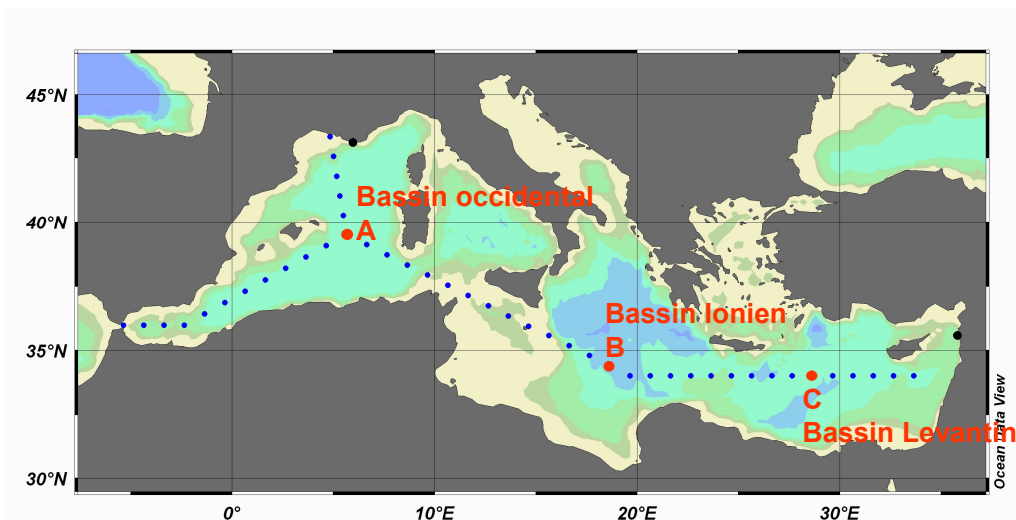


Fig. 4. Localisation générale des stations longues « étude de processus » en rouge et courtes « biogéochimie descriptive » en bleu qui seront échantillonnées au cours de la mission BOUM. A: station centrale dans le bassin occidental, B: station centrale dans le bassin Ionien, C: station centrale dans le bassin Levantin) et transects de stations courtes.

1-1 Stations de courte durée

Durant les transects, 42 stations de type « biogéochimie descriptive » de 3-h seront réalisées. Uniquement un profil CTD avec un échantillonnage de la surface vers le fond sera réalisé pour l'analyse 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). Des bouteilles à deux profondeurs choisies (couche de mélange et sommet des nutriclines) seront utilisées pour réaliser des incubations à bord en conditions contrôlées. La distance entre les stations de courtes durées est d'environ 60 milles nautiques, ce qui correspond à environ 5 heures de temps bateau.

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

- Profil 0-fond: 21 bouteilles Niskin (3 espaces bouteilles occupés : 1 OPC, 1 mini PVM, 1 ISUS Nitrate)

1-2 Stations de longue durée

Pour réussir notre étude de processus à chacune des 3 stations longues (1 centrale en mer Méditerranée occidentale, 1 centrale dans le bassin Ionien et 1 centrale dans le bassin Levantin), une localisation ainsi qu'une caractérisation hydrologique précises dans une zone à faible courant est nécessaire. Elles seront obtenues en utilisant toutes les méthodes actuellement disponibles. A chaque station, la succession des opérations sera la suivante :

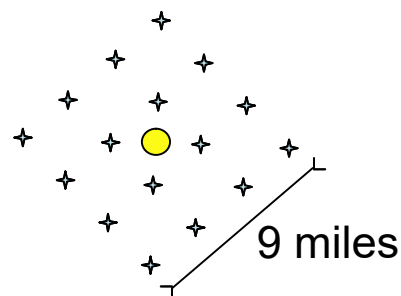
- 1) Prospection horizontale.

Nous allons considérer l'imagerie satellitale (Gilles Rougier de l'équipe d'Isabelle Taupier Letage) et les prévisions MERCATOR pour définir des zones où une prospection rapide (maximum 12h) sera réalisée. Le thermosalinographe et les données ADCP nous permettront de localiser les sites à faible advection potentielle.

- 2) Caractérisation physique et chimique de la zone d'étude.

Le contexte hydrologique/chimique de la zone d'étude sera appréhendé par l'exploration de 16 sous-stations dans un zone géographique de 9 milles² centré sur la position préalablement définie de la station de longue durée. Des profils CTD et d'oxygène, de fluorescence et de nitrate (ISUS) seront réalisés entre 0 et 500 m à chacune de ces stations occupées 30 minutes et séparées l'une de l'autre de 1 heure maximum de temps bateau. Aucun prélèvement à la rosette de bouteilles Niskin ne sera réalisé durant ce suivi.

Schéma ci-contre : détails concernant la grille de sous-stations et la position du mouillage (jaune) en début de station longue.



- 3) Etude de processus pendant 96-h

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

Durant cette période, les profils et prélèvements seront réalisés au départ au centre du maillage avant la mise à l'eau du mouillage (ligne de production plus pièges) et ensuite près du mouillage dérivant les jours suivants (stratégie lagrangienne). La séquence des opérations sera la suivante :

Pour un lever de soleil à 6:00

JOUR A

- 3:00-4:00 (3 h avant l'aube): profils CTD 0-200m et 0-500m et échantillonnage pour les mesures de production (0-200 m)
- 4:15-5:00 PVM (profileur vidéo marin), Filet
- 5:00 6:00 Mise à l'eau de la ligne de mouillage (ligne de production *in situ* (C,N,P,Si,ΔCO₂,ΔO₂) + O₂ Productivity Autosampler (O₂PA) + pièges dérivant à 3 profondeurs. + mise à l'eau du VMP5500 (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 seule profondeur pour les expériences en microcosmes
- 8:00-9:00 Pompes *in situ*
- 9:00-10:00 profil CTD 0-500m Physique + prélèvements de grands volumes d'eau à une seule profondeur pour les expériences en microcosmes + grappe optique
- 10:00-11:00 récupération du VMP5500
- 11:00-12:00 profil CTD 0-500m Physique + prélèvements de grands volumes d'eau à une seule profondeur pour les expériences en microcosmes
- 12:00-13:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 13:00-14:00 PVM + Filet
- 14:00-17:00 profil CTD 0-fond couplé avec l'HPSS (High Pressure Serial Sampler)
- 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

JOUR B

- 1:00:2:00 PVM + Filet
- 3:00-4:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 4:00-5:00 PVM + Filet + mise à l'eau du VMP5500
- 5:00-6:00 Récupération de la ligne de production *in situ* (Zodiac)
- 6:00-7:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 9:00-10:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 10:00-11:00 Récupération du VMP5500
- 12:00-13:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 13:00-14:00 PVM + Filet
- 15:00-16:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 18:00-19:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 21:00-22:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 24:00-1:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique

JOUR C

- 1:00:1:45 PVM + Filet
- 1:45-3:00 3 h avant l'aube): profils CTD 0-200m et 0-500m et échantillonnage pour les mesures de production (0-200 m)
- 3:00-4:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 4:00-5:00 PVM + Filet + mise à l'eau du VMP5500
- 5:00 6:00 Mise à l'eau de la ligne de production (Zodiac)
- 6:00-7:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 9:00-10:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 10:00-11:00 Récupération du VMP5500
- 12:00-13:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 13:00-14:00 PVM + Filet
- 15:00-16:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 18:00-19:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 21:00-22:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 24:00-1:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique

JOUR D

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

- 1:00:2:00 PVM + Filet
- 3:00-4:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 4:00-5:00 VM + Filet + mise à l'eau du VMP5500
- 5:00-6:00 Récupération de la ligne de production *in situ* (Zodiac)
- 6:00-7:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 9:00-10:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 10:00-11:00 Récupération du VMP5500 recovery
- 12:00:13:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 13:00-14:00 PVM + Filet
- 15:00-16:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 18:00-19:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 19:00-21:00 Récupération des pièges à sédiment et des lignes O₂PA
- 21:00-22:00 profil CTD 0-500m Physique+Cycle + grappe optique
- 22:00-1:00 profil CTD 0-fond couplé avec l'HPSS

JOUR E

- 1:00-4:00 Profil CTD 0-fond
- 4:00 Route vers une autre station

Remarque:

Cette stratégie génère 84h de profils CTD toutes les 6 heures (15 profils CTD) et 75h de profils CTD toutes les 3 heures (26 profils CTD)

Bouteilles (12 L) disponibles pour l'échantillonnage:

- profil CTD 0-500m Physique+Cycle: 17 bouteilles Niskin (7 espaces occupés : grappe optique 4, OPC 1, miniPVM 1, ISUS Nitrate 1)
- profil 0-fond avec l'HPSS (High Pressure Serial Sampler): 13 bouteilles Niskin (échantillonneur hyperbar 4*2=8, OPC 1, mini PVM 1, ISUS Nitrate 1)

4) 24h de caractérisation physique et chimique

Si malgré notre volonté de choisir des sites à faible advection potentielle, de grandes variations des propriétés physiques de l'eau sont observées durant les 4 à 5 jours de suivi, alors nous répéterons à la fin les mesures sur la grille de stations déjà réalisées au début.

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 jour avant l'arrivée sur site les images satellitales de SST et de couleur de la mer et les champs de courant Mercator pour déterminer la zone à étudier.
- En approchant du site, faire une courte prospection dans la région du site choisi et visualiser à bord les SST et SSS et les courants. Choisir le site.
- En arrivant sur le site: Effectuer une série de profils 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, NO₃ seront mesurées à 24 Hz et le profil vertical du courant horizontal déduit avec une résolution verticale de 2 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 inversion de densité, marques de l'activité turbulente.

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.

2- Déroulement général de la mission :

Durée totale: 35 jours

Période: Août-Septembre 2008

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

3- Calendrier journalier prévisionnel

| Day | location | Opérations |
|----------|------------------------|----------------------------------|
| J1 | | Embarquement |
| J2-J3 | | Transect 1 (5 stations courtes) |
| | | Localisation du site A |
| J4-J5 | Site A (1 passage) | 48 h étude de processus |
| J6-J7 | Du site A à Gibraltar | Transit |
| J8-J10 | De Gibraltar au site A | Transect 2 (11 stations courtes) |
| J11 | Site A (2 passage) | Grille d'échantillonnage |
| J12-J15 | Site A | 96 h étude de processus |
| J16-J19 | Du site A au site B | Transect 3 (12 stations courtes) |
| | | Localisation du site B |
| J20 | Site B | Grille d'échantillonnage |
| J21-J24 | Site B | 96 h étude de processus |
| J25-J26 | Du site B au site C | Transect 4 (9 stations courtes) |
| | | Localisation du site C |
| J27 | Site C | Grille d'échantillonnage |
| J28 –J31 | Site C | 96 h étude de processus |
| J32-J33 | | Transect 5 (5 stations courtes) |
| J34 | | Transit |
| J35 | | Débarquement |

| | |
|----------------------|----------------------------------|
| DOCUMENT N° 3 | NOM DE LA CAMPAGNE : BOUM |
|----------------------|----------------------------------|

MOYENS A METTRE EN OEUVRE

Navire support

Navire océanographique demandé : Le “**Pourquoi Pas?**” ou “**L’Atalante**”

Le navire « Pourquoi Pas ? » est demandé en première priorité en raison du grand nombre d’embarquants nécessaire pour atteindre l’ensemble des objectifs fixés (39 + 1 observateur). La campagne BOUM est multidisciplinaire et requiert un grand espace de travail en laboratoire pour que l’ensemble des traitements et analyses à bord puisse être réalisé.

L’Atalante pourrait le cas échéant servir de navire support au prix d’un allègement substantiel des manipulations prévues à bord.

Équipements fixes mis en œuvre par GENAVIR, par l’IPEV ou par l’IRD

Tous les équipements de base pour le travail hydrologique, ADCP (75 KHz, 300 KHz), portique latéral (rosette, PVM, 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.

Équipements mobiles mis en œuvre par GENAVIR, par l’IPEV, par l’IRD ou les parcs nationaux (INSU)

| Équipement DT INSU | quantité |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| CTDOD SBE 911+ rosette 24 + 24 bouteilles | 1 |
| (avec l’équipement special pour le mini PVM) | |
| Fluorimètre | 1 |
| Transmissiomètre | 1 |
| PAR surface et <i>in situ</i> | 1 |
| pinger | 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) | 1 |
| Système eau Milli Q | 1 |
| Compteur à scintillation Packard | 1 |
| | |
| Équipement IFREMER | quantité |
| Container pour l’utilisation des radio-isotopes (¹⁴ C, ³² Si, ³³ P, ³ H) | 2 |

Matériel propre de l’équipe demandeuse

| | |
|---------------------------------------------------------|-------------------------------------|
| ISUS Nitrate | Université Dalhousie/Satlantic Inc. |
| Spectromètre de masse | LOB |
| Cytomètre en flux (FACS Aria) Tri cellulaire | LOBB |
| Cytomètre en flux (FACS Calibur) | LOBB |
| APO (Oxygen Productivity Auto Sampler) | LMGEM |
| Autoanalyseur Bran&Luebbe (analyseur de sels nutritifs) | LOBB |
| CHN LECO 900 | LOV |
| OPC laser (Optical Particule Counter) | LOB |
| TCO2/TA système d’analyse potentiométrique | Université de Perpignan |
| pCO2 système d’analyse | Université de Perpignan |
| Radiomètre TRIOS (350 nm à 850 nm) | ELICO |
| Radiomètre TRIOS (350 nm à 900 nm pas 3 nm) | ELICO |
| Grappe optique Wetlabs monté sur un cadre spécifique | ELICO |
| PVM (Profileur Vidéo Marin) | LOV |
| Filets à plancton et nanoplancton | LOV, LOB, SBR |
| Zooscan | LOV |

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

| | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------|
| HPLC | Woods Hole Oceanographic Institution |
| Fluorimètre et phyto-PAM | SBR |
| Fluorimètre (Fast Repetition Rate fluorometer) | Oregon State University USA |
| Four à hybridation | IRD, SBR, LMGEM |
| Microscopes inverses à épifluorescence | LOB, ELICO |
| Microscopes à épifluorescence droits | LMGEM, LOBB, SBR |
| PCR | LMGEM, IRD, SBR |
| Matériel pour Cultures cellulaires | LMGEM, LOBB, SBR |
| Electrophorèse | IRD, LOBB, LOV |
| Analyseur à flux d'injection pour détermination du Fer dissous à bord. | LOV |
| 8 bouteilles GoFlo pour prélèvements ultra-propres | LOV |
| Pompe Téflon pour échantillonnage surface | LOV |
| Cytomètre en flux (virus) | LOV |
| analyseur TOC-V | LOBB |
| Compteur à scintillation (au laboratoire) | LOB, LMGEM, LOBB |
| Spectrophotomètre Spectronic 401 | LOB |
| Autoanalyseur (sels nutritifs) | LOB |
| 1 Spectrofluorimètre Kontron SFM 25 | LMGEM |
| 2 générateurs de pression pilotés (PGG) | LMGEM |
| 1 échantillonneur hyperbare monté sur rosette avec 10 bouteilles de prélèvement indépendantes | LMGEM |
| 2 armoires de culture pour phytoplancton | SBR |
| 4 containers en aluminium pour incubations à températures contrôlées | LMGEM |
| 2 centrifugeuses | LOB, SBR |
| 1 micro-centrifugeuse | LMGEM |
| Compteur optique de particules (du laboratoire) | LOB |
| Système de production d'azote liquide + containers | SBR |

LOB : Laboratoire d'Océanographie et de Biogéochimie

LMGEM : Laboratoire de Microbiologie Géochimie et Ecologie Marines

LOBB : Laboratoire d'Océanographie Biologique de Banyuls

LOV : Laboratoire d'Océanographie de Villefranche

ELICO : Ecosystèmes Littoraux et Côtiers, Wimereux

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

SBR : Station biologique de Roscoff

Containers laboratoires fournis par des laboratoires français : **Container** station biologique Roscoff

Besoins en équipements ou matériels complémentaires

Équipements mi-lourds demandés : Les équipements nécessaires à la campagne océanographique BOUM demandés en 2006 et actuellement acquis sont le laser OPC (demande F. Carlotti), la série des 6 APO (Oxygen Productivity Auto Sampler (demande D. Lefevre), le CHN LECO 900 (demande A. Sciandra).

L'analyseur de nitrate ISUS est prêté par la société Satlantic (M. Lewis). Le projet BOUM soutient la demande conjointe de deux entrants au CNRS, Karine Leblanc et Tsunéo Tanaka, concernant l'acquisition d'un spectrofluorimètre UV SHIMADZU (24 000 € HT), et celle de Gaby Gorsky concernant la finalisation de la construction du miniPVM adaptable sur la rosette (38 920 € HT).

Matériel fourni par des organismes extérieurs :

ISUS Nitrate : Université de Dalhousie/Satlantic Inc. CANADA

HPLC : Woods Hole Oceanographic Institution USA

Custom-built bench-top fast repetition rate fluorometer (FRRf) Oregon State University USA.

| | |
|----------------------|----------------------------------|
| DOCUMENT N° 4 | NOM DE LA CAMPAGNE : BOUM |
|----------------------|----------------------------------|

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 | 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 VMP5500 | 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 | |
| Eclairement descendant | Radiomètre TRIOS (350 - 850 nm pas 3 nm) | X | |
| Luminance et éclairage ascendant | Radiomètre TRIOS (350 nm à 900 nm pas 3 nm) monté sur un cadre spécifique | X | |
| Rétrodiffusion, Atténuation, Fluorescence. | Grappe optique Wetlabs (Loisel & Stramski, 2000) | X | |
| Fo, Fm, Fv/Fm, σ PSII, τ PSII, τ PQ Courbes P vs I basées sur la fluorescence | Fluoromètre à fluorescence variable de pailleasse (FRRf), (Behrenfeld et al, 2004). | X | |

BIOGEOCHIMIE (stocks)

| Variable | Méthode et/ou appareil de mesure et/ou référence | A bord | A terre |
|----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------|---------|
| Nitrate, nitrite, phosphate, acide orthosilicique | Spectrophotométrie visible (Treguer & Le Corre 1975) | X | |
| Nitrite, nitrate (dosages sensibles) | Spectrophotométrie visible (Raimbault et al 1990) | X | |
| Phosphate, acide orthosilicique (dosages sensibles) | MAGIC + spectrophotométrie visible (Rimmelin & Moutin, 2005, Rimmelin-Maury et al, soumis) | X | |
| Nitrate (ISUS <i>in situ</i>) | Spectrophotométrie UV (Johnson & Coletti, 2002) | X | |
| Ammonium | Fluorescence | X | |
| Concentration en fer dissous | Chémoluminescence (Sarhou & Jeandel, 2001) | X | |
| TCO ₂ , Alcalinité, Carbone anthropogénique | Potentiométrie (DOE 1994, Touratier & Goyet 2004) | X | |
| Concentration en oxygène dissous | Winkler, capteur SBE43 | X | |
| Matière Organique Dissoute: DON, DOP | Spectrophotométrie visible après digestion (Pujo-pay & Raimbault, 1994) | X | |
| Carbone organique total (TOC) | Oxidation catalytique à haute température (HTCO) (Cauwet 1994) | X | X |
| Matière particulaire : Carbone (POC) Azote (PON), Phosphate (POP) | CHN Spectrophotométrie visible après filtration et digestion (Pujo Pay & Raimbault, 1994) | Filtration, séchage X | X |
| Silice (BSi & LSi) | Spectrophotométrie visible après filtration et digestion (Nelson et al, 1989) | 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 |
| Acides aminés dissous (libres et combinés) | Chromatographie liquide haute performance (Delmas et al, 1990) | Congélation | X |
| Lipides dissous et particulaires | Analyseur Iatroscan : chromatographie sur couche mince / détection à ionisation de flamme (TLC/FID), (Striby et al 1999). | Congélation | X |

BIOGEOCHIMIE (flux)

| Variable | Méthode et/ou appareil de mesure et/ou référence | A bord | A terre |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------|---------|
| Production primaire totale (particulaire et dissoute) | Incorporation d'isotopes RA (¹⁴ C), (Moutin & Raimbault 2002, Maranon et al, 2005) | X | |
| Assimilation de N minéral et production primaire | Spectrométrie de masse, Double marquage ¹³ C/ ¹⁵ N, (Fernandez & Raimbault, sous presse) | Incubation, filtration | Analyse |
| Fixation de N ₂ atmosphérique | Spectrométrie de masse, assimilation ¹⁵ N-N ₂ , (Montoya et al, 1996) | Incubation, filtration | Analyse |
| Régénération d'ammonium, nitrification, excrétion d'azote organique dissous | Spectrométrie de masse, marquage ¹⁵ N (Slawyk & Raimbault, 1995) | Incubation, filtration | Analyse |
| Assimilation de Phosphate (affinité, vitesses maximums, temps de turnover) -par fraction de taille | Incorporation d'isotopes RA, ³³ P-H ₃ PO ₄ (Thingstad et al, 1993, Moutin et al, 2002) | X | |

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------|---|
| -par groupe d'espèces dominantes | Couplage avec le tri cellulaire (Servais et al, 2003) et MICRO-FISH | X | X |
| -dans les phospholipides (Taux de croissance de groupes spécifiques) | Couplage avec HPLC, (Van Mooy, 2003) | | X |
| Assimilation d'acide orthosilicique | Incorporation d'isotopes RA, ³² Si-Si(OH) ₄ , (Strickland & Parson, 1972). | X | |
| Flux de silicification à l'échelle cellulaire | Marquage par sonde fluorescente (PDMPO) et incorporation de radioisotope (³² Si) (Leblanc & Hutchins, 2005) | Incubation, fixation | X |
| Production communautaire brute (GCP), nette (NCP) et respiration communautaire (DCR) | Variations de concentrations en oxygène et TCO ₂ sur 24h en flaconnage (Williams & Jenkinson 1982, Goyet & Hacker 1992) Optodes immergées et O ₂ PA : auto-échantillonneur <i>in situ</i> (Langdon et al 1995) | X X | |
| Incorporation spécifique de molécules organiques par des groupes phylogénétiques spécifiques de procaryotes | Hybridation <i>in situ</i> couplée à la microautoradiographie (MICRO-FISH) (Cottrell & Kirchman, 2000) | Incubation, fix formol, congélation | X |
| Activités ectoenzymatiques (lipase, protease, aminopeptidase, phosphatase) | Mesure en spectrofluorimétrie de l'hydrolyse de substrats fluorogènes -MUF- et - MCA (Van Wambeke et al, 2002) | X | |
| Activité lipase | Incorporation d'isotopes RA, Production d'acides gras à partir de ³ H-trioléine (Bourguet et al, 2003) | 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 bactérienne hétérotrophe | Incorporation d'isotopes RA, Incorporation de ³ H-leucine dans les protéines (Smith & Azam, 2002) | X | |
| Temps de turnover des acides aminés | Incorporation d'isotopes RA, assimilation de ³ H-acides aminés | X | |
| Flux de matières sédimentant Flux de masse, C,N,P,LSi,BSi,Ca,COP,Al,Fe. | Pièges dérivants | Récolte, tri | X |

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 |
| Diversité spécifique des diazotrophes | Comparaison des gènes nifH (Zehr et al, 2001) | Fix. azote liquide | X |
| Abondance des diazotrophes | Hybridation par sondes phylogénétique spécifique (TSA-FISH), (Biegala et al, 2003) | Fix. azote liquide | X |
| Diversité des cyanobactéries | Marqueurs de gènes de fonctions (recA, ftsZ, rbcL) et PCR en temps réel (Holzendorff et al, 2002) | Fix. azote liquide | |
| Abondance/diversité des diatomées | Détermination taxonomique (microscopie inversée) | Fix. lugol | X |
| Diversité des coccolithophores | Librairies de clone LSU rDNA, amplification PCR, (De Vargas et al, 2004). | Fix. azote liquide | X |
| Abondance des coccolithophores | COD-FISH (Frada et al, 2006) | | X |
| Morphologie des Coccolithophore | Microscopie optique polarisée, microscopie à balayage | | X |
| Masse des coccolithes | SYRACO (Beaufort, 2005) | | X |
| Abondance et biomasses du picoplankton : (cyanobactéries, bactéries hétérotrophes, picoeucaryotes) | Cytométrie en flux | Fix. azote liquide | X |
| Abondance de groupes phylogénétiques d'eucaryotes : Prasinophyceae, stramenopiles photosynthétiques, Prymnesiophyceae, Alveolates group I and II | Hybridation <i>in situ</i> par sondes fluorescentes spécifiques (FISH) (Biegala et al, 2003) | Congélation | X |
| Diversité phylogénétique des procaryotes hétérotrophes | FISH (Bacteria Archaea), SSCP, clonage, séquençage | Congélation, fix. azote liquide | X |
| Abondance des bactéries aérobies anoxygéniques photosynthétiques (AAnPB) | Cytométrie en flux, microscopie à épifluorescence et analyse d'images, PCR quantitative (Schwalbach & Fuhrman, 2005) | Congélation, fix. azote liquide | X |
| Diversité des bactéries aérobies anoxygéniques photosynthétiques (AAnPB) | Clonage et séquençage du gène pufM (Oz et al, 2005) | Fix. azote liquide | X |
| Diversité des virus | Electrophorèses et DGGE (Wommack et al, 1999 Short & Suttle 2000) | Fix. azote liquide | X |
| Microzooplancton : -Abondance, biomasse et diversité | Microscopie inversée et épifluorescence (Karayanni et al, 2004) | Fix. Lugol/formol | X |
| -Diversité des tintinnidés | Détermination taxonomique (microscopie inversée) (Dolan, 2000) | Fix. Lugol/formol | X |
| -Taux de croissance | Croissance en sacs à dialyse (Verity, 1986) | Incubations, fix. Lugol/formol | X |
| - Taux de broutage et sélection des proies | Ingestion de proies fluorescentes (Karayanni et al 2005) | Incubations, fix. lugol/formol | X |
| Abondance et biomasses du zooplancton | OPC: compteur optique de plancton, comptages microscopiques, poids sec | Fix. formol, congélation | X |

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------|
| Métabolisme du zooplancton : -production de pelotes fécales - respiration - excretion - ingestion - taux de production d'oeufs | incubations, microscopie incubations, consommation O ₂ , production de CO ₂ incubations : productions de NH ₄ et de PO ₄ contenu stomacal en chlorophylle incubations, microscopie (Bonnet & Carlotti, 2001) | X X X fix. azote liquide X | 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 | |
| Activité des procaryotes en milieu profond | High Pressure Serial Sampler (Tamburini et al, 2003) | incubation, fix formol, congélation | X |
| Dégradation des particules en cours de chute | Simulateur de chute de particules (Tamburini et al, 2006) | incubation, fix formol, congélation | X |

Références bibliographiques des méthodes (hors communauté BOUM)

- Cauwet G. (1994). HTCO method for dissolved organic carbon analysis in seawater: influence of catalyst on blank estimation. *Mar. Chem.*, 47:55-64.
- 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.
- 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 (¹³C/¹²C and ¹⁵N/¹⁴N) 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 O₂ production, dark O₂ respiration, and ¹⁴C 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, Sabelhi G, Koblizek 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.
- 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.
- Schwalbach 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.
- 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.
- 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
- 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.
- 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.

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD
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 L. Prieur 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. Les correspondants « base de données » sont Louis Prieur et Claudie Marec pour les données d'hydrologie, France Van Wambeke pour les données de « biologie » et Cécile Guieu pour les données de « biogéochimie ». Les données correspondant aux paramètres "SESAME" seront également archivées dans la base de données SESAME sous le format MEDATLAS. L'ensemble des opérations sera sous la responsabilité de T. Moutin. Les aspects techniques de la mise en place des données seront réalisés par Marie Paule Torre qui a en charge la base de données CYBER et qui gèrera la relation avec la base de données SESAME.

Diffusion des données

L'accès restreint concerne dans un premier temps la communauté BOUM et la communauté SESAME pour les paramètres SESAME. 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 | Echéanciers | | |
|-------------------------------|------------------------------|-----------------------------------------------------------|--------------------------------------------|
| | Périodes acquisition données | Date limite de mise à disposition sur la base de fichiers | Date limite de mise dans le domaine public |
| Mesures et analyses à bord | Août-Sept 2008 | Sept 2009 | Sept 2010 |
| Mesure labo post camp. Pièges | Mars 2009 | Mars 2010 | Mars 2010 |

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 « PROOF » sera informé au cas par cas de ces exceptions et de leur justification si elles se présentent.

Publications

- 2009 Rapport de campagne et publications dans différentes revues scientifiques.
- 2010 Publications dans un numéro spécial.

| | |
|----------------------|----------------------------------|
| DOCUMENT N° 5 | NOM DE LA CAMPAGNE : BOUM |
|----------------------|----------------------------------|

EQUIPE SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUE

1 - Equipe demandeuse

Chef de projet : Thierry MOUTIN (LOB, Marseille)

Chef(s) de mission : Thierry MOUTIN et France Van Wambeke (LMGEM, Marseille)

Equipe embarquée : 39 embarquants plus un éventuel observateur

| Nom Prénom | Institut Laboratoire | Spécialité | Responsabilité et rôle à bord et à terre (données, analyses ...) |
|---------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| BIEGALA / Doctorant BM fixation N ₂ | IRD | CR Biol. (fixateur d'azote) | Diversité et abondance des diazotrophes |
| CARLOTTI | LOB | DR Biol. (Macro- zooplancton) | OPC laser, Métabolisme du zooplancton |
| BOURUET-AUBERTOT | LOCEAN | MCF Phys. (Micro- turbulence) | ADCP, VMP5500 |
| CATALA | LOBB | AI Biol. Cytométrie (Pico Hét) | Echantillonnage pour la cytométrie et tri cellulaire |
| CHRISTAKI | ELICO | Pr Biol. (Micro- zooplancton) | Diversité, abondance et caractéristiques physiologiques du micro-zooplancton. |
| COURTIES | LOBB | IR Cytométrie (Pico aut.) | Echantillonnage pour la cytométrie et tri cellulaire |
| DE VARGAS | SB-Roscoff | CR Biol. Coccolithophores | Diversité et abondance des coccolithophores |
| FUDA | COM | Phys.-Instrument | CTD, ADCP, analyse SST pré-positionnement |
| GARCZAREK | SB-Roscoff | CR Biol. Cyanobactéries | Marqueurs moléculaires de l'adaptation physiologique des cyano. |
| GOYET | Univ-Perpignan | Pr Chimie CO ₂ anthropo. | TCO ₂ , Alcalinité, CO ₂ anthropique |
| GUIEU | LOV/LOB | CR/Pr. Biogéoch. Fer | Fer dissous, poussières atmosphériques |
| GUIGUE | LMGEM | AI Biogéoch. MO | Echantillonnage, préparation pour les analyses d'acides aminés, de lipides |
| JEANTHON | SB-Roscoff | Dr. Biol. Bactéries AAnP | Diversité et abondance des AAnPB |
| LEBLANC | LOB | CR Biogéoch. Si cycle | Silicium, BSi, LSi, marquage fluorescent PDMPO |
| LEBLOND | LOV | IE Biogéoch. Pièges à séd. | Echantillonnage, préparation pour les analyses des pièges dérivants |
| LEFEVRE | LMGEM | CR Biogéoch. $\Delta O_2/\Delta CO_2$ | O ₂ , TCO ₂ pour les bilans de production (NCP, GCP, R) O ₂ PA |
| LOISEL | ELICO | MCF Optique marine | Grappe optique Wetlab et radiomètres TRIOS |
| MAREC | INSU | IE Instrumentation | CTD, ISUS nitrate, mouillage |
| MOUTIN | LOB | MCF Biogéoch. cycles C,P | Chef de mission |
| ORIOLE | LOBB | AI Biogéoch. El. Nutritifs | Analyses d'éléments nutritifs à l'autoanalyseur |
| PICHERAL / GORSKY | LOV | IE Biogéoch. PVM | PVM, filets |
| PRIEUR | LOV | DR Phys. | Responsable Physique |
| PUJO PAY | LOBB | CR Biogéoch. (MO, SN) | Responsable analyses d'éléments nutritifs à l'autoanalyseur + MOP et MOD (TOC, DOC, TON, DON) |
| RAIMBAULT | LOB | DR Biogéoch. Cycles C,N | Fixation d'azote et flux d'assimilation et de régénération d'azote Isotopes naturels ¹³ C/ ¹⁵ N |

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

| | | | |
|---------------------------------------|--------------|------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|
| | | | Dosages nanomolaires NO ₃ ⁻ et NO ₂ ⁻ |
| Post Doctorant / RIDAME | LOCEAN-Paris | MCF Biogéoch. Fixation N ₂ | Expériences en microcosmes : contrôle de la fixation d'azote |
| BARTHAUX | LOB | AI chimie et biologie | Dosages sensibles phosphate et silicium, TOP, POP, échantillonnage diversité micro-phytoplancton) |
| TAMBURINI | LMGEM | CR Biogéoch. Min. profonde | HPSS et simulateur de chute de particules |
| TANAKA | LOB | CR Biogéoch. Micro-zoo P | Expériences en microcosmes : apport impulsif d'éléments nutritifs |
| STEEMANN | LOV | MCF/Macro-zoo (processus) | Métabolisme du zooplancton |
| VAN WAMBEKE | LMGEM | DR Biogéoch. Bact., cycles C-P | Chef de mission |
| WEINBAUER | LOV | CR Biol. Virus | Diversité et abondance des virus |
| Doctorant (Physique turbulence) | LOCEAN/LOV | Phys. Micro-échelle | Echantillonnage, travail de laboratoire |
| Doctorant (Production cycles N-C) | LOB | Biogéoch. | Echantillonnage, travail de laboratoire |
| Doctorant (Production cycles P-C) | LOB/LOBB | Biogéoch. | Echantillonnage, travail de laboratoire |
| Doctorant (Minéralisation) | LMGEM | Biogéoch. | Echantillonnage, travail de laboratoire |
| Collaborations internationales | | | |
| BERHENFELD | Etats-Unis | Chercheur Optique marine | Fo, Fm, Fv/Fm, σPSII, τPSII, τPQ Courbes P vs I basées sur la fluorescence |
| MARANON | Espagne | Chercheur Biogéoch. COD | Production primaire particulaire et dissoute |
| PSARRA | Grèce | Chercheur Biogéoch. PPrim | Production primaire <i>in situ</i> et échantillonnage pour pigments |
| VAN MOOY | Etats-Unis | Chercheur Biogéoch. Cycle P | HPLC, phospholipides |

Equipe à terre

| Nom Prénom | Institut Laboratoire | Spécialité | Responsabilité et rôle | Temps consacré (Equivalent temps plein) |
|--------------|----------------------|--------------------------|-----------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------|
| BAKLOUTI | LOB | MCF Modélisation | Responsable Modélisation | 35 % |
| BLAIN | LOB | Pr Chimie | Chimie du fer, expert | 10 % |
| DEVENON | IFREMER | Pr Phys. | Expert physique | 5 % |
| DIAZ | LOB | MCF Modélisation | Modélisation | 20 % |
| DOLAN | LOV | DR Biodiv. Herbivores | Diversité et abondance des tintinnides | 20 % |
| GORSKY | LOV | DR Zooplancton | Zooplancton, flux de carbone, PVM | 25 % |
| GOUTX | LMGEM | DR Biol. (Lipides) | Responsable des analyses d'acides aminés et de lipides | 10 % |
| GUILLOU | SB-Roscoff | CR Biol. Picoplancton | Diversité des pico eucaryotes (FISH) | 20 % |
| LEBARON | LOBB | Pr Biol. Hétérotrophes | Expert microbiologie et diversité | 5 % |
| LEGENDRE | LOV | Pr Biogéoch. cycle C | Expert Cycle du carbone | 5 % |
| OBERNOSTERER | LOBB | CR Biogéoch. Bactéries | Diversité phylogénétique de cellules triées par FISH et analyse moléculaire | 5 % |
| QUEGUINER | LOB | Pr Biogéoch. Cycles C,Si | Cycle du silicium | 25 % |
| RAS | LOV | IE Pigments HPLC | Analyses des pigments par HPLC | 10 % |

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

| | | | | |
|---------------------------------------|------------|---------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------|
| RIMMELIN | LOB | IE Chimie | Dosages sensibles des éléments nutritifs | 25 % |
| ROUGIER | LOB | IE Instrumentation | Imagerie satellitale | 20 % |
| ROY BARMAN | LSCE-Paris | CR Biogéoch. Traceurs géoch. | Analyses de traceurs géochimiques | |
| THIBAUT-BOTHA | LOB | MC Zooplancton | Physiologie du zooplancton | 25 % |
| VAULOT | SB-Roscoff | DR Biol. Picoplancton | Expert picoplancton | 5 % |
| Doctorant (Modélisation) | LOB | Biogéoch. | Modélisation biogéochimique | 100 % |
| Collaborations internationales | | | | |
| HELDAL | Norvège | Chercheur | Spectroscopie par fluorescence aux rayons X pour mesurer la composition élémentaire de la matière particulaire marine. | 10 % |
| LEWIS | Etats-Unis | Chercheur Phys. et opt. marines | Responsable des données ISUS nitrate et expert calcul Kz | 5 % |
| NEDOMA | Tchéquie | Chercheur | Expert pour les mesures d'activités spécifiques grâce à l'utilisation de sondes fluorescentes et traitements par analyses d'image | 25 % |
| THINGSTAD | Norvège | Pr Biogéoch. & Modélisation | Modélisation, Expert. | 10 % |

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 |
|-------------------|----------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| MINOS | 1996 | Marec, Moutin, Psarra, Raimbault (chef de mission) |
| ELISA | 1998 | Diaz, Garcia, Moutin |
| MOGLI | 1998 | Christaki, Diaz, Garcia, Gaudy, Moutin, Raimbault (chef de mission), Van Wambeke |
| AMISTAD | 1999 | Jeanthon |
| PROSOPE | 1999 | Moutin, Van Wambeke |
| ANTARES | 1999 | Denis, Lefevre, Quéguiner |
| TRANSMED | 1999 | Christaki, Psarra, Van Wambeke |
| POMME | 2000-2001 | Blain, Christaki, Garcia, Guigue, Goutx, Lefevre, Marec, Moutin, Prieur, Raimbault, Rimmelin, Van Wambeke |
| MEDFLUX (NSF) | 2003,2005,2006 | Guigue, Goutx, Tamburini |
| DYNAPROC 2 | 2004 | Guigue, Goutx, Lefevre, Nedoma, Prieur, Pujo-PayVan Wambeke |
| KEOPS | 2004 | Blain, Garcia, Lefevre, Guigue, Queguiner (chef de mission) |
| BIOSOPE | 2004 | Blain, Garczarek, Guieu, Marec, Moutin, Raimbault, Rimmelin, Van Wambeke, Van Mooy |

2 - Références scientifiques de l'équipe demandeuse

(Pour les campagnes réalisées au maximum dans les 10 dernières années par des participants ayant été chef de projet ou chef de mission joindre en annexe une fiche "Valorisation des résultats des campagnes océanographiques antérieures" pour chacune des campagnes concernées)

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES DE LA COMMUNAUTE BOUM

A partir de 2002 :

- Ait-Ameur N. & C Goyet C (2006). Distribution and Transport of Natural and Anthropogenic CO₂ in the Gulf of Cadiz. *Deep Sea Research Part II*, 53: 1329-1343.
- Agis M, Granda A & Dolan JR (2007). A cautionary note: examples of possible microbial community dynamics in dilution grazing experiments. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, in press.
- Arraes-Mescoff R, Roy-Barman M, Coppola L, Tachikawa K, Souhaut M, Sempéré R, Yoro S & Jeandel C (2001). The behavior of Al, Mn, Ba, Sr, REE and Th isotopes during *in vitro* degradation of large marine particles. *Marine Chemistry*, 73, 1-19
- Arrieta J-M, Weinbauer MG, Lute C & Herndl GJ (2004). Rapid response of bacterioplankton to iron fertilization in the Southern Ocean. *Limnol. Oceanogr.* 49: 799-808
- Beaufort L & Dollfus D. (2004). Automatic recognition of coccolith by dynamical neural network. *Marine Micropaleontology*, 51/1-2: 57-73.
- Beaufort L, 2005. Weight estimates of coccoliths using the optical properties (birefringence) of calcite. *Micropaleontology*, 51(4): 289-298.
- Baklouti M, Diaz ., Pinazo C, Faure, V & Quéguiner B (2006a). Investigation of mechanistic formulations depicting phytoplankton dynamics for models of marine pelagic ecosystems and description of a new model. *Progress in Oceanography* 71:1-33
- Baklouti M, Faure V, Pawlowski L & Sciandra A (2006b). 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.
- Ben Hamadou R, Ibanez F, Picheral M, Gorsky G (2005). Identification of water columns boundaries. An application of the Walsh transform algorithm. *Ecological Modelling*. 182, 11-24.
- Behrenfeld MJ, Worthington K, Sherrell RM, Chavez FP, Strutton P, McPhaden M & Shea DM (2006). Controls on tropical Pacific Ocean productivity revealed through nutrient stress diagnostics. *Nature*, 442, 1025-1028.
- Behrenfeld MJ, Boss E, Siegel DA & Shea DM (2005). Carbon-based ocean productivity and phytoplankton physiology from space. *Global Biogeochem. Cycles*, 19, GB1006, doi:10.1029/2004GB002299 (also cited as Editor's Choice in *Science* 307: 646)
- Behrenfeld MJ, Prasil O, Babin M & Bruyant F (2004). In search of a physiological basis for covariations in light-limited and light-saturated photosynthesis. *J. Phycology*. 40:4-25.
- Behrenfeld MJ & Boss E (2003). The beam attenuation to chlorophyll ratio: an optical index of phytoplankton photoacclimation in the surface ocean? *Deep Sea Research*. 50:1537-1549.
- Behrenfeld MJ, Esaias WE & Turpie K. (2002). Assessment of primary production at the global scale. In: [P.J. Williams, D.N. Thomas & C.S. Reynolds, eds] *Phytoplankton Productivity: Carbon Assimilation in Marine and Freshwater Ecosystems*. Blackwell. pp 156-186.
- Behrenfeld MJ, Marañón E, Siegel DA & Hooker SB (2002). A photoacclimation and nutrient based model of light-saturated photosynthesis for quantifying oceanic primary production. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 228: 103-117.
- Bettarel Y, Sime-Ngando T, Amblard C, Dolan JR. (2004). Viral activity in two contrasting lake ecosystems. *Applied and Environmental Microbiology*, 70: 2941-2951.
- Betterel Y, Dolan J., Hornak M, Lemée R, Masin K, Pedrotti M.-L, Rochelle-Newall E, Simek K & Sime-Ngando T. Hot, cold and missing links in a planktonic microbial community. *FEMS Microbiology Ecology*, 42:451-462.
- Biegala I, Not F, Vaultot D & Simon N (2003). Quantitative assessment of picoplankton in natural environment using taxon specific oligonucleotide probes in association with TSA-FISH (Tyramide Signal Amplification - Fluorescent *In Situ* Hybridization) and flow cytometry. *Applied and Environmental Microbiology*, 69, 5519-5529.
- Blain S, Guieu C, Claustre H, Leblanc K, Moutin T, Quéguiner B, Ras J & Sarthou G (2004). Availability of iron and major nutrients for phytoplankton in the north-east Atlantic Ocean. *Limnol. Oceanogr.* 49: 2095-2104.
- Bonnet S, Guieu C (soumis) Atmospheric Forcing on the Annual Iron Cycle in the Mediterranean Sea. A one-year Survey. 2006, *Journal of Geophysical Research*, en revision
- Bonnet S, Guieu C, Chiaverini J, Ras J & Stock A (2005). Impact of atmospheric inputs on the autotrophic communities in a low nutrient low chlorophyll system. *Limnology and Oceanography*, 50(6). 1810:1819.
- Bonnet S & Guieu C (2004). Dissolution of atmospheric iron in seawater. *Geophysical Research letters*, vol 31, N°3, L03303, 10.1029/2003GL018423.
- Borch NH, Déliat G, Pujo-Pay M & Stedmon C (2004). Fate of DOM in coastal waters. pp 43-50, In *Dissolved Organic Matter (DOM) in aquatic ecosystems: A study of European Catchments and coastal waters*. Sondergaard M & Thomas DN eds
- Bourguet N, Torretón J, Arondel O, Galy O & Goutx M. (2003). Specific and sensitive radiometric assay for measurement of real microbial lipase activities in marine water samples. *Applied Environmental Microbiology* 69: 7395-7400.
- Bourguet N, Ghiglione J-F, Pujo-Pay M, Mevel G, Momzikoff A, Guigue C, Fuda J-L, Garcia N, Raimbault P, Pete R, Lefèvre D & Goutx M. (soumis). Relationship between organic matter composition and bacterial dynamics during mesotrophic and oligotrophic conditions in the NW Mediterranean Sea, *Aquatic Microbial Ecology*.
- Bouruet-Aubertot P, Mercier H, Gaillard F, Lherminier P, (2005). Evidence of strong inertia-gravity wave activity during the POMME experiment » *J. Geophysical Research*, 110, doi: 10.1029/2004JC002747
- Bouruet-Aubertot P, Sommeria J, Le Cann B, Koudella C (2004). Intermittency of vertical density gradients at finescale and link with mixing processes", *Deep Sea Research II*, 51, 2919-2941
- Bruyant F, Babin M, Genty B, Prasil O, Behrenfeld MJ, Claustre H, Bricaud A, Holtzendorff J, Koblizek M, Garczarek L & Partensky F (2005). Diel variations in the photosynthetic parameters of *Prochlorococcus* strain PCC 9511: combined effects of light and cell cycle. *Limnol. Oceanogr.* 50(3): 850-863
- Caradec S, Grossi V, Gilbert F, Guigue C & Goutx M (2004). Influence of redox conditions (oxic, redox oscillation, anoxic) on the degradation of microalgal triglycerides and fatty acids in marine sediments. *Organic Geochemistry*, 35, 277 – 287.
- Christaki U & Van Wambeke F (1995). Simulated phytoplankton bloom input in top-down manipulated microcosms: Comparative effect of zooflagellates, ciliates and copepods. *Aquatic Microbial Ecology*, 9:137-147
- Christaki U, Van Wambeke F & Bianchi M (2004). Heterotrophic bacterial growth and substrate utilization in the oligotrophic Eastern Mediterranean (Aegean Sea). *Mediterranean Marine Science*, 4(1):23-39.
- Christaki U, Vaquez-Dominguez E, Courties C & Lebaron P (2005). Grazing impact of different heterotrophic nanoflagellates on eukaryotic (*Ostreococcus tauri*) and prokaryotic picoautotrophs (*Prochlorococcus* and *Synechococcus*). *Environmental Microbiology*;7:1200-1210.
- Claustre H., Babin, M., Merien, D., Ras, J., Prieur, L., Dallot, S., Prasil, O., Dousova, H. and T. Moutin (2005). Towards a taxon-specific parameterization of bio-optical models of primary production a case study in the North Atlantic. *Journal of Geophysical Research*, 110, (C07S12, doi:10.1029/2004JC002634).
- Claustre H., Morel A., Hooker SB, Babin M, Antoine D, Oubelkheir K, Bricaud A, Leblanc K, Quéguiner B & Maritorea S. (2002). Is desert dust making oligotrophic waters greener? *Geophysical Research Letters*, 29 (10), 10.1029/2001GL014056.

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

- Conan P, Søndergaard M, Kragh T, Thingstad F, Pujo-Pay M, Williams P J LeB, Markager S, Cauwet G, Borch NH, Evans D & Riemann B (2006). Partitioning of organic production in marine plankton communities: The effects of inorganic nutrient ratios and community composition on new dissolved organic matter. *Limnol. Oceanogr.*, in press.
- Denis M, Martin V, Momzikoff A, Gondry G, Stemmann L, Demers S, Gorsky G & Andersen V (2002). Pulsed remineralisation in the northwestern Mediterranean Sea: a hypothesis. *J. Mar. Syst.*, 916: 1–23.
- de Vargas C & Probert I (2004). New keys to the Past: current and future DNA studies in coccolithophores. *Micropaleontology* 50, 45-54.
- de Vargas C, Aubry MP, Probert I, and Young J. In press. Origin and Evolution of Coccolithophores: from Coastal Hunters to Oceanic Farmers. In Falkowski P. G. & Knoll A. H. (eds) "Evolution of Aquatic Photoautotrophs", Academic Press, Elsevier.
- de Vargas C, Garcia-Saez A., Medlin, LK & Thierstein H (2004). Super-species in the calcareous plankton. In Thierstein, H. R. and Young J. R. (eds) « Coccolithophores : from molecular processes to global impact », Springer Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, London, Paris, Tokyo, pp : 271-298.
- Dolan JR (2005). Marine ecology- different measures of biodiversity. *Nature* 433:E9.
- Dolan JR (2005). An introduction to the biogeography of aquatic microbes. *Aquatic Microbial Ecology* 41: 39-48.
- Dolan JR & McKeon K (2005). The reliability of grazing rate estimates from dilution experiments: Have we over-estimated rates of organic carbon consumption by microzooplankton? *Ocean Science* 1:1-7.
- Dolan JR, Jacquet S, Torretton J-P (2006). Comparing taxonomic and morphological biodiversity of tintinnids (planktonic ciliates) of New Caledonia. *Limnology and Oceanography*, sous presse.
- Dolan JR (2006). Microbial Biogeography? *Journal of Biogeography*, 33:199-200.
- Dolan JR, Claustre H., Carlotti F, Plounevez., Moutin T (2002). Microzooplankton diversity: relationships of tintinnid ciliates with resources, competitors & predators from the Atlantic Coast of Morocco to the Eastern Mediterranean. *Deep-Sea Research I*, 47: 1217-1234
- Dolan JR, Lemée R, Gasparini S, Mousseau L, Heyndrickx C (2006) Probing diversity in the plankton: using patterns in tintinnids (planktonic marine ciliates) to identify mechanisms. *Hydrobiologia*, 555: 143-157.
- Dolan, JR, Sall N, Metcalfe A & Gasser B (2003). The effects of turbulence on the feeding and growth of a marine oligotrich ciliate. *Aquatic Microbial Ecology*, 31:183-192.
- Duhamel S, Zeman F & Moutin T (2006). A dual labelling method for the simultaneous measurements of dissolved inorganic carbon and phosphate uptakes by marine planktonic species. *Limnol. Oceanogr. Methods*. 2006, 4.
- Durrieu de Madron X, Ferré B, Le Corre G, Grenz C, Conan P, Pujo-Pay M; Buscaill R. & Bodiot O (2005). Trawling-induced resuspension and dispersal of muddy sediments and dissolved elements in the Gulf of Lion (NW Mediterranean). *Cont Shelf res*, 25: 2387-2409
- Durrieu de Madron, X, Denis L, Diaz F, Garcia N, Guieu C, Grenz C, Løye-Pilot MD, Ludwig W, Moutin T, Raimbault R & Ridame C (2003). Nutrients and carbon budgets for the gulf of Lions during the MOGLI cruises. *Oceanologica Acta*, 26, 421-433.
- Echevarría, F., Gómez F., Lafuente J.G., Gorsky G., Goutx M., González N., Bruno M., García CM., Vargas JM., Picheral M., Striby L., Alonso JJ., Reul A., Cózar A., Prieto L., Jiménez F. & Varela M (2002). Physical-biological coupling in the Straits of Gibraltar. *Deep Sea Research II* 49 : 4115–4130.
- Eichinger M, Poggiale J-C, Sempéré R, Van Wambeke F & Lefèvre D. (2006). Modeling DOC assimilation by pelagic bacteria in the Northeast Atlantic Ocean: implication of depth and season, *Aquatic Microbial Ecology*, 43:139-151.
- Dolan JR. (2005). Marine ecology- different measures of estimated rates of organic carbon consumption by microzooplankton? *Ocean Science* 1:1-7
- Falkowski P & de Vargas C (2004). Shotgun sequencing in the Sea: a blast from the Past? *Science* 304: 58-60.
- Fernandez C, Raimbault P (in press). Impact of heterotrophic N cycling in new production and f ratio estimations in the eastern North Atlantic Ocean during winter and spring 2001. *Mar.Ecol.Progr.*
- Fouilland E, Descolas-Gros C, Courties C, Collos Y & Vaquer A (2004). Productivity and growth of the smallest free-living eukaryote under nitrogen deficiency and sufficiency. *Aquatic Microbial Ecology*;103-110.
- Frada M, Not F, Probert I & de Vargas C (2006). COD-FISH: a new method to detect and quantify calcifying microorganisms in Open Oceans. *Journal of Phycology*, 42(6), 1160-1168.
- Garcia N, Raimbault P, Gouze E & Sandroni V (2006). Fixation de diazote et production primaire en Méditerranée occidentale. *Comptes rendus Biologies* 309 : 742-750.
- García N, Raimbault P, Gouze E, Sandroni V (2006). Dinitrogen fixation and primary production in Western Mediterranean Sea. *C. R. Acad. Sci.*, 329(9): 742-750
- Geisen M, Young JR, Probert I, Saez AG, Baumann K, Sprengel C, Bollmann J, Cros L, de Vargas C & Medlin L (2004). Species level variation in coccolithophores. In Thierstein, H. R. and Young J. R. (eds) « Coccolithophores : from molecular processes to global impact », Springer Verlag, New York, Berlin, Heidelberg, London, Paris, Tokyo, pp :327-366.
- Gomez F, Gorsky G, Garcia-Gorriz E & Picheral M (2004). Control of the phytoplankton distribution in the Strait of Gibraltar by wind and fortnightly tides. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 59, 485-497
- Gorsky G. & Grosjean P (2003). Qualitative and quantitative assessment of zooplankton samples. *Globec Int Newsletter*, 9 (1).
- Gorsky G, Le Borgne R, Picheral M & Stemmann L (2003). Marine snow latitudinal distribution in the equatorial Pacific along 180°. *Journal of Geophysical Research*. 108, C12: 11 1-8.
- Gorsky G., Prieur L., Taupier-Letage I., Stemmann L. & Picheral M (2002). Large Particulate Matter (LPM) in the Western Mediterranean. (2002) 1- LPM distribution related to hydrodynamics. *J. Mar. Syst.* 33– 34 : 289– 311.
- Gorsky G, Youngbluth MJ. & Deibel D (2004). Response of marine ecosystems to global change: Ecological impact of appendicularians: Introduction. In: G. Gorsky M. Youngbluth & D. Deibel (Eds.) Response of marine ecosystem to global change: Ecological impact of appendicularians. Contemporary Publishing International, 3-7.
- Goutx M., Guigé C., Leblond N., Desnues A., Dufour A., Aritio D & Guieu C. (2005). Particle flux in the North-East Atlantic Ocean during the POMME experiment (2001): Results from Mass, Carbon, Nitrogen and lipid biomarkers from the drifting sediment traps. *Journal of Geophysical Research* /110, CO7520 doi: 10.1029/2004JC002749.
- Goutx M, Moriceau B, Lee C, Liu Z, Guigé C, Duflos M, Tedetti M, Sempere R, Wakeham SG, & Xue J (in press) Composition and degradation of marine particles with different settling velocities, *Limnol Oceanogr*.
- Grémare A, Amouroux JM, Cauwet G, Charles F, Courties C, deBoëve F, Dinet A, Devenon JL, Durieu de Madron X, Ferre B, Fraunié P, Joux F, Lantoiné F, Lebaron P, Naudin JJ, Palanques A, Pujo-Pay M & Zudaire L (2003). The effects of a strong winter storm on physical and biological variables at a shelf site in the Mediterranean. Preliminary results on the impact of a major winter storm. *Oceanol Acta*, 26 : 407–419
- Groisillier A., Massana R., Valentin K., Vaulot D. & Guillou L. (submitted). Genetic diversity and oceanic distribution of "novel" Alveolates Group I and II. *Aquat. Microb. Ecol.*
- Grosjean P, Picheral, P, Warembourg C & Gorsky G (2004) Enumeration, measurement and identification of net zooplankton samples using the ZOOSCAN digital imaging system. *ICES Journal of Marine Science*. 61 (4): 518-525.
- Guidi L., Stemmann L, Legendre L, Picheral M, Prieur L, & Gorsky G (in press). Vertical distribution of aggregates (.110 mm) and mesoscale activity in the northeastern Atlantic: Effects on the deep vertical export of surface carbon. *Limnol. Oceanogr.*
- Guieu C, Løye-Pilot M-D, Ridame C. & Thomas C. (2002). Chemical characterization of the Saharan dust end-member; some biological implications for the western Mediterranean, *Journal of Geophysical Research*, 10.1029/2001JD000582.
- Guieu C, Bozec Y, Blain S, Ridame C, Sarthou G & Leblond N (2002). Impact of high Saharan dust inputs on dissolved iron concentrations in the Mediterranean Sea, *Geophysical Research Letters*, 10.1029/2001GL014454
- Guillou L, Eikrem W, Chrétiennot-Dinet MJ, Le Gall F, Massana R, Romari K, Pedrós-Alió C & Vaulot D (2004). Diversity of picoplanktonic prasinophytes assessed by direct nuclear SSU rDNA sequencing of environmental samples and novel isolates retrieved from oceanic and coastal marine ecosystems. *Protist* 155:193-214.

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

- Havskum H., Thingstad TF., Scharek R., Peters C, Berdalet E, Sala M, Alcaez M., Bangsholt JC., Zweifel U-L., Hagström A., Perez M. & Dolan J. (2003). Silicate and labile DOC interfere in structuring the microbial food web via algal-bacterial competition for mineral nutrients. Results of a mesocosm experiment. *Limnology & Oceanography*, 48:129-140.
- Holtendorff J, Marie D, Post AF, Partensky F, Rivlin A & Hess WR (2002). Synchronized expression of *ftsZ* in natural *Prochlorococcus* populations of the Red Sea. *Environmental Microbiology* 4:644-653
- Ignatiades L, Psarra, S, Zervakis V, Pagou K, Souvermezoglou E, Assimakopoulou G & Gotsis-Skretas O (2002). Phytoplankton size-based dynamics in the Aegean Sea (Eastern Mediterranean). *J. Mar. Sys* 36: 11-28.
- Karayanni H, Christaki U, Van Wambeke F & Dalby A (2004). Evaluation of double formalin-Lugol's fixation in assessing number and biomasses of ciliates: an example of estimations at mesoscale in NE Atlantic. *Journal of Microbiological Methods*, 56:349-358.
- Karayanni H, Christaki U, Van Wambeke F, Denis M & Moutin T (2005) Influence of ciliated protozoa and heterotrophic nanoflagellates on fate of primary production in NE Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research*. 110, C07S15, doi:10.1029/2004JC002602.
- Krom MD, Woodward EM., Herut B, Kress N, Carbo P, Mantoura RF., Spyres G, Thingstad TF, Wassmann P., Wexels-Riser C., Kitidis, V., Law, C & Zodiatis G (2005) Nutrient cycling in the south east Levantine basin of the eastern Mediterranean: results from a phosphorus starved system. *Deep-Sea Research I*
- Leblanc K & Hutchins DA (2005). New applications of a biogenic silica deposition fluorophore in the study of oceanic diatoms. *Limnology and Oceanography Methods*, 3:462-476.
- Leblanc K, Queguiner B, Garcia N, Rimmelin P & Raimbault P (2003). Silicon cycle in the Northwestern Mediterranean sea: seasonal study of a coastal oligotrophic site. *Oceanologica Acta*, 26, 339-356.
- Lemée R, Rochelle-Newall E, Van Wambeke F, Pizay M-D, Rinaldi P & Gattuso J-P, (2002) Seasonal variation of bacterial production, respiration and growth efficiency in the open NW Mediterranean Sea. *Aquatic Microbial Ecology*, 29:227-237.
- Loisel H, Nicolas JM, Deschamps PY & R. Frouin R (2002). Seasonal and inter-annual variability of the particulate matter in the global ocean. *Geophys. Res. Lett.*, 29(24): 2196, DOI:10.1029/2002GLO15948.
- Lo Monaco C, Goyet C, Metz N, Poisson A & Touratier F (in press). Distribution and Inventory of Anthropogenic CO₂ in the Southern Ocean : Comparison of three Data-based Methods. *Journal of Geophysical Research (Oceans)*.
- Lopez-Urrutia A, Harris RP, Acuña JL, Bämstedt U, Flood PR, Fyhn H.J, Gasser B, Gorsky G, Irigoien X. & M. Martinussen (2004). A comparison of appendicularian seasonal cycles in four contrasting European coastal environments In: G. Gorsky, M. Youngbluth and D. Deibel (Eds.) *Response of marine ecosystem to global change: Ecological impact of appendicularians*. Contemporary Publishing International, 255-276.
- Maixandeu A, Lefèvre D, Karayanni H, Christaki U, Van Wambeke F, Thyssen M, Denis M, Fernandez C, Uitz J, Leblanc K & Queguiner B. (2005). Microbial community production, respiration and structure of the microbial food web of an ecosystem in the Northeastern Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research*, vol 110, C07S17, doi:1029/2004JC002694.
- Marañón E, Behrenfeld MJ, González N, Mouriño B & Zubkov MV (2003). Variability in primary production in low-nutrient, low-chlorophyll regions of the central Atlantic ocean.
- Marañón E, Cermeño P, Fernández E, Rodríguez J & Zabala L (2004). Significance and mechanisms of photosynthetic production of dissolved organic matter in a coastal eutrophic ecosystem. *Limnol. Oceanogr.* 49(5) 1652-1666
- Marañón E, Cermeño P & Pérez V (2005) Continuity in the photosynthetic production of dissolved organic carbon from eutrophic to oligotrophic waters. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 299, 7-17.
- Marie D, Zhu F, Balagué V, Ras J & Vaulot D (in press). Eukaryotic picoplankton communities of the Mediterranean Sea in summer assessed by molecular approaches (DGGE, TTGE, QPCR). *FEMS Microbiol. Ecol.*
- Mary I, Cummings DG, Biegala IC, Burkill PH, Archer SD & Zubkov MV (2006) Seasonal variability of bacterioplankton composition in the English Channel. *Aquatic Microbial Ecology* 42: 119-126.
- Mills M, Ridame C, Davey M, La Roche J & Geider R (2004). Iron and phosphorus co-limit nitrogen fixation in the Eastern Tropical North Atlantic, *Nature*, 429, 292-294.
- Moutin T & Raimbault P (2002). Primary production, carbon export and nutrients availability in western and eastern Mediterranean Sea in early summer 1996 (MINOS cruise). *Journal of Marine Systems*, 33/34, 273-288.
- Moutin T, Van Den Broeck N, Beker B, Dupouy C, Rimmelin P & Le Bouteiller A. (2005). Phosphate availability controls *Trichodesmium* spp. biomass in the SW Pacific ocean. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 297: 15-21.
- Moutin T., Thingstad TP, Van Wambeke F, Marie D, Slawyk G, Raimbault P & Claustre H (2002). Does competition for nano-molar phosphate supply explain the predominance of the cyanobacterium *Synechococcus*? *Limnology and Oceanography*, 47, 1562-1567.
- Nedoma J, Garcia J-C, Comerma M, Simek K & Armengol J (2006). Extracellular phosphatases in a Mediterranean reservoir: seasonal, spatial and kinetic heterogeneity. *Freshwater Biology*, 51: 1264-1276
- Nedoma J, Padsak J, Koschel R (2003a). Utilisation of ³²P-labelled nucleotide- and non-nucleotide dissolved organic phosphorus by freshwater plankton. *Archiv für Hydrobiologie, Advances in Limnology*, 58: 87-99.
- Nedoma J, Strojsova A, Vrba J, Komarkova J & Simek K (2003b). Extracellular phosphatase activity of natural plankton studied with ELF97 phosphate: fluorescence quantification and labelling kinetics. *Environmental Microbiology*, 5: 462-472.
- Nedoma J, Van Wambeke F, Strojsova A, Strojsova M and Duhamel S (in press). An alternative way to determine the affinity of extracellular phosphatases for ELF97 phosphate in aquatic environments. *Marine and Freshwater Research*.
- Not F, Latasa M, Marie D, Cariou T, Vaulot D & Simon N (2004). A single species *Micromonas pusilla* (Prasinophyceae) dominates the eukaryotic picoplankton in the western English Channel. *Appl. Environ. Microbiol.* 70:4064-72.
- Panagiotopoulos C, Sempéré R, Obemosterer I., Striby, L, Goutx, M, Van Wambeke F, Gautier S & Lafont R (2002) Degradation of large organic particles in Southern Indian Ocean by using in vitro incubation experiments. *Organic Geochemistry*, 33: 985-1000.
- Peters F, Marassé C, Havskum H, Rassoulzadegan F, Dolan JR, Alcaez M., Gasol JM (2002). Turbulence and the microbial food web: effects on bacterial losses to predation and on community structure. *Journal of Plankton Research*, 24: 321-331.
- Pujo-Pay M, Conan P, Joux F, Oriol L, Naudin JJ & Cauwet G (2006). Impact of phytoplankton and bacterial production on nutrient and DOM uptake in the Rhone River plume (NW Mediterranean) (2006). *Mar Ecol Prog Ser.*, 315 : 43-54.
- Pujo-Pay M & Conan P (2003) Seasonal variability and export of dissolved organic nitrogen in the North Western Mediterranean Sea. *J Geophys Res*, 108 (C6): 1901-1911
- Pujo-Pay M, Conan P, Joux F, Oriol L, Naudin JJ & Cauwet G (2006). Impact of phytoplankton and bacterial production on nutrient and DOM uptake in the Rhone River plume (NW Mediterranean) (2006). *Mar Ecol Prog Ser.*, 315 : 43-54.
- Psarra S, Zohary T, Krom MD, Mantoura RF, Polychronaki T, Stambler, N, Tanaka T, Tselepidis A., Thingstad TF (2005). Phytoplankton response to a Lagrangian phosphate addition in the Levantine Sea (Eastern Mediterranean). *Deep-Sea Research II*, 52: 2944-2960
- Riande V, Champalbert G, Carlotti F., Taupier-Letage I. & Thibault-Botha D (2005). Mesoscale variability of the zooplankton distribution related to the hydrodynamic features in the Algerian Basin (Western Mediterranean Sea). *Deep Sea Res.* 52,2029-2048
- Ridame C & Guieu C (2002). Saharan input of phosphorus to the oligotrophic water of the open western Mediterranean, *Limnology and Oceanography*, 47(3), 856-869
- Ridame C, Moutin T & Guieu C (2003). Does phosphate adsorption onto Saharan dust explain the unusual N/P ratio in the Mediterranean Sea? *Oceanologica Acta*, 629-634.
- Rimmelin P & Moutin T (2005). Re-examination of the MAGIC method to determine low orthophosphate concentration in seawater. *Analytica Chimica Acta* 548: 174-182.
- Rimmelin-Maury P, Moutin T & Queguiner B (soumis). A new method for a nanomolar determination of silicic acid in seawater. *Analytica Chimica Acta*.

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

- Romari, K. & Vaulot, D. (2004). Composition and temporal variability of picoeucaryote communities at a coastal site of the English Channel from 18S rDNA sequences. *Limnol. Oceanogr.* 49:784-98.
- Roy-Barman M, Coppola L & Souhail M (2002). Thorium isotopes in the Western Mediterranean Sea: an insight in the marine particle dynamics, Earth. *Planet. Sci. Lett.*, 196, 161-174.
- Sempéré R, Dafner E, Van Wambeke F, Lefèvre D, Magen C, Allègre S, Bruyant F, Bianchi M & Prieur L (2003). Distribution and cycling of total organic carbon across the Almeria-Oran Front in the Mediterranean Sea- Implications for cycling in the western basin. *Journal of Geophysical Research*, 108 (C11) :3361 doi 10.1029/2002JC001475.
- Servais P, Casamayor EO, Courties C, Catala P, Parthuisot N & Lebaron P (2003). Activity and diversity of bacterial cells with high and low nucleic acid content. *Aquat Microb Ecol* 33: 41-51.
- Shaked Y & de Vargas C (2006). Pelagic photosymbiosis: rDNA assessment of diversity and evolution of dinoflagellate symbionts and planktonic foraminiferal hosts. *Marine Ecology Progress Series*, 325, 59-71.
- Sharp JH, Beauregard AY, Burdige D, Cauwet G, Curless S, Lauck K, Nagel K, Ogawa H, Parker AE, Primm O, Pujo-Pay M, Savidge WB, Seitzinger S, Spyres G & Styles R (2004). A direct instrument comparison for measurement of total dissolved nitrogen in seawater. *Mar Chem* 84 (3-4): 181-193
- Sharp JH, Rinker KR, Savidge KB, Abell JY, Bronk D, Burdige DJ, Cauwet G, Chen W, Doval MD, Hansell D, Hopkinson C, Kattner G, Kaumeyer N, McGlathery KJ, Merriam J, Morley N, Nagel K, Ogawa H, Pollard C, Pujo-Pay M, Raimbault P, Sambrotto R, Seitzinger S, Spyres G, Tirendi F, Walsh TW & Wong CS (2002). A Preliminary Methods Comparison for Measurement of Dissolved Organic Nitrogen in Seawater. *Mar Chem* 78 (4): 171-184
- Siegel DA, Maritorea S, Nelson NB, Behrenfeld MJ & McClain CR (2005). Colored dissolved organic matter and its influence on the satellite-based characterization of the ocean biosphere. *Geophys. Res. Lett.* 32, L20605, doi:10.1029/2005GL024310
- Siegel DA, Maritorea S, Nelson NB, Behrenfeld MJ (2005). Independence and interdependences of global ocean optical properties viewed using satellite color imagery. *J. Geophys. Res.* 110, C07011, doi:10.1029/2004JC002527
- Simek K, Hornak K, Masin M, Christaki U, Nedoma J, Weinbauer MG, Dolan JR (2003). Effect of resource enrichment on grazed and ungrazed bacterioplankton communities of a meso-eutrophic reservoir. *Aquatic Microbial Ecology*, 31:123-135.
- Simek K, Nedoma J, Pernthaler J., Posch T., Dolan JR (2002). Altering the balance between bacterial production and protistan bacterivory triggers shifts in freshwater bacterial community composition. *Autonie van Leeuwenhoek*, 81:453-463.
- Siokou-Frangou I, Bianchi M, Christaki U, Christou E, Giannakourou A, Gotsis O, Ignatiades L, Pagou P, Pitta P, Psarra S, Souvermezoglou E., Van Wambeke F & Zervakis V (2002). Organic carbon partitioning and carbon flow along a gradient of oligotrophy in the Aegean Sea (Mediterranean Sea), *J. Mar. Sys.*, 33-34: 335-353
- Sohrin R & Sempéré R (2005). Seasonal variation of dissolved organic carbon in North Atlantic Ocean. An approach of a mesoscale study. *J. Geophys. Res.* 110, C10590.
- Sourisseau M & Carloti F (2005). Spatial distribution of zooplankton size spectra in the Bay of Biscay during two cruise. *J.G.R.*
- Stemmann L, Gorsky G, Marty JC, Miquel JC & Picheral M (2002). Four years survey of Large Particles (>0.15 mm) vertical distribution (0-1000 m) in the NW Mediterranean. *Deep-Sea Res II* 49 : 2143–2162.
- Stemmann L, Jackson GA & Gorsky G (2004). Vertical model of particle size distributions and fluxes in the midwater column that includes biological and physical processes—Part II: application to a three year survey in the NW Mediterranean Sea. *Deep Sea Research Part I*, 51, 885-908
- Tamburini C (2006). Life under pressure. Deep-sea microbial ecology. In: Ed. JS (ed) *Life as we know it. Series: Cellular Origin and Life in Extreme Habitats and Astrobiology*. Springer, Dordrecht, The Netherlands p650 pp
- Tamburini C, Garcin J, Grégori G, Leblanc K, Rimmelin P & Kirchman DL (2006). Pressure effects on surface Mediterranean prokaryotes and biogenic silica dissolution during a diatom sinking experiment. *Aquatic Microbial Ecology* 43:267-276.
- Tamburini C, Garcin J & Bianchi A (2003). Role of deep-sea bacteria in organic matter mineralization and adaptation to hydrostatic pressure conditions in the NW Mediterranean Sea. *Aquatic Microbial Ecology* 32: 209-218.
- Tamburini C., Garcin J., Grégori G., Leblanc K., Rimmelin P., & Kirchman D.L. (submitted). Role of hydrostatic pressure on surface marine prokaryotes responsible for biogenic silica dissolution during a simulated diatom sinking experiment.
- Tamburini C, Garcin J, Ragot M, & Bianchi A. (2002) Biopolymer hydrolysis and bacterial production under ambient hydrostatic pressure through a 2000 m water column in the NW Mediterranean. *Deep-Sea Research II* 49: 2109-2123.
- Tanaka T, Henriksen P, Lignell R, Olli K, Seppälä J, Tamminen T & Thingstad TF (2006). Specific affinity for phosphate uptake and specific alkaline phosphatase activity as diagnostic tools for detecting P-limited phytoplankton and bacteria. *Estuaries and Coasts*. 29, 6B, 1-16.
- Tachikawa K, Roy-Barman M, Michard D, Yeguichian D, Thouron C & Jeandel C (2004). Nd isotopes in the Mediterranean Sea: Comparison between seawater and sediment signals. *Geochim. Cosmochim. Acta*, 68, 3095-3106.
- Tchernov D, Gorbunov MY, de Vargas C, Yadav SN, Vardi A, Häggblom M & Falkowski P (2004). Membrane lipids of Symbiotic algae are diagnostic of sensitivity to thermal bleaching in corals. *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)* 101(37):13531-13535.
- Thingstad TF & Mantoura FC (2005). Titrating excess nitrogen content of phosphorus-deficient eastern Mediterranean surface water using alkaline phosphatase activity as a bio-indicator. *Limnology and Oceanography: Methods* 3: 94-100.
- Thingstad T., Krom MD, Mantoura RF, Flaten GA, Groom S, Herut B, Kress N, Law CS, Pasternak A, Pitta P, Psarra S, Rassoulzadegan F, Tanaka T, Tselepidis A, Wassmann P, Woodward EM, Wexels Riser C, Zodiatis G & Zohary T (2005). Nature of Phosphorus Limitation in the Ultraoligotrophic Eastern Mediterranean. *Science* 309: 1068-1071.
- Touratier F & Goyet C (2004a). Definition, properties, and Atlantic Ocean distribution of the new tracer TrOCA. *Journal of Marine Systems*, 46, 169-179
- Touratier F & Goyet C (2004b). Applying the new TrOCA approach to estimate the distribution of anthropogenic CO₂ in the Atlantic Ocean. *Journal of Marine Systems*, 46, 181-197
- Touratier F, Ait-Ameur N & Goyet C (2005). Evolution of anthropogenic CO₂ in the nineties at DYFAMED time-series station, Poster presented at the EUROCEAN meeting, September 2005, Naples, Italy
- Touratier F, Goyet C, Coatanoan C & Andrieu C (2005). Assessments of anthropogenic CO₂ distribution in the tropical Atlantic Ocean, *Deep-Sea Research I*, 52, 2275-2284.
- Van den Broeck N & Moutin T (2002). Phosphate in the sediments of the Gulf of Lions (NW Mediterranean Sea), relationship with inputs by the river Rhone. *Hydrobiologia*, 472, 85-94.
- Van Den Broeck N, Moutin T, Rodier M & Le Bouteiller A (2004). Seasonal variations of phosphate availability in the SW Pacific Ocean near New Caledonia. *Mar. Ecol. Progress Ser.* 268, 1-12.
- Van Mooy BA, Rocap G, Fredricks HF, Evans CT & Devol AH (in press) Sulfolipids dramatically decrease phosphorus demand by picocyanobacteria in oligotrophic marine environments. *Proc. Natl. Acad. Sci.*
- Van Mooy BA, Devol AH & Keil RG (2004). Quantifying 3H-thymidine incorporation rates by a phylogenetically defined group of marine planktonic bacteria (Bacterioidetes phylum). *Environ. Microbiol.* 6:1061-1069.
- Van Mooy BA, Devol AH & Keil RG (2004). Relationships between bacterial community structure, light, and carbon cycling in the eastern subarctic North Pacific. *Limnol. Oceanogr.* 48:1056-1062.
- Van Mooy BA, Keil RG & Devol AH (2002). Impact of suboxia on sinking particulate organic carbon: Enhanced carbon flux and preferential degradation of amino acids via denitrification. *Geochim. Cosmochim. Acta* 66: 457-465.
- Van Mooy BA & Keil RG (2002). Seasonal variation in sedimentary amino acids and the association of organic matter with mineral surfaces in a sandy eelgrass meadow. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 227:275-280.
- Van Mooy BA (2003). Carbon and phosphorus cycling by phylogenetically-defined groups of bacteria in the North Pacific Ocean. Ph.D. University of Washington.

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

- Van Wambeke F, Christaki U, Giannakourou A, Moutin T & Souvemerzoglou K (2002). Longitudinal and vertical trends of bacterial limitation by phosphorus and carbon in the Mediterranean sea. *Microbial Ecology*, 43, 119-133.
- Van Wambeke F, Lefèvre D, Prieur L, Sempéré R, Bianchi M, Oubelkheir K & Bruyant F (2004) Distribution of microbial biomass, production, respiration, dissolved organic carbon and factors controlling bacterial production across a geostrophic front (Almeria-Oran, SW Mediterranean Sea). *Marine Ecology Progress Series*, 269: 1-15
- Weinbauer M, Winter C et al. (2002). Reconsidering transmission electron microscopy based estimates of viral infection of bacterioplankton using conversion factors derived from natural communities. *Aquat. Microb Ecol* 27: 103-110.
- Weinbauer MG (2004). Ecology of prokaryotic viruses. *FEMS Microbiol. Rev.* 28: 127-181
- Weinbauer MG, Christen R & Höfle MG (in press). The response of *Vibrio* and *Rhodobacter*-related populations of the NW Mediterranean Sea to additions of dissolved organic matter, phages, or dilution. *Microb. Ecol.*
- Winter C, Smit A, Herndl G.J. & Weinbauer MG (2005). Linking bacterial richness with viral abundance and prokaryotic activity. *Limnol. Oceanogr.* 50 : 968-977
- Zhu F, Massana R, Not F, Marie D & Vaulot D (2005). Mapping of picoeucaryotes in marine ecosystems with quantitative PCR of the 18S rRNA gene. *FEMS Microbiol. Ecol.* 52:79-92.
- Zohary T, Herut B, Krom MD, Mantoura RF, Pitta P, Psarra S, Rassoulzadegan F, Stambler N, Tanaka, Thingstad TF, Woodward EM (2005). P-limited bacteria but N&P co-limited phytoplankton in the Eastern Mediterranean – a microcosm experiment. *Deep-Sea Research II.* 52:3011-3023.

Antérieures à 2002 et citées dans le texte

- Bonnet D & Carlotti F (2001). Laboratory study on development and egg production of *Centropages typicus* Krøyer Copepoda Calanoida fed by different food types. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* , 224, 133-148.
- DOE (1994). Handbook of Methods for Analysis of the Various Parameters of the Carbon Dioxide System in Seawater; version 2, A.G. Dickson et C. Goyet, eds, ORNL/CDIAC-74
- Dolan JR (2000). Tintinnid ciliate diversity in the Mediterranean Sea: longitudinal patterns related to water column structure in late spring-early summer. *Aquat. Microb. Ecol.* 22:69-78.
- Dolan JR & Gallegos C.L (2001). Estuarine diversity of tintinnids (planktonic ciliates). *Est Coast. Shelf Sci.* 23:1009-10027.
- Gorsky G, Picheral M. & Stemmann, L (2000). Use of the Underwater Video Profiler for the Study of Aggregate Dynamics in the North Mediterranean. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 50 (1) : 121-128.
- Gorsky G., Flood PR, Youngbluth MJ, Picheral M & Grisoni J-M. (2000). Zooplankton Distribution in Four Western Norwegian Fjords. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, 50 : 135-141.
- Goyet C & Hacker SD (1992). Procedure for calibration of a coulometric system used for total inorganic carbon measurements of seawater. *Marine Chemistry* 38 (1-2) 1992. 37-51.
- Lebaron P, Servais P, Agogue H, Courties C & Joux F (2001). Does the high nucleic acid content of individual bacterial cells allow us to discriminate between active cells and inactive cells in aquatic systems? *Appl Environ Microbiol* 67: 1775-1782
- Leblanc K, Leynaert A, Fernandez C, Rimmelin P, Moutin T, Raimbault P, Ras J, Queguiner B (2005). A seasonal study of diatom dynamics in the North Atlantic during the POMME experiment (2001): evidence for Si limitation of the spring bloom. *Journal of geophysical research*, 110, No. C7, C07S14 10.1029/2004JC002621
- Lewis MR, Home EPH, Cullen JJ, Oakey NS & Platt T (1986). Vertical nitrate fluxes in the oligotrophic ocean. *Science*, 234, 870-872.
- Loisel, H., & Stramski D (2000). Estimation of the inherent optical properties of natural waters from irradiance attenuation coefficient and reflectance in the presence of Raman scattering. *Appl. Opt.*, 39, 3001-3011.
- Loisel H, Bosc E, Stramski D, Oubelkheir K & Deschamps PY (2001). Seasonal variability of the backscattering coefficient in the Mediterranean Sea based on satellite SeaWiFS imagery. *Geophysical Research Letters*, 28, 4203-4206.
- Moutin T (2000). Cycle biogéochimique du phosphate : rôle dans le contrôle de la production planctonique et conséquences sur l'exportation de carbone de la couche éclairée vers l'océan profond. *Océanis*, 36-4.
- Pujo-Pay M & Raimbault P (1994). Improvement of the wet-oxidation procedure for simultaneous determination of particulate organic nitrogen and phosphorus collected on filters. *Mar Ecol Prog Ser.* 105: 203-207.
- Raimbault P, Pouvesle, Sempéré, R., Diaz F & Garcia N (1999). A simple procedure for simultaneous analysis of total and inorganic forms of carbon, nitrogen and phosphorus in seawater using the wet-oxidation technique. *Mar Chem*, 66: 161-169.
- Raimbault P, Slawyk G, Boudjellal B, Coatanoan C, Conan P, Coste B, Garcia N, Moutin T, Pujo-Pay M (1999). Biomass, new production and export in the equatorial Pacific at 150°W: Evidence for intense nitrogen recycling. *J. Geophys. Res.* 104, 3341-3356.
- Raimbault P & Coste B (1990). Very high values of the nitrate/phosphate ratio (>30) in the subsurface layers of the western Mediterranean Sea. *Rapp. P.V. Reun. Comm. Int. Mer Méditerr.*, 32(1): C-18
- Slawyk G & Raimbault P (1995). A simple procedure for the simultaneous recovery of dissolved inorganic and organic nitrogen in 15N tracer experiments on oceanic waters improving the mass balance. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 124: 289-299
- Thibault D, Roy S, Wong CS & Bishop JK (1999). The downward flux of biogenic material in the NE Subarctic Pacific: Importance of algal sinking and mesozooplankton herbivory. *Deep-Sea Research II*, 46, (11-12): 2669-2697
- Thingstad, T. F., 1998: A theoretical approach to structuring mechanisms in the pelagic food web. *Hydrobiologia*, 363, 59-72.
- Thingstad TF., Skjoldal EF & Bohne RA. (1993). Phosphorus cycling and algal-bacterial competition in Sandsfjord, western Norway. *Marine Ecology Progress Series* 99:239-259.
- Thingstad TF, Hagström A. & Rassoulzadegan F (1997). Accumulation of degradable DOC in surface waters: Is it caused by a malfunctioning microbial loop? *Limnology and Oceanography*, 42, 398-404.

3 - Collaborations prévues et programmes de rattachement (nationaux et internationaux)

Les collaborations prévues sont indiquées de manière synthétique dans le tableau en début de documents 5. Les programmes de rattachement sont les suivants :

Programme national LEFE CYBER : Le projet est actuellement en cours d'évaluation par le programme national LEFE CYBER. Après une première évaluation en 2006, l'ensemble des remarques faites par le comité LEFE CYBER a été

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

pris en compte dans la nouvelle proposition que le CS CYBER avait encouragé à re-soumettre lors de l'AO 2007. Le label LEFE CYBER a été demandé pour 7 projets de thèse et un projet de post doctorat.

Sujets de thèse :

- Impact de la dynamique à petite échelle sur la productivité primaire dans les régions oligotrophes : analyse des données de la campagne BOUM. Encadrants : Pascale Bouruet-Aubertot (LOCEAN/IPSL) et Louis Prieur (LOV)
- Quantification de la fixation d'azote en Méditerranée – Importance dans l'évaluation de la production nouvelle et le bilan biogéochimique de l'azote. Encadrant : Patrick Raimbault (LOB)
- Diversité et distribution des diazotrophes pico et nanoplanctoniques en Méditerranée au moyen d'outils moléculaires. Encadrant : I. Biegala (IRD)
- Compétition entre autotrophes et hétérotrophes pour la disponibilité du phosphate en milieu marin oligotrophe : conséquences sur le cycle biogéochimique du carbone, mission BOUM. Encadrants : T. Moutin (LOB), P. Lebaron (LOBB).
- Modélisation du couplage/découplage des cycles du carbone et des éléments biogènes associés dans la couche éclairée de milieux oligotrophes contrastés : mission BOUM en Méditerranée. Encadrants : M. Baklouti (LOB), F. Diaz (LOB)
- Balance métabolique des régions océaniques oligotrophes. D. Lefevre (LMGEM)
- Co-limitation C-P en Méditerranée : contrôle et régulation des activités dégradatrices des procaryotes hétérotrophes en relation avec la structure fonctionnelle des communautés. F. Van Wambeke (LMGEM)

Sujet de post-doctorat

Etude des facteurs biogéochimiques de contrôle de la fixation de N₂ en Méditerranée – Impacts des apports atmosphériques sur la fixation de N₂. Encadrant : C. Ridame.

Programme international IMBER : Le but du projet BOUM est étroitement lié au projet scientifique international IMBER qui souhaite rapprocher l'intégration des connaissances des cycles biogéochimiques et des chaînes alimentaires. Le projet BOUM entre spécifiquement dans le cadre du thème 1 de IMBER : « Interactions entre les cycles biogéochimiques et les chaînes alimentaires marines ». Il devrait apporter de nouvelles connaissances dans chacune des parties identifiées pour ce thème : (1) Les transformations de la matière organique dans les chaînes alimentaires marines, (2) le transfert de matière à travers les interfaces océaniques, et (3) les flux de matériel « end to end ». **En document joint, la lettre de soutien de Julie Hall (Chair, IMBER Scientific Steering Committee).**

Programme européen SESAME : Le programme SESAME (Southern European Seas: Assessing and Modelling Ecosystems change) a pour objectifs scientifiques : (1) d'appréhender les changements ou modifications des écosystèmes des SES dans les 50 dernières années ainsi que les mécanismes potentiels qui relient ces changements aux changements des forçages naturels ou liés à l'activité humaine, (2) d'appréhender l'état actuel des écosystèmes des SES à travers l'analyse de données existantes et nouvellement acquises ainsi qu'au travers de simulations (modèles), (3) de prédire les changements dans la réponse des écosystèmes des SES aux probables changements climatiques durant les cinq prochaines décades, (4) d'appréhender et de prédire les changements dans la capacité des systèmes à procurer des biens et des services (ayant une forte importance sociétale potentielle). Les biens : le tourisme et les pêches. Les services: la stabilité des écosystèmes à travers la conservation de la biodiversité, et le moindre effet du changement climatique grâce à la séquestration du carbone dans les eaux et les sédiments.

La mission BOUM est une des deux campagnes retenues pour le partenaire français dans le cadre du programme européen SESAME. Simultanément, 10 navires océanographiques (Pays d'origine : Bulgarie, Espagne, France, Grèce, Israël, Italie, Roumanie, Russie, Tunisie, Turquie) vont sillonner la mer Méditerranée et la mer Noire dans le cadre du WP2 de SESAME (fig. 5).

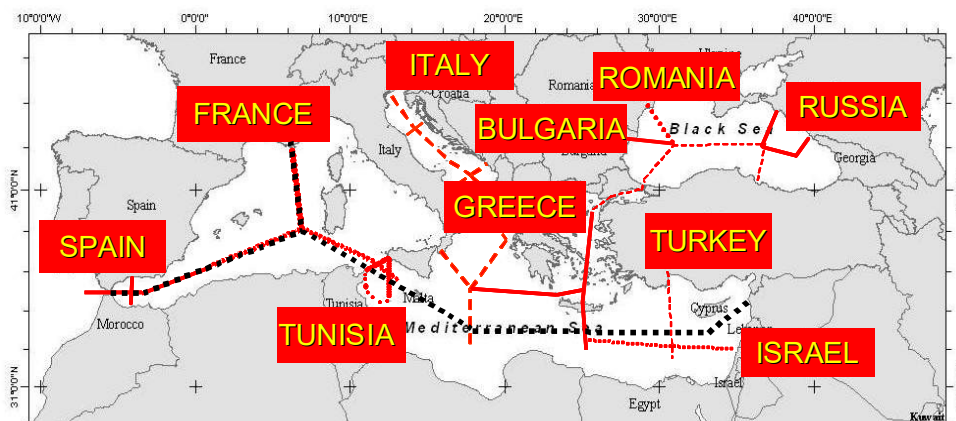


Fig. 5. Carte de localisation des transects sous la responsabilité des différents pays impliqués dans le programme européen SESAME et trajet approximatif de la campagne BOUM (en pointillé noir).

Il est attendu une description biogéochimique quasi synoptique des paramètres biogéochimiques dans toute la Méditerranée. Cette description sera comparée avec les précédentes données et servira de base aux futurs travaux dédiés à l'observation des changements biogéochimiques, et en particulier de la disponibilité nutritive en mer Méditerranée. Il est prévu dans le cadre du WP2 du programme SESAME de réaliser 2 séries de campagnes océanographiques, une en mars-avril 2008 et l'autre en août-septembre de la même année. Ceci dans le but d'obtenir un "snap-shot" de variables océanographiques physiques et biogéochimiques de l'ensemble de la Méditerranée et de la mer Noire à 2 saisons très contrastées, la période pré-efflorescence printanière et la période de stratification prononcée. Pour ce qui concerne la participation française, l'acquisition des paramètres biogéochimiques est prévu en mars-avril 2008 au cours de la mission ARCHIMED dont l'objectif principal est l'étude des contaminants, et en août-septembre 2008 au cours de la campagne BOUM dont l'objectif est l'étude de la production et de son devenir dans des environnements oligotrophes contrastés. Ces deux campagnes sont au niveau européen de SESAME sous la responsabilité de Thierry Moutin. A ce sujet, des discussions ont été menées avec Daniel Cossa de l'IFREMER pour établir une stratégie d'échantillonnage commune en Méditerranée occidentale.

Le classement des variables prioritaires a fait l'objet de discussions au sein de la communauté SESAME. Il est le résultat d'un compromis entre la faisabilité par les différents partenaires et les spécificités liées à chaque mission. Les variables de 1^{ère} priorité sont la température, la salinité, la fluorescence, la concentration en oxygène dissous et les concentrations en sels nutritifs (nitrate, nitrite, phosphate et silicate) ainsi que la concentration en chlorophylle a. Les variables de 2^{ème} priorité sont le carbone organique particulaire, l'azote et le phosphore organique particulaire, le carbone organique dissous, l'azote et le phosphore organique dissous, la pCO₂, le pH et l'alcalinité, le carbone minéral dissous, la biomasse bactérienne, la densité et la diversité phytoplanctonique, les pigments par fractions de taille, la biomasse et la diversité zooplanctonique. Les variables de 3^{ème} priorité sont la production bactérienne, primaire et zooplanctonique et les radioéléments traceurs de masses d'eau dont l'analyse est prévue dans quelques transects en mer Méditerranée orientale.

L'ensemble des données acquises au cours de ces campagnes va constituer un jeu de données unique. L'ensemble des efforts menés pour l'utilisation de protocoles d'analyses communs, de stratégies de prélèvement (horizontaux et verticaux), de priorisation des paramètres à suivre, d'intercalibration (en cours pour les sels nutritifs) va permettre d'implémenter des modèles écologiques (WP4 et WP6 de SESAME), en particulier à l'échelle de la Méditerranée (Vichi et al, 2006).

En document joint, la lettre de E. Papathanassiou (Responsable, IP SESAME).

Programme CARBOCEAN : La campagne BOUM est par l'intermédiaire de Catherine Goyet une composante du WP13 du programme CARBOCEAN qui a pour principal objectif de quantifier les variations naturelles et anthropiques du carbone dans la mer Méditerranée.

Partenariat Hubert Curien franco-Norvégien « AURORA » (ex PAI) EGIDE : Les frais de séjour des chercheurs norvégiens, F.T. Thingstad (Modélisation) et M. Heldal (Apport de l'analyse XRF des organismes planctoniques dans l'étude des cycles biogéochimiques marins) ainsi que les séjours des français en Norvège (Tsunéo Tanaka, étudiant Thierry Moutin) pour les mises au point méthodologiques et les analyses post campagne sont totalement couverts par le partenariat AURORA aujourd'hui acquis.

Réseau d'excellence EUR-OCEANS (FP6 Europe) : François Carlotti (LOB) et Bernard Quiguier (LOB) sont les responsables du WP4 (Ecosystems end-to-end) et WP5 (Biogeochemistry) pour la mer Méditerranée.

Programmes américains NASA et NSF : La totalité des frais concernant la participation de Mike Behrenfeld (Oregon state University, USA) et Benjamin Van Mooy (Woods Hole Oceanographic Institute, USA) au projet de campagne BOUM sont pris en compte par des programmes NASA et NSF (consommable, transport matériel, billet d'avion et frais de séjour).

| | |
|----------------------|----------------------------------|
| DOCUMENT N° 6 | NOM DE LA CAMPAGNE : BOUM |
|----------------------|----------------------------------|

ASPECTS INTERNATIONAUX ET ENGAGEMENTS CONTRACTUELS

Distinction entre travaux Eaux internationales - ZEE - Eaux territoriales

Nous allons travailler de Gibraltar jusqu'à l'extrémité orientale de la mer Méditerranée. Mis à part la station courte au large de Gibraltar, toutes les stations se situent à plus de 12 milles des côtes.

Contacts préliminaires éventuellement pris et interlocuteurs privilégiés des pays riverains

Nous avons eu par l'intermédiaire de Catherine Goyet un premier contact avec le Président de l'Institut de Recherche Marine de Latakia (Syrie) et avec le président de l'Université de Tichrine.

Pour la station courte à Gibraltar, l'interlocuteur privilégié est Emilio Marañón de l'Université de Vigo (Espagne) qui participe à la campagne.

Personnel étranger invité

| Prénom, Nom | Institut/Laboratoire | Spécialité | Emarquement |
|--------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------|
| Mike BEHRENFELD | Oregon State University Cordley Hall 2082 Corvallis, OR 97331 USA | Production primaire. Optique marine. | OUI |
| Mikal HELDAL | Microbial Ecology Group, Department of Biology, University of Bergen, Jahnebakken 5, PO Box 7800, N-5020 Bergen, NORVEGE . | Microbiologiste. Spécialiste des mesures de composition stoeckiométrique des bactéries (Spectroscopie par fluorescence aux rayons X) | NON |
| Marlon LEWIS | (Atlantic) Dalhousie University Department of Oceanography LSC Building 1355 Oxford Street Halifax N.S. B3H 4J1 CANADA . | Physique/Optique Expert pour les mesures de K_z ISUS Nitrate | NON |
| Emilio MARANON | Departamento de Ecología y Biología Animal Facultad de Ciencias Universidad de Vigo 36200 Vigo, ESPAGNE . | Mesure de la production primaire particulaire et dissoute à partir de mesures d'incorporation de ^{14}C | OUI |
| Jiri NEDOMA | Hydrobiological Institute, Academy of Sciences of the Czech Republic, Na sádkách 7, CZ - 370 05 České Budějovice, REPUBLIQUE TCHEQUE . | Expert pour les mesures d'activités spécifiques grâce à l'utilisation de sondes fluorescentes et traitements par analyses d'image | NON |
| Stella PSARRA | Hellenic Centre for Marine Research (HCMR), Gourmes, Pediados, POBox 2214, 71003 Heraklion, Crete, GRECE . | Production primaire (<i>in situ</i>) | OUI |
| Tron Frederik THINGSTAD | Microbial Ecology Group, Department of Biology, University of Bergen, Jahnebakken 5, PO Box 7800, N-5020, Bergen, NORVEGE . | Modélisation | NON |
| Benjamin VAN MOOY | Woods Hole Oceanographic Institution, Department of Marine Chemistry and Geochemistry, Woods Hole, MA 02556, USA | Chimiste. Spécialiste des mesures des besoins des organismes en P. | OUI |

Manifestations éventuelles post-campagnes (colloques, conférences, échanges de personnel)

Voici le programme des réunions, ateliers et conférences prévues après la campagne :

Mai-Juin 2009: Réunion post-campagne de toute la communauté BOUM (Marseille)

Oct-Nov 2009 : Atelier ciblé (10 personnes max)

Fév-Mars 2010 : Atelier ciblé (10 personnes max)

Juin-Juillet 2010 : Atelier ciblé (10 personnes max)

2010 : Demande d'une session spéciale à l'Ocean Sciences Meeting

La participation à différents colloques européens est également prévue.

DOCUMENT N° 7

NOM DE LA CAMPAGNE : BOUM

CURRICULUM VITAE
DU CHEF DE PROJET ET DU CHEF DE MISSION
(1 page chacun au maximum)

Thierry MOUTIN, Maître de Conférences
Né le 15 octobre 1964 à Grenoble.

Etablissement actuel : **Laboratoire d'Océanographie et de Biogéochimie, UMR CNRS 6535,**
Centre d'Océanologie de Marseille, 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

1992-1993 : ATER à l'Université de Montpellier II.
1994-présent : Maître de conférences à l'Université de la Méditerranée OSU.

Cadre des recherches - thèmes de recherche spécifiques - Cycle biogéochimique du phosphate et production primaire océanique.

Participation à des campagnes océanographiques de longue durée (10 jours à 2 mois).

OLIPAC, Pacifique équatorial, 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 Fev et Avr 2000, Sept 2001
DIAPALIS, Pacifique équatorial, Juin 2002, Fév 2003
BIOSOPE, Pacifique sud, Nov-Déc 2004

24 publications avec comité de lecture dont voici les plus récentes (>2002) :

- Duhamel, S., Zeman, F. and T. Moutin. 2006. A dual-labeling method for the simultaneous measurement of dissolved inorganic carbon and phosphate uptake by marine planktonic species. *Limnology and Oceanography: Methods* 4: 416-425.
- 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.
- 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.
- Claustre, H., Babin, M., Merien, D., Ras, J., Prieur, L., Dallot, S., Prasil, O., Dousova, H. and T. Moutin. 2005. Towards a taxon-specific parameterization of bio-optical models of primary production a case study in the North Atlantic. *Journal of Geophysical Research*, 110, (C07S12, doi:10.1029/2004JC002634).
- Leblanc, K., A. Leynaert, C. Fernandez, P. Rimmelin, T. Moutin, P. Raimbault, J. Ras, B. Queguiner. 2005. A seasonal study of diatom dynamics in the North Atlantic during the POMME experiment (2001): evidence for Si limitation of the spring bloom. *Journal of geophysical research*, 110, No. C7, C07S14 10.1029/2004JC002621
- Karayanni, H., U. Christaki, F. Van Wambeke, M. Denis, T. Moutin. 2005. Influence of ciliated protozoa and heterotrophic nanoflagellates on the fate of primary production in NE Atlantic Ocean. *Journal of geophysical research*, 110, C07S15, doi:10.1029/2004JC002602.
- 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.
- Blain, S., C. Guieu, H. Claustre, K. Leblanc, T. Moutin, B. Queguiner, J. Ras, and G. Sarthou. 2004. Availability of iron and major nutrients for phytoplankton in the north-east Atlantic Ocean. *Limnol. Oceanogr.* 49: 2095-2104.
- Ridame, C., T. Moutin & C. Guieu. 2003. Does phosphate adsorption onto Saharan dust explain the unusual N/P ratio in the Mediterranean Sea ? *Oceanologica Acta* 26, 629-634.
- Durrieu de Madron, X., L. Denis, F. Diaz, N. Garcia, C. Guieu, C. Grenz, M.D. Löye-Pilot, W. Ludwig, T. Moutin, P. Raimbault & C. Ridame. 2003. Nutrients and carbon budgets for the gulf of Lions during the MOOGLI cruises. *Oceanologica Acta*, 26, 421-433.
- Moutin, T., T.F. Thingstad, F. Van Wambeke, D. Marie, G. Slawyk, P. Raimbault & H. Claustre. 2002. Does competition for nano-molar phosphate supply explain the predominance of the cyanobacterium *Synechococcus* ? *Limnology and Oceanography*, 47(5), 1562-1567.

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

- Van Wambeke, F., Christaki, U., Giannakourou, A., Moutin, T., and K. Souvemerzoglou. 2002. Longitudinal and vertical trends of bacterial limitation by phosphorus and carbon in the Mediterranean Sea. *Microb. Ecol.* 43(1), 119-133.
- Moutin, T., and P. Raimbault. 2002. Primary production, carbon export and nutrients availability in western and eastern Mediterranean Sea in early summer 1996. MATER Special Issue. *Journal. of Mar. Syst.* 33-34, 273-288.
- Dolan J.R., H. Claustre, T. Moutin and F. Carlotti. 2002. Microzooplankton diversity: relationships of tintinnid ciliates with resources, competitors & predators from the Atlantic Coast of Morocco to the Eastern Mediterranean. *Deep Sea Res. I*, 49, 1217-1232.
- Van den Broeck, N. and T. Moutin. 2002. Phosphate in the sediments of the Gulf of Lions (NW Mediterranean Sea), relationship with inputs by the river Rhone. *Hydrobiologia*, 472, 85-94.

CHEF DE MISSION(2)

France VAN WAMBEKE, DR CNRS

Née le 11 mai 1958

Etablissement actuel

**Laboratoire de Microbiologie, Géochimie et Ecologie Marines, LMGEM
UMR 6117, Centre d’Océanologie de Marseille, campus de Luminy, case 901,
13 288 Marseille cedex 9**

Diplômes

1976 Baccalauréat série C

1978 BTS de Biochimie et Analyses Biologiques

1981 DEA d’Océanologie, Université Aix Marseille II

1983 Thèse de 3ème cycle Océanologie, Université de la Méditerranée

1992 Thèse d’Etat Es Sciences

Thématique scientifique de recherche : Activité et régulation de la fraction hétérotrophe du compartiment bactérien en relation avec sa diversité : son rôle dans le réseau trophique microplanctonique et les cycles biogéochimiques.

Publications scientifiques récentes:

- Sempéré R, Dafner E, Van Wambeke F, Lefèvre D, Magen C, Allègre S, Bruyant F, Bianchi M, Prieur L, 2003. Distribution and cycling of total organic carbon across the Almeria-Oran Front in the Mediterranean Sea- Implications for cycling in the western basin. *Journal of Geophysical Research*, 108 (C11) :3361 doi 10.1029/2002JC001475.
- Karayanni H, Christaki U, Van Wambeke F, Dalby A, 2004. Evaluation of double formalin-Lugol’s fixation in assessing number and biomasses of ciliates: an example of estimations at mesoscale in NE Atlantic. *Journal of Microbiological Methods*, 56:349-358.
- Christaki U, Van Wambeke F, Bianchi M, 2004. Heterotrophic bacterial growth and substrate utilization in the oligotrophic Eastern Mediterranean (Aegean Sea). *Mediterranean Marine Science*, 4(1):23-39.
- Van Wambeke F, Lefèvre D, Prieur L, Sempéré R, Bianchi M, Oubelkheir K, Bruyant F, 2004. Distribution of microbial biomass, production, respiration, dissolved organic carbon and factors controlling bacterial production across a geostrophic front (Almeria-Oran, SW Mediterranean Sea). *Marine Ecology Progress Series*, 269: 1-15
- Maixandeau A, Lefèvre D, Fernández C, Sempéré R., Sohrin R., Ras J, Van Wambeke F, Caniaux G, Quéguiner B. 2005. Mesoscale and seasonal variability of community production and respiration in the surface waters of the NE Atlantic Ocean. *Deep Sea Res I*, 52: 1663-1676
- Karayanni H, Christaki U, Van Wambeke F, Denis M, Moutin T. 2005. Influence of ciliated protozoa and heterotrophic nanoflagellates on the fate of primary production in NE Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research*, vol 110, C07S15, doi:10.1029/2004JC002602
- Maixandeau A, Lefèvre D, Karayanni H, Christaki U, Van Wambeke F, Thyssen M, Denis M, Fernandez C, Uitz J, Leblanc K, Queguiner B. 2005. Microbial community production, respiration and structure of the microbial food web of an ecosystem in the Northeastern Atlantic Ocean. *Journal of Geophysical Research*, vol 110, C07S17, doi:1029/2004JC002694.

Responsabilités au niveau du laboratoire

Membre du Conseil Scientifique pour le laboratoire et responsable axe transverse. ACO Hygiène et Sécurité, Personne Compétente en radioprotection. Membre de la boîte « biochimie » pour les expertises des demandes de moyens mi-lourds de la CSOA. Membre de la commission OPCB.

Chef de mission de campagnes Océanographiques :

HFF-pelagos, n/o Europe et Georges Petit, 1997 Golfe du Lion, 6 sorties, 21 jours

Participation aux campagnes océanographiques les plus récentes :

ALMOFRONT 2, n/o Atalante, Mer d’Alboran, 22 déc 1997-16 janv 1998 (27 jours)

TMC, n/o Aegaio, Méditerranée Occidentale, 25 juin – 2 juillet 1999 (7 jours)

PROSOPE, n/o Thalassa, Mer Méditerranée, 4 sept- 4 oct 1999, (30 jours)

POMME 1, 2, et 3 sur n/o l’Atalante, Thalasse Atlantique Nord, 2001 (68 jours)

GASPROD, n/o la Thalassa Golfe de Gascogne, 9-21 avril 2002 (12 jours)

DYNAPROC2, n/o la Thalassa Mer Méditerranée, 12-29 sept 2004 (18 jours),

BISOSPE, n/o l’Atalante, Océan Pacifique Sud, 23 oct- 12 déc 2004 (65 jours)

DOCUMENT N° 8

NOM DE LA CAMPAGNE : BOUM

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

ACCORD DES PERSONNELS EMBARQUANT

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

| Nom Prénom | Institut Laboratoire | Accord pour autres propositions de campagnes | % Participation à BOUM | |
|--------------------------------------------------------------|-------------------------|-------------------------------------------------------|---------------------------|--|
| BIEGALA Isabelle/ Doctorant BM fixation N ₂ | IRD | AUCUN | 25 | |
| CARLOTTI François | LOB | AUCUN | 20 | |
| BOURUET-AUBERTOT Pascale | LOCEAN | AUCUN | 20 | |
| CATALA Philippe | LOBB | AUCUN | 25 | |
| CHRISTAKI Urania | ELICO | AUCUN | 20 | |
| COURTIES Claude | LOBB | AUCUN | 20 | |
| DE VARGAS Colomban | SB-Roscoff | AUCUN | 25 | |
| FUDA Jean Luc | COM | EGYPT | 20 | |
| GARCZAREK Laurence | SB-Roscoff | AUCUN | 25 | |
| GOYET Catherine | Univ-Perpignan | AUCUN | 20 | |
| GUIEU Cécile | LOV | AUCUN | 25 | |
| GUIGUE Catherine | LMGEM | ARCHIMED | 20 | |
| JEANTHON Christian | SB-Roscoff | MALINA | 25 | |
| LEBLANC Karine | LOB | AUCUN | 25 | |
| LEBLOND Nathalie | LOV | AUCUN | 30 | |
| LEFEVRE Dominique | LMGEM | AUCUN | 20 | |
| LOISEL Hubert | ELICO | AUCUN | 20 | |
| MAREC Claudie | INSU | MALINA | 20 | |
| MOUTIN Thierry | LOB | AUCUN | 80 | |
| ORIOU Louise | LOBB | DRAKE | 20 | |

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

| | | | | |
|--------------------------------------|--------------|----------------|----|--|
| PICHERAL Marc | LOV | BONUS/GOODHOPE | 25 | |
| PRIEUR Louis | LOV | AUCUN | 25 | |
| PUJO PAY Mireille | LOBB | AUCUN | 25 | |
| RAIMBAULT Patrick | LOB | AUCUN | 25 | |
| Post Doctorant / RIDAME Céline | LOCEAN-Paris | AUCUN | 40 | |
| BARTHAUX Véronique | LOB | AUCUN | 25 | |
| TAMBURINI Christian | LMGEM | HOT-MIX | 20 | |
| TANAKA Tsunéo | LOB | IPY-PAME | 30 | |
| STEEMANN Lars | LOV | BONUS/GOODHOPE | 25 | |
| VAN WAMBEKE France | LMGEM | AUCUN | 50 | |
| WEINBAUER Markus | LOV | AUCUN | 20 | |
| Doctorant (Physique turbulence) | LOCEAN/LOV | AUCUN | | |
| Doctorant (Production cycles N-C) | LOB | AUCUN | | |
| Doctorant (Production cycles P-C) | LOB/LOBB | AUCUN | | |
| Doctorant (Minéralisation) | LMGEM | AUCUN | | |
| | | | | |
| BERHENFELD Mike | Etats-Unis | AUCUN | 25 | |
| MARANON Emilio | Espagne | AUCUN | 25 | |
| PSARRA Stella | Grèce | AUCUN | 30 | |
| VAN MOOY Benjamin | Etats-Unis | AUCUN | 25 | |

Liste des annexes

| | |
|---------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| Dossier scientifique : informations complémentaires | ANNEXE 1 |
| Fiches “ Valorisation des résultats des campagnes océanographiques ” | ANNEXE 2 |
| Détail concernant le financement du projet | ANNEXE 3 |
| Rapport d'évaluation de la campagne : BOUM et <i>réponse de la communauté BOUM</i> | ANNEXE 4 |
| Lettres de soutien | ANNEXE 5 |

Dossier scientifique : informations complémentaires

ANNEXE 1

A 1.1. Penetration of anthropogenic carbon

The sole time-series data available from the DYFAMED site indicate that over the past ten years, the temperature of these waters has increased and the capacity of these waters to absorb anthropogenic carbon has decreased (Touratier et al, 2005a). It is thus probable that this temporal trend observed in one area of the Mediterranean Sea is similar in other areas of the Mediterranean Sea. This has to be quantified accurately in order to determine the role of the Mediterranean Sea in the drawdown of anthropogenic carbon and consequently the role of its transport from the Mediterranean Sea to the Atlantic Ocean. It is particularly important to get data from the area of the LIW (Levantine Intermediate Water) formation in the eastern part of the Mediterranean Sea. This intermediate water plays a crucial role in the deep water formation in the western basin (Millot, 1999) and contributes to the water outflow through the Strait of Gibraltar. As a consequence, part of the carbon sequestered will be integrated in the global circulation.

The quantification of the anthropogenic distribution in the Mediterranean Sea will be computed using the simple and recent TrOCA approach (Touratier & Goyet, 2004a,b) that has been applied in the Atlantic ocean and the Gulf of Cadiz (Touratier et al, 2005b, Aït-Ameur et al, 2006) and the Antarctic ocean (Lo Monaco et al, 2005). We plan to measure TCO_2 and TA by potentiometry from discrete samples collected throughout the water column. The measurement technique is fully described in DOE (1994), and we will use reference material that we will buy from Dr. A. Dickson's lab (Scripps, CA, USA).

It is also planned to estimate the distribution of anthropogenic carbon using the 3D Mediterranean Sea model (with a resolution of $1/4^\circ \times 1/4^\circ$) developed by the GHER (University of Liège, Belgium) which is now running on a bi-optimizer workstation at the University of Perpignan, France. All C_T measurements realized during the BOUM cruise, in combination with those of the DYFAMED times-series station and the German METEOR 51/2 cruise, will be used to estimate the four parameters (a to d) involve in the interpolation model developed by Goyet and Davis (1997), using a Singular Value Decomposition procedure: $C_T = a + b\theta + c\text{AOU} + dS$. Once parameters a to d are determined, it is possible to estimate C_T when the properties θ , O_2 , and S are known. Similarly, using all A_T measurements from the BOUM cruise, we will determine the best linear relationship relying A_T to S : $A_T = eS + f$. The next step is to compute the 3D fields of initial conditions for C_T and A_T on the grid model in order to run the 3D GHER model of the Mediterranean Sea. This will be realized using the two previous relationships for C_T and A_T and the MEDAR/MEDATLAS II 2002 database from which numerous measurements are available for the three required properties θ , O_2 , and S .

All data that describe the carbonate system properties within the Mediterranean Sea will be gathered to perform the validation of the 3D model results. The model results will be used primarily to identify and understand the main meso-scale processes governing the sequestration of anthropogenic carbon. It is planned to perform simulations with a timescale varying from a year to a few decades.

A 1.2. Diversity of diazotrophs

The diversity of diazotrophs (photosynthetic or heterotrophic species either free living or associated with other organisms) will be assessed by measuring both their species richness and the abundance of each species using molecular techniques. The species richness will be investigated by the detection and the genetic comparison of *nifH* gene, which code for nitrogenase, the enzyme responsible for di-nitrogen fixation (Zehr et al. 2001). Clone library technique will be used to assess species richness. When the abundance of each diazotroph will be measured by whole cell specific fluorescent probe hybridization (TSA-FISH technique) approaches (Biegala et al. 2003). Diversity of diazotrophs will be investigated using different size fractionation at the 3 long-term stations through the water column, from sub-surface (-1 m), going through the chlorophyll maximum and down to below the euphotic layer. Changes in diazotrophs diversity will be also investigated during 4 days microcosms experiments. For each microcosm, water from each of the 3 long-term stations will be enriched with different input in nutrients (N and/or P) and iron types. In addition, diazotroph activity will be measured in parallel to either *in situ* microcosm sampling (A 2.5.).

A 1.3. Diversity of diatoms

The species present in the biogenic silica maximum observed in the Ionian Sea during the PROSOPE cruise were not identified. Diatoms are usually a minor contributor to phytoplankton abundance in very oligotrophic areas, but this deep biogenic silica indicates that some species could thrive at lower light levels where nutrients become more abundant. Whether diazotrophic diatoms such as *Rhizosolenia*, which hosts the cyanobacterium *Richelia*, may be found at deeper levels in the eastern MS is still unknown. Sample collection at several depths between the surface and the nutricline at the chosen study sites will allow a characterization of the diatom community structure and will reveal whether diazotrophic diatoms may be of importance in the N_2 fixation budget of the MS.

A 1.4. Diversity of cyanobacteria

Recently, the availability of numerous marine cyanobacteria genomes (11 *Prochlorococcus*, 12 *Synechococcus*) and of extended environmental gene sequences of both genera (Craig Venter databases) provides an unprecedented opportunity to characterize the expression of key genes involved in different biological processes (photosynthesis, carbon fixation, DNA repair, etc). This approach will allow us to study, directly *in situ*, physiological adaptation of cyanobacteria to environmental conditions (light, UV, temperature, CO_2 , nutrient deficiency, etc), and possible responses to environmental factors/stresses.

Laboratory studies have already allowed us to identify two molecular markers : a marker for UV stress using a gene coding for a DNA repair protein (*recA*, encoding the recombinase A) and the second one for growth rate status using the *ftsZ* gene, the product of which is a key factor for the initiation of cell division (Holtendorff et al. 2002). Furthermore, a new marker indicating the carbon fixation level (*rbcL* coding for the RUBISCO) is actually under development in our laboratory (Wawrik et al. 2002). The use of real time PCR to follow the expression of these genes will allow circumventing the low amount of material present in sea water and to quickly analyze a large amount of samples as it is necessary in an oceanographic context. The expression of these genes will be studied over depth profiles and horizontal transects along the Mediterranean trophic gradient.

A 1.5. Diversity of aerobic anoxygenic phototrophic bacteria (AAnPB)

AAnPB are strict aerobes containing bacterial photosynthetic centers composed of bacteriochlorophyll that have been discovered in organic-rich marine environments. These bacteria are facultative phototrophs; they grow heterotrophically but can use light as additional source of energy. This implies that photosynthesis could be important for this group under conditions when the availability of dissolved organic carbon is limiting growth. It was therefore initially hypothesized that these bacteria may have a large ecological advantage and thus be more abundant in the open ocean and oligotrophic areas. AAnPB genes which encode the pigment binding subunit of the bacteria photosynthetic reaction center (*pufLM* genes) have been found in estuarine and oceanic DNA samples collected around the world and their analysis has demonstrated the remarkable diversity of these bacteria (Béjà et al, 2002; Oz et al, 2005). Given the potential large impact that AAnPB may have on marine carbon cycling and some recent conflicting reports on their abundance in the world ocean (Schwalbach & Furhman, 2005), more work is needed to determine the ecological significance of these photoheterotrophs. Moreover, AAnPB may also play a significant role in the competition for phosphate in P-depleted environments.

The abundance of AAnPB will be assessed by flow cytometry (a specific protocol will be developed), image analysis and epifluorescence microscopy and quantitative PCR (Schwalbach & Furhman, 2005). The diversity of AAnPB will be assessed by cultural and molecular approaches. Different culture media will be used to isolate numerous pigmented strains in order to generate an extensive culture collection of these bacteria (Koblizek *et al*, 2003). These isolates will be genetically identified and characterized and examined for a suite of metabolic capacities. Molecular diversity will be assessed by cloning and sequencing *pufM* genes that are specific of AAnPB in pelagic areas (Oz *et al*, 2005). Taken together, results from these experiments will uncover the distribution and genetic and metabolic range of AAnPB.

A 1.6. Eukaryotic picoplankton diversity

Important eukaryotic groups will be quantified by Fluorescent *in situ* hybridization along the transect, and for different depths. Photosynthetic picoeucaryotes. We will determine the dominant photosynthetic taxa at each station and depth and will try to establish the relationship between community composition and trophic status.

Marine Alveolates group I and II. These organisms are only known from environmental sequences and their nature is still elusive. We suspect that group II may correspond to parasites of larger phytoplankton such as Dinoflagellates. We will determine the abundance of the different clades of alveolates by FISH and will attempt to establish relationships with the microplankton community.

A 1.7. Diversity and abundance of haptophytes and coccolithophores.

The haptophytes are one of the main groups of marine microalgae and contain both calcifying (coccolithophores) and non-calcifying species (de Vargas and Probert 2004). The coccolithophores (~300 morphospecies) have evolved an astounding morphological diversity of calcified skeletons to flourish at different depths along the photic zone from surface waters to – 200m. Through the process of intra-cellular biomineralization (or *coccolithogenesis*, Young et al. 1999), the coccolithophores control most of the open ocean carbonate chemistry and may be the major force for the oligotrophic biological pump their ballasting effect (Klaas and Archer 2002). Today, ocean acidification driven by anthropogenic CO₂ threaten coccolithophore calcification and its buffering effect on the ecosystem. On the other hand, the non-calcifying haptophytes maybe of fundamental importance for primary production in oligotrophic oceans. Significant amount of the carotenoid pigment *19-hexanoyloxyfucoxanthin* and prymnesiophyceae cells were respectively detected by HPLC (Andersen et al. 1996) and FISH (Not, personal communication) in oligotrophic waters of the Pacific and Atlantic oceans. These naked haptophytes are tiny cells within the picoplanktonic fraction and may account for most of the primary production in many cases (more than the *Synechococcus/Prochlorococcus* production). This biodiversity of these pico-haptophytes is yet to be explored.

At the three main BOUM-station, we will analyze the morphological and genetic diversity of coccolithophores at 6 different depths, from surface waters to below the deep chlorophyll maximum. Different sorts of filters for comparative *SEM microscopy*, *Optic Microscopy*, *DNA extraction*, and *FISH analyses* will be prepared from 30 liters of water extracted from each depth. Polarization-optic microscopy will allow us to rapidly determine and quantify the coccolithophore flora at each station. Representative samples of the different flora along the transect and across depths will then be selected and thoroughly analyzed via SEM, and some of them will serve as template for LSU rDNA clone libraries. In addition, a new method recently developed in our laboratory (the COD-FISH, Frada et al. 2006) will be used to quantify the calcifying versus non-calcifying coccolithophores, a phenotypic status which can depend on the life-cycle stage. Coccoliths weights of key species will finally be assessed in collaboration with Luc Beaufort (CEREGE; Beaufort and Dollfus 2004; Beaufort 2005). For the analysis of pico-haptophyte diversity, we will select samples particularly rich in prymnesiophytes as detected in A.2.4 by FISH data, and build at least one LSU rDNA clone library per station using haptophyte specific primers.

A 1.8. Diversity of viruses

Viruses are on average 10 times more abundant than cellular organisms and they can cause significant mortality of bacterio- and phytoplankton (Fuhrman 1999; Suttle 2005). Metagenomic analyses suggest that viruses are very diverse and that most viruses in surface waters are bacteriophages, i.e. viruses infecting bacteria. Up to 7000 different types of viruses can be found in a 200 liter water sample and this is a conservative estimate, since rare viruses are not detected (Breitbart et al, 2002). While cellular organisms have common genes such as the small subunit of rRNA, which can be used as phylogenetic marker, even subgroups of viruses, such as tailed bacteriophages, do not have a common gene. Thus, assessing diversity of viruses is difficult. Using pulsed-field gel electrophoresis, viruses from aquatic systems can be separated based on their genome size. Although several viruses can have the same genome size, this approach was surprisingly successful in describing viral diversity of systems or detecting changes with time and space. For specific groups such as algal viruses, cyanophages or podoviruses (a type of tailed phages infecting bacteria), primers have been developed and this allows genetic fingerprinting of their communities. In general, studies on viral diversity are still rare.

PFGE needs a relatively large volume of water, ca. 5-10 liters in oligotrophic systems. After prefiltration to remove cells, viruses are concentrated using ultrafiltration and –centrifugation and the genome is separated by size on agarose gels under pulsed electric fields (Wommack, Ravel et al. 1999). Primers are available for several groups of viruses and genetic fingerprinting techniques such as denaturing gradient gel electrophoresis (DGGE) have been applied to assess viral richness, i.e. the number of different viral types (Chen & Suttle 1995; Short & Suttle 2000). A benefit of this method is that bands can be excised from gels and sequenced to obtain a phylogenetic affiliation of the viruses.

Viral abundance can be detected by flow cytometry (Marie et al. 1999). Viral production and the impact of viruses for bacterial mortality can be studied using approaches such as transmission electron microscopy inspection of infected cells and a virus reduction approach (Weinbauer et al. 2002; Wilhelm et al. 2002).

A 1.9. Resource and Consumer (tintinnid ciliate) diversity

Among the microzooplankton are tintinnid ciliates which possess attributes making them ideal candidates to use as indicators of consumer diversity. Tintinnids are a monophyletic, species-rich group (> 600), all ecologically similar as consumers of phytoplankton. Species identifications are based on morphological characteristics of their shell or lorica. Thus tintinnids provide an opportunity to compare the diversity found in lower trophic levels (e.g., diatoms, cyanobacteria, eukaryotic picoplankton) to that of their consumers

Diversity in tintinnid ciliates, members of the microzooplankton, will be assessed using classical taxonomic criteria- morphology. In tintinnid ciliates, morphology is not only of taxonomic significance; morphology is also closely related to feeding ecology (Dolan et al. 2002). Diversity will be estimated in terms of taxa (species, evenness) as well as in terms of morphology: numbers of distinct size-classes and evenness (Dolan 2000; Dolan & Gallegos 2001). Spatial trends in tintinnid resources (phytoplankton) will be compared to tintinnid diversity, both taxonomic and morphological.

A. 2.1. Dissolved Inorganic Phosphate availability:

It is not always easy to identify the limiting nutrient (N or P?) and its magnitude (e.g. P-deficiency vs. P-limitation). Since PO₄ is considered to be the most readily available form of P to osmotrophs, it would appear simple to measure this pool (i.e., PO₄ availability). However the molybdenum blue reaction method, which is currently used as the 'standard method', measures not only orthophosphate but also has a potential 'background' such as from acid labile dissolved organic P and arsenate. This is why the measured phosphate is defined as soluble reactive phosphate (SRP). In addition, SRP concentrations are often below the detection limit of the standard method in euphotic layers during the stratified period. Recently Rimmelin and Moutin (2005) have improved the magnesium co-precipitation method, so-called MAGIC25, by which PO₄ in water can be detected down to 0.8 nmol L⁻¹ without significant interference by SRP background. In addition, specific affinity for PO₄ uptake for osmotrophs, which is the slope of the specific uptake for PO₄ versus PO₄ concentration curve, is a very useful diagnostic tool for detecting P limitation among planktonic systems of different trophic status (Tanaka et al. *submitted*).

At each station, water samples will be collected from different depths from euphotic down to mesopelagic layers (ca. 1000 m). To compare chemically measured PO₄ concentration, biologically required PO₄ pool, and specific affinity for PO₄ uptake, measurements in concentration and turnover time of PO₄, and bacterial biomass and production will be done down to mesopelagic layers, while those of phytoplankton biomass and production are only down in euphotic layers.

A 2.2. Longitudinal variation of N:P balance in the euphotic layer

To understand ecosystem productivity, not only the question of which nutrient is limiting, but also the excess amount of the next potentially limiting nutrient, is of great importance. Alkaline phosphatase activity (APA) has long been used as a molecular indicator of P deficiency of osmotrophs. Thingstad and Mantoura (2005) showed that APA in the P-starved eastern Mediterranean surface waters is induced by excess NH₄ and reduced by excess PO₄ and that most of the APA reduction by excess PO₄ seems to be caused by repression of AP production, combined with inactivation of the existing enzymes. Using these characteristics, they established a new method for estimating excess N by titrating P-starved water samples with PO₄ until APA disappears and excess P by titrating P-pulsed water samples with NH₄ until APA is induced during a Lagrangian experiment (Thingstad and Mantoura 2005). However this method has not yet been applied to other parts of the Mediterranean. We plan to estimate excess N or P using the APA titration technique at each station. Water samples are collected from surface, chlorophyll maximum depth, and bottom of the euphotic layer, and incubated with different concentrations and ratios of N and P.

A. 2.3. Silicic acid availability:

Recent studies have shown that silicic acid availability could exert a control over diatom abundance and Si production in the Mediterranean Sea (Leblanc et al, 2003) where previous observations discarded the role of Si as a potential limiting factor for phytoplankton growth in this region (Crispi et al, 2002). Nonetheless, very low silicic acid surface concentrations (<1 μM) have been observed in different parts of the Mediterranean basin and are likely to limit diatom growth. The silicon cycle in the Mediterranean Sea remains poorly documented, and this project further aims at quantifying the various silicon pools (dissolved and particulate) at the chosen study sites.

A. 2.4. Iron availability :

Although low concentrations of dissolved iron were found at the DYFAMED site at the end of the bloom period (<0.13 nM: Sarthou & Jeandel 2001, 0.2 nM: Bonnet & Guieu, *submitted*) that could have an impact on biological activity at this time (in particular by lowering the intensity of the bloom after most of the iron was depleted), high DFe encountered at the end of the stratification period (due to the accumulation of atmospheric Fe during this low productivity period) (Guieu *et al.* 2002, Bonnet & Guieu *submitted*, Sarthou & Jeandel, 2001) may only have a limited effect on biological activity. However, it has been suggested by Bonnet & Guieu, (*submitted*) that the occurrence of Saharan input during summer could stimulate N_2 fixation, not only because of (high) DFe concentrations in surface waters but by providing a source of new P (Ridame & Guieu, 2001). [DFe] distribution in Mediterranean Sea is poorly documented, in particular in the Eastern Basin. The accumulation in the surface mixed layer will highly depend on the intensity of the atmospheric flux that will happen during the summer prior to the cruise and we may also expect a situation where very low Saharan inputs occur leading to poorly Fe enriched surface waters that could affect the ecosystem functioning.

Dissolved iron distribution will be determined on deep profiles at each of the 4 sites with emphasis on the surface distribution.

A 2.5. N_2 fixation

Extensive nitrogen fixation in the Mediterranean Sea has been inferred from nutrient budgets (Béthoux and Copin –Montégut, 1986; Béthoux et al, 1992) and elevated N/P ratio in deep waters. $\delta^{15}\text{N}$ data in fossil chlorophyll provide geochemical evidence of extensive nitrogen fixation in the eastern Mediterranean in the past (Sachs and Repeta, 1999). Kerhervé et al. (2001), using $\delta^{15}\text{N}$ data in settling particles suggest that dissolved atmospheric N_2 may act as a significant new nitrogen source. Based on calculations of excess dissolved fixed nitrogen (N^*) in the MS, Gruber and Sarmiento, 1997 suggested that N_2 fixation should be an essential key in explaining the high N/P ratio in Mediterranean waters. Recent work (Garcia et al, *submitted*) conducted at the DYFAMED site has revealed a significant nitrogen fixation throughout the year, in spite of absence of *Trichodesmium*. While nitrogen fixation rates were typically quite low relative to the apparent demand of the primary producers, this biological process supplies significant new nitrogen which can balance the nitrogen budget and could explain the high nitrate/phosphate ratio observed in deep water.

At the 3 long-term stations, N_2 fixation and CO_2 uptake rates will be measured throughout the water column with the tracers $^{15}\text{N}_2$ and $^{13}\text{CO}_2$, following the general procedure described in Montoya et al, (1996). Labelling with $^{15}\text{N}_2$ and $^{13}\text{CO}_2$ permitted the assessment of nitrogen fixation by diazotrophs and carbon fixation by whole plankton community. Both parameters will be measured on the total fraction and at specific depths, on different size fractions (according to those chosen for the diversity of diazotrophs, cf. objective 2). The natural abundance of ^{15}N ($\delta^{15}\text{N}$) and ^{13}C ($\delta^{13}\text{C}$) on particulate matter in the euphotic zone, and in settling particulate matter (from sediment traps) will also be measured.

A 2.6. Atmospheric dust traces in the upper water column and their potential impact on the N_2 fixation rate

Dust deposition from Saharan dust clouds or “red rains” in very oligotrophic regions of the MS may be a potential source of fertilisation for surface waters, inducing higher Fe concentrations. This type of dust deposition can be traced in the surface layer by measuring lithogenic silica (LSi) which is an important component of terrestrial dust. Higher surface concentrations of LSi in the eastern MS have previously been used to confirm a dust deposition flux in the surface layer (Claustre et al, 2002). The availability of phosphate and/or iron is suspected to limit the N_2 fixation (Berman-Frank et al, 2001; Sanudo-Wilhelmy et al, 2001; Mills et al, 2004, Moutin et al, 2005). Saharan dust inputs, by supplying both iron and phosphate, may stimulate *in situ* nitrogen fixation in oligotrophic ecosystems. Lenés et al. (2001) and Walsh & Steidinger (2001) reported a large *Trichodesmium* bloom in response to a Saharan dust event on the West Florida shelf. More recently, Mills et al, (2004) demonstrated for the first time that the addition of Saharan dust in surface waters of the Eastern Tropical Atlantic (bioassay experiment) enhanced significantly nitrogen fixation rate by diazotrophs. The Mediterranean Sea is strongly impacted by Saharan dust input (Loye-Pilot and Martin 1996; Guerzoni et al. 1999). We can hypothesize that Saharan dust deposition could promote N_2 fixation in the Mediterranean Sea particularly during stratification period, ie when the atmosphere may be a significant source of allochthonous nutrients to the surface waters.

Vertical profiles of lithogenic silica will be conducted at the study sites to investigate the occurrence of dust deposition events. These measurements will be coupled to satellite imagery showing the aerosol index over the MS (TOMS, <http://toms.gsfc.nasa.gov/aerosols/aerosols.html>).

A 2.7. Dissolved vs particulate primary production:

The extracellular release of recently fixed photosynthate is a major process contributing to the production of dissolved organic carbon (DOC) in marine ecosystems. This source of DOC is particularly important for the trophic ecology of plankton, since the released compounds are susceptible to rapid uptake by heterotrophic bacteria (Cole et al. 1982), thus creating a link between primary and bacterial production that is essential for the cycling of matter through the microbial loop and the

microbial food web (Ducklow & Carlson, 1992). Despite its widely acknowledged ecological and biogeochemical significance, DOC production is not routinely measured in most surveys of productivity in the sea, which typically include determinations of particulate organic carbon (POC) production only. For this reason, our knowledge of the dynamics of microbial DOC production in marine ecosystems is still limited. As is the case with many other marine regions, dissolved primary production has not been well studied in the Mediterranean Sea. The measurements collected during the BOUM cruise along a biogeochemical gradient will allow us 1) to gain deeper insight into the mechanisms responsible for the extracellular release of recent photosynthate, and 2) to determine quantitatively what is the relative significance of DOC production and how does this importance change with the productivity of the ecosystem and its trophic structure.

During each process study, dissolved and particulate primary production will be measured daily by ^{14}C uptake experiments. Measurements will also be taken during intermediate stations in between process study sites. In every case, experiments will be conducted at 5-6 depths throughout the euphotic layer. In addition to end-point experiments, several 24-h time series experiments will be conducted, in order to check the linearity in production rates and also to help ascertain the underlying mechanisms involved in the release of dissolved photosynthate. This experimental approach has been successfully applied before both in eutrophic (Marañón et al 2004) and oligotrophic (Marañón et al 2005) marine waters.

A 2.8. Assimilation and regeneration of nitrogen: Quantification on new production in oligotrophic system

The original definition of new primary production rests on the assumption that nitrogenous substrate taken up to fuel algal growth is coming into contact with phytoplankton for the first time that year. Therefore, should the generation of nitrate from ammonium by nitrification turn out to be significant in surface waters then nitrate uptake can no longer be simply ascribed to new production. The results confirm previous limited observations (Raimbault et al, 1999) suggesting that a major fraction of nitrate uptake in oligotrophic regions, previously ascribed to new production, may actually involve "recycled" nitrate. In samples from oligotrophic waters (Raimbault et al, 1999, Diaz and Raimbault, 2000), $^{15}\text{NO}_3$ loss as DO^{15}N represented up to 20% of net NO_3^- uptake. Then estimation of new production needs to take into account nitrification as well as DON release, processes that are still poorly quantified in oligotrophic waters, leading to inaccurate f ratio estimation and export production rates.

A 2.9. Dissolved inorganic phosphate uptake at a group of species specific level

Micro-organisms in the 0.6-2 μm size fraction, probably *Synechococcus*, were found to have, in addition to high affinity for orthophosphate, significantly higher maximum PO_4 uptake rates than heterotrophic bacteria or eukaryotic algae (Moutin et al. 2002). These specific advantages concerning orthophosphate uptake at low ($< 5\text{nM}$) as well as at relatively high (5-25 nM) concentrations may explain both general *Synechococcus* abundance in the Mediterranean sea during the stratified period, and transient blooms of this species in the open ocean where episodic orthophosphate nano-pulse events are likely to occur. Nevertheless, phosphate addition to surface waters of the ultraoligotrophic phosphate starved eastern Mediterranean in a Lagrangian experiment, caused a decline in chlorophyll and an increase in bacterial production (Thingstad et al. 2005) that may only be explained by specific advantage of "large" heterotrophic bacteria concerning PO_4 uptake. These apparent contradictory results reinforce the need to define PO_4 uptake characteristics at the species level.

Aerobic Anoxygenic Photosynthetic (AAnPB) bacteria may also contribute to this phosphate uptake. Although the ecological importance and role of these bacteria are unknown, there is recent evidence that they could represent a significant proportion of total heterotrophic bacteria (up to 20% in oligotrophic waters), primarily due to their large biovolume (Lami et al in prep). Their potential role in PO_4 uptake should therefore also be considered.

We propose to couple ^{33}P incorporation and cell sorting techniques to identify the major biological players in PO_4 uptake (Lebaron et al 2001, Servais et al 2003). Cell sorting will allow us to discriminate ^{33}P incorporation into autotrophic versus heterotrophic cells of different size classes. Furthermore, we propose to describe the phylogenetic diversity of the sorted cells using single cell (e.g. FISH) and molecular analysis. To determine ^{33}P uptake at the single cell level we propose FISH in combination with microautoradiography (MICRO-FISH) of sorted cells. Additionally, *in situ* bioassay experiments based on PO_4 additions could be performed and, based on MICRO-FISH, the phylogenetic groups that are stimulated can be identified. The role of different groups like SAR11, CFB, in PO_4 uptake could be investigated in this way.

A 2.10. Biochemical fate of PO_4 incorporation

Phosphorus has long been recognized as an essential element for planktonic growth, yet there is very little quantitative information on the specific biochemical functions phosphorus serves in the typical planktonic cell. During several cruises to station ALOHA in the North Pacific subtropical gyre, the synthesis of the phosphorus-containing biochemicals RNA, DNA and lipids accounted for an average of 50%, 20% and 20% of the total incorporation of phosphate respectively (Van Mooy, 2003). However, at any given time, these rates can vary significantly from the average value. So while each of these rates reflect planktonic growth in general, the preferential synthesis of one of these groups molecules over another reflect a complexity that is not normally observed in measurements of total PO_4 incorporation. By making these observations within the coordinated framework proposed in the BOUM project, we will gain a more detailed view of the overall chemical requirements for planktonic growth. For example, enhanced RNA synthesis is a signal of protein synthesis, which is a very nitrogen intensive process. While in contrast, the synthesis of lipids demands comparatively less nitrogen, but more carbon. In addition, a transect through the Mediterranean Sea as part of the BOUM project would be an ideal place to study the impact of phosphate limitation on the synthesis of RNA, DNA and lipids; this is in contrast to the North Pacific subtropical gyre, where phosphate concentrations and turnover times are an order of magnitude higher (Björkman et al. 2000; Moutin et al. 2002). We hypothesize that under phosphate-limiting conditions, and greater fraction of total phosphate incorporation will be

used for DNA synthesis; parallel research in pure cultures has revealed a number of adaptations that can allow plankton devote significantly less phosphate to RNA and lipid synthesis when dissolved phosphate is scarce in the environment. Incubations spiked with radiolabeled phosphate will be conducted in the upper 250m at stations along the transect. These incubations will be terminated by filtration on 0.2 micrometer membranes. The membranes will be frozen in liquid nitrogen and then shipped to my laboratory at Woods Hole Oceanographic Institution after the cruise. There quantitative extractions for RNA, DNA and lipids will be conducted. The quantity of radiolabeled phosphate in these incubations will then be quantified by liquid scintillation counting, the rates of RNA, DNA and lipid synthesis will be determined.

A 2.11. Silicic production and diversity of diatoms

A new labelling technique was developed in order to trace the silicification process in marine diatoms, and offers new insights in the biological Si cycle by allowing for the first time a discrimination between active and non-active siliceous biomass (Shimizu et al, 2001; Leblanc & Hutchins, 2005). This new fluorescent probe (PDMPO) is incorporated into the diatom siliceous wall, also called frustule, during its formation, and fluoresces under UV-light wherever new biogenic silica is formed. This new molecular tool, coupled with the isotopic measurement of Si uptake rate (using the radioactive isotope ^{32}Si), will allow the determination of the relative contribution of each species within a mix of diatoms to total Si production. A full characterization of the Si cycle in surface waters (dissolved and particulate silicon pools, as well as Si production and export fluxes) will allow quantification of the relative contribution of diatoms to primary production and to the sinking particle flux.

A 2.12. Ciliates production

Protozooplankton is an ubiquitous and abundant component of the microzooplankton community in a large number of aquatic systems. This group is mainly represented by heterotrophic Nan flagellates and ciliates which are generally the major grazers in oligotrophic systems where pico- and nanoplankton dominate biomass and primary production (Kuipers & Witte 2000, Karayanni et al, 2005). Food availability appears to exert the major impact on the productivity of ciliates however the standing stocks of protozoa are little informative because due to strong top-down control by copepods (e.g. Christaki & Van Wambeke, 1995). Thus, evaluating protozooplankton growth rates is a key parameter in order to assess a better understanding of the functioning and productivity of the oligotrophic systems. There are still innumerable problems for fixing, identifying and estimating their grazing and production rates. In the few existing *in situ* studies dealing with ciliate production rates the most popular method is the size fractionation method (Wright & Coffin 1984) with more or less long incubations in polycarbonate bottles. The major problem of this approach is the decrease of the abundance of protists during the incubations due to manipulation and bottle effect (Gifford & Caron 2000). *In situ* incubation of water in dialysis bags allows diffusion of dissolved organic material and minimise bottle effect (Verity 1986). We will assess: (i) Protistan (nanoflagellates and ciliates) abundance and biomass (optical and epifluorescence microscopy), (ii) Protistan growth rates using two alternative experimental methods a) size fractionation incubation in bottles b) size fractionation incubation in dialysis bags. This approach will be completed by the estimation of protistan carbon demand and their potential grazing rates using a theoretical approach (Fenchel, 1987).

A 2.13. Mesozooplankton production

The role of the zooplankton component in the pelagic ecosystem is often limited to the study of the main (often larger) copepods, while small species like *Oithona*, *Oncea* and gelatinous zooplankton (ctenophores, siphonophores, salps) displaying a large range of functional response could play an important role in oligotrophic regions. Mesozooplankton, i.e. copepods are important contributor to the Nitrogen pool through dissolved excretion. P_0_4 excretion might also be important in this P-limited region. Experiment using enriched P-medium can highlight the potential limiting role of this nutrient in the development of local population. The way how copepods may be coupled to lower trophic levels in such conditions should be revisited (Thingstad et al. 2005).

Species richness (taxonomical determination), abundance and biomass of zooplankton (OPC: Optical plankton Counter, microscopic counts and dry weight).

On going measurement of plankton size spectrum will be performed between stations using the boat flow-through system.

Fecal pellets production (bulk and individual production), respiration (O_2 consumption, CO_2 release), excretion (colorimetric methods for NH_4 , PO_4), ingestion (chlorophyll through gut fluorescence) of main zooplankton contributors (copepods and main gelatinous organisms)

A 2.14. Uper meso- and macrozooplankton

The mesozooplankton size class is comprised between 200 and 2000 μm . The dominant group herein is the copepod group. However, the proportion of zooplanktonic organisms above 1 mm under-sampled or damaged in the net samples is unknown. In oligotrophic zones, the role of planktonic predators and especially those belonging to the gelatinous compartment is important. In addition numerous 'gelatinous filter-feeder taxa' play an important role in the oligotrophic geochemistry. In fact the retention and the packaging efficiency of appendicularians and doliolids and their ability to feed on detritic particles make them suitable for the colonization of extreme environments such as the oligotrophic or the deep sea. The lack of information on these groups is due also to the fragility of these organisms and due to the vanishing taxonomic expertise. Appendicularians are known to play a major role in the formation of marine snow. In several oligotrophic zones the vertical migration of zooplankton is perturbed and often inexistent. The up-down control in these cases is exerted mostly through the gelatinous 'low energy' predators.

The problems inherent to net sampling are: 1) depths or space integration, 2) avoidance and sub-sampling and 3) damage of the organisms. A new plankton net is in construction in LOV. It will allow the acquisition of more than 10 samples during its oblique ascent. The problems described above will be reduced by discrete sampling, the study of optimal porosity and the decreased noise of the gear as well as through the optimisation of samples handling and preservation. The samples will be analysed using the Zooscan system described at the site www.zooscan.com. The Underwater Video Profiler is described at www.obs-vlfr.fr/LOV/ZooPart/UVP/ and here below.

A 2.15. Diel variations of submicrometer and mostly non-living particles

Among the different particulate components, small-sized, mostly non-living submicrometer, particles are believed to be generally a dominant source of the particulate backscattering coefficient, b_{bp} , in surface waters of the open ocean under conditions of no phytoplankton bloom [Morel & Ahn, 1991; Stramski & Kiefer, 1991]. While scattering (b_p) is most sensitive to micron-sized particles, backscattering of spherical particles is relatively more responsive to submicrometer particles. Therefore simultaneous measurements of b_p , b_{bp} , and of the Chl-fluorescence signal may be used to analyse the diel scale of the particulate organic matter, and of its different components especially to know how the diel variations of submicrometer and mostly non-living particles, as revealed by b_{bp} , behave compared to those of larger and mostly autotrophic particles as revealed by b_p ?

In contrast to b_p , b_{bp} may be assessed from space (Loisel & Stramski, 2000). Based on this principle, we have shown in the Mediterranean Sea (Loisel et al, 2001), and over the global ocean (Loisel et al, 2002) some remarkable temporal patterns between b_{bp} and Chl. These patterns can be caused by the net accumulation of small, mainly non-living particles in the summer stratified layer, but also by the variation in the chlorophyll-to-carbon (Chl/C) ratio in surface phytoplankton population undergoing photoacclimation (Loisel et al, 2002). A recent study stated that most of the b_{bp} seasonal variability are due to the C/Chl variability (Behrenfeld et al, 2005). The different measurements in the BOUM cruise will then allow us to examine these different assumptions at the diel scale for futures interpretations of the remotely sensed b_{bp} .

A conductivity-temperature and depth (CTD) profiler (Sea-Bird, Inc.) and an optical package (WET Labs, Inc.) will be deployed every 3 hours. The optical package included a chlorophyll fluorometer, a beam transmissometer (at wavelength $\lambda=650$ nm), and two ECO-VSF (at $\lambda=532$ nm and 650 nm, respectively).

3 radiometers for measurements of downwelling irradiances (in water and above water-reference) between 350 and 700 nm will also be deployed around noon.

Water samples will be collected for measurement of absorption by dissolved et particulate material.

A 2.16. Decoupling of electron flow in phytoplankton thylakoid membranes and photosynthetic carbon fixation

Measurements of phytoplankton variable fluorescence provide information on the initial steps of photochemical charge separation and electron transport in thylakoid membranes. For ecological and biogeochemical issues, carbon fixation [and more specifically, net primary production (NPP)] is the photosynthetic parameter of greatest relevance. While variable fluorescence data are related to NPP, there are many biochemical steps between initial charge separation and carbon fixation. Over the diel cycle and between ocean regions of changing nutrient stress, this physiological separation of photosynthetic processes can cause a severe decoupling between variable fluorescence and carbon fixation patterns. The understanding and characterization of such decouplings constitutes the basis for relating high-resolution (even space-based) fluorescence data to carbon cycling in the sea. It also provides detailed insights toward interpreting spatial and temporal variability in photosynthetic rates as measured in the field using carbon isotopes. Parameters of particular importance include initial and maximal fluorescence (F_0 , F_m), photochemical efficiencies (F_v/F_m), functional absorption cross-sections (σ -PSII), and electron turnover times downstream of photosystem II (τ -PSII, τ -PQ).

Variable fluorescence measurements will be made using a custom-built bench-top fast repetition rate fluorometer (FRRf). The instrument employs a measurement protocol that allows single-turnover and multiple-turnover determinations of F_0 , F_m , and F_v/F_m , single-turnover σ -PSII and τ -PSII, and multiple-turnover τ -PQ. Measurements will be conducted continuously during the entire cruise using a flow-through of clean seawater. Vertical profiles of variable fluorescence parameters will also be collected using discrete samples (<500 ml) collected from the rosette. The FRRf can also measure changes in variable fluorescence parameters with changes in background illumination. This capability allows assessment of 'photosynthesis-irradiance' relationships at the level of electron transport.

A 2.17. Organic matter mineralization and bacterial diversity

At the base of microbial loop, heterotrophic bacteria play the key role of re-mineralizing detrital and dissolved organic matter. The importance of chemical composition of organic matter on bacterial metabolisms and dynamics is well known. Organic matter in the ocean is mainly under the form of polymeric substrates and ecto-enzymatic hydrolysis by specific enzymes is a preliminary step to assimilation of most substrates. Ecto-enzymes are specific of chemical forms and are generally inducible. After hydrolysis, small organic forms are directly assimilated into bacteria cells for bacterial production. It has been recognized that the preliminary hydrolysis of bio-polymers by ectoenzymatic activity is often a rate-limiting step for bacterial degradation of organic matter. In addition, at a given environmental condition corresponds a given taxonomic composition of heterotrophic prokaryotes. Molecular phylogenetic methods have provided means for identifying types of organisms that are present in microbial communities without cultivation. Fluorescence *in situ* hybridisation (FISH) with r-RNA-targeted oligonucleotides probes selectively visualizes prokaryotic cells with defined phylogenetic affiliation. The recently developed catalyzed reporter deposition FISH (CARD-FISH) method allows the use of oligonucleotide probes labeled with horseradish peroxidase, resulting in a sensitivity comparable to that of polynucleotide probes (Perthaler et al. 2002). There is also increasing methodological

development dealing on functional diversity aspects; notably microautoradiography coupled to *in situ*-hybridization (MICRO-FISH, Cottrell & Kirchman, 2000) which has also shown that cell specific bacterial production encompasses a large range. By MICRO-FISH technique, a variety of substrates have been tested which are not used in the same proportion by all phylogenetic groups (Elifantz et al, 2005). In addition, ectoenzymes are expressed in some specific strains only (Martinez et al, 1996). Due to their species-specific heterotrophic activities, free-living prokaryotes are able to modify the biochemical composition of organic matter. Hence, examining relationships between diversity and functionality (ectoenzymatic activity, uptake of specific organic compounds representative of a chemical family) within bacterial community is a major challenge for understanding the impact of prokaryotic heterotrophic processes on mineralization of organic matter along the water column. But there is scarce information in the Mediterranean, particularly in the East, and scarce information on transformation of organic matter in deep waters. Recent studies showed that the relative abundance of free-living *Archaea* increases throughout the water column and becomes about equal to the abundance of *Eubacteria* in deep-sea waters (Karner et al. 2001).

We propose to measure simultaneously 3 families of ectoenzymatic activities (lipase, protease, phosphatase) and the assimilation of their by-products (amino acids, fatty acids, and see A 3.19 for the fate of the DOP hydrolyzed) in combination with MICRO-FISH technique to target phylogenetic groups mostly responsible of heterotrophic activity. This will be made in the upper layer, in the twilight zone and in deep water layers (Van Wambeke et al 2002, Bourguet et al 2003, Cottrell & Kirchman, 2000). The chemo-autotrophic potential of *Archaea* will be determined by measuring dark incorporation of radiolabelled bicarbonate. The chemical composition of organic matter (dissolved lipids, aminoacids, DOP, DOC, DON) could provide information on the quality of substrates available for bacteria from the surface to the deep water column in relation to their heterotrophic activities.

A 2.18. Factors controlling bacterial production and consequence on heterotrophic activities.

Two main tools are generally used to detect P stress within bacteria and phytoplankton: phosphatase alkaline activities and enrichment experiments. Interpretation of the enrichment experiments are not always very clear and often, co-limitation of bacterial production is suggested, notably C - P (Carlsson & Caron 2001, Sala et al 2002, Van Wambeke et al. 2002). The second approach is based on the measurements of the activity of the ectoenzyme alkaline phosphatase. Bacteria develop alkaline phosphatase (AP) activities on exogenous substrates to fulfil their phosphorus requirement for growth when available phosphate becomes limiting. AP activities have generally been studied with fluorogenic substrate but only from the point of view of kinetics, or in the frame of global biogeochemical approach (measurements in the bulk sea water). However, by this method it is impossible to target organisms responsible of the activity. Knowing these enzymatic activities at the cell level appears necessary to evaluate the impact of phosphate limitation on aquatic ecosystem diversity. Localization of phosphatase active bacteria and phytoplankton is now possible at the cellular level by the use of a new fluorogenic substrate: the ELF-97 (Molecular Probes) that precipitates and fluoresces yellow-green after cleavage by alkaline phosphatase (Nedoma et al 2003). Such approaches will be made *in situ* and on surface sea-water amended with different combinations of nutrient amendments (N, P, labile C). Determination of the main phylogenetic groups responsible of heterotrophic activity (Cottrell and Kirchman 2000) as well as quantification of cells-exhibiting phosphatases activity, will give information about these potential co-limitation processes.

We will measure bacterial production (^3H leucine technique) and estimate major phylogenetic groups involved in bacterial production (microautoradiography coupled to hybridization *in situ*). Alkaline phosphatase activity will be determined for the whole water samples with the fluorogenic substrate MUF-P and at the single cell level with ELF-97. We will also determine the effects of nutrients amendments on bacterial production, respiration, diversity of phylogenetic groups, and the participation of the major phylogenetic groups to bacterial production.

A 2.19. Dissolved organic phosphate hydrolysis

There are 2 major groups of enzymes involved in terminal step of hydrolysis of dissolved organic phosphate (DOP) and thus responsible for inorganic phosphate (PO_4) regeneration: alkaline phosphatases (AP), and 5'-nucleotidases (5NP). AP are localized both in algae and bacteria, they are synthesized in response to P-deficiency (or P-stress), which means they can be used in P-deficiency diagnosis both at system and cellular level, and their activity can be relatively easily measured with fluorogenic substrates, e.g. MUF-P (system level) or ELF-97 phosphate (single-cell level, Nedoma et al, 2003b). The use of fluorogenic substrates like MUF-P, although giving semi-quantitative information by the use of kinetic parameters derived from enzymatic kinetics (V_m/K_m), do not allow realistic estimates of DOP hydrolysis rates. The other group, 5NP, are mainly of bacterial origin, they are mostly constitutive, which means they have no diagnostic value in P-deficiency assessment, and there is no fluorogenic substrate suitable for their activity estimation - measurement of their activity requires using radiolabelled nucleotide, mostly ^{32}P -labelled ATP (Ammerman & Azam, 1991). As nucleotides (eg. ATP) are hydrolysed *both* by AP and 5NP, they can be used as universal substrates to measure DOP turnover. In freshwater, DOP turnover is always shorter when measured with nucleotide (^{32}P -ATP, hydrolyzed by AP+5NP) than with non-nucleotide (MUF-P, ^{32}P -glucose-6-phosphate hydrolysed by AP only) (Nedoma et al. 2003a).

However, DOP turnover rate provides only relative measure of the regeneration process intensity (e.g. in the units of $\% \text{ h}^{-1}$). To get flux (e.g. in the units of $\text{nmol l}^{-1} \text{ h}^{-1}$), it is necessary to multiply turnover rate by the size of the relevant DOP pool, i.e by the concentration of that fraction of DOP, which can be enzymatically hydrolyzed yielding orthophosphate (enzymatically hydrolysable dissolved organic phosphate, EHDOP). The most suitable method of EHDOP estimation available is enzymatic: filtration of the sample, incubation of the natural DOP in the $0.2 \mu\text{m}$ filtrate with pure AP from *E. Coli* at optimum hydrolysis conditions, and chemical measurement of the PO_4 liberated (Labry, 2001).

Although it is recognized that prokaryotes in the deep strata are limited by bioavailability of C, surprisingly some relative high values of alkaline phosphatase have been detected in deep Indian Ocean waters (Hoppe & Ullrich, 1999). This activity should not be related to the necessity for phosphate uptake but rather on the organic C compounds which simultaneously produced during hydrolysis and which could probably not be taken up prior to the hydrolytic detachment of phosphate. These enzymes may be important for the slow, but steady regeneration of phosphate and organic C in mesopelagic waters. Besides depth profiles of AP activities, parallel measurement and comparison of turnover rates ^{33}P and ^3H from ^{33}P - and ^3H -labelled ATP, respectively, could provide indirect information about relation between bacterial P- and C-demand and thus potential P- or C-limitation of bacteria in surface and deep waters.

We will measure turnover rates of orthophosphate and organic moieties of a model radiolabelled DOP substrate (^{33}P -ATP, ^3H -ATP) hydrolyzed by natural extracellular enzymes, and an enzymatic estimation of EHDOP (biodegradable DOP) pool.

A 2.20. Effects of hydrostatic pressure on organic matter mineralization

Most of the organic material produced in the photic zone is recycled in the upper layer of the ocean. However, part of this production is exported downwards through the water column both by sinking particulate matter and by diffusion of the dissolved organic matter. During its transit towards the seafloor, most particulate organic carbon (POC) is returned to inorganic forms. Mineralization of the exported material (and subsequent production of CO_2 , a greenhouse gases) depends on the prokaryotic activities in mesopelagic and deep water masses. Attached and free-living bacteria both contribute to the oceanic carbon cycle. The fate of biogenic particles during their fall depends on processes leading to mineralization of the organic matrix, and on processes leading to the dissolution of the mineral matrix. Regeneration is now known to play a major role in oceanic Si cycling but the mechanisms that regulate the process are relatively well identified. Bidle & Azam (1999) demonstrated that bacteria accelerate diatom silica dissolution by colonizing and enzymatically degrading the organic matrix of diatom frustules. During a sinking particle fall experiment with axenic diatom detritus, Tamburini et al. (submitted) have shown that the degradation of the organic matrix of diatom frustules by aminopeptidase activities of bacteria were lower during sinking particles fall than those measure at atmospheric pressure conditions. This should help us to understand both the role of mesopelagic and bathypelagic prokaryotes in the mineralization of organic matter and their contribution to regeneration to the euphotic zone of mineral ballast (e.g. silica and carbonates). This information is essential for improving models to describe organic matter mineralization by prokaryotes and the transfer of carbon and energy to the dark ocean and for exploring the consequences of these processes in the global carbon cycle.

During the BOUM cruise, both sinking particles experiments and measurement of deep-sea prokaryotic activities (ectoenzymatic activity, prokaryotic – *Archaea* and *Bacteria* – production) maintained in *in situ* pressure conditions by will be performed. Moreover an emphasis on the phosphatase activity (and the responsible from) will be made. Finally, the prokaryotic structure (deep vs surface, attached to particle vs free-living) will be done. We will use high pressure serial sampler and particle sinking simulator able to maintain and increase hydrostatic pressure, respectively.

A 2.21. C/N/P stoichiometry of settling particulate matter

The degree to which the C/N/P stoichiometry of marine particulate matter can deviate from the Redfield ratio of 106/16/1 is critical to our understanding of the role of phytoplankton in biogeochemistry (Falkowski, 2000). The Redfield ratio is used in oceanography for calculation of export production, and for nutrient-based production calculations, as well as in models of ocean productivity. The evolution of the N:P ratio can marks the transition between N- and P-limitation of phytoplankton growth and can be associated with nitrate- and phosphate-replete conditions (Geider & La Roche, 2002). These ratios can reflect a physiological or biochemical constraint on the elemental composition of primary production. Large variations of C/N/P ratios compared to Redfield have been reported (see Geider & La Roche, 2002). They are clearly related to variations in phytoplankton species dominance. Despite its relevance for modelisation, the stoichiometric composition of material exported to depth is not well constrained by observations (Geider & La Roche, 2002). Comparison between C/N/P stoichiometry of particulate matter in the water column and in the settling particulate matter will allow examining whether one element is preferentially mineralized than another one before particles sink out of surface waters.

Sediment traps will be deployed at 3 depths between the bottom of the euphotic layer and the bottom of the Surface Mediterranean Water. The C/N/P and Si ratios will be measured and compared to the ratios in the water column.

A 2.22. Large Particulate Matter – Marine snow

Marine snow is an important pool of atmospheric carbon storage in the ocean's interior. Processes of aggregation and of dissolution are continuous. Processes of re-aggregation are often concentrated in distinct layers in the mesopelagic depths. Data on the distribution and the dynamics of the marine snow in the oligotrophic sea are scarce. In order to estimate correctly the carbon cycle in the Mediterranean, it is important to determine the proportion of the superficial biological activity trapped and transported to the deep layers in the form of large particles. According to Jackson et al. (1999), by volume the particles > 1 mm are the most important particulate pool of organic carbon in the oceans.

The Underwater Video Profiler (UVP) is used extensively since 1991. The instrument is specifically well adapted to the oligotrophic situation and is measuring fragile objects in an undisturbed and precisely determined water volume. The UVP is acquiring and treating automatically reliable data on the marine snow abundance, size structure, vertical distribution as well as on the macrozooplankton vertical stratification. These data can be transformed into carbon values and vertical fluxes can be assessed down to 1000 m depth. The UVP has its own CTD, turbidity meter and fluorometer mounted on the frame. Therefore it is possible to relate the vertical distribution of the POC to the physical structures. One 0-1000 m deployment of the UVP lasts 40 min deck to deck. We are constructing a new model that could be mounted on a rosette instead of one bottle.

A 2.23. Oxygen budget

We propose to couple in these low advective environments the O₂ budget within the mixed layer and subsurface layer from 4 approaches: data derived from O₂ field measurements (obtained on the SBE 43 sensor of the CTD, Minas et al 1986), data derived from high frequency O₂ field measurement on immersed optodes (AANDERAA sensors) at selected depths, and rate measurements of net community production derived from *in situ* auto sampler (Langdon et al 1995) deployed at 6 depths which are designed to collect water at the depth of their immersion. After deployment, the oxygen concentration is continuously monitored in the closed chamber which is regularly opened and closed again for pre-selected periods, allowing measurements of respiration (dark period) and net community production (light period). Finally, the more classical approaches deriving net community production from O₂ and TCO₂ variations during bottle incubations will be also carried out (Williams & Jenkinson 1982, Goyet & Hacker 1992, Johnson 1993). This more traditional technique will allow complementary estimates on the coupling between O₂ and CO₂ fluxes. Photosynthetic quotient and respiratory quotients are representatives of the ecosystem functioning.

The originality consists in comparison of different time scales of O₂ variations to reconcile *in situ* observations which integrate the whole community processes compared to discrete bottle incubations. In addition, the study of the kinetic of O₂ change during the day obtained in the PA chamber will provide information on autotrophic *versus* heterotrophic respiration.

A 2.24. Microcosm experiments design

We plan to perform on-board microcosm experiments at each station. Water samples are collected from one or two different depths (e.g. surface and chlorophyll maximum) and pre-filtered through 200 µm mesh to eliminate mesozooplankton. This is because the “microcosm”-size incubator (ca. 10 L) will result in different numbers of mesozooplankton among the microcosms and also create stress to mesozooplankton. A 2x2 factorial design is adapted (i.e. control, PO₄, NH₄, PO₄+NH₄ treatments) in triplicate. Key parameters, such as concentrations of dissolved and particulate nutrients, PO₄ turnover time, alkaline phosphatase activity, luxury P uptake, biomass of osmotrophs and phagotrophs, primary and bacterial carbon production, and copepod egg production, will be measured during incubation. Using the X-Ray Fluorescence spectroscopy (XRF), elemental analysis will be performed for biological materials (content and composition of C, N, P, Mg, Fe, etc). Since the XRF is a quite new instrument and not destructive, it is possible to use the same filter samples for further analyses (e.g. POC, PON).

Five additional treatments (in triplicate over 48h) will be achieved using trace-metal clean techniques to address in particular the role of Fe and dust on N₂ fixation: control, +P, +Fe, +Saharan dust, + anthropogenic dust. These nutrient-addition bioassays are designed to investigate which nutrient (P or Fe) limits N₂ fixation in MS. Additions of dust will be made to assess the potential impact of dust deposition on the primary and diazotrophic production. Labelling with ¹⁵N₂ and ¹³CO₂ will allow the assessment of nitrogen fixation by diazotrophs and carbon fixation by the whole plankton community. Changes in diazotrophs diversity will be also investigated during the incubation time. Other key parameters such as total dissolved iron, organic iron, phosphate concentrations (MAGIC method), chlorophyll-a will be followed over 48h.

A 3.1. Modelisation

The multi-element multi-functional group (mNmFG) biogeochemical mNmFG model will be implemented in the modular tool Eco3M (Ecological Mechanistic and Modular Modelling) developed in the Centre d’Océanologie de Marseille through cross-institution collaborations between LOB and IRD. This new numerical tool has been devised to handle mNmFG models (Baklouti et al. submitted) with the main objective of being wholly modular as regards the model state variables and the associated functions for biogeochemical processes. New variables or processes can therefore be added or removed with great simplicity. In addition, a numerical library of functions of biogeochemical processes is already available in Eco3M and many of these parameterizations rely on mechanistic basis.

The structure of the mNmFG will be close to the idealized food web structure proposed by Thingstad (1998) and Thingstad et al. (2005), though we aim at deriving simpler models relying on the same basis through microcosm experiments.

Due to the sampling strategy that will be undertaken during the BOUM cruise (drifting mooring), we will consider in a first approximation that all samples will concern the same water column and then focus on the vertical exchanges into this water mass. In this context, the mNmFG model will be coupled with a 1-D version of the physical model Symphonie to try to catch the vertical fluxes of nutrients as well as living and detritic organic matter (dissolved and particulate) measured at each experimental site. In practice, starting from arbitrary initial conditions for the state variables and thanks to experimental measurements concerning the vertical diffusion and the biogeochemical kinetics, simulations will be undertaken until reaching a cyclic steady-state (corresponding to light-dark variations). This steady-state solution will be compared with organic (phytoplankton, DOM, POM, microzooplankton) and inorganic (nutrients, DIM, PIM) concentrations collected every six hours.

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|----------------------|
| Nom de la campagne : BIOSOPE | | |
| Programme : BIOSOPE | | |
| Navire : L'Atalante | Engins lourds : | |
| Dates de la campagne : 21/10 au 12/12 2004 | Zone : Pacifique Sud Est | |
| Chef de projet : Hervé Claustre | Organisme : CNRS / INSU | |
| Chef de mission 1 : Hervé Claustre | Organisme : CNRS / INSU | |
| Chef de mission 2 : Antoine Sciandra | Organisme : CNRS / INSU | |
| Fiche remplie par : Hervé Claustre | Date de rédaction de la fiche : Novembre 2005 | |
| Adresse : Laboratoire d'Océanographie de Villefranche, 06230 Villefranche-sur-mer | | |
| Email : claustre@obs-vlfr.fr | Tel : 04 93 76 37 29 | Fax : 04 93 76 37 39 |

Résultats majeurs obtenus

1. Objectifs : L'objectif de la campagne BIOSOPE était d'étudier la variabilité des propriétés biologiques, biogéochimiques et bio-optiques d'une variété de régimes trophiques dans le Pacifique Sud: la zone eutrophe associée au régime d'upwelling le long des côtes Chiliennes; la zone mésotrophe du panache des Iles Marquises dans les eaux HNLC (High Nutrient Low Chlorophyll) dans cette région subtéquatoriale; enfin la zone *a priori* la plus oligotrophe de la planète, au centre du "gyre" du Pacifique Sud et à l'écart de toute source d'aérosol désertique (fer).

2. Stratégie : La campagne BIOSOPE (21 Octobre –12 décembre 2004) reposait principalement sur des observations acquises le long d'un transect de ~8000 km allant des îles Marquises jusqu'au Chili. 21 stations (durée moyenne ~ 8 heures) ont permis d'acquérir des paramètres biogéochimiques de base (stocks et flux), de mesurer les propriétés optiques essentielles à la calibration et à la validation des images satellite couleur de l'eau, et de réaliser un échantillonnage intensif afin de caractériser la diversité taxonomique et fonctionnelle (méthodes cytométriques, microscopiques et de biologie moléculaire) des différents systèmes étudiés. L'étude détaillée de 6 stations longues (durée de 2 à 6 jours) positionnées sur le gradient trophique a permis de compléter ces observations par des mesures *in situ* des taux de production primaire et d'assimilation des différents éléments nutritifs (N, P, Si), par un échantillonnage du flux particulaire (trappes à sédiment dérivantes) et enfin par la mise en oeuvre de mesures haute fréquence des caractéristiques hydro-bio-optiques permettant d'étudier le fonctionnement de ces différents systèmes à l'échelle diurne.

3. Résultats Les premiers résultats (acquis à bord) montrent que la campagne BIOSOPE a couvert le gradient trophique escompté : les concentrations de chlorophylle de surface s'échelonnent sur deux ordres de grandeur (de 0.02 mg Chla m⁻³ au centre du gyre à plus de 2 mg Chla m⁻³ au niveau de l'upwelling) et la majorité des propriétés optiques et biogéochimiques s'ordonne très clairement sur ce gradient de chlorophylle. Plus particulièrement, nos résultats montrent que le tourbillon subtropical est un système unique : il est caractérisé par un pauvreté extrême en éléments nutritifs (e.g. absence de nitrates entre 0 et 180 m), les eaux les plus claires de notre planète y sont rencontrées (1% de lumière à 175m, maximum de chlorophylle à 180-200m) car les stocks biologiques (phytoplancton et zooplancton), tout comme ceux des particules y sont également d'une faiblesse extrême.

4. Soutien Au delà du soutien par le programme national PROOF, le projet BIOSOPE relève des programmes SOLAS (Surface Ocean Lower Atmosphere Study d'IGBP) et IMBER (Integrated Marine Biogeochemistry and Ecosystem Research), et est soutenu par trois agences spatiales dans le cadre de la validation des capteurs couleurs SeaWiFS et MODIS (NASA) et MERIS (ESA / CNES).

Moins de trois mois après la fin de la campagne BIOSOPE, il est relativement difficile d'en dresser un bilan synthétique. Néanmoins, les (nombreuses) acquisitions temps réel réalisées à bord permettent de conclure (1) que la majorité des questions initialement posées ont pu être abordées (2) que les données acquises ont un potentiel scientifique extrêmement fort. On peut résumer les résultats préliminaires selon trois grandes catégories d'études.

- 1. Optique / Bio-optique :** *Les eaux les plus claires de la planète ont été décrites dans le gyre.* Les mesures d'éclairement sous-marin dans le visible confirment ce qui était pressenti : les eaux du gyre sont les plus claires de la planète. Ainsi, dans la zone la plus transparente du gyre, aux alentours de l'île de Pâques, la limite de la couche euphotique se situe vers 175 m. Ce sont là des conditions de transparence remarquable qui, en retour, nous renseignent sur l'extrême pauvreté en substances optiquement significatives, c'est-à-dire les particules (phytoplancton, hétérotrophes, bio-détritus) ainsi que les substances organiques dissoutes colorées. Les mesures d'éclairement montrent également la très forte pénétration des UV. Le coefficient d'atténuation diffuse dans ce domaine spectral présente des valeurs parfois égales ou même légèrement

inférieures à celles publiées pour le coefficient d'absorption de l'eau pure. Enfin, les analyses effectuées à bord montrent que l'accord entre concentration *in situ* de Chlorophylle de surface et concentrations télédéteectées (SeaWiFS) sont tout à fait concordantes dans le gyre (~ 0.02 mg Chla m⁻³). Les mesures HPLC de pigments réalisées au laboratoire, devront confirmer cette tendance. Si elle est réelle, elle signifierait que les algorithmes bio-optiques, qui avaient été initialement extrapolés aux faibles concentrations de chlorophylle (par manque de mesures de référence), restent tout à fait pertinents dans ces gammes de concentration.

2. **Bio-géochimie** : *Le centre du gyre présente des particularité bio-géochimiques uniques*. Les mesures effectuées à bord montrent que les concentrations en fer sont extrêmement faibles : entre 100-150 pM dans la couche 0-400m, profondeur en deçà de laquelle se situe la ferricline. De même, les nitrates sont indétectables (< 5 nM) jusqu'à 170-180m , profondeur où commence la nitracline. Les phosphates ne sont quant à eux jamais limitants, les concentrations de surface étant toujours supérieures à 100 nM. Il est d'ailleurs relativement aisé, sur la base de ces premières mesures, de reconstituer le scénario (initialement pressenti) du fonctionnement biogéochimique du gyre. L'absence d'apport de fer par voie éolienne (les prélèvements d'aérosols durant la campagne devraient permettre de le vérifier), par advection, et par diffusion est à l'origine de l'extrême pauvreté des eaux superficielles. En conséquence, la fixation d'azote atmosphérique est inexistante (confirmé par les premières mesures). Les nitrates, seule source d'azote, l sont totalement consommés laissant une quantité non négligeable de phosphates non-consommés. Ce système limité exporte extrêmement peu (appréciation visuelle des godets de trappes déployées pendant 4.5 jours) et les concentrations en particules supérieures à 200 µm en dessous de la zone euphotique (mesures PVM) représentent les plus faibles jamais mesurées.
3. **Bio-diversité** *L'environnement nutritif et lumineux qui prévaut au centre du tourbillon conduit à des adaptations particulières*. L'extrême pénétration des rayonnements ultra-violet ainsi que les carences en éléments nutritifs déterminent des niches écologiques particulières où des organismes autotrophes et hétérotrophes ont pu s'adapter. Les prélèvements pour les analyses moléculaires ainsi que les isollements de groupes de phytoplancton (procaryotes et eukaryotes, 400 isolats de BIOSOPE en culture à ce jour) permettront de révéler ces éventuelles adaptations taxinomiques et fonctionnelles. Sur la base des observations réalisées à bord, un certain nombre de pistes devront être testées en priorité : (1) des expériences d'enrichissement en fer suggèrent que la fixation d'azote n'est pas stimulée, ce qui indiquerait que, dans ce vaste biome, les organismes fixateurs auraient pu disparaître (ce résultat signifierait que le gyre est dans cet état de limitation depuis des millions d'années). La détection des gènes fixateurs d'azote sera une priorité pour confirmer ou infirmer cette hypothèse importante. (2) des mesures optiques à haute fréquence ont montré qu'il existe à l'échelle diurne, entre 70 et 130m, un important processus d'accumulation et de disparition de carbone particulière, qui ne met apparemment pas en jeu des processus photosynthétiques classiques. L'hypothèse de bactéries photo-hétérotrophes (bactéries à bactériochlorophylle ou bactéries à proteorhodospirine), actuellement retenue, devra être confirmée par les mesures moléculaires.

Indépendamment de ces retombées scientifiques, la campagne BIOSOPE a été l'occasion d'organiser un exercice d'inter-comparaison des méthodes d'analyse des pigments HPLC pour les eaux océaniques où les concentrations attendues sont les plus faibles jamais rencontrées. Cet exercice, soutenu par la NASA et l'ESA, regroupe 8 laboratoires (France, USA(3), Italie, Afrique du Sud, Danemark, Australie).

Tableau récapitulatif

| | | Nombre |
|---|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 1 | Publications d'articles originaux dans des revues avec comité de lecture référencées SCI Parues ou sous presse : Soumis : En préparation (numéro spécial biogeosciences) | 9 6 33 |
| 2 | Publications dans d'autres revues scientifiques | |
| 3 | Publications sous forme de rapports techniques | |
| 4 | Articles dans des revues / journaux grand public | 2 |
| 5 | Publications de résumés de colloques | 24 |
| 6 | Communications dans des colloques internationaux dont communications orales dont posters | 24 |
| 7 | Communications dans des colloques nationaux dont communications orales dont posters | 36 |
| 8 | Nouvelles espèces (animales, végétales, microorganismes) découvertes et décrites | |

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

| | | |
|----|-----------------------------------------------------------------------------|---------------------------|
| 9 | Rapports de contrats (Union européenne, FAO, Convention, Collectivités ...) | |
| 10 | Applications (essais thérapeutiques ou cliniques, AMM ...) | |
| 11 | Brevets | |
| 12 | Publications d'atlas (cartes, photos) | |
| 13 | Documents vidéo-films | |
| 14 | Publications électroniques sur le réseau Internet | |
| 15 | DEA ou MASTER ayant utilisé les données de la campagne | |
| 16 | Thèses ayant utilisé les données de la campagne | 12 |
| 17 | Validation des données | en cours : .X terminée : |
| 18 | Transmission au SISMER | Non : Oui : X |
| 19 | Transmission à d'autres banques de données | Non : Oui : X |
| 20 | Transmission à d'autres équipes | Non : Oui : X |
| 21 | Considérez-vous l'exploitation | en cours : .X. terminée : |

Fournir en annexe pour chacune des rubriques :

Rubriques 1 à 8 incluses : Une liste des publications et colloques avec les noms d'auteurs suivant la présentation en vigueur pour les revues scientifiques. A présenter selon la classification du tableau ci-dessus.

Rubriques 9 à 14 : Liste des références des rapports, des applications, des brevets, atlas ou documents vidéo

Rubriques 15 et 16 : Pour chaque étudiant Nom et Prénom, Laboratoire d'accueil. Sujet du DEA ou MASTER ou de la thèse, Date de soutenance

Rubriques 17 à 20 incluses : Le type des données validées et/ou transmises,

Les banques de données (SISMER, JGOFS, CDIAC ...) les équipes auxquelles elles ont été transmises.

Rubrique 21 : Si l'exploitation est toujours en cours, pouvez-vous donner un échéancier ?

1 Publications d'articles

1. Claustre, H. and S. Maritorena. (2003). The many shades of ocean blue. *Science*, **302**, 1514-1515.
2. Rimmelin, P. et Moutin, T. (2005) Re-examination of the MAGIC method to determine low orthophosphate concentration in seawater. *Analytica Chimica Acta*, **548**, 174–182
3. Dolan, J. (2005). An introduction to the biogeography of aquatic microbes. *Marine Ecology Progress Series*, Vol. 41: 39–48, 2005
4. Loisel, H., Nicolas, J.M., Sciandra, A., Stramski, D., and Poteau, A. (2006). Spectral dependency of optical backscattering by marine particles from satellite remote sensing of the global ocean. *Journal of Geophysical Research*, **111**, C09024, doi:10.1029/2005JC003367.
5. Dolan, J. (2006). Re-Discovered Beauty — New Images for Old, Descriptions — Tropical Tintinnids of the Genus, *Xystonellopsis* (Ciliophora, Tintinnia). *Protist*, **57**, 251—253.
6. Duhamel, S, Zeman, F. and T. Moutin (2006) A dual labelling method for the simultaneous measurement of dissolved inorganic carbon and phosphate uptake by marine planktonic species. *Limnology and Oceanography Methods*, in press
7. Morel, A., Gentili, B., Claustre, H., Babin, M., Bricaud, A., Ras, J., and F. Tieche (2007) Optical properties of the "clearest" natural waters, *Limnology and Oceanography*, in press.
8. Gomez, F., (2007). The dinoflagellate Genera *Brachidinium*, *Asterodinium*, *Microceratium* and *Karenia* in the Open South East Pacific Ocean. *Algae, Koeran Journal of Phycology*, in press
9. Gomez, F. and K. Furuya (2007). *Kofoidinium*, *Spatulodinium* and other kofoidiniaceans (Noctilucales, Dinophyceae) in the Pacific Ocean. *European Journal of Protophology*, in press.

4 Articles dans des revues "grand public"

1. 2 articles (Octobre 2004 et Février 2005) dans NICE matin
2. 1 article (commun avec la campagne KEOPS) dans Science & Vie (Janvier 2005)
3. 1 [article de vulgarisation sur le Web portail de l'ESA](#) (Décembre 2004)
4. 6 [journaux de bord sur le site Web de l'INSU](#) pendant la campagne

5 Publications de résumés de colloques

1. Bonnet, S. et al. : Colimitation in a gradient of trophic regimes in the south East Pacific Ocean : response from microcosm experiments. ASLO summer meeting, Saint Jacques de Compostelle, June 19-24, 2005.
2. Claustre, H. et A. Sciandra : The first biological, biogeochemical and optical study of the South Pacific Gyre. ASLO summer meeting, Saint Jacques de Compostelle, June 19-24, 2005.
3. Gasser, B. et J.C. Miquel : Export fluxes in contrasting environments of the South-East Pacific. ASLO summer meeting, Saint Jacques de Compostelle, June 19-24, 2005.

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

4. Grob, C. et al. Picophytoplankton in the South Pacific Subtropical Gyre. ASLO summer meeting, Saint Jacques de Compostelle, June 19-24, 2005.
5. Huot, Y. et al., Photosynthesis in the ultra-oligotrophic waters of the South-Pacific Gyre and bordering waters during the austral spring. ASLO summer meeting, Saint Jacques de Compostelle, June 19-24, 2005.
6. Lewis, M. et al., Nutrient Return in the Clearest Ocean Waters, ASLO summer meeting, Saint Jacques de Compostelle, June 19-24, 2005.
7. Morel, A., et al., South Pacific Gyre: The clearest oceanic waters ? ASLO summer meeting, Saint Jacques de Compostelle, June 19-24, 2005.
8. Prasil, O. et al. Distribution, diversity and mortality of anoxygenic aerobic photo-heterotrophic bacteria in sub-tropical gyres. ASLO summer meeting, Saint Jacques de Compostelle, June 19-24, 2005.
9. Sempéré, R. et al. UV irradiance profiles associated with bio-optical parameters of seawater (CDOM, Chlorophyll) and OH radical photoproduction in the South East Pacific ocean. ASLO summer meeting, Saint Jacques de Compostelle, June 19-24, 2005.
10. Van Mooy, B. et al., Glycolipid membranes relieve marine picocyanobacteria of a major requirement for phosphate. ASLO summer meeting, Saint Jacques de Compostelle, June 19-24, 2005.
11. [Bonnet, S. et al., The role of Fe in the South Pacific desert. AGU/ASLO/TOS Ocean Science Meeting, Honolulu, 20-24 february 2006.](#)
12. Gorbunov, M.Y. et al., Interplay Between Iron and Nitrogen Limitation of Primary Production in the South Pacific Oceanic Desert. AGU/ASLO/TOS Ocean Science Meeting, Honolulu, 20-24 february 2006.
13. Moutin, T. Phosphate pools and turnover time in the South Pacific Gyre (Biosope cruise 2004). AGU/ASLO/TOS Ocean Science Meeting, Honolulu, 20-24 february 2006.
14. Rimmelin, P & B. Quéguiner (2005). The Silicon Cycle in Naturally Contrasted Iron Environments of the Southeast Pacific Ocean. AGU/ASLO/TOS Ocean Science Meeting, Honolulu, 20-24 february 2006.
15. Tédetti, M. et al., Effect of Sunlight on Bacterial Cycling of Dissolved Organic Matter in the South East Pacific Ocean. AGU/ASLO/TOS Ocean Science Meeting, Honolulu, 20-24 february 2006.
16. Wagener, T. et al. (2006) Atmospheric Iron in low Dust Deposition Areas. AGU/ASLO/TOS Ocean Science Meeting, Honolulu, 20-24 february 2006.
17. Lami, R., Major contribution of aerobic anoxygenic phototrophic bacteria in the South Pacific Gyre. AGU/ASLO/TOS Ocean Science Meeting, Honolulu, 20-24 february 2006
18. Duhamel, S, Moutin, T, Van Wambeke, F, Rimmelin, P, Ulloa, O, Claustre, H. Distribution, dynamics and availability of various pool of phosphate in the SE Pacific Ocean (Biosope Cruise). ASLO summer meeting, Victoria, British Columbia (Canada) June 4-9, 2006.
19. Grob, C., Ulloa, O., Alarcón, G., Marie, D, Claustre, H., Picoplankton biomass in the South Pacific Subtropical Gyre. ASLO summer meeting, Victoria, British Columbia (Canada) June 4-9, 2006.
20. Voss, K Morel, A., Antoine, D., Further testing /validation of the satellite F/Q correction. Ocean Optics XVIII Montreal, 9-13 October, 2006.
21. Claustre, H., Lewis, M., Huot, Y., and B. Gentili . Towards a monitoring of the metabolic balance of the ocean using bio-optical instrumentation. Ocean Optics XVIII Montreal, 9-13 October, 2006.
22. Lewis, M., Claustre, H. and P. Raimbault. Hypotheses to account for the clearest ocean waters. Ocean Optics XVIII Montreal, 9-13 October, 2006.
23. Huot, Y., Babin, M., Campbell, D.A., Claustre, H., and F. Bruyant. Linking optical proxies of phytoplankton biomass and phytoplankton productivity. Ocean Optics XVIII Montreal, 9-13 October, 2006.
24. Babin, M., Stramski, D., Marie, D.; Grob, C.; Sciandra, A.; Reynolds, R.A., Ulloa, O., Vaulot, D. and H. Claustre. Backscattering properties of natural picoplankton populations obtained by flow cytometry sorting of open ocean water samples. Ocean Optics XVIII Montreal, 9-13 October, 2006.

7 Communication dans des colloques nationaux

Claustre, H. Sciandra (eds.) (2005). "BIOSOPE : première réunion post-campagne". http://www.obs-vlfr.fr/proof/vt/op/cc/biosope_bio_prijlife.htm, Villefranche-sur-mer, 27-29 Juin 2005. Recueil des présentations powerpoint des 36 présentations.

11 Publications d'atlas

14 DEA ayant utilisé les données de la campagne

15 Thèse ayant utilisé les données de la campagne

1. BONNET Sophie: (Université Paris VI - Villefranche) : Biogéochimie du fer, impact des dépôts d'aérosols (participation aux deux legs de BIOSOPE)
2. DUHAMEL Solange (Université d'Aix-Marseille) Compétition entre bactéries hétérotrophes et producteurs primaires pour la ressource nutritive limitante en milieu océanique oligotrophe: couplage des flux de carbone et de phosphate en relation avec la structure fonctionnelle des communautés (participation aux deux legs de BIOSOPE)
3. GROB Carolina: (Université Paris VI- Villefranche, Université de Concepcion) : Etude bio-optique des grands stocks de matière dans le Pacifique Sud Est. (Participation aux deux legs de BIOSOPE)
4. JOUBIN Ludovic (SBR Roscoff, Université de Rennes). Impact des stress environnementaux sur le picophytoplancton procaryote marin: approche post génomique".
5. LAMI Raphaël (Observatoire Banyuls, Université Paris VI). Diversité et la structuration des communautés bactériennes en milieu marin.
6. MARTINEZ Elodie: Université du Pacifique : Effet d'île et fertilité de l'Archipel des Marquises
7. MASUELIER, Sylvie, (Université Paris VI, Roscoff). Biologie moléculaire des pico-eukaryotes
8. SILIO CALZADA Ana: (Université Paris VI – Villefranche, Financement CNES-ACRI) Utilisation combinée de la couleur de l'océan, de la température de surface et des données altimétriques de la plate-forme ENVISAT pour l'étude des variations de la production primaire totale et nouvelle dans les zones d'upwellings
9. TEDETTI Marc (Université d'Aix-Marseille) : Matière organique, UV, photochimie. (Participation aux deux LEG de BIOSOPE)
10. TIECHE Fanny: (Université Paris VI - Villefranche) : Signature optique des bio-détritus (participation à un LEG de BIOSOPE).
11. VIPREY Manon (Université Paris VI, SBR Roscoff) : Biodiversité des picoeukaryotes (participation à un LEG de BIOSOPE).
12. WAGENER Thibaut (Université Paris VI - Villefranche CNRS-Région). Dépôts atmosphériques dans le Pacifique Sud et dans l'Océan austral.

16 Validation des données

La validation des données est en cours.

17 Transmission au Simer

Les données CTD ont été transmises au SISMER (voir également rubrique transmission aux autres équipes)

18 Transmission à d'autres banques de données.

L'ensemble des données BIOSOPE est pour l'instant seulement accessible aux participants au programme à partir du site base de données du programme PROOF <http://www.obs-vlfr.fr/proof/vt/op/ec/biosope/bio.htm>

19 Transmission à d'autres équipes

voir rubrique 18

20 Echéancier de l'exploitation.

Un certain nombre d'articles (~ 5) sont encore en cours de préparation pour soumission d'ici la fin 2005. En février 2006 une réunion aura lieu à Villefranche afin de présenter les derniers résultats validés et de discuter de la préparation d'un numéro spécial dans une revue majeure (Journal of Geophysical Research, ou Deep Sea Research)

Fiche “ Valorisation des résultats des campagnes océanographiques ”

| | | |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------|-----------------------------|
| Nom de la campagne : POMME T0, POMME 1 leg 1 et 2, POMME 2 leg 1 et 2, POMME 3 leg 1 et 2, POMME 3.5 | | |
| Programme : Pomme | | |
| Navire : Thalassa + D'Entrecasteaux (SHOM) (2000) Atalante (2001), Pelagia (2001) | Engins lourds : Tow – Yo (Villefrance), Mât météo (MF) | |
| Dates de la campagne : 1 campagne 2000, 3 campagnes 2001 | Zone : Atlantique Nord Est (38-45°N, 17-25°W) | |
| Chef de projet : L. Mémerly, G. Reverdin | Organisme : CNRS (LODYC, Paris) | |
| Chef de mission 1 : L. Prieur | Organisme : CNRS (LOV, Villefranche) | |
| Chef de mission 2 : J. C. Gascard | Organisme : CNRS (LODYC, Paris) | |
| M. Bianchi | CNRS (LMGEM, Marseille) | |
| P. Mayzaud | CNRS (LOV, Villefranche) | |
| Y. Desaubies | Ifremer (LPO, Brest) | |
| Fiche remplie par : L. Mémerly | Date de rédaction de la fiche : 12/01/06 | |
| Adresse : LEMAR-IUEM, Technopole Brest-Iroise, 29280 Plouzané | | |
| Email : laurent.memery@univ-brest.fr | Tel : 02 98 49 88 97 | Fax : 02 98 49 86 45 |
| Résultats majeurs obtenus | | |

1 à 2 pages destinées à informer un large public sur les résultats obtenus par chaque campagne

French participation : H. Claustre, C. Jeandel, L. Mémerly, J. Ras, M. Roy-Barman, R. Sempéré

- The global objective of POMME (Programme Océan Multidisciplinaire Méso Echelle) is to understand the role of the meso-scale on the processes of the subduction of modal water and spring bloom, as well as to determine the processes controlling the physical and biogeochemical characteristics of mode water masses and the fate of the subducted and exported biogenic matter on the annual basis. The zone of study is in the north-eastern Atlantic halfway between the Azores and Iberian peninsula (38°N - 45°N). Subduction is one of the mechanisms responsible for the transmission of signals of surface towards the deep ocean. Subducted water remains then isolated from the atmosphere for lengths of time of about a decade, and thus has an impact on the climate.
- The strategy was based above all on *in situ* observation of the annual cycle (October 2000 - October 2001). Several two part campaigns each one of around fifty of days with two ships took place in 2001, the first leg allowing a meso scale coverage (30 Nm) of CTD/Rosette of the zone, the second leg being more specifically dedicated to a coverage on smaller scale using towed units (Tow - Yo, Seasoar/OPCT) or to studies of biogeochemical processes during two day “quasi” Lagrangian stations. The sampling strategy of the second leg was strongly based on dynamic modeling associated with assimilation of altimetry in quasi real mode to position the sections and stations in the most interesting zones with respect to the small scale activity. In addition to these measurements, many complementary observations were carried out, allowing the estimate of air - sea fluxes (meteorological mast on board Atalante, meteorological buoy), of circulation of the average scale (a hundred floats/drifted buoys) and seasonal and vertical variation of important flows (currentmeter moorings and sediment traps). Numerical modeling constitutes finally the basic strategic tool to integrate the very heterogeneous information obtained with the observations and to achieve the goals of the program.
- Awaiting the final synthesis which is in progress, five of the major results are :
 - a. Though located in a "calm" zone relatively, the eddy activity in the zone POMME is particularly strong in 2001
 - b. As envisaged, the area POMME is subdivided in two zones separated by a front towards 41°N. On the other hand, if the water masses in the north show a recent ventilation, the continuity of the water masses on both sides of the frontal area is not easy to highlight, the average circulation being in particular strongly zonal
 - c. All the spatio-temporal scales sampled at the time of APPLE (from small (~ km) to average (~ 10 km) and large (~ 100 km) scales and from the diurnal scale on a synoptic scale (a few days) to the seasonal scale) have a significant impact on the distribution of the tracers and flows associated. The small scale at the level of fronts and jets seem to be associated with subduction, but the link with the great scale remains still an open question
 - d. The POMME zone is a strong zone of atmospheric CO₂ uptake.

Tableau récapitulatif

| | | Nombre |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|
| 1 | Publications d'articles originaux dans des revues avec comité de lecture référencées SCI | 42 |
| 2 | Publications dans d'autres revues scientifiques | |
| 3 | Publications sous forme de rapports techniques | 5 |
| 4 | Articles dans des revues / journaux grand public | 2 |
| 5 | Publications de résumés de colloques | ?? |
| 6 | Communications dans des colloques internationaux dont communications orales dont posters | 72 |
| 7 | Communications dans des colloques nationaux dont communications orales dont posters | ?? |
| 8 | Nouvelles espèces (animales, végétales, microorganismes) découvertes et décrites | |
| 9 | Rapports de contrats (Union européenne, FAO, Convention, Collectivités ...) | |
| 10 | Applications (essais thérapeutiques ou cliniques, AMM ...) | |
| 11 | Brevets | |
| 12 | Publications d'atlas (cartes, photos) | |
| 13 | Documents vidéo-films | |
| 14 | Publications électroniques sur le réseau Internet | |
| 15 | DEA ou MASTER ayant utilisé les données de la campagne | 13 |
| 16 | Thèses ayant utilisé les données de la campagne | 14 thèses POMME |
| 17 | Validation des données en cours : | Terminée : |
| 18 | Transmission au SISMER Non : | Oui : |
| 19 | Transmission à d'autres banques de données Non : | Oui : .PROOF... |
| 20 | Transmission à d'autres équipes Non : | Oui : |
| 21 | Considérez-vous l'exploitation en cours :(échéance : 2007 / fin de thèse) | Terminée : |

Fournir en annexe pour chacune des rubriques :

Rubriques 1 à 8 incluses : Une liste des publications et colloques avec les noms d'auteurs suivant la présentation en vigueur pour les revues scientifiques. A présenter selon la classification du tableau ci-dessus.

Rubriques 9 à 14 : Liste des références des rapports, des applications, des brevets, atlas ou documents vidéo

Rubriques 15 et 16 : Pour chaque étudiant Nom et Prénom, Laboratoire d'accueil. Sujet du DEA ou MASTER ou de la thèse, Date de soutenance

Rubriques 17 à 20 incluses : Le type des données validées et/ou transmises,

Les banques de données (SISMER, JGOFS, CDIAC ...) les équipes auxquelles elles ont été transmises

Rubrique 21 : Si l'exploitation est toujours en cours, pouvez-vous donner un échéancier ?

Rubrique 1 :

- Assenbaum, M., et G. Reverdin, Near-real time analyses of the mesoscale circulation during the POMME experiment, accepté dans *Deep-Sea Res.*, 2005
- Belviso S., Moulin C., Bopp L., Stefels J, «Assessment of a global climatology of oceanic dimethylsulfide (DMS) concentrations based on SeaWiFS imagery (1998-2001) », *Can. J. Fish. Aqua. Sci.*, 61, 804-816, 2004
- Belviso, S., Bopp, L., Moulin, C., Orr, J. C., Anderson, T. R., Aumont, O., Chu, S., Elliott, S., Maltrud, M. E., and R. Simo, Comparison of global climatological maps of sea surface dimethyl sulphide, *Glob. Biogeochem. Cycles*, 18, GB3013, doi: 10.1029/2003GB002193, 2004
- Ben-Hamadou, R., Ibanez, F., Picheral, M. and G. Gorsky, Identification of step pattern in ordered data sets using the Walsh transform algorithm, Blain S., Guieu C., Claustre H., Leblanc K., Moutin T., Quéguiner B., Sarthou G., Availability of iron for phytoplankton in the north-east Atlantic Ocean, *Limnol. Oceanogr.*, 49, 2095-2104, 2004
- Bourras, D., G. Reverdin, G. Caniaux, A non-linear statistical model of air-sea fluxes. Soumis à *J. Atmos. and Ocean. Techn.* 2005
- Bourras, D., G. Reverdin, G. Caniaux et H. Giordani, Response of the atmospheric boundary layer to a mesoscale oceanic eddy in the northeast Atlantic. *J. Geophys. Res.*, 109, doi:10.1029/2004JD004799, 2004
- Bricaud, A., Claustre, H., Ras, J., and K. Oubelkheir, Natural variability of phytoplanktonic absorption in oceanic waters : influence of the size structure of algal populations, *J. Geophys. Res.*, 109, C11010, doi:10.1029/2004JC002419, 2004
- Brut, A., Legain, D., Durand, P., and P. Leville, A Relaxed Eddy Accumulation of surface flux measurements on ground-based platforms and aboard research vessels, *J. Atm. Oceanic Tech.*, 21; 411-427, 2004
- Devey, C., Andersen, V., Prieur, L., Oubelkheir, K., Madec, C., Lacroix G. One dimensional modelling of physical-biological interactions in different turbulent regimes observed across a frontal zone, en revision *J. Mar. Systems*, 2005
- Fernandez, I. C., P. Raimbault, G. Caniaux, N. Garcia, et P. Rimmelin, Influence of mesoscale eddies on nitrate distribution during the POMME experiment, accepté dans *J. Mar. Syst.*, 2005
- Giordani, G. G. Caniaux et L. Prieur, A simplified 3D oceanic model assimilating geostrophic currents : Application to the POMME experiment, accepté dans *J. Phys. Oceanogr.* 2005
- Karayanni, H., Christaki, U., Van Wambeke, F., and A. P. Dalby, Evaluation of double formalin – Lugol’s fixation in assessing number and biomass of ciliates: an example of estimations at mesoscale in NE Atlantic, *J. Microbiolog. Methods*, 56, 348-358, 2004
- Maixandeau, A., Lefèvre, D., Fernandez I., C., Sempéré, R., Sohrin, R., Ras, J., Van Wambeke, F., Caniaux, G., and B. Quéguiner, Mesoscale and seasonal variability of surface community production and surface respiration in the NE Atlantic Ocean, accepté dans *Deep-Sea Res. I*, 2005
- Panagiotopoulos, C. and R Sempéré. Molecular distribution of carbohydrates in large marine particles. Soumis à *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 2005
- Roy-Barman, M., Jeandel, C., Souhaut, M., van der Loeff, M. R., Voege, I., Leblond, N., and R. Freydir, Vertical evolution of Thorium isotope scavenging in the NE Atlantic ocean (POMME experiment), soumis à *EPSL*, 2005
- Sohrin, R., Sempéré R., Lefèvre, D. Basin scale distribution of dissolved organic carbon in the deep northeast Atlantic : its significance in carbon and oxygen dynamics. Soumis à *Global Biogeochemical Cycle*, 2005
- Uitz, J., Claustre, H., Model, A., and S. B. Hooker, From surface chlorophyll a to phytoplankton community composition in oceanic waters, en revision, *Global Biogeochem. Cycles*, 2005
- Valdivieso Da Costa, M., H. Mercier, et A.-M. Treguier, Effects of the mixed-layer time variability on kinematic subduction rate diagnostics, sous presse, *J. Phys. Oceanogr.* 2005

Numéro spécial JGR

- Bouruet-Aubertot, P., H. Mercier, F. Gaillard, and P. Lherminier, Evidence of strong inertia-gravity wave activity during POMME experiment.
- Caniaux, G., A. Brut, D. Bourras, H. Giordani, L. Prieur, and G. Reverdin, A one year sea-surface heat budget in the North Eastern Atlantic basin during the POMME experiment. Part I: Flux estimates
- Caniaux, G., S. Belamari, A. Brut, H. Giordani, A. Paci, L. Prieur, and G. Reverdin, A one year sea-surface heat budget in the North Eastern Atlantic basin during the POMME experiment. Part II: Flux correction.
- Claustre, H., M. Babin, D. Merien, J. Ras, L. Prieur, S. Dallot, O. Prasil, H. Dousova, and T. Moutin, Towards a taxon-specific parameterization of bio-optical models of primary production: a case study in the North Atlantic.
- Fernandez, C., P. Raimbault, N. Garcia, P. Rimmelin, and G. Caniaux, An estimate of annual new production and carbon fluxes in the northeast Atlantic Ocean during 2001.
- Gaillard, F., H. Mercier, and C. Kermabon, A Kalman filter for the synthesis of POMME physical dataset
- Giordani, H., G. Caniaux, L. Prieur, A. Paci, and S. Giraud, A one-year meso-scale simulation in the North-East Atlantic : mixed layer heat and detrainment – entrainment budgets during the POMME experiment.
- Gonzalez Davila, M., J. M. Santana Casiano, L. Merlivat, L. Barbero, and E. V. Dafner, Fluxes of CO₂ between the atmosphere and ocean during the POMME project in the North-East Atlantic Ocean.
- Goutx, M., C. Guigue, N. Leblond, A. Desnues, A. Dufour, D. Aritio, and C. Guieu, Particle flux in the North-East Atlantic Ocean during the POMME experiment (2001): results from mass, carbon, nitrogen and lipid biomarkers from the drifting sediment traps
- Guieu, C., M. Roy-Barman, N. Leblond, C. Jeandel, M. Souhaut, B. Le Cann, A. Dufour, and C. Bournot, Vertical particle flux in the North-East Atlantic Ocean (POMME experiment)
- Karayanni, H., U. Christaki, F. Van Wambeke, M. Denis, and T. Moutin, Influence of ciliate protozoa and heterotrophic nanoflagellates on the fate of primary production in the NE Atlantic Ocean
- Leblanc, K., A. Leynaert, C. Fernandez, P. Rimmelin, T. Moutin, P. Raimbault, J. Ras, and B. Queguiner, A seasonal study of diatom dynamics in the north Atlantic during the POMME experiment (2001) : evidence for Si limitation of the spring bloom
- Le Cann, B., M. Assenbaum, C.-C. Gascard, and G. Reverdin, Observed mean and meso-scale upper ocean circulations in the mid latitude North-East Atlantic during the POMME experiment (September 2000 – September 2001)
- Lévy, M., Y. Lehahn, J.-M. André, L. Mémerly, H. Loisel, and E. Heifetz, Production regimes in the northeast Atlantic: a study based on SeaWiFS chlorophyll and OGCM mixed layer depth
- Lévy, M., M. Gavart, L. Mémerly, G. Caniaux, and A. Paci, A 4D-mesoscale map of the spring bloom in the northeast Atlantic (POMME experiment): results of a prognostic model.

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV - IRD

- Maixandeu, A., D. Lefèvre, H. Karayanni, U. Christaki, F. Van Wambeke, M. Thyssen, M. Denis, C. Fernández I., J. Uitz, K. Leblanc, and B. Quéguiner, Microbial community production, respiration and structure of the microbial food web of an ecosystem in the Northeastern Atlantic Ocean.
- Mémery, L., G. Reverdin, J. Paillet, and A. Oschlies, The POMME program (Programme Océan Multidisciplinaire Méso Echelle). Thermocline ventilation and biogeochemical tracer distributions in the North-East Atlantic Ocean : impact of meso-scale dynamics. Introduction to the special issue.
- Mosseri, J., B. Quéguiner, P. Rimmelin, N. Leblond, and C. Guieu, Silica fluxes in the northeast Atlantic frontal zone of Mode Water formation (38-45°N, 16-22°W) in 2001-2002.
- Paci, A., G. Caniaux, M. Gavart, H. Giordani, M. Lévy, L. Prieur, and G. Reverdin, A high resolution simulation of the ocean during the POMME experiment. Part 1: Simulation results and comparisons with observations
- Reverdin, G., M. Assenbaum, and L. Prieur, The Eastern North Atlantic Mode Waters during POMME (09/2000-09/2001)
- Roudesli, S., L. Mémery, S. L'Helguen, G. Caniaux, and M. Lévy, Seasonal evolution of the planktonic ecosystem in the Northeast Atlantic (POMME experiment): description with a numerical simulation
- Sohrin, R., and R. Sempéré, Seasonal variation of total organic carbon in the Northeast Atlantic in 2001-2002
- Thyssen, M., D. Lefèvre, G. Caniaux, J. Ras, C. Fernandez I., and M. Denis, Spatial distribution of heterotrophic bacteria in the North-East Atlantic (POMME study area in Spring 2001).

Rubriques 3 = rapport de données Ifremer et SHOM

Rubrique 4 : Journal du CNRS et Ouest France

Rubrique6 :

2001

- Blain, S., Guieu, C., Claustre, H., Leblanc, K., Moutin, T., Newman, S., Quéguiner, B., Sarthou, G., and P. Tréguer, Evidence for Iron Limitation in the North East Atlantic (Azore-Portugal), *Challenges of a changing earth*, Amsterdam, 2001
- Merlivat, L., Gonzalez-Davila, M., Santana-Casiano, J., and G.Reverdin, Mesoscale variability of pCO₂ at the sea surface in the North East Atlantic Ocean as measured by Carioca drifters, *6th International Carbon Dioxide Conference*, Sendai, Japan, 2001

2002

- Assenbaum, M., Reverdin, G., Le Cann, B., Gaillard, F., Gascard J. C., and H. Mercier, Meso scale impact on subduction in the northeast Atlantic.during the POMME experiment, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2002
- Belviso S., C. Moulin, H. Claustre, J. Ras and J. Stefels. Geographic and environmental factors affecting the global distribution of DMSP and DMS. *Third Int. Symp. on biological and environmental chemistry of DMS(P) and related compounds*. Rimouski, Canada, Sept. 26-28, 2002
- Ben Hamadou, R., Picheral, M., Prieur, L., and G. Gorsky, Spatial distribution of the Particulate Matter in the northern Atlantic during the POMME 3 cruises, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2002
- Brut, A., Legain, D., Durand, P., Laville, P., Fotiadi, A., and D. Serça Use of the R. E. A. technique to measure scalar fluxes on ground-based and mobile plate-forme, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2002
- Claustre, H., Oubelkheir, K., Merien, D., and A. Sciandra The monitoring of inherent optical properties (IOP) at small spatial scales : examples and biogeochemical implications, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2002
- Coatanoan, C, Gaillard, F, and H. Mercier, Horizontal measurements at mesoscale and subsmesoscale in the eastern North Atlantic during POMME, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2002
- Denis, M., Moumas, M. and M. Bianchi, Vertical distribution of heterotrophic bacteria and their culturability in the Northeastern Atlantic (POMME cruise), *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2002
- Fernández, C., Raimbault, P., Rimmelin, P., Garcia, N., and B. Boudjellal, Spatial and seasonal evolution of primary and new production in the Eastern North Atlantic basin (15°20' - 21°20'W, 38° - 45°N). Evaluation of the impact of oceanic mesoscale variability on f-ration and nutrient distributions, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2002
- Gaillard, F., Mercier, H., and C. Kermabon, Subduction of North-East Atlantic mode waters : a methodology for dynamical analysis from régional to meso-scales, EGS, Nice, 2002
- Gaillard, F., and C. Lagadec, Monitoring the ocean variability in the North-East Atlantic with profilers, *En route to Godae*, Biarritz, June 2002
- Leblanc, K., Quéguiner, B., Blain, S., and C. Guieu, Si Cycle in the North Eastern Atlantic During the POMME Experiment (March-April 2001), Evidences of Co-Limitation of Phytoplankton Growth by the Availability of Silicon, Iron and Other Nutrients, *Open Science Meeting*, Hawai, 2002.
- Loisel, H., Nicolas, J. M., Merien, D., Claustre, H., Sciandra, A., Becu, G., and P.-Y. Deschamps, Retrieval of optical parameters from Seawifs observations over the POMME area (North-East Atlantic) : Biogeochemical applications, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2002
- Maixandeu, A. , Lefèvre, D., Uitz, J., Caniaux, G., Dudrais, L., Newman, S., and B. Quéguiner, Spatial and seasonal distributions of O₂ and TCO₂ biological fluxes in the Northeastern Atlantic ocean, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2002
- Mémery, L. and the POMME team, Meso scale impact on biological activity in the NE Atlantic Ocean : the POMME programme, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2002
- Merien, D., Claustre, H., Sciandra, A., Ras, J., Prieur, L., and M. Twardowski, Seasonal and mesoscale variability of bio-optical properties in the North East Atlantic : possible biogeochemical implications, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2002
- Merlivat, L. Gonzalez-Davila, M., Santana-Casiano, J., Reverdin, G., Rafizadeh, M., Beaumont, L., Guillot, A., Danduy, T., Mesoscale variability of pCO₂ at the sea surface in the North East Atlantic as measured by ship and Carioca drifters, *European Geophysical Society meeting*, Nice, April 2002
- Pinot, J. M., Mercier, H., Caniaux, G., and F. Gaillard, Heat balance along Provor floats trajectory in the North Atlantic, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2002
- Reverdin, G., and the POMME team, The POMME experiment in the NE Atlantic Ocean in 2000-2001, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2002

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

- Santana-Casiano, J. M., González Dávila, M., Merlivat, L. and E. Dafner, Fluxes of CO₂ between the atmosphere and the Ocean during POMME Project in the North-East Atlantic Ocean, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2002
- Sempéré, R. *et al.* Mesoscale distribution and bacterial cycling of total organic carbon in North Atlantic Ocean (Pomme area, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2002

2003

- Andersen, V., Picheral, M., Devey, C., Gubanova, A., Althukov, D., Skryabin, V. and S. Tsarin, Seasonal and vertical structure of the zooplankton community observed at mesoscale in the North-East Atlantic, *3rd International Zooplankton Production Symposium*, Gijon, Spain, May 2003 (Poster)
- Assenbaum, M., Le Cann, B., Gascard, J.-C., and S. Saint-Albin, Mapping and tracking mesoscale structures during the POMME experiment, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2003 (Poster)
- Blain, S., Guieu, C., Claustre, H., Leblanc, K., Moutin, T., Quéguiner, B., and G. Sarthou, Availability of iron for phytoplankton growth in the North-East Atlantic, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2003
- Bouruet-Aubertot, P., Mercier, H., Gaillard, F., and P. Lherminier, Evidence of strong inertia-gravity wave activity during POMME experiment, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2003 (Poster)
- Bouruet-Aubertot, P., Mercier, H., Gaillard, F., and P. Lherminier, Evidence of strong inertia-gravity wave activity during POMME experiment, *IUGG*, Sapporo, juillet 2003
- Caniaux, G., Giordani, H., Prieur, L., and D. Bourras, An evaluation of a one year surface heat budget in the North-East Atlantic from the POMME experiment, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2003 (Poster)
- Claustre, H., Ras, J., Babin, M., Raimbault, P., Moutin, T., and O. Prasil, Seasonal and local variations of the water column photosynthetic cross section in the North East Atlantic (39°N-44°N, 17°W-21°W), *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2003 (Poster)
- Devey, C., Andersen, V., and L. Prieur, Stationary modelling approach of the pelagic ecosystems. Application to the Pomme study in the North Atlantic, *3rd International Zooplankton Production Symposium*, Gijon, Spain, May 2003 (Poster)
- Fernandez, C., Raimbault, P., Rimmelin, P., Garcia, N., Boudjellal, B., and G. Caniaux, On the impact of nitrification and DON excretion on new and regenerated production in the eastern North Atlantic, *ASLO Aquatic Science*, Salt Lake City, USA, 2003
- Fernandez, C., Raimbault, P., Caniaux, G., Garcia, N., and P. Rimmelin, Unusual nitrate distribution in an anticyclonic eddy during summer stratification, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2003 (Poster)
- Filatoff, and M. Assenbaum, Adjoint assimilation of ARGO float displacement data into an eddy-resolving ocean model, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2003 (Poster)
- Gascard, J.-C., Le Cann, B., Assenbaum, M., Richez, C., Rouault, C., Rafizadeh, M., Faisant, A., and G. Roudaut, Coherent mesoscale eddies related to the North-East Atlantic Mode Waters, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2003
- Giordani, H., Caniaux, G., Prieur, L., and A. Paci, A one year 3D oceanic simulation in the North-East Atlantic : application to heat budgets and subduction during the POMME experiment, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2003 (Poster)
- Labat, J.-P., Mayzaud, P., Gasparini, S., Lapernat, P.-E., Sabini, S., Mousseau, L., and M. Boutoute, Mesoscale distribution of zooplankton : relationships with hydrological structures and chlorophyll distribution in the northeast Atlantic ocean. Use of an Optical Plankton Counter, *3rd International Zooplankton Production Symposium*, Gijon, Spain, May 2003 (Poster)
- Loisel, H., Jean-Marc, N., Davy, M., Sciandra, A., and L. Prieur, Biogeochemical variability in the northeast Atlantic as seen from ocean color observations, and comparison with other regions on the Northern Atlantic, *JGOFS : Final Open Science Conference*, Washington, May 2003 (Poster)
- Maixandeau, A., Lefèvre, D., Fernandez, C., Sempéré, R., Van Wambeke, F., Caniaux, G., Dugrais, L., and B. Quéguiner, Spatial and seasonal variability of community fluxes, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2003 (Poster)
- Mémery, L., and G. Reverdin, The POMME programme : mesoscale impact on biological activity in the NE Atlantic, *JGOFS : Final Open Science Conference*, Washington, May 2003 (Poster)
- Merlivat, L., Gonzalez-Davila, M., Santana-Casiano, J. M., Reverdin G., Rafizadeh, M., Beaumont, L., Guillot, A., and T. Danguy, Mesoscale variability of pCO₂ at the sea surface in the North Atlantic as measured by ship and Carioca drifters, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2003 (Poster)
- Merlivat, L., Gonzalez-Davila, M., Santana-Casiano, J. M., and J. Boutin, Spatial and temporal variability of the distribution of pCO₂ and dissolved inorganic carbon at the sea surface measured by CARIoca drifters in the North East Atlantic Ocean during the POMME project, *JGOFS : Final Open Science Conference*, Washington, May 2003 (Poster)
- Moutin, T., Van Wambeke, F., Fernandez, C., Rimmelin, P., Leblond, N., Guieu, C., Sempéré, R., and L. Mémery, Coupling carbon and phosphate cycles in the photic zone of the North Eastern Atlantic ocean, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2003 (Poster)
- Paci, A., Caniaux, G., Gavart, M., Giordani, H., Prieur, L., and G. Reverdin, A high resolution oceanic simulation in an area subjected to subduction : near surface processes during the POMME experiment, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2003 (Poster)
- Quéguiner, B., Leblanc, K., Blain, S., Leynaert, A., and L. Mémery, Control of diatom populations by silicic acid availability in the North-East Atlantic frontal zone of Mode Water formation (16-22°W, 38-45°N) during the 'POMME' program in Spring 2001, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2003
- Reverdin, G. and POMME, The POMME mesoscale analyses of the circulation in the NE Atlantic, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2003 (Poster)
- Santana-Casiano, J. M., González Dávila, M., Merlivat, L. and E. Dafner, Fluxes of CO₂ between the atmosphere and the Ocean during POMME Project in the North-East Atlantic Ocean, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2003 (Poster)
- Sohrin, R., Lefèvre, and R. Sempéré, Distribution of dissolved organic carbon in the deep eastern North Atlantic, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2003 (Poster)
- Thyssen M., Lefèvre, D., and M. Denis, Spatial distribution of heterotrophic bacteria in the North East Atlantic (POMME Study area) during Spring 2001, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2003 (Poster)
- Uitz, J., Claustre, H., Morel, A., and S. Hooker, From surface chlorophyll a to phytoplankton functional groups, *European Geophysical Science Meeting*, Nice, April 2003 (Poster)

2004

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

- P. Bouruet-Aubertot, H. Mercier, F. Gaillard, P. Lherminier An analysis of intense inertia-gravity wave events during POMME experiment, *Ocean mixing conference*, Victoria (Canada), Octobre 2004
- Caniaux, G., L. Merlivat, L. Prieur, and H. Giordani, 2004: Diurnal variation of oceanic mixed layer depths along drifter trajectories in the north-eastern Atlantic, *1st General Assembly of the European Geosciences Union (EGU)*, Nice, France, 25-30 Avril 2004.
- Fukuda-Sohrin, R., Sempéré, R., Lefèvre, D. and Y. Desaubies, 2004. Basin-scale distribution of dissolved organic carbon in the deep Northeast Atlantic: its significance in carbon and oxygen dynamics in deep water, *Ocean Research Conference*, Hawaii, February 15-20, 2004 (poster)
- Gaillard, F., H. Mercier, C. Kermabon: **Heat budget and water mass formation from regional to mesoscale during POMME**. Poster, *1st General Assembly of the European Geosciences Union (EGU)*, Nice, France, 25-30 Avril 2004.
- Giordani, H., G. Caniaux, L. Prieur, and A. Paci, 2004: Sensitivity of entrainment/detrainment to the surface heat flux during the POMME Experiment (NE Atlantic 2000-2001), *1st General Assembly of the European Geosciences Union (EGU)*, Nice, France, 25-30 Avril 2004.
- Lévy, M., M. Gavart, L. Memery, G. Caniaux, and A. Paci, 2004: A 4D-mesoscale map of the spring bloom in the POMME experiment : results of a prognostic PE model, *1st General Assembly of the European Geosciences Union (EGU)*, Nice, France, 25-30 Avril 2004.
- Roudesli, S., L. Memery, G. Caniaux, M. Lévy, and S. L'Helguen, 2004: A one dimensional coupled physical and biological modelling in the POMME area (North-East Atlantic ocean), *1st General Assembly of the European Geosciences Union (EGU)*, Nice, France, 25-30 Avril 2004.
- Thyssen, M., D. Lefèvre, J. Ras, C. Fernandez, L. Dugrais, G. Caniaux, and M. Denis, 2004: Bacterial distribution in the North Atlantic Ocean (POMME Project), *1st General Assembly of the European Geosciences Union (EGU)*, Nice, France, 25-30 Avril 2004.
- Thyssen, M., D. Lefèvre, J. Ras, C. Fernandez, L. Dugrais, G. Caniaux, and M. Denis, 2004: Bacterial distribution in the North Atlantic Ocean (POMME Project), *International Society for analytical Cytology*, Montpellier, 22-27 Mai 2004.
- Thyssen, M., D. Lefèvre, J. Ras, C. Fernandez, L. Dugrais, G. Caniaux, and M. Denis, 2004: Bacterial distribution in the North Atlantic Ocean (POMME Project), *Gordon Research Conference on Marine Microbes*, Roscoff, 6-10 Juin 2004.

2005

- Belamari, S., G. Caniaux, and H. Giordani, 2005: Bulk fluxes optimization using genetic algorithm: application to the one year POMME experiment data set. *Colloquium in honour and in memory of Christian Le Provost*, Toulouse, March 10 and 11, 2005.
- Belamari, S., G. Caniaux, and M. Tcham, 2005, Optimisation of the one year POMME experiment bulk fluxes data set using a one dimensional approach together with genetic algorithms, *EGU Meeting*, Vienne, 25-29 Avril, 2005.
- Caniaux, G., S. Belamari, H. Giordani, A. Paci, L. Prieur, G. Reverdin and F. Gaillard, Heat and Freshwater budget closure from different modelling approach in the North East Atlantic, *EGU Meeting*, Vienne, 25-29 Avril, 2005.
- Caniaux, G., S. Belamari, H. Giordani, A. Paci, L. Prieur, G. Reverdin, and F. Gaillard, 2005: Insights into the one year heat and freshwater budget closure from different modeling approach of the POMME experiment, *Colloquium in honour and in memory of Christian Le Provost*, Toulouse, March 10 and 11, 2005.
- Fernández I., C., Thyssen, M., Denis, M., and P. Raimbault, Microbial community structure along the 18°W transect of the POMME study area (NE Atlantic) in late summer 2001, *European Geophysical Science Meeting*, Vienne, Autriche, April 2005 (Poster)
- Giordani, H., L. Prieur, G. Caniaux and A. Paci, A generalised Q-vector formulation of vertical velocity in the ocean: a study of w-sources, *EGU Meeting*, Vienne, 25-29 Avril, 2005.
- Giordani, H., L. Prieur, G. Caniaux and A. Paci, New insights into sources of vertical velocities in the ocean. *Colloquium in honour and in memory of Christian Le Provost*, Toulouse, March 10 and 11, 2005.
- Jeandel, C., Sternberg, E., Miquel, J.-C., Gasser, B., Souhaut, M., and R. Arraes-Mescoff, Reliability of Barite as Tracer of Export Production (the BARMED Program, *EGU Meeting*, Vienne, 25-29 Avril, 2005 (poster)
- Lévy, M., Y. Lehahn, S. Roudelsi, J.-M. Andre, L. Mémery, M. Gavart, A. Paci and G. Caniaux, Primary production variability in the northeast Atlantic : driving physical mechanisms at different scales, *European Geophysical Science Meeting*, Vienne, Autriche, April 2005.
- Merlivat, L., G. Caniaux, and L. Barbero-Munoz, Diurnal variations of air-sea flux of CO₂, ocean CO₂, partial pressure, SST and mixed layer depth along drifter trajectories in the North-Eastern Atlantic, *37th Liège International Colloquium on Gas Transfer at water surfaces*, 2-6 May 2005, Liège, Belgium.
- Mémery, L., and G. Reverdin, The POMME experiment : tracer characteristics of NE Atlantic Mode Water and impact of small and medium scales, *ASLO Meeting*, St Jacques de Compostelle, Juin 2005
- Roudesli, S., Mémery, L., Lévy, M., Gavart, M., Caniaux, G., and S. L'Helguen, Variability of planktonic structuration in the Northeast Atlantic in response to dynamics : influence in production and export, *European Geophysical Science Meeting*, Vienne, Autriche, April 2005 (Poster)
- Roy-Barman, M., Jeandel, C., Souhaut, M., Rutgers van der Loeff, M., Voege, I., Leblond, N., and R. Freydier, Vertical evolution of thorium isotope scavenging in the NE Atlantic ocean (POMME experiment), *The Oceanographic Society meeting*, Paris, Juin 2005

Rubrique 16: thèses sur POMME

- Assenbaum, M., Etude de la circulation à méso-échelle dans POMME à l'aide de données et de méthodes lagangiennes, Univ. Paul Sabatier, Toulouse, Janvier 2006 (LEGOS, Toulouse ; LODYC, Paris)
- Ben Hamadou, R., Contribution à l'analyse spatiotemporelle e séries écologiques marines, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris, 2003 (LOV, Villefranche)
- Brut, A., Mesures des échanges surface-atmosphère : paramétrisation des flux au dessus de l'océan et mise au point d'un instrument pour la détermination de flux d'espèces en trace, Univ. Paul Sabatier, Toulouse, 2002 (CNRM, Toulouse)
- Devey, C., Modélisation de l'écosystème pélagique marin. Application à différents régimes trophiques observés à méso-échelle, Univ. Pierre et Marie Curie, Paris, 2004 (LOV, Villefranche)
- Eichinger, M., Modélisation de l'assimilation du carbone organique dissous par les bactéries pélagiques en océan ouvert, Univ. Méditerranée – Aix – Marseille II, début **en Octobre 2004** (LMGEM, Marseille)
- Fernandez, C., Cycle de l'azote et production primaire dans l'Atlantique Nord Est : couverture saisonnière et influence de la méso-échelle, Univ. Méditerranée – Aix – Marseille II, 2003 (LOB, Marseille)
- Karayanni, H., Rôle des nanoflagellés hétérotrophes et des ciliés dans la régulation du pico et nanoplancton photosynthétiques et des bactéries en Atlantique NE et le recyclage de la matière organique, Univ. Marseille Luminy, 2004 (LMGEM, Marseille)
- Karleskind, P., Synthèse à l'aide de la modélisation du programme POMME : impact de la petite échelle et caractérisation des eaux subductées dans la thermocline de l'Atlantique Nord, Université de Bretagne Occidentale, **début en Novembre 2004** (LEMAR, Brest / Collaboration LODYC, Paris)

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV - IRD

- Kremer, A. S., Impact de la sub méso-échelle sur les flux biogéochimiques à l'échelle d'un bassin, Univ. Pierre et Marie Curie, **début Octobre 2004** (LODYC, Paris)
- Leblanc, K., Variabilité spatiale et temporelle du cycle du silicium dans divers milieux oligotrophes et mésotrophes, Univ. Méditerranée – Aix – Marseille II, 2004 (LOB, Marseille)
- Maixandeu, A., La pompe biologique: fonctionnement de la communauté microbienne et relation avec le contexte hydrodynamique, Univ. Méditerranée – Aix – Marseille II, 2004 (LMGEM, Marseille)
- Merien, D., Variabilité à différentes échelles spatiales et temporelles dans l'Atlantique nord-est : interprétations biogéochimiques. Univ. Pierre et Marie Curie, 2003 (LOV, Villefranche)
- Paci, A., l'étude des processus physiques pendant la période de restratification de POMME à l'aide de la modélisation numérique, Mars 2006, Univ. Paul Sabatier, (CNRM, Toulouse)
- Roudesli, S., Modélisation 3D couplée dynamique biologie de la zone POMME à petite échelle, Univ. Pierre et Marie Curie, Avril 2006 (LEMAR, Brest)

Fiche " Valorisation des résultats des campagnes océanographiques "

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------|
| Nom de la campagne : PROSOPE | | |
| Programme : PROSOPE | | |
| Navire : Thalassa | Engins lourds : | |
| Dates de la campagne : 04/09 au 04/10/1999 | Zone : Atlantique Nord Est et Méditerranée | |
| Chef de projet : Hervé Claustre | Organisme : CNRS / INSU | |
| Chef de mission 1 : Hervé Claustre | Organisme : | |
| Chef de mission 2 : | Organisme : | |
| Fiche remplie par : Hervé Claustre | Date de rédaction de la fiche : Novembre 2005 | |
| Adresse : Laboratoire d'Océanographie de Villefranche, 06230 Villefranche-sur-mer | | |
| Email : claustre@obs-vlfr.fr | Tel : 04 93 76 37 29 | Fax : 04 93 76 37 39 |

Résultats majeurs obtenus

Objectifs

L'objectif premier de l'opération PROSOPE (PROductivité des Systèmes Océaniques PELagiques) est l'étude de l'influences des différentes ressources nutritives (azote et phosphore en particulier) sur la fertilité océanique. Cette opération se plaçait donc dans le contexte, au niveau international, du programme JGOFS (IGBP) et, au niveau national, du programme PROOF.

Au delà de cet objectif, l'équipe PROSOPE s'était assignée trois autres objectifs plus exploratoires, pouvant déboucher sur de nouveaux axes de recherche en biogéochimie marine :

- Interpréter les données de couleur de l'océan, notamment en vue d'une meilleure calibration des capteurs couleurs satellisés.
- Apprécier l'importance des phénomènes à l'échelle journalière.
- Initier des études visant à établir d'éventuelles connexions entre biodiversité marine et cycles biogéochimiques.

Le choix des zones d'études

Pour répondre à ces objectifs à la fois spécifiques et diversifiés, les zones d'étude devaient répondre à un certain nombre de critères:

- L'étude de situations trophiques variées, permettant d'étudier les différentes situations de fertilité océanique et leur rapports avec la couleur de l'eau
- L'étude de systèmes limités par des ressources nutritives différentes (N et P).
- Des situations stables devaient enfin être recherchées, pour étudier la variabilité bioéogéochimique diurne en s'affranchissant le plus possible des "perturbations" liées aux mouvements physiques advectifs.

C'est sur la base de ces critères que furent décidés la zone et le trajet de la campagne PROSOPE qui eut lieu en septembre 1999. Sur un trajet de 35 jours (sans escales), une variété de situations océaniques furent étudiées allant des remontées d'eaux froides (upwelling) le long des côtes marocaines et source d'une intense productivité biologique et de matière jusqu'aux déserts biologiques (et dont la physique est a priori plus stable) de la partie orientale de la Méditerranée.

Les résultats

L'évolution de la production primaire est/ouest de la Méditerranée

On constate que les taux de production primaire, tout comme ceux de production bactérienne, décroissent régulièrement le long d'un axe longitudinal allant de la mer d'Alboran (partie occidentale) jusqu'à la mer Ionienne (partie orientale). Ces variations sont associées à la diminution régulière des ressources nutritives, de l'Ouest vers l'Est de la Méditerranée, conséquence à la fois de la circulation de surface (entrée d'eaux Atlantiques, riches en nutriments, au détroit de Gibraltar et transport de ces eaux vers la partie plus orientale de la Méditerranée) et de la stratification estivale qui limite l'enrichissement en nutriments des couches superficielles. Ces changements longitudinaux ont également été appréciés de manière qualitative : ainsi, nous avons montré que les ressources en carbone organique dissout limitent la production bactérienne dans la partie occidentale de la zone, alors que le phosphore devient l'élément limitant dans la partie orientale. Dans ces conditions de limitation en phosphore, une population phytoplanctonique, les *Synechococcus*, a été

identifiée comme la mieux armée pour répondre à des injections épisodiques de phosphore dans le système (par exemple, lors de dépôt de poussières Sahariennes). Le long de ce gradient trophique, si la quantité de matière particulaire diminue globalement vers l'est, sa composition évolue également : la proportion de matière végétale (phytoplancton) diminue, alors que la proportion de matière non végétale (détritus d'origine biogène, organismes hétérotrophes) augmente.

Influence des poussières sahariennes sur la couleur de l'eau et l'estimation de la Chlorophylle a : Les mesures optiques et biogéochimiques ont révélé une caractéristique remarquable de la Méditerranée à cette période de l'année : les eaux méditerranéennes sont plus vertes (cette nuance, détectée par les radiomètres reste toutefois imperceptible à l'œil humain) que ce que leur contenu en chlorophylle permet a priori de prédire. C'est donc qu'il existe, à côté du phytoplancton, d'autres substances qui modifient cette couleur. Après un examen attentif de toutes les matières qui pourraient contribuer à cette singularité, notamment les débris biogènes et la matière dissoute colorée, nous sommes arrivés à la conclusion que cette modification de couleur des eaux méditerranéennes est due à la présence de fines poussières Sahariennes dans les eaux de surface. Cette présence résulte de dépôts épisodiques de poussières qui ont eu lieu aussi bien avant que durant la campagne. A posteriori, l'analyse des distributions de "l'aérosol index" fourni par le satellite TOMS (Total Ozone Mapping Spectrometer) a permis d'identifier précisément ces périodes de dépôt. La relation entre couleur de l'eau et contenu en Chlorophylle a souffre donc dans ces régions d'un biais qui conduit à surestimer d'un facteur 2 à 3 la concentration en chlorophylle.

Le cycle diurne : Les conditions de relative stabilité hydrodynamique qui prévalaient au site MIO, le plus oligotrophe, ont permis d'étudier la variabilité diurne des phénomènes biologiques et biogéochimiques. Sur les cinq jours d'occupation du site, un certain nombre de mesures ont été réalisées à haute fréquence (une acquisition sur la dimension verticale toutes les trois heures) permettant d'identifier les propriétés biogéochimiques qui présentaient une cyclicité diurne. En particulier, nous avons montré que la concentration de particules, ainsi que leur taille, qu'elle soit mesurée sur échantillons discrets (prélèvements d'eaux suivis de comptages à bord) ou directement *in situ* à partir de nouvelles générations de profileurs, présente une rythmicité très marquée. De même la taille des particules présente aussi une rythmicité diurne très claire. De façon plus générale, nos résultats montrent que, dans ces systèmes oligotrophes a priori stables, le signal diurne est très important et potentiellement de même amplitude que le signal saisonnier. Une conséquence inattendue de ces résultats est que l'évaluation de certains stocks, (par exemple le Carbone Organique Particulaire), qui sont parfois des paramètres d'entrée essentiels de modèles biogéochimiques, est très dépendante du moment de la journée où le prélèvement est réalisé.

Biodiversité, marquage génétique et biotope : L'utilisation des techniques de biologie moléculaire a notamment permis d'étudier la diversité génétique des populations de *Prochlorococcus*, qui est l'organisme photosynthétique le plus petit (~0.6 µm) et le plus abondant des océans, y compris en Méditerranée. En utilisant un marqueur génétique qui lui est spécifique, nous avons montré pour la première fois qu'il existe plusieurs populations de *Prochlorococcus*, génétiquement différentes, et occupant des profondeurs distinctes de la couche d'eau 0-150 m. Certaines populations se cantonnent à la couche superficielle dépourvue en sels nutritifs; d'autres ne sont trouvées qu'au bas de la couche éclairée, dans la zone où les nutriments commencent à être abondants. La stratification des eaux méditerranéennes est donc suffisante pour ménager des zones stables, propices au développement de populations génétiquement et physiologiquement adaptées pour tirer profit de la "diversité" des combinaisons environnementales (lumière et nutriments).

Biodiversité, formes fonctionnelles et productivité : La diversité peut également s'apprécier en terme de formes qui, dans l'environnement marin, ont bien souvent des significations fonctionnelles. C'est ainsi que nous sommes également focalisés sur la signification de la diversité "plastique" d'un groupe de consommateurs du phytoplancton, les ciliés tintinides, qui vivent dans une coque ou "lorica" et présentent une grande variété aussi bien de formes que de taille (50-500 µm). Nous avons montré que cette diversité "plastique" est avant tout fonction de la diversité de taille de leur proies phytoplanctoniques et non pas une fonction inverse de la productivité, ce qui est généralement admis. En effet il est généralement suggéré que plus le milieu est oligotrophe (pauvre en nutriments, faible productivité), plus les populations, de petites tailles, sont diversifiées.

Tableau récapitulatif

| | | Nombre |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------|
| 1 | Publications d'articles originaux dans des revues avec comité de lecture référencées SCI | 22 |
| 2 | Publications dans d'autres revues scientifiques | 0 |
| 3 | Publications sous forme de rapports techniques | 1 |
| 4 | Articles dans des revues / journaux grand public | 2 |
| 5 | Publications de résumés de colloques | 15 |
| 6 | Communications dans des colloques internationaux dont communications orales dont posters | 15 |
| 7 | Communications dans des colloques nationaux dont communications orales dont posters | 1 |
| 8 | Nouvelles espèces (animales, végétales, microorganismes) découvertes et décrites | |
| 9 | Rapports de contrats (Union européenne, FAO, Convention, Collectivités ...) | |
| 10 | Applications (essais thérapeutiques ou cliniques, AMM ...) | |
| 11 | Brevets | |
| 12 | Publications d'atlas (cartes, photos) | |
| 13 | Documents vidéo-films | |
| 14 | Publications électroniques sur le réseau Internet | |
| 15 | DEA ou MASTER ayant utilisé les données de la campagne | 4 |
| 16 | Thèses ayant utilisé les données de la campagne | 6 |
| 17 | Validation des données | en cours : terminée : X |
| 18 | Transmission au SISMER | Non : Oui : X |
| 19 | Transmission à d'autres banques de données | Non : Oui : X |
| 20 | Transmission à d'autres équipes | Non : Oui : X |
| 21 | Considérez-vous l'exploitation | en cours : terminée : X |

Fournir en annexe pour chacune des rubriques :

Rubriques 1 à 8 incluses : Une liste des publications et colloques avec les noms d'auteurs suivant la présentation en vigueur pour les revues scientifiques. A présenter selon la classification du tableau ci-dessus.

Rubriques 9 à 14 : Liste des références des rapports, des applications, des brevets, atlas ou documents vidéo

Rubriques 15 et 16 : Pour chaque étudiant Nom et Prénom, Laboratoire d'accueil. Sujet du DEA ou MASTER ou de la thèse, Date de soutenance

Rubriques 17 à 20 incluses : Le type des données validées et/ou transmises, Les banques de données (SISMER, JGOFS, CDIAC ...) les équipes auxquelles elles ont été transmises.

Rubrique 21 : Si l'exploitation est toujours en cours, pouvez-vous donner un échéancier ?

1 Publications d'articles

- (1) Belviso S., Sciandra, A. and C. Copin-Montégut (2003) : Mesoscale features of surface water DMSP and DMS concentrations in the Atlantic Ocean off Morocco and in the Mediterranean Sea. *Deep-Sea Research I*, **50**, 543-555.
- (2) Belviso, S., Claustre, H. and J.C. Marty, 2000. Evaluation of the utility of chemo-taxonomic pigments as a surrogate for particulate DMSP. *Limnology and Oceanography*, **46**, 989-995.
- (3) Béthoux, J.P., Durieux de Madron, X., Nyffeler, F and D. Tailliez (2001). Deep water in the western Mediterranean: peculiar 1999 and 2000 characteristics, shelf formation hypothesis, variability since 1970 and geochemical inferences. *Journal of Marine Systems* **33/34**, 117-131.
- (4) Bosc, E., A. Bricaud and D. Antoine (2004). Seasonal and interannual variability in algal biomass and primary production in the Mediterranean Sea, as derived from four years of SeaWiFS observations. *Global Biogeochemical Cycles*, **18**, GB1005, 10.1029/2003GB002034.
- (5) Bricaud, A., E. Bosc and D. Antoine (2001). Algal biomass and sea surface temperature in the Mediterranean Basin : intercomparison of data from various satellite sensors, and implications for primary production estimates. *Remote Sensing of Environment*, **81**, 163-178.
- (6) Bricaud, A., Claustre, H., Ras, J. and K. Oubelkheir (2004). Natural variability of phytoplankton absorption in oceanic waters : influence of the size structure of algal populations. *Journal of Geophysical Research*, **109**, C11010, doi:10.1029/2004JC002419,
- (7) Claustre, H., Morel, A., Hooker, S.B., Babin, M., Antoine, D., Oubelkheir, K., Bricaud, A., Leblanc, K., Quéguiner, B. and S. Maritorena (2001). Is red rain making the Mediterranean Sea greener? *Geophysical Research Letters*, **29**, 10, 10.1029/2001GL014056.
- (8) Claustre, H., Hooker, S.B., Van Heukelem, Berthon, J.-F., Barlow, R. Ras, J., Sessions, H., Targa, C., Thomas, C.S., van der Linde, D. et J.-C. Marty (2004). An intercomparison of HPLC phytoplankton methods using *in situ* samples: Application to remote sensing and database activities. *Marine Chemistry*, **85**, 41-61.
- (9) Dolan J.R., Claustre, H., Moutin, T., and F. Carloti (2001). Microzooplankton tintinnids diversity. A field study of relationships with resources, competitors and predators. *Deep Sea Research I*, **49**, 1217-1232
- (10) Gómez, F. and H. Claustre (2003). The genus *Asterodinium* (Dinophyceae) as a possible biological indicator of warming in the western Mediterranean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, **83**, 173-174.
- (11) Gorsky, G., Prieur, L., Taupier-Letage, I., Stemmann L. and M. Picherall (2001). Large Particulate Matter (LPM) in the Western Mediterranean. I - LPM distribution related to hydrodynamics. *Journal of Marine Systems* **33/34**, 289-311.
- (12) Guieu, C., Bozec Y., Blain, S., Ridame, C., Sarthou, G. and Leblond, N (2002). Impact of high Saharan dust inputs on dissolved iron concentrations in the Mediterranean Sea, *Geophysical Research Letters*, 10.1029/2001GL014454.
- (13) Hooker, S.B. et A. Morel (2003) Platform and environmental effects on above- and in-water determinations of water-leaving radiances. *Journal of Atmospheric and Ocean Technology*, **20**, 187-205..
- (14) Loisel H., E. Bosc D. Stramski K. Oubelkheir and P.-Y. Deschamps (2001). Seasonal variability of the backscattering coefficient in the Mediterranean Sea based on Satellite SeaWiFS imagery. *Geophysical Research Letters*, **28**, 4203-4206
- (15) Moutin, T., Thingstad, T.F., Van Wambeke, F., Marie D. and H. Claustre (2001). Is the predominance of marine cyanobacteria related to phosphate-uptake competition? *Limnology and Oceanography*, **47**, 1562-1567.
- (16) Oubelkheir, K., Claustre, H., Babin, M., Sciandra, A. (2005). The comparative bio-optical and biogeochemical properties of contrasted trophic regimes. *Limnology and Oceanography*, in press
- (17) Panagiotopoulos, C. and Sempéré, R. (2004). The molecular distribution of combined aldoses in sinking particles in various oceanic conditions. *Marine Chemistry*, **95** 31-49
- (18) Panagiotopoulos, C. and Sempéré, R. (2005). Analytical methods for the determination of sugars in marine samples: A historical perspective and future directions. *Limnology and Oceanography methods*, **3**, 419-454.
- (19) Pantoja, S., Repeta, D.J., Sachs, J.P. and D.M. Sigman (2002). Stable isotope constraints on the nitrogen cycle of the Mediterranean Sea water column. *Deep-Sea Research I*, **49**, 1609-1621.
- (20) Ridame, C., Moutin, T. and C. Guieu (2003). Does phosphate adsorption onto Saharan dust explain the unusual N/P ratio in the Mediterranean Sea? *Oceanologica Acta* **26**, 629-634.
- (21) Uitz, J., Claustre, H., Morel, A., and S. Hooker (2004). From surface chlorophyll a to phytoplankton community composition in oceanic waters. *Limnology and Oceanography*, *soumis*
- (22) Van Wambeke F., Christaki U., Giannakourou A, Moutin T, and S. Souvemerzoglou S. (2002). Longitudinal and vertical trends of bacterial limitation by phosphorus and carbon in the Mediterranean Sea. *Microbial Ecology*, **43**(1), 119-133.

3 Publications sous forme de rapport techniques

Hooker, S. B., Claustre, H., Ras, J., Van Heukelem, L., Berthon, J.F., Targa, C., Van der Linde, D., Barlow, R. et H. Sessions (2001). The first SeaWiFS HPLC Analysis Round-Robin Experiment (SeaHARRE-1). NASA *Technical Memorandum* 2000-206892, vol 14, S.B. Hooker et E. R. Firestone (eds.), NASA Goddard Space Flight center, Greenbelt, Maryland, 41pp.

4 Articles dans des revues "grand public"

- (1) Opération plancton en Méditerranée. Nice matin, 14 août 1999 (article sur la présentation de la campagne)
- (2) Les secrets du plancton en Méditerranée. Nice matin, 18 Octobre 1999 (article paru au retour de la campagne)

5 Publications de résumés de colloques

- (1) Bosc, E., Bricaud, A. and D. Antoine. Variations in chlorophyll concentration and primary production in the Mediterranean sea, as derived from SeaWiFS, OCTS and POLDER ocean color data. *Ocean Optics XV*, 16-20 Octobre, Monaco.
- (2) Bruyant F., Babin M., Genty B., Garczarek L., Claustre H., Prasil O., Behrenfeld M., Bricaud A. et F. Partensky. Diel variations in the quantum yield of *in vivo* chlorophyll fluorescence *Ocean Optics XV*, 16-20 Octobre, Monaco.

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

- (3) Claustre H., Babin M., Bricaud A., Morel A., Oubelkheir K. et A. Sciandra. The diel cycle in particle attenuation coefficient: patterns and interpretation. *Ocean Optics XV*, 16-20 Octobre, Monaco.
- (4) Claustre H. et al. The PROSOPE cruise: a multidisciplinary investigation of various biogeochemical provinces with particular emphasis on phosphate limitation and on the daily time scale. *JGOFS open Science conference*, Bergen (Norvège) 13-17 Avril 2000.
- (5) Claustre, H., Morel, A., Hooker, S. B., Babin, M., Antoine, D., Oubelkheir, K., Bricaud, A. and H. Holtzscherrer. Potential effects of Saharan dust on the optical properties of Mediterranean waters. *Current problems in Optics of Natural Waters*, St Petersburg, 25-29 September, 2001.
- (6) Claustre, H., Oubelkheir, K., Merien, D. and A. Sciandra Continuous monitoring of particle and dissolved absorption at small spatial scale. *European Geophysical Society*, 21-26 April 2002, Nice.
- (7) Garczarek L., Dufresne A. and Partensky F. Use of a highly variable gene (pcb) for studying the diversity of cultured and natural *Prochlorococcus* genotypes. *ASLO Aquatic Sciences 2001*, Albuquerque, New Mexico, 12-16 janvier 2001.
- (8) Morel A., Antoine D., et H. Claustre Validation of MERIS atmospheric correction and pigment retrieval algorithms : intercomparison with SeaWiFS algorithms and products. *Ocean Optics XV*, 16-20 Octobre, Monaco.
- (9) Moutin T., Van Wambeke F., Thingstad F.T., Sempere R., Garcia N., Rimmelin P., Raimbault P., Marie D., Queguiner B., Leblanc K., Dolan J. et H. Claustre. Phosphate as a key factor controlling production and carbon export in the Mediterranean Sea. *JGOFS open Science conference*, Bergen (Norvège) 13-17 Avril 2000
- (10) Oubelkheir K., Claustre H., Babin M. et A. Sciandra Bio-optical vs bio-geochemical status of different oceanic provinces of the Atlantic Ocean and the Mediterranean Sea. *ASLO Ocean Optics XV*, 16-20 Octobre, Monaco.
- (11) Oubelkheir K., Claustre H., Sciandra A., Marie D. and Raimbault, P. (2000). Diel variations of particle stocks in the oligotrophic waters of the Ionian Sea (Mediterranean). *European Geophysical Society*, 21-26 April 2002, Nice.
- (12) Ridame C. et C. Guieu. Saharan Source of dissolved Phosphorus to the Mediterranean. *Ocean Science Meeting*, 24-28 Janvier 2000, San Antonio (Texas).
- (13) Sciandra A., Claustre H., Malara G. et K. Oubelkheir, Diel variability of suspended particles in oligo, meso- and eutrophic oceanic waters. *JGOFS open Science conference*, Bergen (Norvège) 13-17 Avril 2000
- (14) Van Wambeke F., Christaki U., Giannakourou A., Likousis V., Kosmas A., Moutin T. et H. Claustre. Phosphorous and carbon limitation of bacterial activities in the Mediterranean Sea. *7th European Marine Microbiology Symposium*, 17-24 septembre 2000, Amsterdam.
- (15) Vidussi F., Claustre H., Marty, J.-C. et D. Antoine. The structure of phytoplankton community in the Mediterranean sea inferred from pigment signatures: potential implications for biogeochemical cycle of carbon. *JGOFS open Science conference*, Bergen (Norvège) 13-17 Avril 2000.

7 Communication dans des colloques nationaux

Claustre, H. et J. Ras (eds.) (2000). "PROSOPE : première réunion post-campagne". Rapport PROOF- Prosope N°2, <http://www.obs-vlfr.fr/jgofs/html/prosope/web/meetingmai2000.htm>. Recueil des résumés de 24 communications et documents powerpoint des présentations pour 8 d'entre eux.

11 Publications d'atlas

Des recueils de graphiques de données ont été édités en format Acrobat (PDF). Ils sont disponibles sur le site PROSOPE (<http://www.obs-vlfr.fr/jgofs/html/prosope/home.htm>); Quatre recueils ont été édités:

- 1) Les profils CTD
- 2) Les profils de pigments analysés par HPLC
- 3) Les profils de distribution de taille des particules (HIAC)
- 4) Les graphiques temporels journaliers pour le thermosalinographe et l'éclairement de surface.

14 DEA ayant utilisé les données de la campagne

- (1) Bozec Y., 2000, Dosage du fer dissous en Méditerranée par FIA-CL : Résultats de la campagne PROSOPE (sept. 99), Rapport de DEA Chimie fine, Chimie marine, Université de Bretagne Occidentale, 20 pp.
- (2) Laurent, V., 2000. Etude du flux de matière organique particulaire à Dyfamed: approche par les traceurs lipidiques. DEA "Sciences de l'environnement marin", option biogéochimie, Marseille, 31p.
- (3) Remond, J., 2000. Stocks et labilité du carbone organique en Mer Méditerranée. DEA "Sciences de l'environnement marin", option biogéochimie, Marseille, 23p.
- (4) Uitz, J., 2002. Relation entre les concentrations de chlorophylle de surface et la forme du profil de chlorophylle. DEA "Sciences de l'environnement marin", option biogéochimie, Marseille

15 Thèse ayant utilisé les données de la campagne

- (1) Begovic, M. (2001) Cycle du carbone en Méditerranée. Thèse de l'Université P. & M. Curie, Paris. Soutenance prévue: septembre 2001.
- (2) Oubelkheir, K. (2001). Acquisition en continu de paramètres descriptifs de l'environnement marin. Thèse de l'Université de Marseille
- (3) Bruyant, F. (2002) Etude de la variabilité nyctémérale des paramètres de la photosynthèse. Thèse de l'Université P. & M. Curie, Paris.
- (4) Leblanc, K. (2002) Etude du cycle biogéochimique du silicium en Méditerranée. Thèse de l'Université de Marseille. Oubelkheir, K. (2001). Acquisition en continu de paramètres descriptifs de l'environnement marin. Thèse de l'Université de Marseille.
- (5) Ridame, C. (2001). Rôle des apports atmosphériques d'origine continentale dans la biogéochimie marine : cas des apports sahariens sur la production primaire en Méditerranée Nord-Occidentale. Thèse de l'Université P. & M. Curie, Paris.

- (6) Bosc, E. (2002). Variations saisonnières et interannuelles de la biomasse phytoplanctonique et de la production primaire en Méditerranée : Evaluation et utilisation des données satellitales de couleur de l'océan (SeaWiFS, POLDER et OCTS). Thèse de l'université de Toulon

16 Validation des données

La validation des données est terminée.

17 Transmission au Sismer

Les données CTD ont été transmises au SISMER (voir également rubrique transmission aux autres équipes)

18 Transmission à d'autres banques de données.

L'ensemble des données PROSOPE sont désormais accessibles, SANS RESTRICTION, à partir du site PROOF-PROSOPE, maintenu à l'observatoire de Villefranche.

19 Transmission à d'autres équipes

voir rubrique 18

20 Echancier de l'exploitation.

Un certain nombre d'articles (~ 5) sont encore en cours de préparation pour soumission d'ici la fin 2004. Quand cette étape aura été franchie, l'exploitation proprement dite de la campagne pourra être considérée comme aboutie. Il n'en reste pas moins que le chef de mission souhaite que l'exploitation puisse perdurer au delà de cette date, notamment sous la forme d'articles plus synthétiques associant les données acquises lors d'autres campagnes (campagne BIOSOPE à venir).

Fiche “ Valorisation des résultats des campagnes océanographiques ”

| | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------|
| Nom de la campagne : AMISTAD | | |
| Programme : DORSALES | | |
| Navire : ATALANTE | Engins lourds : Nautile | |
| Dates de la campagne : juin 1999 | Zone : 13°N (EPR) | |
| Chef de projet : Daniel PRIEUR | Organisme :UBO | |
| Chef de mission 1 : Christian JEANTHON | Organisme :CNRS | |
| Chef de mission 2 : | Organisme : | |
| Fiche remplie par : C. JEANTHON | | Date de rédaction de la fiche : 4/11/2005 |
| Adresse : UMR 7144, Station Biologique, Place Georges Teissier, 29680 Roscoff | | |
| Email : jeanthon@sb-roscoff.fr | Tel : 02 98 29 23 79 | Fax : 02 98 29 23 24 |

Tableau récapitulatif

| | | Nombre |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------|
| 1 | Publications d'articles originaux dans des revues avec comité de lecture référencées SCI | 21 |
| 2 | Publications dans d'autres revues scientifiques | |
| 3 | Publications sous forme de rapports techniques | |
| 4 | Articles dans des revues / journaux grand public | |
| 5 | Publications de résumés de colloques | |
| 6 | Communications dans des colloques internationaux dont communications orales dont posters | 31 6 25 |
| 7 | Communications dans des colloques nationaux dont communications orales dont posters | 7 4 3 |
| 8 | Nouvelles espèces (animales, végétales, microorganismes) découvertes et décrites | 10 |
| 9 | Rapports de contrats (Union européenne, FAO, Convention, Collectivités ...) | |
| 10 | Applications (essais thérapeutiques ou cliniques, AMM ...) | |
| 11 | Brevets | |
| 12 | Publications d'atlas (cartes, photos) | |
| 13 | Documents vidéo-films | |
| 14 | Publications électroniques sur le réseau Internet | |
| 15 | DEA ou MASTER ayant utilisé les données de la campagne | 4 |
| 16 | Thèses ayant utilisé les données de la campagne | 5 |
| 17 | Validation des données en cours : | terminée : X. |
| 18 | Transmission au SISMER Non : | Oui : . |
| 19 | Transmission à d'autres banques de données Non : | Oui : . |
| 20 | Transmission à d'autres équipes Non : | Oui : |
| 21 | Considérez-vous l'exploitation en cours : | terminée |

1. Publications d'articles originaux dans des revues avec comité de lecture référéncées

2001

- Campbell, B. J. & S. C. Cary. 2001. Characterization of a novel spirochete associated with the hydrothermal vent polychaete annelid, *Alvinella pompejana*. **Appl. Environ. Microbiol.** 67 : 110-117.
- Campbell, B. J., C. Jeanthon, J. E. Kostka, G. Luther & S. C. Cary. 2001. Growth and phylogenetic properties of novel Epsilon *Proteobacteria* enriched from *Alvinella pompejana* and deep-sea hydrothermal vents. **Appl. Environ. Microbiol.** 67: 4566-4572.
- Slobodkin, A., B. Campbell, S. C. Cary, E. Bonch-Osmolovskaya & C. Jeanthon. 2001. Evidence for the presence of thermophilic Fe(III)-reducing microorganisms in deep-sea hydrothermal vents at 13°N (East Pacific Rise). **FEMS Microbiol. Ecol.** 36 : 235-243.

2002

- Alain, K., V. T. Marteinsson, M. L. Miroshnichenko, E. A. Bonch-Osmolovskaya, D. Prieur & J-L. Birrien. 2002. *Marinitoga piezophila* sp. nov., a rod-shaped, thermo-piezophilic bacterium isolated under high hydrostatic pressure from a deep-sea hydrothermal vent. **Int. J. Syst. Evol. Microbiol.** 52:1331-1339.
- Alain, K., P. Pignet, M. Zbinden, M. Quillevère, F. Duchiron, J-P. Donval, F. Lesongeur, G. Raguènes, P. Crassous, J. Querellou & M-A. Cambon-Bonavita. 2002. *Caminicella sporogenes* gen. nov., sp. nov., a novel thermophilic spore-forming bacterium isolated from an East Pacific Rise hydrothermal vent. **Int. J. Syst. Evol. Microbiol.** 52:1621-1628.
- Alain, K., J. Querellou, F. Lesongeur, P. Pignet, P. Crassous, G. Raguènes, V. Cuffé & M-A. Cambon-Bonavita. 2002. *Caminibacter hydrogeniphilus* gen. nov., sp. nov., a novel thermophilic, hydrogen-oxidizing bacterium isolated from an East Pacific Rise hydrothermal vent. **Int. J. Syst. Evol. Microbiol.** 52:1317-1323.
- Miroshnichenko, M. L., N. A. Kostrikina, S. L'Haridon, C. Jeanthon, H. Hippe, E. Stackebrandt & E. A. Bonch-Osmolovskaya. 2002. *Nautilia lithotrophica* gen. nov., sp. nov., a thermophilic sulfur-reducing epsilon proteobacterium isolated from a deep-sea hydrothermal vent. **Int. J. Syst. Evol. Microbiol.** 52 : 1299-1304.
- Mergeay, M., N. Glansdorff & C. Jeanthon. 2002. Nickel-tolerant mesophiles from deep-sea hydrothermal sources of the East Pacific Rise (12°45'N, 103°59'W). Proceedings of the Second International Symposium on Deep-Sea Hydrothermal Vent Biology. **Cah. Biol. Mar.** 43 : 417-420.
- Nercessian, O., D. Prieur & C. Jeanthon. 2002. Archaeal diversity in a deep-sea hydrothermal sample from the East Pacific Rise (13°N) investigated by cultivation and molecular methods: preliminary results. Proceedings of the Second International Symposium on Deep-Sea Hydrothermal Vent Biology. **Cah. Biol. Mar.** 43 : 421-424.
- Reysenbach, A-L., D. Götz, A. Banta, C. Jeanthon & Y. Fouquet. 2002. Expanding the distribution of the Aquificales to the deep-sea vents on Mid-Atlantic Ridge and Central Indian Ridge. Proceedings of the Second International Symposium on Deep-Sea Hydrothermal Vent Biology. **Cah. Biol. Mar.** 43 : 425-428.

2003

- Alazard, D., S. Dukan, A. Urios, F. Verhe, N. Bouabida, F. Morel, P. Thomas, J-L. Garcia & B. Ollivier. 2003. *Desulfovibrio hydrothermalis* sp. nov., a novel sulfate-reducing bacterium isolated from hydrothermal vents. **Int. J. Syst. Evol. Microbiol.** 53: 173-178.
- Audiffren, C., J-L. Cayol, C. Joulain, L. Casalat, P. Thomas, J-L. Garcia & B. Ollivier. 2003. *Desulfonauticus submarinus* gen. nov., sp. nov., a novel sulfate-reducing bacterium isolated from a deep-sea hydrothermal vent. **Int. J. Syst. Evol. Microbiol.** 53: 1585-1590.
- Jolivet, E., S. L'Haridon, E. Corre, P. Forterre & D. Prieur. 2003. *Thermococcus gammatolerans* sp. nov., a hyperthermophilic archaeon from a deep-sea hydrothermal vent that resists ionizing radiation. **Int. J. Syst. Evol. Microbiol.** 53: 847-851.
- Geslin, C., M. Le Romancer, M. Gaillard, G. Erauso & D. Prieur. 2003. Observation of virus-like particles in high temperature enrichment cultures from deep-sea hydrothermal vents. **Res. Microbiol.** 154: 303-307.
- Miroshnichenko, M. L., S. L'Haridon, C. Jeanthon, A. N. Antipov, N. A. Kostrikina, B. J. Tindall, P. Schumann, S. Spring, E. Stackebrandt & E. A. Bonch-Osmolovskaya. 2003. *Oceanothermus profundus* gen. nov., sp. nov., a thermophilic, microaerophilic, facultatively chemolithoheterotrophic bacterium from a deep-sea hydrothermal vent. **Int. J. Syst. Evol. Microbiol.** 53 : 747-752.
- Nercessian, O., A-L Reysenbach, D. Prieur & C. Jeanthon. 2003. Archaeal diversity associated with *in situ* samplers deployed on hydrothermal vents on the East Pacific Rise (13°N). **Environ. Microbiol.** 5 : 492-502.
- Slobodkin, A.I., T. P. Tourova, N. A. Kostrikina, N. A. Chernyh, E. A. Bonch-Osmolovskaya, C. Jeanthon & B. E. Jones. 2003. *Tepidibacter thalassicus* gen. nov., sp. nov., a novel moderately thermophilic, anaerobic, fermentative bacterium from a deep-sea hydrothermal vent. **Int. J. Syst. Evol. Microbiol.** 53 : 1131-1134.

2004

- Lepage, E., M. Marguet, C. Geslin, O. Matte-Tailliez, W. Zillig, P. Forterre & P. Tailliez. 2004. Molecular diversity of new *Thermococcales* isolates from hydrothermal deep-sea vents as revealed by RAPD, 16S rDNA and 16-23S rDNA intergenic spacer regions analysis. **Appl. Environ. Microbiol.** 70 :1277-1286.
- Sokolova, T. G., C. Jeanthon, N. A. Kostrikina, N. A. Chernyh, A. V. Lebedinsky, E. Stackebrandt & E. A. Bonch-Osmolovskaya. 2004. The first evidence of anaerobic CO oxidation coupled with H₂ production by a hyperthermophilic archaeon isolated from a deep-sea hydrothermal vent. **Extremophiles** 8 : 317-323.

2005

- Prokofeva, M. I., I. V. Kublanov, O. Nercessian, T. P. Tourova, T. V. Kolganova, E. A. Bonch-Osmolovskaya, S. Spring & C. Jeanthon. Cultivated anaerobic acidophilic, acidotolerant thermophiles from terrestrial and deep-sea hydrothermal habitats. **Extremophiles** (sous presse).
- Nercessian, O., N. Bienvenu, D. Moreira, D. Prieur & C. Jeanthon. 2005. Diversity of functional genes of methanogens, methanotrophs, and sulfate-reducers in deep-sea hydrothermal environments. **Environ. Microbiol.** 5 : 118-132.

6. Communications dans des colloques internationaux

6.1. communications orales

2000

- Bonch-Osmolovskaya E. A., M. L. Miroshnichenko, T. G. Sokolova, N.V. Pimenov & Jeanthon C. 2000. Novel thermophilic prokaryotes from deep-sea hydrothermal vents. 3rd INTAS Interdisciplinary Symposium on General Biochemistry, Biotechnology and Environment. 14-17 Dec. 2000, Moscow, Russia, p. 68.
- Bonch-Osmolovskaya E. A., I. I. Rusanov, T. N. Nazina, N. V. Pimenov & C. Jeanthon. 2000. Microbial processes in thermal environments studied with radioisotopic methods. International Workshop on Enzymology, Molecular Biology and Biogeochemistry of Thermophiles. 6-12 Aug. 2000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, p. 18.

2001

- Bonch-Osmolovskaya, E. A., N. V. Pimenov, I. I. Rusanov & C. Jeanthon. Distribution and activity of anaerobic thermophilic prokaryotes in deep-sea hot vents of the East Pacific Rise. Second International Symposium on Deep-Sea Hydrothermal Vent Biology, October 10-12, Brest, 2001.

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

Nercessian, O. & C. Jeanthon. Phylogenetic analysis of archaeal communities associated with deep-sea hydrothermal vent samples from the East Pacific Rise. Second International Symposium on Deep-Sea Hydrothermal Vent Biology, October 10-12, Brest, 2001.

2002

Nercessian, O., Reysenbach, A.-L., Cary, S. C. & Jeanthon, C. 2002. Diversity of archaeal communities associated with hydrothermal vent samples from the East-Pacific Rise 9°N, 13°N and Mid-Atlantic Ridge 36°N. 8th Symposium on Aquatic Microbial Ecology. Taormina, Italy.

2003

Nercessian, O., A-L. Reysenbach, S. C Cary, Y. Fouquet & C. Jeanthon. 2003. Novel archaeal lineages in microbial assemblages associated with Atlantic and Pacific hydrothermal vents. 1st FEMS Congress of European Microbiologists. Juillet 2003, Ljubljana, Slovénie.

6.2. posters

2000

Bonch-Osmolovskaya E. A., I. I. Rusanov, T. N. Nazina, N. V. Pimenov & C. Jeanthon. 2000. Microbial processes in thermal environments studied with radioisotopic methods. International Workshop on Enzymology, Molecular Biology and Biogeochemistry of Thermophiles, August 6-12, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, 2000.

Cambon-Bonavita, M.-A., V. Riou, V. Cuff, F. Lesongeur & G. Barbier. 2000. Biodiversity of heterotrophic thermophiles from different hydrothermal vent samples. IMBC' 2000, 29/09-4/10, 2000, Townsville (Australie).

Campbell, B. J., J. E. Koska, C. Jeanthon & S. C. Cary. 2000. Characterization of novel thermophilic sulfur- and iron-reducing bacteria from 13°N EPR and Guaymas Basin hydrothermal vents. RIDGE Theoretical Institute 2000, The subsurface biosphere at Mid-Ocean ridges, 28 July- 1 August, 2000, Big Sky, Montana.

Kendall, M., D. Boone & A.-L. Reysenbach. 2000. Isolation of mesophilic iron-reducing microorganisms from hydrothermal vents. General Meeting of the American Society of Microbiology 2000, Los Angeles.

Miroshnichenko, M. L., T. P. Tourova, N. A. Kostrikina, C. Jeanthon, H. Hippe & Bonch-Osmolovskaya 2000. E.A. Isolation of novel anaerobic thermophilic bacteria from the deep-sea hydrothermal areas. International Workshop on Enzymology, Molecular Biology and Biogeochemistry of Thermophiles. 6-12 Aug. 2000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, p. 30

Sokolova, T. G., F. T. Robb & E. A. Bonch-Osmolovskaya. 2000. Diversity of thermophilic anaerobic CO-oxidizing H₂-producing prokaryotes. International Workshop on Enzymology, Molecular Biology and Biogeochemistry of Thermophiles. 6-12 Aug. 2000, Petropavlovsk-Kamchatsky, Russia, p. 39.

Prokof'eva, M., I. Kublanov, N. A. Chernyh, C. Jeanthon, N. A. Kostrikina & E. A. Bonch-Osmolovskaya. 2000. Marine and terrestrial anaerobic thermoacidophiles. Extremophiles 2000, September 3-7, Hamburg-Harburg, Germany, 2000.

Slobodkin, A. I., B. Campbell, S. C. Cary, E. A. Bonch-Osmolovskaya & C. Jeanthon. 2000. Enumeration and phylogenetic analysis of thermophilic dissimilatory Fe(III)-reducing microorganisms in deep-sea hydrothermal vent chimney of the East Pacific Rise. Extremophiles 2000, September 3-7, Hamburg-Harburg, Germany, 2000.

2001

Alain, K., V. T. Marteinsson, M. L. Miroshnichenko, E. A. Bonch-Osmolovskaya, D. Prieur & J-L. Birrien. 2001. *Marinitoga piezophila*, sp. nov., a rod-shaped thermo-piezophilic bacterium isolated under high hydrostatic pressure from a deep-sea hydrothermal vent. Second International Symposium on Deep-sea Hydrothermal Vent Biology. October 8-12, 2001 – Brest, France.

Alain, K., P. Pignet, M. Zbinden, M. Quillévéré, F. Duchiron, J-P. Donval, F. Lesongeur, G. Raguénès, P. Crassous, J. Quérellou & M-A. Cambon-Bonavita. 2001. *Caminicella sporogenes*, gen. nov., sp. nov., a novel thermophilic spore-forming bacterium isolated from an East-pacific rise hydrothermal vent. Second International Symposium on Deep-sea Hydrothermal Vent Biology. October 8-12, 2001 – Brest, France.

Alain, K., J. Quérellou, F. Lesongeur, P. Pignet, P. Crassous, G. Raguénès, V. Cuff & M-A. Cambon-Bonavita. 2001. *Caminibacter hydrogeniphilus*, gen. nov., sp. nov., a novel thermophilic hydrogen-oxidising bacterium isolated from an East-Pacific rise hydrothermal vent. Second International Symposium on Deep-sea Hydrothermal Vent Biology. October 8-12, 2001 – Brest, France.

L'Haridon, S., A.-L. Reysenbach, K. Rusterholz, D. Götz & C. Jeanthon. 2001. Biogeography of hyperthermophilic methanogens in deep-sea hydrothermal vents. Second International Symposium on Deep-Sea Hydrothermal Vent Biology, October 10-12, Brest, 2001.

Miroshnichenko, M., N. A. Kostrikina, C. Jeanthon, S. L'Haridon, E. Stackebrandt & E. A. Bonch-Osmolovskaya. Novel moderately thermophilic bacteria from the East Pacific Rise. Second International Symposium on Deep-Sea Hydrothermal Vent Biology, October 10-12, Brest, 2001.

Sokolova, T. G., N. A. Kostrikina, C. Jeanthon, O. Nercessian & E. A. Bonch-Osmolovskaya. Anaerobic extremely thermophilic carbon monoxide oxidizing hydrogen producing archaeon from deep-sea hydrothermal vent at East Pacific Rise. Thermophiles 2001, Biology and Biotechnology of Thermophilic Microbes, December 3-7, New Dehli, 2001.

Miroshnichenko, M. L., C. Jeanthon, E. Stackebrandt & E. A. Bonch-Osmolovskaya. A novel thermophilic bacterium from the deep-sea hydrothermal environment of East Pacific Rise. Thermophiles 2001, Biology and Biotechnology of Thermophilic Microbes, December 3-7, New Dehli, 2001.

2002

Alain, K., F. Lesongeur, P. Pignet, F. Duchiron & M-A. Cambon-Bonavita. 2002. *Caminibacter hydrogeniphilus* and *Caminicella sporogenes*, two novel thermophilic genera isolated from an East-Pacific Rise hydrothermal vent. The 4th international congress on Extremophiles. September 21-26, 2002 - Naples, Italy.

Audiffren, C., J-L. Cayol, C. Joulian, J-L. Garcia & B. Ollivier. 2002. Isolation of novel populations of sulfate-reducing bacteria from deep-sea hydrothermal vents: Characterization of *Desulfonautica submarina*, gen. nov., sp. nov. ASM 102nd General Meeting, Salt Lake City, USA, May 19-23.

Bonch-Osmolovskaya, E. A., N. V. Pimenov, I. I. Rusanov, M. L. Miroshnichenko & C. Jeanthon. 2002. Acetate oxidation in terrestrial and deep-sea thermal habitats. The 4th International Congress on Extremophiles, Septembre 2002, Naples, Italie.

Chernyh, N. A., A. V. Lebedinskii, A. N. Perov, O. Nercessian, C. Jeanthon, E. A. Bonch-Osmolovskaya & A. D. Mirzabekov. 2002. Design of biological microchip to express analysis of biodiversity in thermal habitats. The 4th International Congress on Extremophiles, Septembre 2002, Naples, Italie.

Joulian, C., C. Lesaulnier, C. Audiffren, J-L. Cayol & B. Ollivier. 2002. Investigation of the microbial diversity in deep-sea hydrothermal vents. Xth International Congress of Bacteriology and Applied Microbiology (IUMS). Paris, France, July 27th - August 1st.

Nercessian, O. G. M. I. Prokof'eva, A. V. Lebedinskii, & C. Jeanthon. 2002. Design and evaluation of 16S rRNA-targeted probes to assess the structural composition of archaeal communities thriving in hot biotopes. 8th Symposium on Aquatic Microbial Ecology, Traormina (Italie).

Miroshnichenko, M. L., S. L'Haridon, O. Nercessian, S. Spring, E. Stackebrandt, P. Schumann, E. A. Bonch-Osmolovskaya & C. Jeanthon. 2002. Phylogenetic and metabolic diversity at deep-sea hydrothermal vents. The 4th International Congress on Extremophiles, Septembre 2002, Naples, Italie.

Slobodkin, A. I., T. P. Tourova, N. A. Kostrikina, N. A. Chernyh, E. A. Bonch-Osmolovskaya, C. Jeanthon & B. E. Jones. 2002. *Tepidibacter thalassicus* gen. nov. sp. nov., a novel moderately thermophilic, anaerobic, fermentative bacterium from deep-sea hydrothermal vent. The 4th International Congress on Extremophiles, Septembre 2002, Naples, Italie.

2003

Nercessian, O., A-L. Reysenbach, S. C. Cary & C. Jeanthon. 2003. Diversity of archaeal communities associated with hydrothermal vent samples from the East-Pacific Rise 9°N, 13°N and Mid-Atlantic Ridge 36°N. 1st FEMS Congress of European Microbiologists. Juillet 2003, Ljubljana, Slovénie.

Miroshnichenko, M. L., S. L'Haridon, O. Nercessian, S. Spring, P. Schumann, E. Stackebrandt, E. A. Bonch-Osmolovskaya, & C. Jeanthon. Novel thermophilic bacteria from deep-sea hydrothermal vents. 1st FEMS Congress of European Microbiologists. Juillet 2003, Ljubljana, Slovénie.

7. Communications dans des colloques nationaux

7.1. communications orales

2000

Bonch-Osmolovskaya, E. A. 2000. Microbial communities of volcanic habitats. Lecture on the All-Russia Conference on Modern problems of Microbial Ecology. 15-27 Nov. 2000, Moscow, Russia.

2001

Jeanthon, C. Les communautés microbiennes associées aux émissions hydrothermales. Atelier du programme Dorsales "Observation à long terme sur les dorsales océaniques, 29-31 Octobre, Roscoff, 2001. Conférencier invité.

2002

Nercessian, O., A. -L. Reysenbach, D. Prieur & C. Jeanthon. 2002. Diversité des communautés archaéennes des sources hydrothermales de la ride Est-Pacifique (13°N). Colloque "Microbiologie et environnement", 16-17 Janvier, Rennes.

2003

Fardeau, M-L, J-L. Cayol, P. Thomas, J-L. Garcia & B. Ollivier. 2003. *Calanaerobacter pacificus* sp. nov., une nouvelle bactérie thermophile anaérobie thermophile anaérobie isolée d'un système hydrothermal profond dans l'Océan pacifique. Colloque Ecologie Microbienne Carry le Rouet , 13-15 mai.

7.2. posters

2000

Riou, V. & M.-A. Cambon-Bonavita. 2000. Estimation de la diversité des micro-organismes hétérotrophes anaérobies thermophile d'un tube blanc d'*Alvinella pompejana* de l'EPR 13°N. Réunion Dorsales, 20-22 octobre 2000, Roscoff.

2002

Alain, K., Lesongeur, F., Pignet, P., Duchiron, F., Cambon-Bonavita, M.-A. *Caminibacter hydrogeniphilus* et *Caminicella sporogenes*, deux bactéries thermophiles originales isolées d'une source hydrothermale profonde de la dorsale du Pacifique oriental. Colloque Micro-organismes et Environnement, 16-17 Janvier 2002 - Rennes, France.

2003

Nercessian, O., A-L. Reysenbach, S. C. Cary & C. Jeanthon. 2003. Diversity of archaeal communities associated with hydrothermal vent samples from the East-Pacific Rise 9°N, 13°N and Mid-Atlantic Ridge 36°N. Colloque d'Ecologie Microbienne. Carry-Le-Rouet.

14. DEA ayant utilisé les données de la campagne

Audiffren Carine. 2002. Caractérisation et écologie moléculaire des bactéries sulfato-réductrices des systèmes hydrothermaux profonds. DEA Microbiologie moléculaire et biotechnologie, Université de Provence. Soutenance en juin 2002. Laboratoire d'accueil : Laboratoire de microbiologie IRD de Marseille.

Lesaulnier Céline. 2002. Ecologie microbienne moléculaire des systèmes hydrothermaux profonds. DEA Microbiologie moléculaire et biotechnologie, Université de Provence. Soutenance en juin 2002. Laboratoire d'accueil : Laboratoire de microbiologie IRD de Marseille.

Mattenet Anne-Claire. 2003. Etude de la diversité des plasmides chez les *Archaea* appartenant à l'ordre des *Thermococcales*. DEA de Microbiologie Fondamentale et appliquée. Université de Bretagne Occidentale. Soutenu le 30 juin 2003. Laboratoire d'accueil : UMR6539, Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin, IUEM, Plouzané.

Riou Virginie. Estimation de la diversité de la microflore thermophile hétérotrophe cultivable à partir des tubes blancs d'*Alvinella pompejana*. DEA obtenu en juillet 2000. Laboratoire d'accueil : Laboratoire de Microbiologie et de Biotechnologie des Extrémophiles, IFREMER, Centre de Brest, Plouzané.

15. Thèses ayant utilisé les données de la campagne

Alain Karine. 2003. Approches culturales et moléculaires des assemblages microbiens associés aux polychaetes hydrothermaux de la famille *Alvinellidae*. Soutenu le 3 octobre 2003. Laboratoire d'accueil : Laboratoire de Microbiologie et de Biotechnologie des Extrémophiles, IFREMER, Centre de Brest, Plouzané.

Geslin Claire. 2002. Recherche de caractérisation de particules virales chez les *Thermococcales* (*Archaea* hyperthermophiles). Description du premier virus de *Pyrococcus abyssi*: PAV1. Université de Bretagne Occidentale. Soutenu le 19 décembre 2002. Laboratoire d'accueil : UMR6539, Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin, IUEM, Plouzané.

Jolivet Edmond. 2002. Etudes physiologiques et moléculaires de la résistance aux rayonnements ionisants d'*Archaea* hyperthermophiles isolées de sources hydrothermales océaniques profondes. Université de Rennes 1. Soutenu le 10 octobre 2002. Laboratoire d'accueil : UMR6539, Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin, IUEM, Plouzané.

Nercessian Olivier. 2003. Etude de la diversité spécifique et fonctionnelle des communautés microbiennes associées à des sources hydrothermales marines profondes par des approches moléculaires. Université de Bretagne Occidentale. Soutenu le 20 juin 2003. Laboratoire d'accueil : UMR6539, Laboratoire des Sciences de l'Environnement Marin, IUEM, Plouzané.

Prokofeva Maria. 2004. Biodiversity of anaerobic thermoacidophilic prokaryotes. Laboratoire d'accueil : Laboratory of hyperthermophilic microbial communities, Institute of Microbiology, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia.

Fiche “ Valorisation des résultats des campagnes océanographiques ”
(à transmettre par courrier électronique au secrétariat de la Commission Nationale Flotte et Engins
anne.marie.alayse@ifremer.fr)

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------------|
| Nom de la campagne : MOOGLI 1 à 3 | | |
| Programme : PNEC -METROMED | | |
| Navire : L'ATALANTE - Le SUROIT | Engins lourds : | |
| Dates de la campagne : | Zone : Mer Méditerranée | |
| Chef de projet : P. RAIMBAULT | Organisme : | |
| Chef de mission 1 : P. RAIMBAULT | Organisme : | |
| Chef de mission 2 : | Organisme : | |
| Fiche remplie par : P. RAIMBAULT | | Date de rédaction de la fiche : 21 janvier 2004 |
| Adresse : Laboratoire d'Océanographie et de Biogéochimie, Campus de Luminy. 13288 Marseille cedex 09 | | |
| Email : raimbault@com.univ-mrs.fr | Tel : 04 91 82 91 05 | Fax : 04 91 82 19 91 |

Résultats majeurs obtenus

Les opérations MOOGLI (MOdélisation et Observation du Golfe du Lion) avait pour objectif général l'étude de l'évolution saisonnière de la structure et du fonctionnement de l'écosystème du golfe du Lion, afin d'établir avec l'aide de l'outil de modélisation un bilan annuel à méso-échelle de carbone et des éléments biogènes.

En premier lieu, les données du courantomètre ADCP embarqué ont permis de préciser le niveau de variabilité de la circulation générale et les caractéristiques du courant nord.

Des bilans de production primaire et de production dite nouvelle (basé sur l'assimilation du nitrate) ont été estimés confirmant le niveau de productivité du golfe du Lion par rapport à la Méditerranée dans son ensemble.

Des travaux à l'interface eau-sédiment ont révélé d'importants taux de reminéralisation de carbone et d'azote organiques, confirmant le rôle significatif du compartiment sédimentaire dans les cycles biogéochimiques du golfe du Lion.

Les échanges entre le plateau et l'océan ouvert et les bilans de nutriments ont été estimés pour la marge continentale. L'ensemble du système apparaît alors à dominante autotrophe et agit comme un puits de CO₂. Il présente un taux de dénitrification nette et agirait comme une source de N₂. Les flux moyens des éléments organiques dissous et particulaires indiquent généralement une exportation vers l'océan ouvert.

Tableau récapitulatif

| | | Nombre |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1 | Publications d'articles originaux dans des revues avec comité de lecture référencées SCI | 13 |
| 2 | Publications dans d'autres revues scientifiques | 1 |
| 3 | Publications sous forme de rapports techniques | |
| 4 | Articles dans des revues / journaux grand public | |
| 5 | Publications de résumés de colloques | |
| 6 | Communications dans des colloques internationaux dont communications orales dont posters | 9 |
| 7 | Communications dans des colloques nationaux dont communications orales dont posters | 6 |
| 8 | Nouvelles espèces (animales, végétales, microorganismes) découvertes et décrites | |

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV - IRD

| | | |
|----|-----------------------------------------------------------------------------|--------------|
| 9 | Rapports de contrats (Union européenne, FAO, Convention, Collectivités ...) | |
| 10 | Applications (essais thérapeutiques ou cliniques, AMM ...) | |
| 11 | Brevets | |
| 12 | Publications d'atlas (cartes, photos) | |
| 13 | Documents vidéo-films | |
| 14 | Publications électroniques sur le réseau Internet | |
| 15 | DEA ou MASTER ayant utilisé les données de la campagne | |
| 16 | Thèses ayant utilisé les données de la campagne | |
| 17 | Validation des données en cours : | terminée : X |
| 18 | Transmission au SISMER | Oui : X |
| 19 | Transmission à d'autres banques de données | Oui : X |
| 20 | Transmission à d'autres équipes | Oui : X |
| 21 | Considérez-vous l'exploitation en cours : ... | En cours |

Fournir en annexe pour chacune des rubriques :

Rubriques 1 à 8 incluses : Une liste des publications et colloques avec les noms d'auteurs suivant la présentation en vigueur pour les revues scientifiques. A présenter selon la classification du tableau ci-dessus.

Rubriques 9 à 14 : Liste des références des rapports, des applications, des brevets, atlas ou documents vidéo

Rubriques 15 et 16 : Pour chaque étudiant Nom et Prénom, Laboratoire d'accueil. Sujet du DEA ou MASTER ou de la thèse, Date de soutenance

Rubriques 17 à 20 incluses : Le type des données validées et/ou transmises,

Les banques de données (SISMER, JGOFS, CDIAC ...) les équipes auxquelles elles ont été transmises.

Rubrique 21 : Si l'exploitation est toujours en cours, pouvez-vous donner un échéancier ?

RUBRIQUES 1 à 7

1) Publications d'audience internationale

2. Bonnet MP, Buis K, Denis L, Middelburg J, Mortier L, Soetaert K, Tusseau, MH, (soumis). Nitrogen fluxes in a mediterranean coastal zone as described by a coupled benthic/pelagic 3D model. Soumis à Journal of Marine Systems
3. Denis L, Grenz C, Alliot E, Rodier M, 2001. Temporal variability in dissolved inorganic nitrogen fluxes at the sediment-water interface and related annual budget on a continental shelf (Gulf of Lions - NW Mediterranean Sea). *Oceanologica acta*, 24 85-97
4. Denis L., Grenz C., 2002. Spatial variability in oxygen and nutrient fluxes at the sediment-water interface on the continental shelf in the Gulf of Lions. *Oceanologica Acta*, 26,4 :373-390.
5. Diaz F., Raimbault P., 2000. Nitrogen regeneration and DON release during ¹⁵N experiments during spring in a northwestern Mediterranean coastal zone (Gulf of Lions): implications on the estimations of *f* ratio and new production. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 197 : 53-66
6. Diaz F., Raimbault P., B. Boudjellal, Garcia N., Moutin T., 2000. Early spring phosphorus limitation of primary productivity in a NW Mediterranean coastal area. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*,
7. Durrieu De Madron X., Denis L., Diaz F., Garcia N., Guieu C., Grenz C., Løye-Pilot M.D., Ludwig W., Moutin T., Raimbault P., Ridame C., 2002. Nutrients and carbon budgets for the gulf of Lions during the Moogli cruises. *Oceanologica Acta*,26(4): 421-434.
8. Estournel C, X Durrieu de Madron, P Marsaleix, F Auclair, C Jullian, R Véhil. 2003. Observation and modelisation of the winter coastal oceanic circulation in the Gulf of Lions under wind conditions influenced by the continental orography (FETCH experiment). *J. Geophys. Res. Oceans*. 108(C3), doi:10.1029/2001JC000825.
9. Gaudy R., Youssara F., Diaz F., Raimbault P., 2002. Biomass, metabolism and nutrition of zooplankton in the gulf of Lions. *Oceanologica Acta*, 26(4) : 357-372
10. Grémare A., Medemach L., DeBovée F., Amouroux J.M., Charles F., Dinet A., Vétion G., Albert P., Colomines J.C., 2002. Relationship between sedimentary organics and benthic fauna within the gulf of Lions : synthesis on the identification of new b26(4): 391-406
11. Petrenko, A.2003. Circulation features in the Gulf of Lions, NW Mediterranean Sea; importance of inertial currents, *Oceanol. Acta*, 26, 323-338, 2003.
12. Raimbault P., X. Durrieu de Madron, 2003. Research activities in the gulf of Lion (NW Mediterranean) within the 1997-2001 PNEC project. *Oceanologica Acta*, 21(4): 291-298
13. Raimbault P., Pouvesle W., Sempéré R., Diaz F, Garcia N. A simple procedure for simultaneous analysis of total and dissolved organic forms of carbon, nitrogen and phosphorus in seawater using the wet-oxidation technic. *Mar. chem.*, 66 : 161-169.

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV - IRD

14. Raimbault P., Diaz F., Boudjellal B., 1999 Simultaneous determination of particulate forms of carbon, nitrogen and phosphorus collected on filters using a semi-automatic wet-oxidation procedure. *Mar. Ecol. Progr. Ser.*, 180: 289-295.
15. Van den Broeck, N. and T. Moutin. 2002. Phosphate in the sediments of the Gulf of Lions (NW Mediterranean Sea), relationship with inputs by the river Rhone. *Hydrobiologia*, 472(1), 85-94.

2) Publications d'audience limitée

Norro A, Marsaleix P., Diaz F., Estournel C., 1998. Hydrodynamic-biogeochemical 3D coupled model in the gulf of Lions (France). Vol.16, *Annales Geophysicae*.
Raimbault P., 2002. Le Chantier « Golfe du Lion » du PNEC : Lettre PIGB-PMRC, février 2002, N°13 : 37-59

3) Publications sous formes de rapports techniques

4) Articles dans des revues/journaux grand public

Le Chantier golfe du Lion . CNRS Info, 200, N°388

5-6) Publications de résumés - Communications dans des colloques internationaux

1. Denis L., Grenz C., 1999. Oxygen and nutrient fluxes from shelf sediments in the Gulf of Lions (NW Mediterranean Sea). ASLO Aquatic Sciences Meeting, February 1-5, 1999 Santa Fe, New Mexico.
2. Diaz F., Raimbault P.; Conan P. Variability of f ratio and primary production in a Mediterranean coastal zone during spring bloom. European Geophysical Society XXIII (Nice, 20-24 avril 1998)
3. Diaz F., Raimbault P.; Conan P. Small-scale variability of f-ratio and primary production during spring bloom in a mediterranean coastal zone. 21-3 MTP II WORKSHOP on the variability of the Mediterranean Sea (Rhodes 15-17 octobre 1998)
4. Diaz F., Marsaleix P., Estournel C., Raimbault P., Norro A., 2000. Hydrodynamic-biogeochemical 3D model in a coastal area : application for a carbon budget in the gulf of Lions. Exchange processes at the ocean margins. 32nd International liege Coçlloquium on Ocean Hydrodynmaics. Liège, 8-12 mai 2000.
5. Leredde Y, F Diaz, C Mante, C Estournel. (communication) « Optimisation des paramètres d'un modèle couplé d'hydro-biogéochimie marine par assimilation de données ». AMA 2000. Centre National de Recherche Météorologiques. TOULOUSE, France, 29-30 nov. 2000.
6. Petrenko A., Raimbault P., Coustillier G., 2000. Physical forcing on plankton productivity in the gulf of Lions. Aslo 2000, Copenhague, 5-9 juin 2000.
7. Diaz F., Marsaleix P., Estournel C., Raimbault P., Norro A., 1999. Hydrodynamic-biogeochemical 3D model in a coastal area : application for a carbon budget in the gulf of Lions. 4th Open Science meeting LOICZ, Bahia Blanca, 15-18 novembre 1999.
8. Diaz F., Marsaleix P., Estournel C., Raimbault P., Norro A., 2000. Hydrodynamic-biogeochemical 3D model in a coastal area : application for a carbon budget in the gulf of Lions. JGOFS Open Ocean Science Conference. Bergen, 13-17 avril 2000.
9. Garcia N., Diaz F., Raimbault P., 1999. Early spring phosphorus limitation of primary productivity in a NW Mediteranean coastal zone. 4th Open Science meeting LOICZ, Bahia Blanca, 15-18 novembre 1999.

7) Communications dans des colloques nationaux

1. Denis L., Grenz C., 1999. Variabilité temporelle et bilan des flux d'azote inorganique dissous des sédiments du Golfe du Lion (Méditerranée Nord-Occidentale). In 'Variabilités temporelles au sein des hydrosystèmes' / 4^{ème} congrès international de Limnologie et Océanographie à l'Université Bordeaux I (France), 7-10 Septembre 1999
2. Denis L., Soetaert K., Grenz C., 1999. Modelling of early diagenesis : A case study on the continental shelf of the Northwestern Mediterranean Sea. In 'Mathematical methods in oceanology : deterministic and stochastic approaches' au Centre Inter Régional de Mathématiques de Marseille (France), 13-17 Décembre 1999
3. Moutin, T., T.F. Thingstad, F. Van Wambeke & P. Raimbault. 1998. Cycle du P et affinités des algues et des bactéries pour le phosphate : Premiers résultats d'une comparaison entre le golfe du Lion (Mer Méditerranée) et le fjord Osterfjorden (Norvège) et perspectives pour la campagne PROSOPE. Villefranche sur mer. 22-23 oct 1998.
4. Petrenko A., Raimbault P., Prieur L., 1999. Présentation des données ADCP de coque dans le golfe du Lion. Atelier Expérimentation et Instrumentation, INSU-Météo-France, Toulouse, 9-10 décembre 1999.
5. Raimbault P., 2003. La Méditerranée sous surveillance. Prévoir et agir. Toulon, 21 mai 2003
6. Raimbault P., 2004. La dilution en mer du Rhône. Colloque Rhône-Méditerranée, Marseille 5-7 mai 2004

RUBRIQUES 8 à 13

8) Rapports de contrat

9) Applications

10) Brevets

11) Publications d'atlas : MEDATLAS

12) Vidéo-Film

Participation à la série télévisée pour Arte (52 minutes) et la cinquième (4 épisodes de 20 minutes) intitulée : Méditerranée

13) Publications électroniques sur le réseau internet

RUBRIQUES 14 à 15

14) DEA

Boimard M (1999). Etude des caractéristiques biochimiques de la matière organique sédimentaire dans le golfe du Lion, Rapport de BTS (option biochimie), 20pp

Boyer L (1999). Analyses biochimiques de la matière particulaire. Licence de Biologie des Organismes, Université de Bordeaux I, 35pp

Baudouin F., 1999. Optimisation méthodologique de la production bactérienne. Exemple de régulation dans le golfe du Lion. Rapport de l'école Supérieure d'Ingénieurs de Luminy, Marseille.

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

- Bertrand C., 1999. Dosage des acides aminés totaux et disponibles par spectrofluométrie. Application à trois études de cas en Méditerranée. DEA Biosciences de l'Environnement et Santé, option milieu marin.
- Cadour A., 1999. Analyse des données pour les campagnes MOOGLI 2 et 3. Stage au LOB (Marseille)
- Casitas S., 1999. Modélisation du transport de la matière particulaire sur le plateau du golfe du lion en hiver.
- Destuynder V., 2000. Phénomènes physiques dans le Golfe du Lion durant les campagnes Moogli et Sarhygol 2000". Stage de fin d'étude au LOB, Marseille
- Duhant A (1998) Etude de la dynamique de l'écosystème benthique le long d'un gradient côte-large. Analyse biochimique des sédiments marins. Rapport de BTS (Option biochimie), 25pp
- Fauvelot C.: Mise au point de tests biologiques pour l'étude des fluctuations qualitatives des sédiments du golfe du Lion. (DEA effectué sous la direction conjointe de A. Gremare et de A. Dinet à l'observatoire Océanologique de Banyuls)
- Gorbach S. (1998). Analyse des teneurs en carbone total et organique, et en azote total de sédiments du golfe du Lion (Méditerranée nord-occidentale). Rapport BTS (Option biochimie), 30pp
- Tessier C., 2000. Corrélation des flux particulaires et des mesures de courant au mouillage SOFI dans le Golfe du Lion Stage de licence au LOB (Marseille)
- Cédric Pénard; LOB; encadrement Diaz-Leredde; Modélisation couplée physique-biogéochimie de l'écosystème pélagique du Golfe du Lion en période hivernale : application aux données Moogli 3, Université de la Méditerranée, 40pp.
- Perriez A., 2000. Etude statistique de la couverture nuageuse sur les images satellitales AVHRR du golfe du Lion. Stage de licence au LOB (Marseille)
- Van Den Broeck N., 2000. Contribution à l'étude du cycle du P dans le golfe du Lion, évaluation de la part des apports du Rhône à prendre en compte dans un bilan de production à l'échelle de la Méditerranée. DEA en Océanographie Biologique, Marseille.
- Verleene J.F., 1999. Distributions spatiales des caractéristiques de la matière organique sédimentée et de la faune benthique dans le golfe du Lion. Diplôme d'Etudes Supérieures en Océanologie Biologique.

15) Thèse

- Denis L., 1999. Dynamique des flux d'oxygène et de sels nutritifs à l'interface eau-sédiment sur la marge continentale du golfe du Lion (Méditerranée nord-occidentale). Thèse de doctorat de l'Université de la Méditerranée, 129 pp.
- Diaz F., 2000. Evolution saisonnière de la production primaire et des processus d'assimilation-régénération de l'azote dans le golfe du lion. Estimation d'un bilan de carbone. Approche *in situ* et modélisation. Université de la Méditerranée,
- Medemach L. (2000). Relations entre la matière organique et la faune benthique dans le golfe du Lion. Association de plusieurs approches à différentes échelles de temps et d'espace. Thèse Université Pierre et Marie Curie, 386pp
- Emilie Bonnin : Thèse débutée au 1er oct 2003; LOB; co-direction: Queguiner-Diaz; Modélisation de la réponse de l'écosystème pélagique planctonique de Méditerranée nord-occidentale (golfe du Lion) aux changements climatiques et aux activités anthropiques.

RUBRIQUES 16 à 19

16) Valorisation des données : terminée

17) Transmission au SISMER : oui

18) Transmission à d'autres banques de données :

Les données CTD ont été validées et transmises au SISMER

Un fascicule de données complet a été édité et mis à disposition sur la base de données du Chantier Golfe du Lion du PNEC au Centre d'Océanologie de Marseille.

19) Transmission à d'autres équipes : oui

Les données de chlorophylle ont été fournies à une équipe du LODYC pour calibration de données satellitales couleur de la mer.

Données fournies dans le rapport final du programme Européen Metro-Med

Données transmises au programme international LOICZ (Land Ocean Interaction in Coastal Zone) pour l'établissement d'un bilan de matière en Méditerranée.

Fiche “ Valorisation des résultats des campagnes océanographiques ”

| | | |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------|-------------------|
| Nom de la campagne : ALMOFRONT 2 | Programme : FRONTAL – JGOFS-FRANCE - PROOF | |
| Navire : ATALANTE | Engins lourds : NEANT | |
| Dates de la campagne : 30-11-1997 à 14-01 1998 | Zone : Mer d’Alboran, Méditerranée Occidentale | |
| Chef de projet : L. PRIEUR | Organisme : INSU - CNRS | |
| Chef de mission 1 : L. PRIEUR | Organisme : INSU | |
| Chef de mission 2 : L. PRIEUR | Organisme : INSU | |
| Fiche remplie par : L. PRIEUR | | |
| Date de rédaction de la fiche : 30 – 12 - 2003 | | |
| Adresse : LOV, BP 08, 06 238, Villefranche Sur Mer | | |
| Email : prieur@obs-vlfr.fr | Tel :04 93 763714 | Fax :04 93 763739 |
| <p>Résultats majeurs obtenus : Structure interne du jet géostrophique d’eau Atlantique dans la région Almeria- Oran. Evaluation de la production primaire et secondaire en hiver. Echange de matière entre le jet et le tourbillon anticyclonique associé.</p> <p>La production primaire est accrue dans le jet par rapport aux zones adjacentes sous l’effet de la circulation secondaire apportant des sels nutritifs dans la couche euphotique. L’export de carbone organique est maximal dans la zone du tourbillon anticyclonique trouvé dans le méandre du jet. Malgré une plus faible production trouvée en hiver, les stocks de phytoplancton et de zooplancton sont du même ordre de grandeur qu’au printemps (Almofront 1 en mai 1991). L’export est également du même ordre de grandeur et est associé aux grosses particules (>100 microns) issues du plancton gélatineux dans le tourbillon et des copépodes dans le jet.</p> | | |

| | | Nombre |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|
| 1 | Publications d’articles originaux dans des revues avec comité de lecture référencées SCI | 19 |
| 2 | Publications dans d’autres revues scientifiques | |
| 3 | Publications sous forme de rapports techniques | >10 |
| 4 | Articles dans des revues / journaux grand public | |
| 5 | Publications de résumés de colloques | |
| 6 | Communications dans des colloques internationaux dont communications orales dont posters | 22 |
| 7 | Communications dans des colloques nationaux dont communications orales dont posters | 20 2 réunions Frontal 2 colloq. JGOFS |
| 8 | Rapports de contrats (CEE, FAO, Convention, Collectivités ...) | |
| 9 | Applications (essais thérapeutiques ou cliniques, AMM ...) | |
| 12 | Publications d’atlas (cartes, photos) | 1 JGOFS et site ftp |
| 14 | Publications électroniques sur le réseau Internet | Site JGOFS, site ftp anonymous de l.prieur : voir in fine |
| 15 | DEA ayant utilisé les données de la campagne | 18 |
| 16 | Thèse ayant utilisé les données de la campagne | 12 |
| 17 | Validation des données en cours : .bouteilles 2004... | terminée : |
| 18 | Transmission au SISMER | Oui : ..CTD,PVM.. |
| 19 | Transmission à d’autres banques de données .. | Oui : ...JGOFS. |
| 20 | Transmission à d’autres équipes | Oui : ..sur demande L. Prieur pour l’instant(ftp). |
| 21 | Considérez-vous l’exploitation | terminée : |

Fournir pour chacune des rubriques du tableau :

Voir le fichier word joint : Biblio

Rubriques 1 à 7 incluses :

Une liste des publications et colloques avec les noms d’auteurs suivant la présentation en vigueur pour les revues scientifiques. A présenter selon la classification du tableau ci-dessus.

Rubriques 8 à 13 :

Liste des références des rapports, des applications, des brevets, atlas ou documents vidéo

Rubriques 14 et 15 : (Pour chaque étudiant)

Nom et Prénom, Laboratoire d'accueil

Sujet du DEA ou de la thèse, Date de soutenance

Rubriques 16 à 19 incluses :

Le type des données validées et/ou transmises,

Les banques de données (SISMER, JGOFS, CDIAC ...) les équipes auxquelles elles ont été transmises.

Rubrique 20 :

Si l'exploitation est toujours en cours, pouvez-vous donner un échéancier ?

Cette liste est disponible et régulièrement mise à jour sur le site anonyme ftp de L. Prieur (ocean.eobs-vlfr.fr, chercher prieur/ almofront/almofront2/almofront2pub_rapp/pubalmofront). Les publications de rang A sont disponibles sous pdf, ainsi que certaines communications synthétiques au format powerpoint.

Bibliographie relative à Almofront (depuis 1998), Almofront 2

Articles dans Revues à Arbitre, rang A (Janvier 2005)

- Zakardjian, B. and Prieur, L. 1998. Biological and chemical signs of upward motions in permanent geostrophic fronts of the Western Mediterranean. *J. Geophys. Res.*, 103, C12, 27849 – 27866.
- Claustre, H., Fell, F., Oubelkheir, K., Prieur, L., Sciandra, A. and M. Babin, 2000. Continuous monitoring of surface optical properties across a geostrophic front : biogeochemical inferences. *Limnol. and Oceanogr.* 45 (2), 309-321.
- Cussatlegras, A. S., Geistdoerfer, P., Prieur L., 2001. Planktonic bioluminescence measurements in the frontal zone of Almeria –Oran (Mediterranean Sea). *Oceanol. Acta*, 24 (3), 239-250
- Grout, H., Sempéré, R., Thill, A., Calafat, A., Prieur, L. and M. Canals, 2001. Morphological and chemical variability of colloids in the Almeria-Oran front in the eastern Alboran Sea (SW Mediterranean Sea) : evidence by means of Analytical Electron Microscopy. *Limnol. and Oceanogr.* 46, 1347-1357
- Youssara, F., Gaudy, R., 2001. Variations of zooplankton in the frontal area of the Alboran sea (Mediterranean sea) in winter 1997. *Oceanol. Acta*, 24, 4, 361-376.
- L'Helguen, S., Le Corre, P., Madec, C., Morin, P. , 2002. New and regenerated production in the Almeria-Oran front area, eastern Alboran Sea. *Deep. Sea Res.* 49, 1, 83-99.
- Gorsky, G., Prieur, L., Taupier Letage, I., Stemman, L. and M. Picheral, 2002. Large particulate matter (LPM) in the Western Mediterranean. I – LPM distribution related to hydrodynamics. *J. Mar. Systems* , 33-34,289-311.
- Jacquet, S. , Prieur, L., Avois-Jacquet, C., Lennon, J. F., and D. Vaultot. 2002. Short time scale of variability of picophytoplankton abundance and cellular parameters in surface waters of the Alboran Sea (W. Mediterranean Sea). *J. Plankt. Res* 24, 639-655
- Pantoja, S., Repeta, D. J., Sachs, J. P., Sigman, D. M., 2002. Stable isotope constraints on the nitrogen cycle of the Mediterranean Sea water column. *Deep Sea Res.* 49, 1609-1621.
- Gaudy, R., Youssara, F., 2002. Variations of zooplankton metabolism and feeding in the frontal area of the Alboran Sea (Western Mediterranean) in winter. *Oceanol. Acta*, 26, 179-189.
- Tolosa, I., Leblond, N., Copin, C., Marty, J.C., de Mora, S., Prieur, L., 2003. Distribution of sterol and fatty alcohol biomarkers in particulate matter from the frontal structures of the Alboran Sea (SW Mediterranean Sea). *Marine Chemistry*, 82, 161-183.
- Sempéré, R., Dafner, E., Van Wambeke, F., Lefèvre, D., Magen, C., Allègre, S., Bianchi, M., Prieur, L., 2003 . Total organic carbon distribution and cycling across a geostrophic front in Mediterranean Sea. Implications for the Western basin carbon Cycle. *J. Geophys. Res.*, 108, C11, 3361, 25-1, 25-11.
- Van Wambeke F., Lefèvre, D., Prieur, L., Sempéré R., Bianchi, M., K. Oubelkheir and F. Bruyant, 2004. Distribution of microbial biomass, metabolisms and factors controlling the bacterial production across a geostrophic front (SW Mediterranean Sea). *Mar. Ecol. Progr. Series*, 269, 1-15.
- Andersen, V., Devey, C., Gubanova, A., Picheral, M., Melnikov, V., Tsarin, S., Prieur L., 2004. Vertical distribution of zooplankton across the Almería Oran frontal zone in Mediterranean sea. *J. Plankt. Res.*, 26 (3) 275-293.
- Tolosa ,I., Vescovalli, I., LeBlond, N., Marty, J.C., de Mora, S. and L. Prieur, 2004. Distribution of pigments and fatty acid biomarkers in particulate matter from the frontal structure of the Alboran Sea (SW Mediterranean Sea). *Marine Chemistry*, 88, 103-125 .
- Leblanc, K. Quéguiner, B., Prieur, L., Claustre, H., Oubelkheir, K., 2004. Siliceous phytoplankton production and export related to trans-frontal dynamics of the Almeria-Oran frontal system (Western Mediterranean Sea) during winter. *J. Geophys. Res.*, 109, C07010, doi:10.1029/2003JC001878.
- Riso, R., Le Corre, P., L'Helguen, S., Morin, P. 2004. On the presence of a cadmium-rich subsurface water mass in the western Mediterranean and its influence on the distribution of cadmium in the surface waters. *Marine Chemistry*, 87, 15-22.
- Bricaud, A., Claustre, H., Ras, J., Oubelkheir, K., 2004. Natural variability of phytoplanktonic absorption in oceanic waters : influence of the size structure of algal populations. *J. Geophys. Res.*, 109, C11009, doi:10.1029/2004JC002442
- Tolosa, I., LeBlond, N., Marty, J.C., de Mora S., Prieur, L., 2005. Export fluxes of organic carbon and lipid biomarkers from the Frontal Structure of the Alboran Sea (SW Mediterranean Sea) *Journal of Sea Research*, 54 (2) 125-142
- Devey, C., Andersen, V., Prieur, L., 2006. One dimensional modelling of physical biological interactions in different turbulent regimes. submitted J. Mar Systems. In revision 2006

Communications dans Congrès

- Claustre, H., Fell, F. K. Oubelkheir and L. Prieur, 1998. Multivariate, bio-optical investigation of a frontal system in the Mediterranean Sea. LASLO, November 1998, Hawaï.
- Andersen, V. and L. Prieur, 1999. Short term changes in the dynamics of the pelagic ecosystem end effect of wind events. 1 . The Dynaproc study. EGS Geophysical abstracts, 24th General Assembly, hydrology, Oceans and atmosphere Vol 1, (2), 406.
- Bianchi, M., Prieur, L., and M. Goux 1999. Physical and Biological processes coupling at mesoscale : Conclusions from ALMOFRONT in the Alboran Sea Canigo Conference, Canaries, September 1999.
- Prieur, L., 1999. Almofront 2, an interdisciplinary experiment on the internal structure of the frontal jet of the Eastern Alboran Sea. EGS Geophysical abstracts, 24th General Assembly, hydrology, Oceans and atmosphere Vol 1, (2), 405.
- Chifflet, M., Andersen, V. and L. Prieur, 1999 Short term changes in the dynamics of the pelagic ecosystem end effect of wind events. 2. A One-dimensional model. EGS Geophysical abstracts, 24th General Assembly, hydrology, Oceans and atmosphere Vol 1, (2), 410.

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV - IRD

Caniaux, G. Prieur, L., Giordani, H. and F. Hernandez, 1999. Analysis of a deep eddy in the North Atlantic current. EGS Geophysical abstracts, 24th General Assembly, Hydrology, Oceans and Atmosphere Vol 1, (2), 386.

Ouellet, M., Gratton, Y. and L. Prieur, 1999. Characterization of inertial oscillations in the Eastern Alboran Sea during ALMOFRONT 2, SCMO Symposium, June 1999.

- Gratton, Y., Prieur L. and C. Lafleur, 1999. Mesoscale variability in the eastern Alboran Sea in December 1997 – January 1998. IUGG 99 general assembly, Birmingham July 1999, P11.
- Andersen, V. and L. Prieur, 2000. Transition from a spring bloom to oligotrophy over a short time scale in the open NW Mediterranean., 2nd Opens Science Conference, JGOFS, Bergen, April 2000.
- Prieur, L., M. Bianchi, P. Morin, D. Lefevre, B. Queguiner, F. Bruyant, F. Van Wambeke, H. Claustre, C. Madec and M. Babin. 2000. Winter production and biomass in the frontal Jet Eddy System Of The Alboran Sea. Egs 2000 Assembly, Nice, 25-29 April. Np 008
- Prieur, L., I. Vescovoli, C. Copin, J. C. Marty and Y. Gratton , 2000. Secondary circulations and biogeochemical features in the frontal jet of the Eastern Alboran Sea. EGS 2000 Assembly, Nice, 25-29 April. NP9.04
- Bruyant F., Babin, M., Claustre, H., Prieur, L., and K. Oubelkheir, 2000. Photosynthetic parameters as tracers of the velocity of subducted water masses in the frontal zone of the Alboran Sea. 2000 Ocean Sciences meeting, San Antonio, Texas. OS 18 Ocean fronts, 24-28 January 2000.
- Devey, C., Andersen, V. & L. Prieur, 2001. One-dimensional modelling of physical-biological interactions in different turbulent regimes. European Geophysical Society, XXVI General Assembly, Nice, 25-30 mars 2001 (poster).
- Panagiotopoulos, C., Lafont, R. and R. Sempere. 2002. Molecular distribution of particulate carbohydrates in marine waters. Abst. numb., EGS 02-A-02287. European Geophysical Society, Nice, France, 21-26 April, 2002.
- Goutx M., Guigue, C., Striby, L., Bianchi, M., Van Wambeke, F., Leblond, N. and L. Prieur, 2002. Organic matter biogeochemistry in the Almeria-Oran Frontal structure. EGS, XXVII General Assembly, Nice 21-26 April 2002. EGS02-A-04992.
- Gorsky G. Prieur L., Taupier Letage, I., Stemmann, L. and M. Picherl, 2002. Does mesoscale hydrodynamics affect the spatial structure of large particulate matter. Ocean Science meeting, LASLO, Honolulu 6-11 02 2002. Eos Trans. AGU 83 (4) OS31L-11 invited.
- Claustre, H. ; Oubelkheir, K. ; Merien, D. ; Sciandra, A. 2002. The monitoring of inherent optical properties (IOP) at small spatial scales: examples and biogeochemical implications. . EGS, XXVII General Assembly, Nice 21-26 April 2002. EGS02-A-04039
- Sempere, R., Van Wambeke, F. Bianchi, M. Dafner, E., Lefevre, D., Bruyant, F., and L. Prieur, 2002. Total organic carbon distribution and bacterial cycling across a geostrophic front in the Mediterranean Sea. Implications for the Western basin carbon cycle. EGS, XXVII General Assembly, Nice 21-26 April 2002. EGS02-A-06471
- Prieur, L., Lefevre, D., Gorsky, G., Van Wambeke, F., Bianchi, M., Andersen, V., Gratton, Y., 2003. Frontal processes enhance productivity of the Alboran Sea: a tentative first synthesis of the Almofront 2 experiment results. EGS-AGU-EGU Joint Assembly, Nice, 06-11 april 2003, EAE03-A-14063 (invited)
- Tolosa, I., Leblond, N., Vescovoli, I., Copin-Montégut, C., Marty, J.-C., de Mora, S., Prieur, L., 2003. Biogeochemistry of lipids biomarkers and pigments in particulate matter from the frontal structure of the Alboran Sea. EGS-AGU-EGU Joint Assembly, Nice, 06-11 april 2003, EAE03-A-01945
- Tolosa, I., Leblond, N., Marty, J.-C., de Mora, S., Prieur, L., 2004. Export fluxes of organic carbon and lipid biomarkers from the frontal lipid biomarkers from the frontal structure of the Alboran Sea (SW Mediterranean Sea). EGU Joint Assembly, Nice, April 2004,
- Prieur, L., Gorsky, G., Gratton, Y., 2005. Strategy to capture the influence of ocean dynamics on pelagic ecosystem, in: Strategies for tracking mesoscale processes Villefranche sur mer , 25-28 May 2005. CIESM Workshop Monographs n°27 Monaco., p97-101. Invited.
www.ciesm.org/online/monographs/villefranche05.pdf

Publication d'Atlas

Prieur, L. J ; Raunet. 2000. Atlas de la campagne Almoformt II. Disponibles sur site ftp anonyme :
ftp : oceane.obs-vlfr.fr ; cd /pub/prieur/almoformt/almoformt2/almof2arch_data/fascicule_atlas.pdf

Thèses depuis 1998, portant sur Almofront

- Stemmann, L., 1998. Analyse spatio-temporelle de la matière particulaire déterminée par une nouvelle technique vidéo en Méditerranée nord-occidentale. Thèse de Doctorat d'Université, UPMC, 26 oct. 1998, 2 tomes 180pp
- Jacquet, S., 2000. Dynamique des populations picoplanktoniques marines. Thèse de l'Université Pierre et Marie Curie. Defended on March 6, 2000, pp.138
- Striby, L., 2000. Biogéochimie de la matière organique dans deux écosystèmes marins. Cas d'une structure physique unidimensionnelle verticale (Mer Ligure) et d'une structure physique frontale (Front Almería Oran). Variations spatio-temporelles de la fraction lipidique à petite échelle. Thèse de l'Université de la Méditerranée, 10 juillet 2000. 212pp. 4 annexes.
- Cussatlegras A. S. , 2001. Dynamique spatio-temporelle de la bioluminescence marine en Mer d'Alboran et sur le Plateau Continental Atlantique Français. Thèse de Doctorat de l'Université de Bretagne Occidentale, 11 septembre 2001. 165pp, 4 annexes.
- Olivier, F., 2001. Etude de l'activité biologique et de la circulation océanique dans un jet géostrophique : le front Almería Oran. Thèse de l'Université Pierre et Marie Curie, 158pp, 5 annexes.
- Oubelkheir, K., 2001. Caractérisation biogéochimique de provinces océaniques à l'aide d'indicateurs bio-optiques, à diverses échelles spatio-temporelles. Thèse de Doctorat d'Université de la Méditerranée, 29 Octobre 2001, 110 pp.
- Ouellet, M., 2001. Extraction des ondes inertielles en mer d'Alboran durant Almofront 2. Mémoire de maîtrise à l'Université du Québec à Rimouski, mai 2001, 143 pp, 1 annexe.
- Pruvost, J., 2001. Etude des composés organiques halogénés volatils en milieu marin. Origines biologiques et anthropiques, échanges avec l'atmosphère. Utilisation comme traceurs transitoires de la circulation dans l'Atlantique Nord-Est. Thèse Université de Bretagne Occidentale. 186 pp.
- Bruyant, F. , 2002. Variations circadiennes et spatiales de la photosynthèse: Etude dans différentes conditions hydrologiques et trophiques. Thèse de Doctorat de l'Université Pierre et Marie Curie, 7 Mars 2002, 140pp, 3 annexes
- Bosc, E., 2002. Variations saisonnières et inter annuelles de la biomasse phytoplanctonique et de la production primaire en Méditerranée : Evaluation et utilisation des données satellitaires de couleur de l'océan (SeaWiFS, POLDER et OCTS). Thèse de Doctorat de l'Université de Toulon et du Var, 29 Novembre 2002, 203 pp, 5 annexes.
- Leblanc, K., 2002. Variabilité spatiale et temporelle du cycle du silicium dans divers milieux oligotrophes et mésotrophes. . Thèse de Doctorat d'Université de la Méditerranée, Aix Marseille II ; 287 pp, 1 Annexe.
- Devey, C., 2004. Dynamique de l'écosystème pélagique marin à mésoéchelle. Modélisation et Observation. Thèse de l'Université Pierre et Marie Curie, 88pp, 2 art Annexes.

- DEA - Rapports de maîtrise (1998-)

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

1998 :

- Bourlon, S., 1998. Traitement et validation des données d'oxygène dissous acquises en mer par sonde CTD durant Almofront 2. Stage Maîtrise Rouen, Resp. Scientifique L. Prieur, LPCM Villefranche sur mer , 28pp, 7 annexes.
- Cuttelold, A., 1998. Distribution des biomasses autotrophes et de la charge en particules au niveau de la zone frontale de la mer d'Alboran. Stage DEA Marseille, resp. Scientifique: H. Claustre, LPCM Villefranche sur Mer
- Fernandez, T., 1998. Etude de la dégradation de la matière organique en milieu marin. Application aux échantillons de la mission Almofront 2. Stage de 2eme année de l'Ecole Supérieure d'Ingénieurs de Luminy - Département Génie Biologique et Microbiologie Appliquée. LMM, Marseille, 21 pp
- Hazam, C., 1998. Les classes de lipides de la matière particulaire dans le front Almería – Oran. Rapport de stage BTS Biochimie, Toulon.
- Mazet, C., 1998. Dynamique du carbone organique en Mer d'Alboran. Rapport de stage en entreprise effectué en 1998 au Laboratoire de Microbiologie Marine. LMM, Marseille, 29 pp.
- Melis, B., 1998. Etude de l'activité et de la régulation bactérienne dans un système frontal (Mer d'Alboran). Stage de Maitrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes - Université de Lille I. LMM, Marseille, 23 pp
- Waeles, M., 1998. Contribution de la biomasse autotrophe au stock de carbone particulaire en Mer d'Alboran (Front Almeria - Oran). Stage de maitrise Chimie, UBO, Resp. Scientifique: H. Claustre, LPCM Villefranche sur Mer, 13pp, 1 annexe.
- Youssara, F., 1998. Biomasse et métabolisme du mésozooplancton dans la région frontale méditerranéenne Almería – Oran. Stage de D. E. A., Marseille, resp. Scientifique: R. Gaudy, COM Endoume.

1999 :

- Allègre, S., 1999. Dynamique du carbone organique total en Mer d'Alboran : cas de la structure frontale Almeria - Oran. D.E.A. Sciences de l'Environnement Marin - Option Biogéochimie. Université de la Méditerranée. LMM, Marseille, 32 pp
- Devey, C., 1999. Abondance, diversité spécifique et distribution verticale des copépodes pélagiques dans la région du front Almería-Oran (mer d'Alboran). Maîtrise Biologie des Populations et des Ecosystèmes, Université Paris VI, resp. Scientifique: V. Andersen, LOBEPM, Villefranche sur Mer, Rapport, 21 pp.
- Durand, B., 1999. Etude de sensibilité des variables biogéochimiques aux contraintes physiques et environnementales dans un modèle 1D. Stage- Ingénieur Ecole Centrale de Nantes, Resp. Scientifique L. Prieur, LPCM Villefranche sur mer , 32pp, 2 annexes.
- Filhol, S., 1999. Etude du matériel dissous provenant d'échantillons de la Mer d'Alboran. BTS d'Analyses Biologiques et Biotechnologiques - Lycée Agricole de Rodez. LMM, Marseille, 28pp.
- Francoual, M., 1999. Contribution de la distribution des particules de 1 à 100µm à l'étude de la structure du front Almería – Oran. Stage de D. E. A. Marseille, resp. Scientifique: A. Sciandra, LOBEPM, Villefranche sur Mer, 31pp.
- Romette, F. 1999. Les classes de lipides, traceurs de la matière organique dans le front Almeria - Oran. Stage de Maitrise de Biologie des Populations et des Ecosystèmes - Université Aix Marseille III. LMM, Marseille, 23 pp
- Hazan, C., 1999. Composition lipidique de la matière organique. Application au front Almería - Oran. Stage de BTS - Lycée Technique Notre Dame - Toulon. LMM, Marseille, 20pp
- Lozanno, F. 1999. Extraction et analyse des lipides dissous en milieu marin par séparation sur chromatographie couche mince et quantification sur analyseur IATROSCAN (échantillons de la campagne Almofront 2). Stage de BTS - Lycée Technique Notre Dame - Toulon. LMM, Marseille, 20 pp

2000

- Devey, C., 2000. Modélisation de l'écosystème pélagique marin. Application à différents régimes trophiques de la région Almería-Oran. DEA Océanologie Biologique et Environnement Marin, Université Paris VI., 21 p ;resp : V. Andersen
- Valina S., 2002. Etude de l'influence des vitesses verticales associées au front Almeria-Oran sur la distribution de tailles des particules : la pente spectrale comme indicateur de la dynamique frontale. Rapp. Stage de DEA d'Océanographie biologique, UPMC, 30 p, 1 Annex , resp : A. Sciandra.

Fiche " Valorisation des résultats des campagnes océanographiques "

| | | |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|----------------------|
| Nom de la campagne : MINOS | Programme : MATER | |
| Navire : Le SUROIT | Engins lourds : | |
| Dates de la campagne : 1996 | Zone : Mer Méditerranée | |
| Chef de projet : Patrick RAIMBAULT | Organisme : INSU-CNRS | |
| Chef de mission 1 : Patrick RAIMBAULT | Organisme : | |
| Chef de mission 2 : | Organisme : | |
| Fiche remplie par : P. RAIMBAULT | | |
| Date de rédaction de la fiche : 21 janvier 2004 | | |
| Adresse : Laboratoire d'Océanographie et de Biogéochimie, Campus de Luminy. 13288 Marseille cedex 09 | | |
| Email : raimbault@com.univ-mrs.fr | Tel : 04 91 82 91 05 | Fax : 04 91 82 19 91 |
| Résultats majeurs obtenus : | | |

| | | Nombre |
|----|------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------|
| 1 | Publications d'articles originaux dans des revues avec comité de lecture référencées SCI | 15 |
| 2 | Publications dans d'autres revues scientifiques | |
| 3 | Publications sous forme de rapports techniques | |
| 4 | Articles dans des revues / journaux grand public | |
| 5 | Publications de résumés de colloques | |
| 6 | Communications dans des colloques internationaux dont communications orales dont posters | 7 |
| 7 | Communications dans des colloques nationaux dont communications orales dont posters | |
| 8 | Rapports de contrats (Union européenne, FAO, Convention, Collectivités ...) | |
| 9 | Applications (essais thérapeutiques ou cliniques, AMM ...) | |
| 10 | Brevets | |
| 11 | Publications d'atlas (cartes, photos) | 1 |
| 12 | Documents vidéo-films | |
| 13 | Publications électroniques sur le réseau Internet | |
| 14 | DEA ayant utilisé les données de la campagne | |
| 15 | Thèse ayant utilisé les données de la campagne | 7 |
| 16 | Validation des données en cours : | terminée : oui |
| 17 | Transmission au SISMER | Oui : |
| 18 | Transmission à d'autres banques de données | Oui : |
| 19 | Transmission à d'autres équipes | Oui : |
| 20 | Considérez-vous l'exploitation | terminée : |

1) Publications d'audience internationale

- BRICAUD, A., A. MOREL, M. BABIN, K. ALLALI and H. CLAUSTRE. 1998. Variations of light absorption by suspended particles with chlorophyll a concentration in oceanic (Case 1) waters : Analysis and implications for bio-optical models. *Journal of Geophysical Research*, 103, C13: 31033-31044.
- BRICAUD, A., E. BOSCH and D. ANTOINE. 2002. Algal biomass and sea surface temperature in the Mediterranean Basin : intercomparison of data from various satellite sensors, and implications for primary production estimates. *Remote Sensing of Environment*, 81: 163-178.
- Dolan, J.R. 2000. Tintinnid ciliate diversity in the Mediterranean Sea: longitudinal patterns related to water column structure in late spring-early summer. *Aquatic Microbial Ecology*, 22:69-78.
- Dolan, J. R., Claustre, H., Vidussi, F. 1999. Planktonic ciliates in the Mediterranean Sea: longitudinal trends. *Deep-Sea Research I*, 46: 2025-2039.
- Jacquet, S., Lennon, J. F. & Vault, D. 1998. Application of a compact automatic sea water sampler to high frequency picoplankton studies. *Aquat. Microb. Ecol.* 14:309-14.
- Fontani S., Nair R., Manzella G.M.R., Raimbault P. Redfield and mixing ratios in the Mediterranean Sea. Soumis à *Annals geophysicae*.
- Guillou, L., Chrétiennot-Dinet, M.-J., Medlin, L. K., Claustre, H., Loiseaux-de Goër, S. & Vault, D. 1999. Bolidomonas: a new genus with two species belonging to a new algal class, the Bolidophyceae (Heterokonta). *J. Phycol.* 35:368-81.
- Guillou, L., Moon-van der Staay, S. Y., Claustre, H., Partensky, F. & Vault, D. 1999. Diversity and abundance of Bolidophyceae (Heterokonta) in two oceanic regions. *Appl. Environ. Microbiol.* 65:4528-36.
- Guillou, L., Chrétiennot-Dinet, M. J., Boulben, S., Moon-van der Staay, S. Y. & Vault, D. 1999. Symbiomonas scintillans gen. et sp nov and Picophagus flagellatus gen. et sp nov (Heterokonta): Two new heterotrophic flagellates of picoplanktonic size. *Protist* 150:383-98.
- Marie, D., Brussaard, C. P. D., Thyraug, R., Bratbak, G. & Vault, D. 1999. Enumeration of marine viruses in culture and natural samples by flow cytometry. *Appl. Environ. Microbiol.* 65:45-52.

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

11. Moutin T., Raimbault P., Poggiale J.C, 1999. Primary production in surface waters of the western Mediterranean Sea: calculation of daily production. *C.R. Acad. Sci.*, 322: 651-659
12. Moutin T., P. Raimbault, 2002. Primary production, carbon export and nutrients availability in western and eastern Mediterranean Sea in early summer. *J. Mar. Systems*, 33-34 : 273-288.
13. Partensky, F., Hess, W. R. & Vaulot, D. 1999. Prochlorococcus, a marine photosynthetic prokaryote of global significance. *Microb. Mol. Biol. Rev.* 63:106-27.
14. Partensky, F., Blanchot, J. & Vaulot, D. 1999. Differential distribution and ecology of Prochlorococcus and Synechococcus in oceanic waters: a review, p. In Charpy, L. & Larkum, A. W. D. [eds.], *Marine Cyanobacteria*.
15. Sachs J.P., Repeta D.J., 1999. Oligotrophy and nitrogen fixation during eastern sapropel events. *Science*, 286: 2485-2488

2) Publications d'audience limitée

3) Publications sous formes de rapports techniques

4) Articles dans des revues/journaux grand public

5-6) Publications de résumés - Communications dans des colloques internationaux

1. BOSC, E., A. BRICAUD and D. ANTOINE. 2000. Variations in chlorophyll concentration and primary production in the Mediterranean Sea as derived from SeaWiFS, OCTS and POLDER data. *International Colloquium Ocean Optics XV*, Monaco, 16-20 oct., 2000. Abstract volume; 33-34.
2. BRICAUD, A., E. BOSC and D. ANTOINE.. 2002. Algal biomass and sea surface temperature in the Mediterranean Basin : intercomparison of data from various satellite sensors, and implications for primary production estimates. *Eos. Trans. AGU*, 83 (4), Ocean Sciences Meeting, Honolulu. 11-15 fév. 2002: 96.
3. BRICAUD, A., H. CLAUSTRE, J.RAS and K. OUBELKHEIR. 2004. Natural variability of phytoplanktonic absorption in Case 1 waters: deviations from average values, as related to the size structure of algal populations. *ASLO/TOS 2004 Ocean research Conference*, Feb.15-20, 2004, Honolulu. Abstract volume.
- Dolan, J. R., Vidussi, F., Claustre, H. 1998. Ciliate microzooplankton in the western and eastern basins of the Mediterranean: Trends in stock sizes and composition across a large spatial scale gradient of chlorophyll. 6th European Marine Microbiology Symposium. Sitges, Espagne.
4. Fontani S., Manzella G.M., Nair R., Raimbault P., 2000. Redfield and mixing ratios in the Mediterranean Sea.
5. Moutin T., Raimbault P., Poggiale J.C. Primary production in surface waters of the western Mediterranean Sea: Calculation of daily production. . MTP II WORKSHOP on the variability of the Mediterranean Sea (Rhodes 15-17 octobre 1998)
6. Moutin T., Raimbault P. Primary production in the eastern and western Mediterranean Sea during the early summer season (Minos cruise). *Progress in Oceanography of the Mediterranean Sea* (Rome, 17-19 novembre 1997): MATER MAST III
7. Psarra S., Tselepides T., Raimbault P. Oligotrophic cretan Sea: comparison with seasonal new production rates (winter vs summer). MTP II WORKSHOP on the variability of the Mediterranean Sea (Rhodes 15-17 octobre 1998)

7) Communications dans des colloques nationaux

8) Rapports de contrat

9) Applications

10) Brevets

11) Publications d'atlas : MEDATLAS

12) Vidéo-Film

13) Publications électroniques sur le réseau internet

14) DEA

15) Thèse

1. Jacquet, S. 2000. Dynamique des populations picoplanktoniques marines. Thèse d'Université Thesis. Université Pierre et Marie Curie. p. Guillou, L. 1999. Diversité des picoeucaryotes océaniques: description, phylogénie et écologie de nouvelles espèces. Thèse de doctorat Université Pierre et Marie Curie. 172 p.
2. Karima ALLALI, laboratoire d'accueil: LPCM Villefranche. "Variabilité des coefficients d'absorption spécifique du phytoplancton et des pigments photosynthétiques. Aspects éthologiques et application à des espèces en culture et aux populations naturelles (Pacifique équatorial et Méditerranée)". Thèse soutenue le 11 juillet 1997.
3. Emmanuel BOSC, laboratoire d'accueil: LOV "Variations saisonnières et interannuelles de la biomasse phytoplanktonique et de la production primaire en Méditerranée: Evaluation et utilisation des données satellitaires de couleur de l'océan (SeaWiFS, POLDER et OCTS)". Thèse soutenue le 29 novembre 2002.
4. Sparra S., 2001 : Influence du degré d'oligotrophie sur la structure et le fonctionnement de l'échelon primaire de l'écosystème pélagique en Méditerranée orientale (Mer Egée). Thèse soutenue le 25 septembre 2002. Univ. De la Méditerranée.

16) Valorisation des données : terminée

17) Transmission au SISMER : oui

18) Transmission à d'autres banques de données : oui MATER Data base (MAST programme)

19) Transmission à d'autres équipes : oui

Détail concernant le financement du projet

ANNEXE 3

Consommable : Budget détaillé des analyses prévues (campagnes en mer ou projets expérimentaux de laboratoire)

| POSTE | Nombres de mesures | Prix unitaire (€) | MONTANT total (K€) |
|---------------------------------------------------------------------------|--------------------|-------------------|--------------------|
| PHYSICS+OPTICS | | | |
| Physics | | | |
| CTD variables (T,S,O ₂ ,Fluo...) | 197 | 20 | 3.94 |
| Horizontal Current on vertical profile (LADCP) | | | 1.00 |
| Kz estimations (VMP5500) | | | 4.60 |
| Optics | | | |
| PAR Downwelling irradiance | | | 1.00 |
| Dissolved absorption | 288 | 5 | 1.44 |
| Particulate absorption | 288 | 5 | 1.44 |
| In water upwelling radiance and irradiance (Radiometric package) | | | 2.00 |
| Backscattering, attenuation, fluorescence, and CTD (Optical package) | | | 3.00 |
| Variable fluorescence-based photochemical quantum efficiency (Fv/Fm) | 480 | | NASA acquis |
| Functional absorption cross section of photosystem II (σ_{PSII}) | 480 | | NASA acquis |
| Electron transport rates on the acceptor side of PSII (τ_{PSII}) | 480 | | NASA acquis |
| Fluorescence-based photosynthesis-irradiance relationships | 480 | | NASA acquis |
| BIOGEOCHEMISTRY | | | |
| Stocks | | | |
| Dissolved | | | |
| TCO ₂ | 1137 | 2.5 | 2.84 |
| TA | 1137 | 2.5 | 2.84 |
| O ₂ | 1137 | 3 | 3.41 |
| NO ₃ | 1148 | 2 | 2.30 |
| NO ₃ nanomolaire (upper photic zone) | 162 | 2 | 0.32 |
| NO ₃ (ISIS) | | | |
| NO ₂ | 1098 | 2 | 2.20 |
| NO ₂ nanomolaire (upper photic zone) | 162 | 2 | 0.32 |
| NH ₄ | 644 | 3 | 1.93 |
| PO ₄ | 1148 | 2 | 2.30 |
| PO ₄ nanomolar (MAGIC) | 344 | 4 | 1.38 |
| Silicates | 1148 | 2 | 2.30 |

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV - IRD

| | | | |
|---------------------------------------------------------------------------|------|------|-------------|
| DFe | 134 | 30 | 4.02 |
| Fe L | 32 | 30 | 0.96 |
| DOC HTCO | 1100 | 7 | 7.70 |
| DON | 1100 | 2.5 | 2.75 |
| DOP | 1100 | 2.5 | 2.75 |
| Excess N or P (APA technic) | 6 | 60 | 0.36 |
| Free Amino acids | 36 | 15 | 0.54 |
| Combined Amino acids | 36 | 15 | 0.54 |
| Dissolved lipids | 81 | 12 | 0.97 |
| Particulate | | | |
| POC | 1050 | 3 | 3.15 |
| PON | 1050 | 2.5 | 2.63 |
| POP | 1050 | 2.5 | 2.63 |
| POP (0.2, 0.6, 2 µm) | 24 | 10.5 | 0.25 |
| BSi | 954 | 1.25 | 1.19 |
| L-Si | 954 | 1.25 | 1.19 |
| Pigments (HPLC) | 480 | 11 | 5.28 |
| Chlorophyll a (Fluo) | 686 | 2 | 1.37 |
| Phospholipids | 516 | | NSF demandé |
| C, N, P, Mg, Fe, elemental analysis | 207 | 2.5 | 0.52 |
| Fluxes | | | |
| Primary production (C uptake 24h dusk-to-dusk) | 384 | 15 | 5.76 |
| Particulate primary production | 120 | 7 | 0.84 |
| Dissolved primary production | 120 | 7 | 0.84 |
| Primary production by size class (C uptake 0.2, 0.6, 2 µm) | 24 | 25 | 0.60 |
| O ₂ production (O ₂ PA) | | | 0.50 |
| O ₂ production (<i>in situ</i>) NCP,GPP,R | 36 | 100 | 3.60 |
| N ₂ fixation and C uptake, 13C/15N | 162 | 10 | 1.62 |
| N ₂ fixation and C uptake by size class, 13C/15N | 72 | 30 | 2.16 |
| N ₂ fixation and C uptake, 13C/15N (microcosmes) | 92 | 15 | 1.38 |
| N ₂ fixation and C uptake by size class, 13C/15N (microcosmes) | 0 | 30 | 0.00 |
| N and C uptake, 13C/15N | 114 | 15 | 1.71 |
| Ammonium regeneration, 15N | 114 | 15 | 1.71 |
| Nitrate regeneration or nitrification, 15N | 114 | 15 | 1.71 |
| DON release, 13C/15N | 114 | 15 | 1.71 |
| PO ₄ turnover time | 342 | 15 | 5.13 |

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV - IRD

| | | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------|------|------|-------------|
| PO4 affinity (0.2, 0.6, 2 µm) | 24 | 18 | 0.43 |
| Si uptake | 102 | 34 | 3.47 |
| Si dissolution | 60 | 25 | 1.50 |
| Bacterial production | 350 | 12 | 4.20 |
| Bacterial production (hpss) | 12 | 67 | ANR |
| Bacterial production (0.2, 0.6 µm) | 216 | 15 | 3.24 |
| APA | 144 | 2 | 0.29 |
| Luxury P uptake | 6 | 20 | 0.12 |
| Assimilation AA | 36 | 15 | 0.54 |
| Assimilation fatty acids | 36 | 15 | 0.54 |
| Dark assimilation HCO3- | 36 | 15 | ANR |
| Dark assimilation hco3-, hpss | 12 | 76 | ANR |
| Lipase hydrolysis rate (3H oleate) | 81 | 15 | 1.22 |
| Lipase hydrolysis rate (muf-palmitate) | 81 | 6 | 0.49 |
| Phosphatase hydrolysis rate (muf-P) | 114 | 6 | 0.68 |
| Aminopeptidase hydrolysis rate | 72 | 6 | ANR |
| Aminopeptidase hydrolysis rate, hpss | 12 | 6 | ANR |
| ATP Hydrolysis rate (33P et 14C) | 114 | 20 | 2.28 |
| Phospholipid synthesis rates | 516 | | NSF demandé |
| Mass flux, C,N,P,LSi,BSi,Ca, COP, Al, Fe (Sediment trapps) | 48 | 77.5 | 3.72 |
| Natural abundance of ¹⁵ N (δ ¹⁵ N) and ¹³ C (δ ¹³ C) | 162 | 15 | 2.43 |
| | | | |
| | | | |
| BIOLOGY-DIVERSITY | | | |
| Molecular stress "indicators" | 194 | 43 | 8.34 |
| Prochlorococcus diversity | 90 | 27 | 2.43 |
| AAPB diversity (culture approach) | 90 | 30 | 2.70 |
| AAPB diversity (molecular approach on raw sample) | 9 | 500 | 4.50 |
| AAPB quantitative PCR | 90 | 9 | 0.81 |
| Total Eukaryotes diversity (ARN 18S clone sequencing on raw samples) | 36 | 500 | Différé* |
| Abundance of Eukaryotic specific groups (Probes) | 220 | 50 | Différé* |
| Abundance of Eukaryotic specific groups (Quantitative PCR) | 76 | 21 | 1.60 |
| Photosynthetic Eukaryotes diversity (Molecular biology on sorted samples) | 12 | 250 | 3.00 |
| Abundance of heterotrophic Eukaryotic specific groups (Probes) | 30 | 50 | 1.50 |
| Micro phytoplankton diversity | 102 | 10 | 1.02 |
| PDMPO | 60 | 9 | 0.54 |
| Flow cytometry analysis (bacteria+pico-nano-plancton) | 1143 | 2 | 2.29 |
| Heterotrophic prokaryotic community structure SSCP | 25 | 30 | 0.75 |
| Heterotrophic prokaryotic Clone library and sequencing | 6 | 1200 | 7.20 |

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV – IRD

| | | | |
|-------------------------------------------------------------------------|-----|---------------|----------------|
| DIP uptake kinetic parameters for specific groups | 12 | 120 | 1.44 |
| Small Diazotrophs quantification and distribution TSA Fish | 202 | 40 | 8.08 |
| Small Diazotrophs species richness (clone library) | 3 | 700 | 2.10 |
| Ciliates biomass | 60 | 20 | 1.20 |
| Ciliates growth rate | 6 | 160 | 0.96 |
| Ciliates grazing rate | 6 | 160 | 0.96 |
| Nanoflagellates biomass | 180 | 7.5 | 1.35 |
| Nanoflagellates growth rate | 6 | 60 | 0.36 |
| Nanoflagellates grazing rate | 6 | 60 | 0.36 |
| Tintinnids abundance | 66 | 20 | 1.32 |
| Tintinnids diversity | 66 | 40 | 2.64 |
| Zooplankton and marine snow Mini PVM | 195 | 20 | 3.90 |
| Zooplankton and marine snow PVM | 60 | 20 | 1.20 |
| Zooplankton biomass (Net tows) | 60 | 50 | 3.00 |
| Zooplankton biomass (OPC) | 159 | 30 | 4.77 |
| Zooplankton biomass (CHN) | 60 | 10 | 0.60 |
| Zooplankton diversity (Binocular treatment) | 60 | 50 | 3.00 |
| Zooplankton grazing rate (gut fluorescence) | 60 | 40 | 2.40 |
| Zooplankton eggs production rate | 12 | 35 | 0.42 |
| Zooplankton fecal pellets production rate | 60 | 40 | 2.40 |
| Zooplankton respiration rate | 12 | 40 | 0.48 |
| Zooplankton excretion rate | 12 | 40 | 0.48 |
| Viral abundance | 480 | 1.5 | 0.72 |
| Viral production (dilution approach) | 60 | 15 | 0.90 |
| Viral diversity (PFGE, DGGE) | 20 | 20 | 0.40 |
| Bacterial diversity (CARD FISH) | 69 | 25 | 1.73 |
| Functional bacterial diversity (MICRO-CARD FISH with Leucine) | 77 | 40 | 3.08 |
| Functional bacterial diversity (MICRO-CARD FISH with fatty acids) | 18 | 40 | 0.72 |
| Functional bacterial diversity (MICRO-CARD FISH with Polymer) | 18 | 40 | 0.72 |
| Functional bacterial diversity (MICRO-CARD FISH with HCO ₃) | 18 | 40 | 0.72 |
| phosphatase positive cells (ELF P) | 174 | 10 | 1.74 |
| | | Total :euro = | 224 059 |

*Différé signifie que le coût de ces analyses s'élevant à 35 000 Euro n'est pas demandé dans LEFE mais le groupe de Philippe Lebaron prévoit de réaliser les prélèvements et la conservation des échantillons pour une analyse différée éventuelle.

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV - IRD

Fonctionnement :

Modélisation : **6 000 € HT**
Publications dans un numéro spécial : **15 000 € HT**
Autres publications : **10 000 € HT**

Missions :

Septembre 2007: Réunion pré-campagne de toute la communauté (Marseille) : **17 000 € HT**.
Mars 2008: Réunion pré-campagne du comité organisateur élargi (Marseille) : **4 000 € HT**.
Août-Septembre 2008: Mission

Demande spécifique ligne budgétaire « soutien à la mer » : coût total : 128 500 € HT

Détail :

Coût estimé de 25 voyages jusqu'à Marseille (France) + deux jours (per diem) par participant :

20 500 € HT

Coût estimé de 37 voyages jusqu'à Latakia (Syrie) + deux jours (per diem) par participant :

66 000 € HT

Coût estimé du transport du matériel

30 000 € HT

Transit des containers

12 000 € HT

Remarque: d'autres solutions éventuellement moins honorables pour un débarquement à Chypre ou en Egypte sont à l'étude.

Mai-Juin 2009: Réunion post-campagne de toute la communauté (Marseille) : **17 000 € HT**

Oct-Nov 2009 : Atelier ciblé (10 personnes max) : **4 000 € HT**

Fév-Mars 2010 : Atelier ciblé (10 personnes max) : **4 000 € HT**

Juin-Juillet 2010 : Atelier ciblé (10 personnes max) : **4 000 € HT**

2010 : Organisation d'une session spéciale à l'Ocean Sciences Meeting : **15 000 € HT**

Equipement spécifique :

Budget pour la réalisation des microcosmes: **10 500 € HT**

1 four d'hybridation pour les analyses des groupes phylogénétiques des procaryotes hétérotrophes: **3 200 € HT**

Equipement mi-lourd :

Les équipements nécessaires à la campagne océanographique BOUM demandés en 2006 et actuellement acquis sont le laser OPC (demande F. Carlotti), la série des 6 APO (Oxygen Productivity Auto Sampler (demande D. Lefevre), le CHN LECO 900 (demande A. Sciandra).

L'analyseur de nitrate ISUS est prêté par la société Satlantic (M. Lewis). Le projet BOUM soutient la demande conjointe de deux entrants au CNRS, Karine Leblanc et Tsunéo Tanaka, concernant l'acquisition d'un spectrofluorimètre UV SHIMADZU (24 000 € HT), et celle de Gaby Gorsky concernant la finalisation de la construction du miniPVM adaptable sur la rosette (38 920 € HT).

Rapport d'évaluation de la campagne : BOUM

ANNEXE 4

et réponse de la communauté BOUM

Demandeurs : T. MOUTIN / F. VAN WAMBEKE, COM, Marseille

Classement : Prioritaire 2b

Avis de la commission

L'objectif de cette campagne est l'étude de la production biologique et de son devenir en milieu oligotrophe avec comme objectifs particuliers : l'évaluation de l'impact des macro et micronutriments sur la structure de la chaîne trophique et le suivi de la transformation de la matière organique dans la chaîne trophique. Le projet est basé sur l'étude d'un transect longitudinal et de 4 sites représentant différents écosystèmes contrastés caractéristiques d'une zone oligotrophe de la mer Méditerranée. Le choix des zones est justifié par les résultats obtenus lors des campagnes précédentes (MINOS, PROSOPE). Cette campagne propose de répondre à des questions actuelles concernant le couplage / découplage entre les processus d'apports et de perte de carbone et d'éléments nutritifs dans la couche éclairée.

L'approche proposée est pluridisciplinaire et repose sur l'évaluation des relations entre la structure de la chaîne trophique, la transformation de la matière organique et la disponibilité des nutriments. Cette approche est également justifiée par les résultats antérieurs et apparaît nécessaire pour répondre aux questions posées. La présentation des objectifs généraux est ensuite beaucoup plus difficile à évaluer avec 5 objectifs, et pas moins de 51 questions posées, questions restant cependant peu spécifiques.

Avant de répondre point par point aux commentaires, nous tenons à rappeler que cette première demande OPCB avait été présentée avant le dépôt du dossier à LEFFE CYBER et l'acceptation du projet par le programme européen SESAME. Elle a depuis été largement modifiée et les objectifs ont été clarifiés (voir résumé des principaux objectifs et résultats escomptés page 6).

Quelques points critiques à souligner :

- Tous les objectifs (excepté le 4) sont supposés donner des réponses générales alors que la campagne est demandée durant une période de stratification. Cette limitation doit apparaître dans la proposition.

Ceci a été clairement pris en compte.

- La caractérisation physique et optique de la couche supérieure est un point critique dans un océan probablement stratifié. Les résultats obtenus lors de l'acquisition des paramètres physiques et optiques ne sont pas clairement reliés à l'objectif.

Un des 3 principaux objectifs est d'obtenir une représentation satisfaisante des principaux flux biogéochimiques (C,N,P,Si) et de la dynamique du réseau trophique planctonique dans des environnements oligotrophes contrastés. La physique contraint la disponibilité nutritive et la lumière contrôle la photosynthèse. Les résultats attendus de la description physique et optique de la couche de surface sont fortement reliés aux objectifs de la campagne.

- Le compartiment atmosphérique n'est pas pris en compte. Durant la période oligotrophe, la poussière saharienne pourrait représenter un apport important de nutriments vers la couche de surface et jouer ainsi un rôle important.

Les apports de poussière saharienne sont extrêmement ponctuels dans le temps (l'apport annuel peut se faire en quelques heures) et nous n'avons donc pas prévu de mesures à bord de ces apports que nous avons peu de chance d'observer en 35 jours. En revanche, nous allons étudier la contribution de la fixation d'azote atmosphérique dans l'apport d'azote dans la couche éclairée, et l'impact de l'apport de poussière saharienne sur ce processus (expériences en microcosmes).

- Le fonctionnement de l'écosystème dans la couche mésopélagique est présent dans différents objectifs. Il aurait été intéressant et plus clair de rassembler les différentes contributions à l'étude de cet environnement peu connu, dans une seule partie.

Le comité CYBER a considéré que l'originalité thématique résidait prioritairement dans l'étude de la diazotrophie, tant au niveau de sa mesure que de la connaissance des organismes responsables de cette fonction (biologie moléculaire) et de son contrôle par la disponibilité nutritive. Les bilans de production (flux d'oxygène) et la meilleure prise en compte de la physique dans l'étude des processus ont également été mis en avant. En conséquence, la priorité est clairement donnée pour la couche éclairée au niveau de l'étude des processus. Néanmoins, nous proposons une description longitudinale des variables biogéochimiques pertinentes pour l'étude de la production et du devenir de la matière organique de la surface jusqu'au fond de Gibraltar jusqu'à l'extrémité orientale de la Méditerranée. La zone mésopélagique sera ainsi décrite longitudinalement sur l'ensemble de la mer Méditerranée. Bien que non prioritaire, l'étude du fonctionnement de l'écosystème dans la zone mésopélagique sera tout de même abordée au niveau des 3 stations longues. L'objectif est d'évaluer la fraction de matière organique minéralisée hors de la couche de surface et d'étudier les effets de la pression hydrostatique sur la minéralisation. L'utilisation de la matière organique dissoute et la dégradation des particules en cours de chute seront étudiés en relation avec la diversité des procaryotes hétérotrophes (bactéries et archaeae).

- L'étude de la structure des communautés microbiennes est présentée : sur quels échantillons, avec quelles méthodes ?

Outre les analyses taxonomiques classiques (microzooplancton, mesozoplancton, microphytoplancton) où les espèces sont identifiées par microscopie, des approches moléculaires sont mises en œuvre pour étudier la diversité des procaryotes hétérotrophes et autotrophes, des bactéries aérobies anoxygéniques photosynthétiques (AANP), des coccolithophoridés, des picoeucaryotes, des phages. Des groupes phylogénétiques sont identifiés par hybridation in situ (fixateurs, d'azote, procaryotes hétérotrophes, coccolithophoridés, picoeucaryotes). L'étude de la diversité de certains gènes (pufM pour les AANP, nifH pour les fixateurs d'azote), donnent des informations sur la diversité métabolique des microorganismes, et d'autres gènes (recA, ftsZ, rbcL pour les cyanobactéries) donnent des informations sur les dommages ADN suite au stress des UV, sur le taux de croissance et sur le taux de fixation du carbone, respectivement. Des techniques de séparation d'ADN extrait (DGGE pour les virus, SSCP pour les procaryotes hétérotrophes) donnent une information sur la diversité des microorganismes et permettent ensuite éventuellement d'extraire des bandes caractéristiques et de faire du clonage/séquençage. Enfin, du clonage/séquençage est également prévu sur certains prélèvements de coccolithophoridés,

BOUM
PROPOSITION DE CAMPAGNE A LA MER
IFREMER - IPEV - IRD

d'AANP et de procaryotes hétérotrophes. Ces familles de techniques, surtout les 2 dernières, sont onéreuses et prennent du temps, et conditionnent la stratégie d'échantillonnage.

De façon systématique, l'étude de la structure des communautés microbienne sera réalisé au moins une fois sur un, voire 2 profil verticaux des 3 stations longues, mais des mesures de diversité plus « accessibles », par des techniques d'hybridation in situ par exemple seront réalisées également lors des expériences d'enrichissement et/ou sur une partie des stations courtes (environ une dizaine) sur 1 à 3 niveaux seulement, en concertation avec les expérimentateurs. Il sera donc possible de comparer ces structures sur un gradient vertical et horizontal.

Un tableau récapitulatif des méthodes qui seront employées a été rajouté dans le document 4, partie analyse et traitement des échantillons à bord et à terre. Le détail de l'ensemble des analyses et leur nombre figurent en annexe 3.

La campagne s'intègre dans le projet européen soumis SESAME. La présentation rapide de SESAME aurait permis de situer BOUM dans SESAME et de situer son intégration avec d'autres campagnes du projet.

La campagne BOUM est une des deux campagnes retenues pour le partenaire français dans le cadre du programme européen SESAME présenté page 35 dans la nouvelle version du projet.

La stratégie propose 32 stations courtes et 4 stations longues et apparaît bonne pour répondre aux objectifs du projet. Les 4 stations longues seront choisies en fonction de leurs caractéristiques physiques (faibles courants). Il serait important de choisir ces stations en considérant également leur productivité pour être sûr de décrire un gradient oligotrophe à ultra oligotrophe. La stratégie "adaptative" est intéressante et l'identification des hotspots devrait être effectuée en fonction des données existantes afin de créer des répétitions (MINOS, PROSOPE, ...).

Il est en effet important de choisir les stations en considérant leur productivité et ceci semble relativement acquis si l'on considère les résultats obtenus au cours de la campagne MINOS (figure 2). Pour tenir compte à la fois des remarques du comité CYBER (priorité pour la partie orientale de la Méditerranée et difficulté de prendre en compte la station en Mer d'Alboran dans un contexte d'oligotrophie), et de la nécessité de travailler dans un gradient d'oligotrophie, nous proposons de réduire à une station longue très centrale (coeur de tourbillon au sud des îles Baléares) notre étude de processus en mer Méditerranée occidentale. Ceci nous permet de rajouter une radiale côte (embouchure du Rhône)-large et de nous ajuster pleinement aux objectifs SESAME, avec les deux avantages de permettre un embarquement probable proche de Marseille, et la possibilité d'échantillonner deux fois la station centrale en Méditerranée occidentale. Les deux jours de transit après cette station pourront ainsi être plus facilement valorisés. Nous profiterons des derniers acquis des campagnes EGYPT pour repositionner au mieux les deux sites d'études en mer Méditerranée orientale. Compte tenu de ces modifications, il est prévu maintenant d'étudier 3 stations longues et 42 stations courtes.

La stratégie présentée aurait mérité d'être plus précise : la justification des stations longues et courtes, des expérimentations à 24 et 96 h n'est pas ramenée aux questions posées et aux résultats attendus.

La stratégie de la campagne est « construite sur un mode assez classique et bien rodé, avec des stations de stocks et des sites (en petit nombre) sur lesquels les flux sont estimés (CS CYBER) ». Une attention particulière a été apportée dans la nouvelle version pour mieux expliquer notre volonté de réaliser une description à l'échelle de la Méditerranée (stations courtes de quelques heures) et une étude de processus dans 3 environnements oligotrophes contrastés (stations longues de plusieurs jours).

Les méthodes analytiques ne sont pas du tout décrites alors que (p14 obj. 3.1 : "nutrients concentrations are very low in oligotrophic habitats, these measurements are very difficult and represent a challenge by themselves"). Elles apparaissent seulement dans la bibliographie avec une rubrique spécifique.

Un tableau récapitulatif des méthodes qui seront employées a été rajouté dans le document 4, partie analyse et traitement des échantillons à bord et à terre. La description détaillée de chaque méthode fait généralement l'objet d'une publication référencée. Le détail de l'ensemble des analyses qui seront effectuées figure en annexe 3.

Il n'est pas fait mention d'escale intermédiaire durant la campagne. L'équipe embarquée est composée de 42 scientifiques et ne peut être accueillie ni sur l'Atalante, ni sur le Pourquoi pas ? (40 places). Certains scientifiques sont également pressentis sur 2 voire 3 autres dossiers de demande pour des périodes identiques.

Il n'est en effet pas prévu d'escale. L'équipe embarquée est composée actuellement de 39 scientifiques pour permettre l'embarquement d'un observateur éventuel ou d'un reporter.

Ce projet présente des objectifs scientifiques très intéressants ainsi qu'une approche pluridisciplinaire. Le dossier manque cependant de précisions notamment quant à la stratégie à mettre en oeuvre et aux résultats attendus.

Après discussion et vote, la commission a classé ce dossier "P2B" et suggère aux demandeurs d'étoffer le dossier pour une nouvelle présentation en 2007.