



CENTRE NATIONAL D'ÉTUDES SPATIALES

**PROPOSITION DE RECHERCHE  
SCIENTIFIQUE SPATIALE**

**POUR 2013**

Le dossier doit être impérativement approuvé par le Directeur du laboratoire proposant. Chaque dossier de proposition doit comporter 3 fichiers portant le même nom : un formulaire word, un formulaire excel et la fiche résumé du formulaire excel signée par le Directeur du laboratoire et scannée au format pdf.

## 1. RENSEIGNEMENTS GENERAUX

### 1.1. INTITULE DE LA PROPOSITION<sup>1</sup>

**VITEL (Vietnam TELétection) :**

**Algorithmes bio-optiques de qualité d'eaux côtières**

### 1.2. SCIENTIFIQUE PROPOSANT

Nom : **OUILLO**  
Prénom : Sylvain  
Téléphone : +84 125 813 47 45  
e-mail : [sylvain.ouillon@legos.obs-mip.fr](mailto:sylvain.ouillon@legos.obs-mip.fr)  
Nom du Laboratoire : **UMR LEGOS**  
Adresse : 14 avenue Edouard Belin  
31400 TOULOUSE  
Organisme de tutelle : CNES – CNRS – IRD - Univ. Paul-Sabatier  
Organisme gestionnaire : IRD

### 1.3. CO-PROPOSANTS<sup>2</sup>

Nom : **LAN**  
Prénom : Tran Dinh  
Téléphone : + 84 31 35 65 026/35 64 892  
e-mail : [lantd@imer.ac.vn](mailto:lantd@imer.ac.vn)  
Nom du Laboratoire : **IMER Institute of Marine Environment and Resources**  
Adresse : 246 Da Nang street  
Haiphong city, Vietnam  
Organisme de tutelle : VAST Vietnam Academy of Science and Technology  
Organisme gestionnaire :

---

Nom : **TONG**  
Prénom : Phuoc Hoang Son  
Téléphone : +84 914 17 60 20  
e-mail : [tongphuochoangson@gmail.com](mailto:tongphuochoangson@gmail.com)  
Nom du Laboratoire : **National Institute of Oceanography (NIO)**  
Adresse : 1 Cau Da  
Nha Trang city, Vietnam  
Organisme de tutelle : VAST Vietnam Academy of Science and Technology  
Organisme gestionnaire :

---

Nom : **LOISEL**  
Prénom : Hubert  
Téléphone : 03 21 99 64 20  
e-mail : [hubert.loisel@univ-littoral.fr](mailto:hubert.loisel@univ-littoral.fr)  
Nom du Laboratoire : **UMR 8187 LOG, CNRS-ULCO**  
Adresse : 32 avenue Foch  
62930 WIMEREUX  
Organisme de tutelle : CNRS - ULCO - Univ. Sci. Tech Lille 1  
Organisme gestionnaire : ULCO

---

Nom : MARI  
 Prénom : Xavier  
 Téléphone : +84 165 996 51 60  
 e-mail : xavier.mari@ird.fr  
 Nom du Laboratoire : UMR ECOSYM, CNRS-IRD-Univ. Montpellier 1-Univ. Montpellier 2  
 Adresse : IRD – Van Phuc Diplomatic compound 2G/202  
 298 Kim Ma, Ba Dinh  
 Hanoi, Vietnam  
 Organisme de tutelle : IRD  
 Organisme gestionnaire : IRD

## 2. PROPOSITIONS NOUVELLES<sup>3</sup>

## 3. PROJETS ENGAGES<sup>4</sup>

### 3.1. RAPPEL DES OBJECTIFS SCIENTIFIQUES<sup>5</sup>

#### Objectif scientifique général

---

Les applications spatiales côtières en couleur de l'eau, telle la cartographie des concentrations en Matières En Suspension (MES) et en Chlorophylle-a (Chla), servent de support aux études de qualité d'eau et de dynamique particulaire (érosion, envasement des chenaux et des ports, évolution de trait de côte). Il n'existe cependant pas encore à l'heure actuelle d'algorithmes optiques globaux permettant de cartographier avec une précision satisfaisante les paramètres de qualité d'eau sur l'ensemble des zones côtières (IOCCG 2000, Acker et al. 2005). La difficulté tient notamment à la grande diversité des teneurs des eaux côtières en MES, en phytoplancton et en carbone organique dissous coloré (CDOM) qui déterminent leurs propriétés optiques.

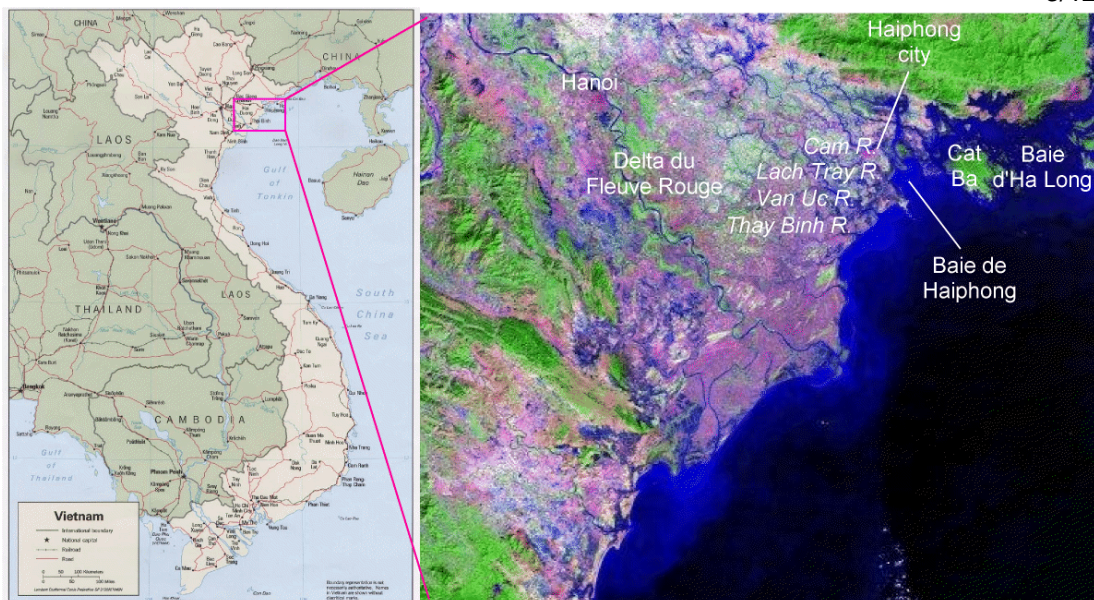
Le projet vise à améliorer les algorithmes bio-optiques applicables aux eaux côtières pour les paramètres standards et à proposer des algorithmes supplémentaires pour quantifier de nouveaux paramètres tels un indice de la distribution granulométrique des MES et leur teneur en matière organique. Le développement de ces algorithmes s'appuie sur une démarche semi-analytique qui fait intervenir des modèles optiques simplifiés, les propriétés optiques inhérentes spécifiques en eaux côtières (e.g. Babin et al. 2003a, 2003b; Stramski et al. 2004, Neukermans et al. 2012) et des mesures *in situ* complémentaires pour calibration complète (e.g. Park et Ruddick, 2005; Nechad et al, 2010). Cette démarche requiert la collecte et l'analyse des propriétés optiques des masses d'eau et la mesure concomitante de paramètres optiques, physiques et biologiques *in situ*.

Nous visons une précision dans l'inversion des paramètres de l'ordre de 20 à 30%, ce qui est l'objectif affiché par la NASA dans l'application d'algorithmes côtiers globaux. Une incertitude du même ordre est déjà obtenue pour quantifier la Chlorophylle-a hors panaches et, localement, pour estimer la teneur en MES par des algorithmes empiriques (Ouillon 2003, Ouillon et al. 2004, 2008).

L'objectif scientifique général du projet est de définir et valider de nouveaux algorithmes bio-optiques côtiers d'application la plus large possible (i.e. pour des gammes de turbidité et de teneurs en Chla et en CDOM très étendues). Cet objectif se décline en quatre points :

- (1) l'établissement d'algorithmes bio-optiques régionaux pour les MES et la Chla à partir de mesures spectroradiométriques, physiques et biologiques dans une large gamme de turbidité, teneurs en phytoplancton et en CDOM, d'une part, et d'un algorithme global pour quantifier les MES des eaux côtières tropicales, d'autre part, en joignant les mesures réalisées dans le cadre du projet VITEL à des mesures d'archives réalisées par l'équipe proposante en Nouvelle-Calédonie, à Fidji et à Cuba,
- (2) l'analyse de la sensibilité du signal optique (réflectance et propriétés optiques inhérentes - IOPs) des MES à leur teneur en matière organique : observe-t-on une modification des algorithmes en fonction du rapport POC/MES (où POC est le Carbone Organique Particulaire) ou du rapport POM/MES (où POM est la Matière Organique Particulaire) ?,
- (3) l'étude des variations granulométriques induites par les processus de floculation et désagrégation dans le gradient de salinité des panaches fluviaux : ont-elles un impact sensible sur la signature optique des MES et sur les algorithmes d'inversion ?,
- (4) l'établissement d'algorithmes semi-analytiques pour les paramètres standards (MES, Chl-a, CDOM) et pour de nouveaux paramètres (indice de distribution granulométrique, teneur en matière organique), à partir des IOPs mesurées *in situ* et de modélisation du transfert radiatif.

Les mesures sont principalement réalisées lors de deux campagnes en mer dans le Golfe du Tonkin (saison sèche / saison humide) sur des navires vietnamiens (Fig. 1). Des campagnes complémentaires sont proposées dans et à proximité du panache du Mékong.



**Fig. 1** Situation générale du delta du Fleuve Rouge, au Nord-Ouest du Golfe du Tonkin, et zone d'étude principal : partie orientale du delta + baie de Haiphong et baie d'Ha Long, de part et d'autre de l'île de Cat Ba.

## Participants au projet

### FRANCE

UMR LEGOS (Hanoi) : S. Ouilon DR2 IRD, J.P. Lefebvre IR1 IRD  
 UMR LOG (Wimereux, Univ. Littoral Cote d'Opale) : H. Loisel PR ULCO, X.Meriaux IE ULCO  
 UMR ECOSYM (Hanoi) : X. Mari CR1 IRD, J.P. Torrétton DR1 IRD  
 UMR BIOEMCO (Hanoi) : E. Rochelle-Newall CR1 IRD, J.L. Janeau IE IRD  
 UMR GET (Toulouse) : J.M. Martinez CR1 IRD  
 UMR MIO (Marseille) : A. Petrenko MC Univ. Aix-Marseille

### IMER

Tran Dinh Lan, Directeur adjoint de l'IMER, Resp. Département *Physique Marine*  
 Nguyen Van Thao, Resp. Département *Téledétection et bases de données marines*  
 Chu Van Thuoc, Resp. Département *Plancton et microorganismes marins*  
 Vu Duy Vinh, chercheur, Département *Physique Marine*

### NIO

Tong Phuoc Hoang Son, Resp. Département *Remote Sensing*  
 Pham Minh Thu, chercheur, Département *Ecology and Environment*,  
 Pham Thi Phuong Thao, chercheuse, Département *Marine physics*

Les scientifiques vietnamiens partenaires du projet appartiennent aux deux instituts océanographiques du Vietnam : l'Institute of Marine Environment and Resources (IMER) basé à Haiphong (Nord Vietnam) et le National Institute of Oceanography (NIO) de Nha Trang (Centre-Sud Vietnam). Ces deux laboratoires ont peu d'instrumentation optique marine mais développent de nombreuses applications en télédétection soit pour des besoins thématiques (cartographies d'habitats, qualité de l'eau des zones aquacoles, évolution du trait de côte, suivi des mangroves), soit dans le cadre de la gestion intégrée des zones côtières.

Outre les collaborations françaises initiées dans le cadre du projet, VITEL aussi pose les bases d'une collaboration durable entre les scientifiques français et vietnamiens dans le domaine de la télédétection côtière.

## 3.2. ETAT D'AVANCEMENT DU PROJET<sup>6</sup>

### Bilan des actions effectuées

Malgré un financement par le TOSCA en 2010, pour des raisons logistiques, la phase d'acquisition de données de terrain du projet n'a pu effectivement démarrer qu'en 2011 quand le porteur du projet a été affecté à Hanoi par l'IRD.

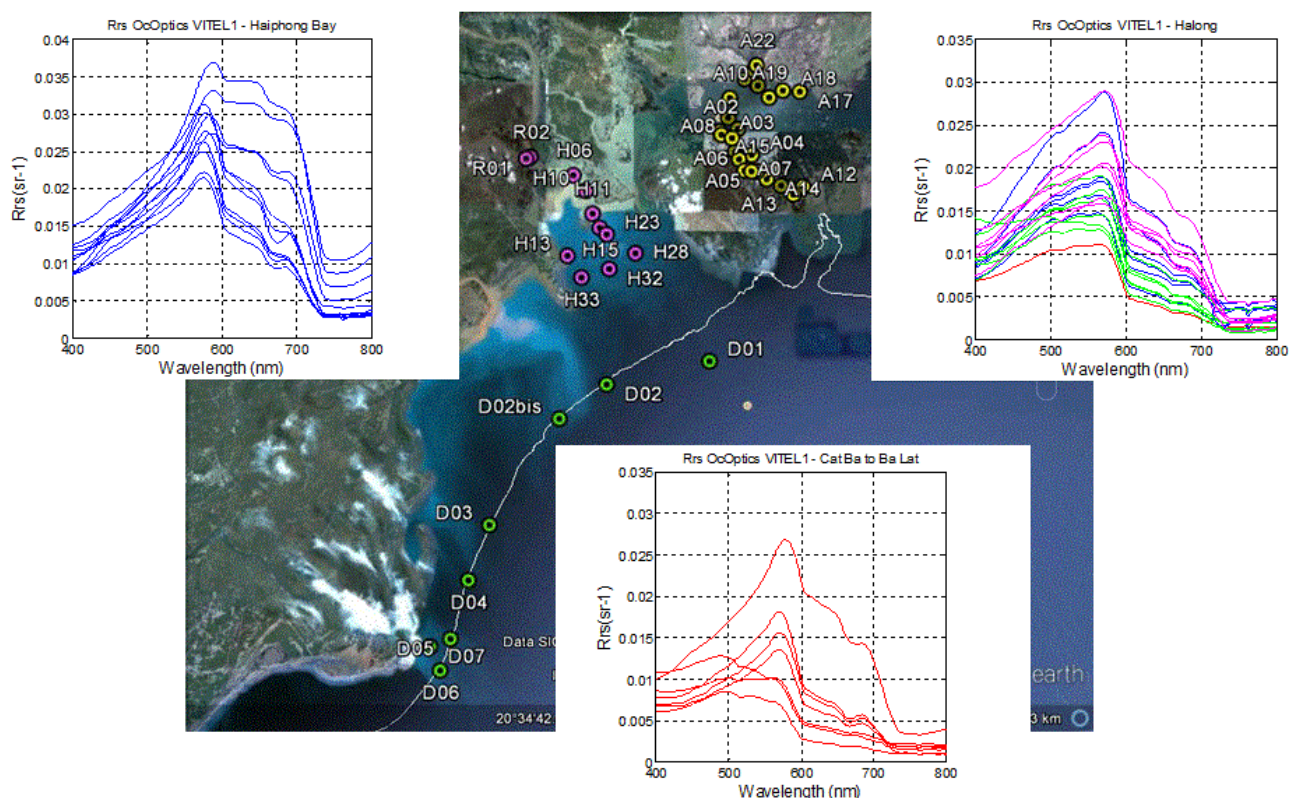
La campagne de mesure VITEL1 a été organisée en saison sèche. Elle s'est déroulée avec succès du 7 au 18 novembre 2011 sur trois zones et trois bateaux successifs : en baie d'Ha Long, en baie de Haiphong et dans le golfe du Tonkin autour et dans le panache du Fleuve Rouge.

41 stations de mesure ont été échantillonnées (Fig. 2) :

- 23 en baie d'Halong (7-10 nov. 2011)
- 7 suivant l'isobathe 20m entre l'île de Cat Ba et l'embouchure principale du Fleuve Rouge à Ba Lat (12 nov.)
- 11 dans la baie de Haiphong et l'estuaire de la Cam-Bach Dang River (14-15 nov.)

Elles ont été complétées de 14 mesures en un point fixe durant un cycle de marée (ici diurne) à l'embouchure de la Cam-Bach Dang River (16-17 nov.) : toutes les heures et demie dans la journée (6h-21h) et toutes les trois heures de 21h à 6h.

Les mesures effectuées ont fourni une gamme étendue d'IOPs permettant à la fois les développements algorithmiques attendus, mais aussi l'analyse de la variabilité spatiale et temporelle (en un point estuarien) des paramètres bio-optiques.



**Fig. 2** Stations échantillonnées durant les trois legs de la campagne VITEL1 (7-18 Nov. 2011) et réflectances de surface mesurées durant chaque legs à l'aide d'un spectroradiomètre OceanOptics USB2000.

Sur chaque station ont été effectuées les mesures suivantes :

- spectres de réflectance de télédétection sub-surface (Trios RAMSES, 320-950 nm, 256 canaux),
- spectres de réflectance de télédétection au-dessus de la surface (USB2000 Ocean Optics, 350-1100 nm, 2048 canaux), suivant le protocole de Mobley (1999),
- réflectance multispectrale et épaisseur optique des aérosols (SIMBADA),
- profils de température, salinité, turbidité, fluorescence, PAR (CTD SBE 19+),
- profils de  $b_b$  (Wetlabs BB9),  $c$  (Wetlabs CSTAR), CDOM (Wetlabs FLCDOM), Chl-a (Wetlabs FLCHL),  $a$  et  $c$  (Wetlabs ACs),
- profils de concentration volumique en particules, d'atténuation à 670 nm et de distribution de tailles des MES (LISST-100 X),
- profondeur du disque de Secchi,
- concentrations massiques en MES, Matière Organique Particulaires en suspension (POM), Matière Inorganique Particulaires en suspension (PIM), Chla, Carbone Organique Particulaires (POC), mesures de CDOM et Carbone Organique Dissous (DOC) à deux profondeurs au moins (surface + 3m ou 5m suivant station) à partir d'eau prélevée à l'aide de bouteilles Niskin. Les filtrations ont eu lieu à bord et les filtres immédiatement stockés dans une bouteille d'azote liquide pour cryogénéation, à l'exception des filtres destinés aux mesures de MES.

Les concentrations en MES ont été mesurées par filtration, séchage et pesée, systématiquement sur deux types de filtre : filtres en polycarbonate (porosité 0.4  $\mu\text{m}$ ) et filtres GF/F (porosité 0.6  $\mu\text{m}$ ) (S. Ouillon, cf Fig. 6). Les concentrations en POC seront déterminées à l'aide d'un autoanalyseur CHN au LOG (X. Mériaux) Les concentrations en Chla ont été mesurées par fluorimétrie à l'IMER (J.P. Torréton, X. Mari). Le CDOM a été mesuré au fluorimètre Turner par E. Rochelle-Newall et sera mesuré au spectrophotomètre Perkin-Elmer à

l'ENS-Paris, afin de vérifier la relation entre fluorescence du CDOM et absorption (Rochelle-Newall et Fisher 2002). Les propriétés optiques inhérentes (absorption, diffusion, atténuation) ont été mesurées par H. Loisel et X. Mériaux, les paramètres physiques (CTD, LISST) par J.P. Lefebvre. Les spectres de taille de particules après défloculation seront mesurés en laboratoire (X. Mari, J.P. Lefebvre, S. Ouillon). Une analyse taxonomique est également en cours (Chu Van Thuoc, IMER).

Une évolution du projet VITEL doit être mentionnée. En 2011, une fois le financement du projet VITEL par le TOSCA acquis, a été déposé à l'ANR le projet GLOBCOAST (P.I. H. Loisel). Ce projet vise à estimer et analyser la variabilité biogéochimique des eaux côtières globales par télédétection spatiale aux échelles saisonnière, interannuelle et décennale ainsi que son impact sur les niveaux trophiques supérieurs. En complément d'une analyse globale, une analyse détaillée est prévue sur 4 sites-ateliers dont les côtes vietnamiennes. GLOBCOAST complète parfaitement VITEL puisqu'il en permet une extension vers la télédétection et inclut le test d'algorithmes développés dans le cadre de VITEL sur des images MERIS.

GLOBCOAST a été financé par l'ANR et a débuté le 1<sup>er</sup> janvier 2012 pour une durée de trois ans (cf <http://www.foresea.fr/globcoast/>). Puisqu'il inclut également le sud Vietnam sous influence du Mékong, nous proposons de réaliser en co-financement ANR et TOSCA VITEL deux campagnes de mesures optiques dans l'estuaire et le panache du Mékong (location de bateau et une partie des missions financées par l'ANR, analyses et une partie des missions par le TOSCA). Le jeu de données résultant complètera les mesures VITEL pour les développements algorithmiques sur une zone d'influences terrigènes et climatiques différentes (avec variantes biogéochimiques). Une campagne de faisabilité MEKONG1 a été organisée les 3 et 4 mars 2012 au cours de laquelle nous avons mesuré les mêmes paramètres qu'au cours de la campagne VITEL1 sur 14 stations (8 de jour et 6 de nuit, cf Fig. 3). Cette campagne de 48h nous a permis d'envisager la logistique de deux campagnes que nous proposons d'organiser dans le cadre du projet VITEL, en saison des pluies en 2013 et en saison sèche en 2014.

Le projet VITEL bénéficie également d'un support exceptionnel du PNTS qui nous a permis d'acquérir en 2011 un spectroradiomètre TRiOS (projet OPCAL, dotation de 24 keuros).



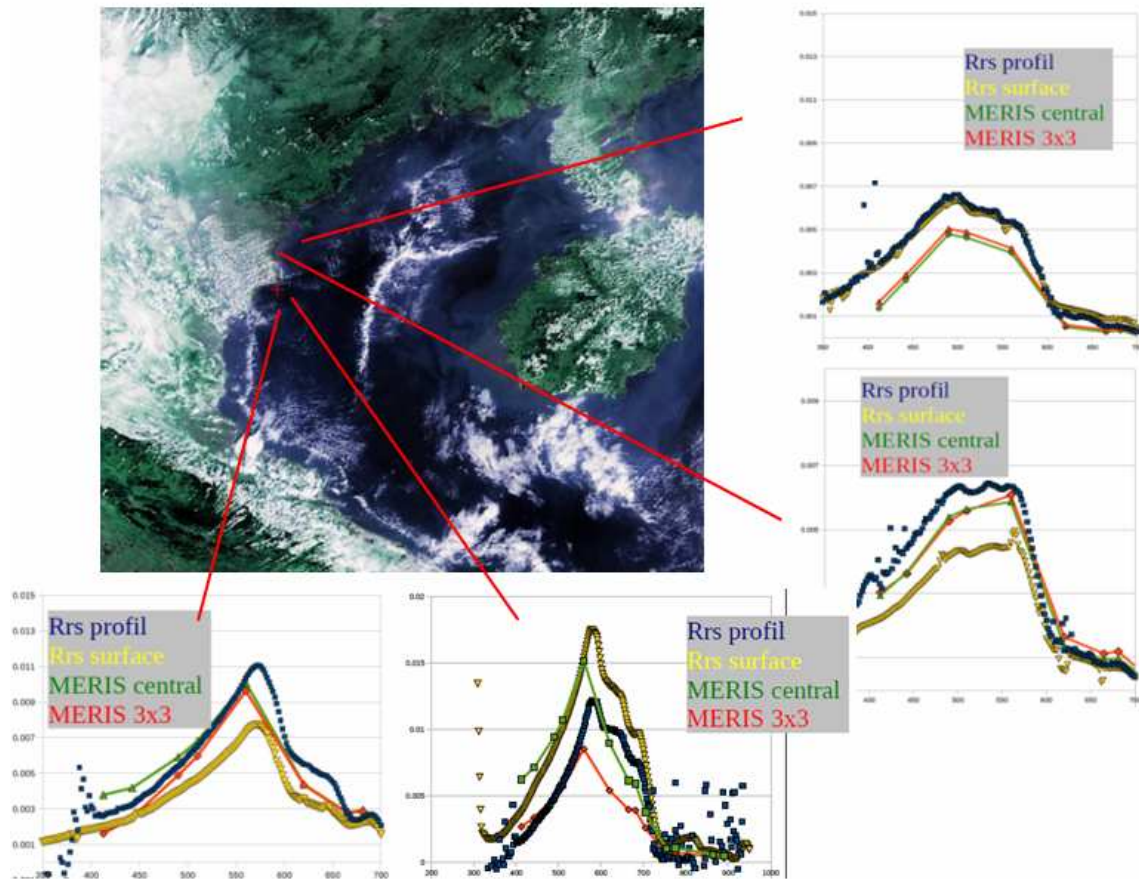
**Fig. 3** Stations de mesure réalisées dans le cadre de la pré-campagne bio-optique MEKONG1 dans l'estuaire et le panache du Mékong en mars 2012.

## Analyses en cours

### Radiométrie

Les  $R_{rs}$  mesurées à partir des trois radiomètres et de leurs protocoles (TRiOS sub-surface, OceanOptics et SIMBADA « above water ») sont en cours de comparaison. Les spectres sont semblables, les valeurs obtenues à l'aide du spectroradiomètre OceanOptics parfois supérieures de 10 à 15% à celles obtenues avec le TRiOS. L'analyse comparée systématique est en cours.

Une seule image MERIS acquise au cours de la campagne VITEL1 est disponible sans nuage. Elle a été fournie par le projet-compagnon GLOBCOAST et a permis d'effectuer un match-up des données du 12 novembre 2011 sur la radiale entre Cat Ba et l'embouchure principale du Fleuve Rouge (Fig. 4). Les comparaisons sont très satisfaisantes.



**Fig. 4** Match-up sur la zone d'étude, 12 nov. 2011, entre données MERIS et  $R_{rs}$  mesurées à l'aide du TRIOS.

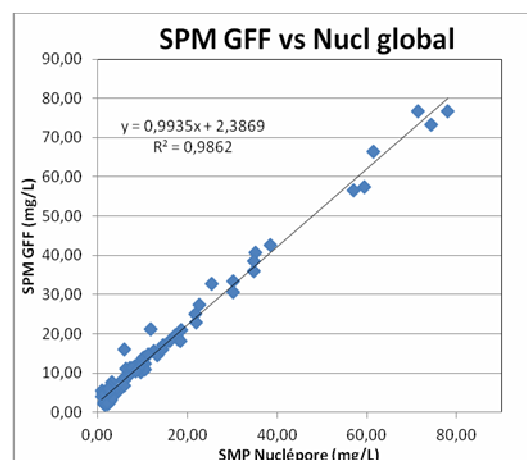
#### Variabilité des paramètres de qualité d'eau et des IOPs

L'assemblage de photos de couleur de l'eau prises lors de 36 stations de la campagne VITEL1 (Fig. 5) donne un aperçu de la variabilité des masses d'eaux échantillonnées en un court laps de temps (12 jours) et sur de courtes distances (<100 km entre les deux stations les plus éloignées). Les gammes échantillonnées sont de 0.86 mg/L à 78.1 mg/L pour les MES (Fig. 6) et de 0.92 mg/m<sup>3</sup> à 12.2 mg/m<sup>3</sup> en Chl-a. La forte variabilité que nous attendions, qui justifiait le site d'étude, a bien été au rendez-vous, même en saison sèche. Elle devrait être plus forte lors de la campagne VITEL2.

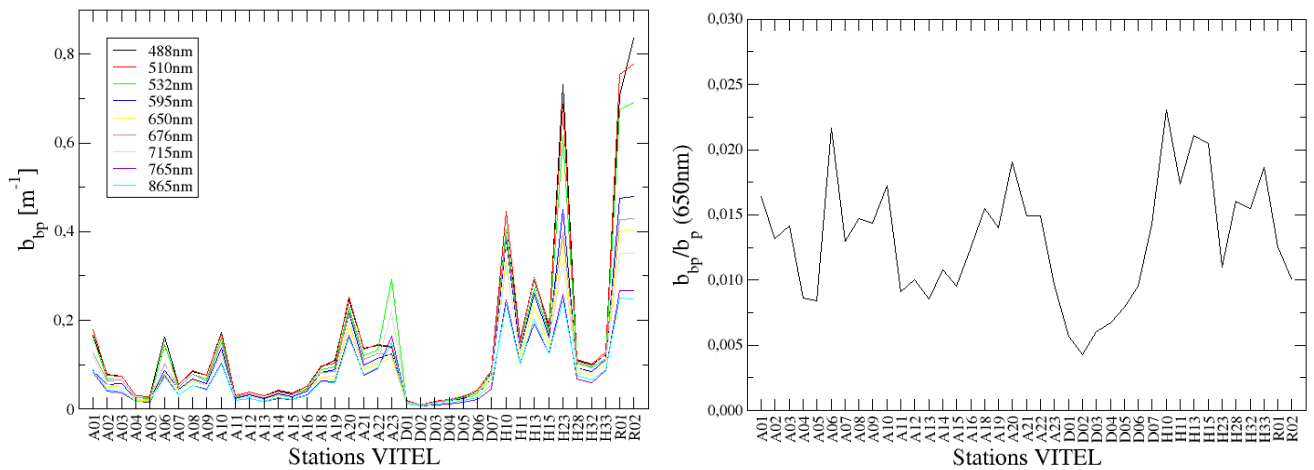
La variabilité est également importante sur les IOPs mesurées tant en valeur absolue (un facteur 80 sur  $b_{bp}$ ) qu'en valeur relative (un facteur 4.5 sur  $b_{bp} / b_p$  à 650 nm) (Fig. 7).



**Fig. 5** Variabilité des eaux échantillonnées pendant VITEL1



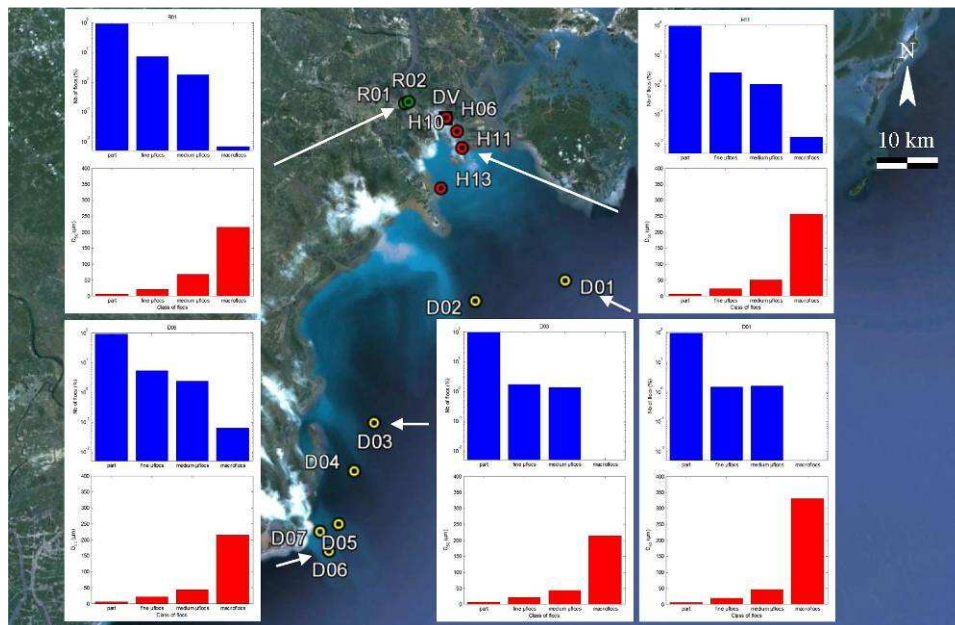
**Fig. 6** Comparaisons des MES mesurées sur deux types de filtres différents pendant VITEL1



**Fig. 7** Variations de  $b_{bp}$  (en  $m^{-1}$ , à gauche) et de  $b_{bp} / b_p$  à 650 nm (à droite) pendant la campagne VITEL1. Stations Axx : baie d'Ha Long, Dxx : radiale Cat Ba-Ba Lat, Hxx : baie d'Haiphong, Rxx : estuaire de la Cam-Bach Dang

Dans un projet précédent (HAIPHONG, financé par EC2CO), nous avons montré la variabilité significative de l'agrégation dans l'estuaire de la Cam-Bach Dang River et l'avons expliqué en fonction des gradients de salinité et de turbulence (Mari et al. 2012, Lefebvre et al. 2012). Dans le projet VITEL, nous étudierons l'impact de cette variabilité sur les paramètres optiques et déterminerons s'ils modifient, et comment, les IOPs et donc les algorithmes de quantification des MES. L'état d'agrégation sera déterminé en comparant les spectres de tailles *in situ* (Fig. 8) et en labo, après défloculation (sonication + pyrophosphate) suivant un protocole éprouvé (Jouon et al. 2008). Une campagne de faisabilité de mesures simultanées d'optique et de turbulence dans la colonne d'eau (à l'aide d'un SCAMP) est prévue à l'automne 2012 dans l'estuaire de la Cam-Bach Dang et la baie de Haiphong (A. Petrenko). Si cette pré-campagne donne des résultats probants, nous incluons les mesures de turbulence *in situ* lors de la campagne VITEL2.

La sensibilité des IOPs à la teneur en matière organique et en carbone organique fera par ailleurs l'objet d'une analyse détaillée, à partir des rapports POM/MES et POC/MES.



**Fig. 8** Distribution granulométrique *in situ* simplifiée des MES mesurée pendant VITEL1 sur quelques stations, les particules ayant été regroupées en 4 classes correspondant aux flocculi, aux petits microflocs, aux grands microflocs, et aux macroflocs. En bleu la distribution granulométrique en nombre de particules par volume (échelle log), en rouge le diamètre médian de chacune des 4 classes.

### Développements algorithmiques envisagés

Le développement algorithmique suivra deux pistes complémentaires : une voie empirique (e.g. Ouillon et al 2008) et une voie semi-analytique (e.g. Nechad et al, 2010). La voie semi-analytique s'appuie sur les mesures d'IOPs et sur la modélisation de transfert radiatif (licences Hydrolight disponibles au LEGOS et au LOG).

Si nécessaire, un fractionnement des algorithmes par types d'eaux sera proposé suivant les classifications

optiques existantes (e.g. Lahet et al. 2001a, 2001b; Feng et al. 2005, Lubac et Loisel 2007). Il pourra également faire intervenir, sur les eaux les moins chargées, un paramètre intermédiaire autre que la concentration de surface, la "concentration optiquement équivalente", suivant une méthode adaptée aux capteurs à larges bandes spectrales comme SPOT (Ouillon 2003). Des comparaisons aux algorithmes régionaux établis en eaux turbides (Doxaran et al 2002a, 2002b, 2006, Chen et al 2007) seront également réalisées.

Le développement algorithmique sera réalisé pour une large variété de capteurs susceptibles d'être utilisés en océanographie littorale et côtière tels que SPOT, Formosat-2, Landsat TM, Landsat ETM+, à haute résolution spatiale (uniquement algorithmes de MES), et MODIS, MERIS, OCM-2, SGLI, VIIRS, à haute résolution spectrale (algorithmes de MES -concentration, taille, contenu en MO- et de Chla). Nous testerons également la pertinence de l'indice TDT bâti à partir de la Chl-a, de la profondeur et de la turbidité (Dupouy et al. 2010) pour déterminer sur quelles zones les algorithmes généraux de quantification de la Chl-a sont ou non applicables.

### **Demande de financement 2013**

---

L'essentiel de la demande concerne la campagne VITEL2 que nous organiserons en saison des pluies en juin 2013. L'ensemble du matériel est déjà à disposition de l'équipe proposante. La demande financière recouvre les frais de campagne (location bateaux, consommables, frêt, participation aux frais de calibration des instruments), les frais de mission, les frais d'analyse et la gratification d'un stagiaire de Master 2 de l'Université des Sciences et Technologie de Hanoi (USTH, <http://usth.edu.vn/fr/studycourses/mastercourses/master-of-weo/>).

Nous prévoyons de réaliser les mêmes stations que durant VITEL1 c'est-à-dire 41 stations pour le suivi spatial et 14 pour le suivi temporel, soit un total de 55 stations. Les prélèvements se feront à deux ou trois profondeurs, suivant la stratification des masses d'eaux. Nous tablons sur un total de 140 échantillons et analyses pour VITEL2. La campagne est prévue pour durer 12 jours (+2 jours pour aléas météorologiques en saison des pluies). Nous emploierons 3 bateaux différents sur trois sites, comme durant VITEL1. Précision pour la demande de financement : les deux bateaux employés en zone littorale (Halong et Haiphong) sont loués 300 euros par jour, tandis que le navire utilisé sur l'isobathe 20m et au large (navire de 35m loué à la Police des Pêches du Golfe du Tonkin, avec équipage) revient à 2000 euros/jour. Nous souhaitons l'utiliser deux jours en 2013 car le panache sera plus étendu en saison des pluies qu'en saison sèche, il nous faudra faire plus de route pour échantillonner les marges du panache.

Les missions demandées concernent, de France, H. Loisel, X. Mériaux, J.M. Martinez, A. Petrenko, et de Hanoi, S. Ouillon, J.P. Lefebvre, X. Mari, E. Rochelle-Newall et un stagiaire de M2.

Nous proposons également de réaliser deux campagnes plus courtes et à logistique simplifiée (un seul bateau, sorties à la journée) dans l'estuaire et le panache du Mékong dont l'une en 2013 en saison sèche (MEKONG2), deux mois avant VITEL2. Ceci permettra de compléter le jeu de données pour le développement algorithmique pour un coût moindre (un seul frêt équipement) et partagé entre l'ANR GLOBCOAST et le TOSCA. En outre, nous pourrions mesurer des cycles tidaux plus complets de réflectance (et autres paramètres dont les IOPs) car la marée est semi-diurne dans cette partie du delta du Mékong alors qu'elle est diurne vers le delta du Fleuve Rouge. Nous prévoyons environ 25 stations pour le suivi géographique (5 jours) et 1 cycle de marée à 9 stations (toutes les 1h1/2), soit un total de 35 stations. Nous échantillonnerons à deux (ou trois) profondeurs et tablons sur 80 échantillons au total par campagne MEKONG.

### **3.3. CALENDRIER DU PROJET<sup>7</sup>**

#### **Rappel : Calendrier d'origine (en tenant compte de la révision soumise au TOSCA en mars 2010)**

---

##### **2010**

Préparation logistique de la première campagne de mesures en début de saison sèche (sept.-déc.)  
 Réalisation de la première campagne de mesures en décembre 2010 : 12 jours cumulés sur trois sites et trois bateaux  
 Analyses des échantillons de la première campagne (début) - décembre

##### **2011**

Analyses des échantillons de la première campagne (fin) - janvier-mars  
 Préparation logistique de la seconde campagne de mesures en saison humide (mars-juin)  
 Réalisation d'une seconde campagne de mesures en saison humide (juin 2011 : 12 jours cumulés sur trois sites et trois bateaux  
 Analyses des échantillons de la seconde campagne (juin-oct.)  
 Développements algorithmiques multicapteurs (MES) (oct.-déc.)

##### **2012**

Développements algorithmiques multicapteurs (MES, Chla) - suite - (jan.-mars)  
 Campagnes courtes de validation (en mars, saison sèche, et fin juin, saison humide).



Analyse et validation des algorithmes (mars-novembre)  
Rédaction d'articles scientifiques et valorisation

### Calendrier actualisé

---

Le démarrage du projet a été décalé d'un an par rapport à la demande en raison du versement des crédits très tardif pour organiser une campagne fin 2010 et de l'attente d'expatriation de S. Ouilion à Hanoi pour faciliter l'organisation logistique de la campagne sur trois bateaux (début d'expatriation en septembre 2011, pour deux ans renouvelables). Pour cette raison, le lancement du projet a été décalé d'un an et nous n'avons pas transmis de demande de financement en 2011 pour 2012.

#### 2011

Préparation logistique de la première campagne de mesures en début de saison sèche (sept.-nov.)  
Réalisation de la campagne de mesures VITEL1 en novembre : 11 jours cumulés sur trois sites et trois bateaux  
Analyses des échantillons et mesures de VITEL1 (début) – novembre/décembre : MES, IOPs, réflectances

#### 2012

Analyses des échantillons et mesures de VITEL1 (fin), jan-mai : Chl-a, POC, CDOM, PIM et POM, distribution granulométrique  
Réalisation d'une pré-campagne MEKONG1 dans l'estuaire et le panache du Mékong, mars. Etude de faisabilité et mesures (2 jours, 8 stations complètes) de réflectance, IOPs, CTD, LISST-100X, MES, Chl-a  
Analyse comparée systématique des mesures radiométriques (avril-mai)  
Analyse multivariée des IOPs, développements algorithmiques multicapteurs (mai-déc.)  
Présentation des résultats prévue du 8 au 11 octobre 2012 lors de la 4<sup>th</sup> Int. Conf. on Estuaries and Coasts ICEC 2012, organisée à Hanoi par IAHR, IAHS, IRTCES et WRU  
Rédaction d'un premier article sur la variabilité des IOPs en saison sèche en zone côtière dans le Golfe du Tonkin  
*Réalisation d'une pré-campagne optique & turbulence TURBU-VN1 in situ dans l'estuaire Cam-Bach Dang et la baie de Haiphong, 7 jours en oct-nov. Cette pré-campagne est prise en charge sur des crédits IRD.*  
*Applications-tests à des images, en collaboration avec l'UMR LOG dans le cadre du projet ANR GLOBCOAST (ce point est hors projet TOSCA mais mentionné pour signaler la continuité souhaitée sur des produits et des aspects thématiques). Rédaction d'un article conjoint.*

#### 2013

Suite des analyses et développements algorithmiques  
Préparation logistique des campagnes  
Réalisation d'une campagne MEKONG2 en saison sèche dans l'estuaire et le panache du Mékong (mars-avril) : 7 jours. Coût total estimé : 12200 euros, partagés entre le TOSCA (analyse 1600 euros + 2 missions de France 4000 euros), le projet ANR GLOBCOAST (location bateau 3000 euros + frêt 600 euros + 3 missions du Vietnam 2000 euros) et l'IRD (consommables 1000 euros)  
Réalisation de la campagne de mesures VITEL2 en saison humide dans le Golfe du Tonkin (juin) : 12 jours cumulés sur trois sites et trois bateaux  
Analyses des échantillons (mars-déc), avec un stagiaire de M2 de l'USTH : Analyse multivariée et Développements algorithmiques  
Rédaction d'articles -suite-

#### 2014

Développements algorithmiques - suite - (jan.-mars)  
Deux campagnes courtes de validation à Halong et Haiphong uniquement (en mars, saison sèche, et fin juin, saison humide). Coût estimé pour les deux campagnes : 3600 euros de location bateau, 3200 euros d'analyse, 1500 euros de consommables, 2000 euros de frêt, 3600 de frais de mission pour 4 personnes postées au Vietnam, 4000 euros pour deux personnes postées en France, soit au total 17.9 keuros  
Réalisation d'une campagne MEKONG3 en fin de saison humide sur le panache du Mékong (oct-nov. 2013) : 7 jours. Coût total estimé : 12200 euros, partagés entre le TOSCA (analyse 1600 euros + 2 missions de France 4000 euros), le projet ANR GLOBCOAST (location bateau 3000 euros + frêt 600 euros + 3 missions du Vietnam 2000 euros) et l'IRD (consommables 1000 euros)  
Analyse et validation des algorithmes (mars-déc), avec stagiaire M2 de l'USTH  
Publications

### 3.4. PUBLICATIONS<sup>8</sup>

Nous présenterons les premiers résultats et les premières analyses dans un congrès international en octobre 2012 et soumettrons des articles à la suite. Les présentations sont les suivantes :

- OUILLOON S., LOISEL H., TRAN DINH LAN, LEFEBVRE J.P., MERIAUX X., MARI X., ROCHELLE-NEWALL E., VU DUY VINH, NGUYEN VAN THAO, CHU VAN THUOC, JEAN-PASCAL TORRETON, DINH VAN UU, 2012. Inherent optical properties of coastal waters in the Gulf of Tonkin in dry season, 4<sup>th</sup> Int. Conf. on Estuaries and Coasts ICEC 2012, IAHR, IAHS, IRTCES, WRU, Hanoi, 8-11 Oct.
- LOISEL H., VANTREPOTTE V., OUILLOON S., VU DUY VINH, LEFEBVRE J.P., MÉRIAUX X., MARI X., ROCHELLE-NEWALL E., PHAM THI PHUONG THAO, TORRÉTON J.P., TRAN DINH LAN, DINH VAN UU, 2012. A new way to deal with the ocean color remote sensing of complex coastal waters: application to the Gulf of Tonkin, 4<sup>th</sup> Int. Conf. on Estuaries and Coasts ICEC 2012, IAHR, IAHS, IRTCES, WRU, Hanoi, 8-11 Oct.
- MANGIN A., LOISEL H., OUILLOON S., FANTON D'ANDON O., PHAM THI PHUONG THAO, LE DINH MAU, BUI HONG LONG, GARNESSEON P., 2012. Seasonal and inter-annual bio-optical variability of the Mekong delta region and neighboring coastal waters as assessed from ocean color satellite observations, 4<sup>th</sup> Int. Conf. on Estuaries and Coasts ICEC 2012, IAHR, IAHS, IRTCES, WRU, Hanoi, 8-11 Oct.

*Remarque : le volet Télédétection (ref. Mangin et al.) est supporté financièrement par le projet ANR GLOBCOAST (P.I. H. Loisel), complémentaire au projet VITEL.*

## Références citées

- Acker J., Ouillon S., Gould R., Arnone R., 2005. Measuring marine suspended sediment concentrations from space: History and Potential. In, Proc. 8th Int. Conf. Remote Sensing for Marine and Coastal Environments (CD-Rom), Altarum/AMRS, Halifax, 17-19 May 2005.
- Babin M., Stramski D., Ferrari G.M., Claustre H., Bricaud A., Obolensky G., Hoepffner N., 2003a. Variations in the light absorption coefficients of phytoplankton, nonalgal particles, and dissolved organic matter in coastal waters around Europe, *J Geophys Res* 108 (C7), 3211, doi:10.1029/2001JC000882
- Babin M., Morel A., Fournier-Sicre V., Fell F., Stramski D., 2003b. Light scattering properties of marine particles in coastal and open waters as related to the particle mass concentration, *Limn. Oceanogr.* 48 (2), 843-859.
- Chen Z., Hu C., Muller-Karger F., 2007. Monitoring turbidity in Tampa Bay using MODIS/Aqua 250-m imagery. *Remote Sensing of Environment*, 109 (2), 207-220.
- Doxaran D., Froidefond J.M., Castaing P., 2002a. A reflectance band ratio used to estimate suspended matter concentrations in sediment-dominated coastal waters. *Int J Remote Sensing* 23, 5079-5085.
- Doxaran D., Froidefond J.M., Lavender S.J., Castaing P., 2002b. Spectral signature of highly turbid waters. Application with SPOT data to quantify suspended particulate matter concentrations. *Rem Sens Env* 81, 149-161.
- Doxaran D., Cherukuru N., Lavender S.J., 2006. Apparent and inherent optical properties of turbid estuarine waters: measurements, empirical quantification relationships, and modeling. *Applied Optics*, 45 (10), 2310-2324.
- Dupouy C., Neveux J., Ouillon S., Frouin R., Murakami H., Hochard S., Dirberg G., 2010. Inherent optical properties and satellite retrieval of chlorophyll concentration in the lagoon and open waters of New Caledonia, *Marine Pollution Bulletin*, 61 (7-12), 503-518.
- Feng H., Campbell J.W., Dowell M.D., Moore T.S., 2005. Modeling spectral reflectance of optically complex waters using bio-optical measurements from Tokyo Bay, *Remote Sensing of Environment* 99, 232-243.
- Froidefond J.M., Ouillon S., 2005. Introducing a mini-catamaran to perform reflectance measurements above and below the water surface, *Optics Express*, 13 (3), 926-936
- IOCCG, 2000. Remote sensing of ocean colour in coastal, and other optically-complex, waters. S. Sathyendranath ed., Reports of the International Ocean-Colour Coordinating Group, N°3, IOCCG, Dartmouth, Canada.
- Jouan A., Ouillon S., Douillet P., Lefebvre J.P., Fernandez J.M., Mari X., Froidefond J.M., 2008. Spatio-temporal variability in suspended particulate matter concentration and the role of aggregation on size distribution in a coral reef lagoon, *Marine Geology*, 256, 36-48.
- Lahet F., Forget P., Ouillon S., 2001a. Application of a colour classification method to quantify the constituents of coastal waters from in situ reflectances sampled at satellite sensor wavebands, *Int. J. of Remote Sensing*, 22 (5), 909-914.
- Lahet F., Ouillon S., Forget P., 2001b. Colour classification of coastal waters of Ebro river plume from spectral reflectances, *Int. J. of Remote Sensing*, 22 (9), 1639-1664.
- Lefebvre J.P., Ouillon S., Vu Duy Vinh, Arfi R., Panche J.Y., Mari X., Chu Van Thuoc, Torretton J.P., 2012. Seasonal variability of cohesive sediment aggregation in the Bach Dang-Cam Estuary, Haiphong (Vietnam), *Geo-Marine Letters*, 32 (2), 103-121.
- Lubac B., Loisel H., 2007. Variability and classification of remote sensing reflectance spectra in the eastern English Channel and southern North Sea, *Remote Sensing of Environment* 110, 45-58.

- Mari X., Torrétion J.P., Chu Van Thuoc, Lefebvre J.P., Ouillon S., 2012. Seasonal aggregation dynamics along a salinity gradient in the Bach Dang estuary, North Vietnam, *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 96 (1), 151-158.
- Mobley CD, 1999. Estimation of the remote-sensing reflectance from above-surface measurements. *Appl Optics* 38:7442-7455
- Nechad B., Ruddick K.G., Park Y., 2010, Calibration and validation of a generic multisensor algorithm for mapping of Total Suspended Matter in turbid waters, *Remote Sensing of Environment*, 114, 854-866.
- Neukermans G., Loisel H., Mériaux X., Astoreca R., McKee D., 2012. In situ variability of mass-specific beam attenuation and backscattering of marine particles with respect to particle size, density, and composition, *Limnol. Oceanogr.*, 57 (1), 124-144.
- Ouillon S., 2003. An inversion method for reflectance in stratified turbid waters, *Int. J. of Remote Sensing*, 24 (3), 535-548.
- Ouillon S., Douillet P., Andréfouet S., 2004. Coupling satellite data with in situ measurements and numerical modeling to study fine suspended sediment transport: a study for the lagoon of New Caledonia, *Coral Reefs*, 23 (1), 109-122.
- Ouillon S., Petrenko A., 2005. Above-water measurements of reflectance and chlorophyll-a algorithms in the Gulf of Lions, NW Mediterranean Sea, *Optics Express*, 13 (7), 2531-2548.
- Ouillon S., Douillet P., Petrenko A., Neveux J., Dupouy C., Froidefond J.M., Andréfouët S., Muñoz-Caravaca A., 2008. Optical algorithms at satellite wavelengths for Total Suspended Matter in tropical coastal waters, *Sensors*, 8, 4165-4185; DOI:10.3390/s8074165.
- Park Y.J., Ruddick K., 2005. Model of remote-sensing reflectance including bidirectional effects for case 1 and case 2 waters, *Applied Optics*, 44 (7), 1236-1249.
- Rochelle-Newall E.J., Fisher T.R., 2002. Chromophoric dissolved organic matter and dissolved carbon in Chesapeake Bay, *Marine Chemistry* 77, 23-41.
- Stramski D., Boss E., Bogucki D., Voss K.J., 2004. The role of seawater constituents in light backscattering in the ocean, *Progress in Oceanography* 61, 27-56.

## Notice d'utilisation de l'imprimé word

- 1 Utiliser le même intitulé dans le fichier word et dans le fichier excel
- 2 Ajouter des lignes si nécessaire
- 3 Les propositions nouvelles sont soumises à l'expertise scientifique d'un groupe de travail thématique du CNES assisté si nécessaire de rapporteurs extérieurs et à l'avis du Comité d'Evaluation de la Recherche et de l'Exploration Spatiale (CERES) pour le domaine Etude et Exploration de l'Univers, ou au comité Terre Océans Surfaces Continentales Atmosphère (TOSCA) pour le domaine Terre, Environnement, Climat. Elles pourront être soumises à une expertise technique et financière du CNES sur la **faisabilité de l'instrumentation** proposée, la **prévision des essais**, le nombre des **modèles** et le **traitement des données**. La **maturité technique** du projet, la **crédibilité du calendrier** de développement et du **coût** seront appréciées, de même que le **contexte coopératif** le cas échéant et le **schéma d'organisation**. La place du projet dans le **plan de charge du laboratoire** proposant et le **volume des moyens propres**, notamment humains, seront également pris en compte.
- 4 Les actions engagées entrent dans le cadre de projets ayant déjà fait l'objet d'une décision positive de soutien par le CNES. **Tout projet engagé doit faire l'objet d'une demande de financement chaque année**. Si les objectifs du projet et/ou son contenu ont été modifiés par rapport à la proposition acceptée, ou si les résultats intermédiaires diffèrent sensiblement des objectifs initiaux, il est demandé d'envoyer une **proposition révisée**. Le CNES se réserve le droit de présenter à nouveau l'expérience concernée au groupe de travail thématique correspondant, au CERES ou au TOSCA et au Comité des Programmes Scientifiques, pour juger de l'opportunité de ces modifications. S'agissant des expériences en cours de développement pour lesquelles une structure de projet a été mise en place au centre de Toulouse, la présente demande de financement doit concerner les **activités d'accompagnement scientifique et les activités de calibration, validation des données**, le financement des activités de développement étant couvertes en principe par le projet.
- 5 **A renseigner avec attention** pour la bonne compréhension des comités d'évaluation, en particulier sur les avancées obtenues par rapport à l'an dernier, et en précisant si les objectifs du projet et/ou son contenu ont été modifiés par rapport à la proposition acceptée par le CNES ou si les résultats intermédiaires diffèrent sensiblement des objectifs initiaux.
- 6 Indiquer ici l'état d'avancement du projet au moment de la demande. Le CNES doit être en mesure de **justifier auprès de ses Tutelles** le financement des propositions qu'il a engagées. Un **bilan des activités de l'année doit être fourni à chaque fin d'année**. Par ailleurs, le paragraphe « état d'avancement du projet » du formulaire word fait office de rapport intermédiaire pour les financements versés à mi-année. Ce bilan qualitatif a pour objet d'exposer l'état d'avancement du projet au moment de la demande, les étapes franchies, les difficultés rencontrées (par exemple, les évolutions éventuelles du contexte scientifique et/ou du cadre de réalisation). Pour les propositions comportant la réalisation d'un dispositif expérimental : exposer son état de réalisation. Indiquer ici l'état d'avancement du projet au moment de la demande.
- 7 Rappeler le calendrier d'origine. Indiquer ses évolutions éventuelles et leurs causes. Indiquer les prochaines échéances. Ce calendrier doit être compatible avec l'échéancier financier.
- 8 Pour les projets engagés, donner la liste des publications parues dans des revues à comité de lecture des **deux dernières années** dans le cadre des travaux effectués avec le support du CNES. Toute publication parue dans le cadre de la présente proposition devra obligatoirement mentionner dans le titre ou dans le résumé le nom du ou des missions ou instruments spatiaux dont des données ont été utilisées