

CONVENTION DE COLLABORATION
ENTRE
L'INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DEVELOPPEMENT (IRD)
ET
BONAFONT S.A. DE C.V. - MEXICO

Entre, d'une part

L'INSTITUT DE RECHERCHE POUR LE DEVELOPPEMENT, ci-après dénommé **IRD**, établissement public à caractère scientifique et technologique, ayant son siège au 44 boulevard de Dunkerque – CS 90009 – 13 572 Marseille cedex 02, France, représenté par son Directeur Général, Michel LAURENT, lequel délègue sa signature à Monsieur Pascal LABAZEE, Représentant de l'IRD au Mexique, par la décision N° 003650 du 3 avril 2009.

Et, d'autre part

BONAFONT, S.A. DE C.V., ci-après dénommée **L'ENTREPRISE**, ayant son siège social à Guillermo González Camarena n° 333, Col. Centro de Ciudad Santa Fe, México, D. F., C.P. 01210, Del. Álvaro Obregón, México, D. F., Mexique, représentée par son Directeur Général, M. Paolo PICCHI;

Ensemble désignés les PARTIES ;

- VU L'Accord de Coopération Scientifique et Technique signé entre la France et le Mexique le 18 février 1992 ;
- VU L'Accord pour la Coopération Scientifique, Technologique, Académique et pour l'Innovation entre l'IRD et le CONACYT signé le 17 mai 1980 et renouvelé le 09 mars 2009;
- VU La Convention Générale de Coopération entre l'IRD et la Universidad Autónoma Metropolitana signée le 01 janvier 2006.

CONSIDERANT 1-Que l'ENTREPRISE souhaite soutenir au travers de ce projet le développement de projets de Thèse (PhD) d'étudiants Mexicains dans le cadre des programmes de recherches menées sous la direction de l'IRD dans la Zone de Laguna de Términos et ce sur des thèmes en relation avec l'anthropisation des zones lagunaires tropicales.

2-Que l'ENTREPRISE souhaite s'impliquer dans la préservation / protection de la Laguna de Términos, site de référence RAMSAR num. 5397

IL EST CONVENU CE QUI SUIT :

ARTICLE 1 : OBJET

La présente convention de collaboration a pour objectif de définir les conditions de financement par l'ENTREPRISE de la réalisation, sous la direction de l'UR103 de l'IRD, de l'étude scientifique « **JEST : Joint Environmental Study of Terminos lagoon** » désignée le Projet.

Les motivations du Projet, ainsi que la description des activités prévues figurent à l'annexe 1.

La réalisation du Projet est placée sous la seule responsabilité scientifique, technique et administrative de l'IRD.

ARTICLE 2 : COMITE MIXTE DE SUIVI

Il est créé un Comité mixte de suivi selon les conditions suivantes :

2.1 COMPOSITION

Le Comité mixte de suivi est composé de façon paritaire des personnes suivantes appelées membres :

Pour l'IRD :

- M. le Directeur Général de l'IRD ou son représentant;
- M. Renaud Fichez, responsable scientifique IRD du Projet.

Pour l'ENTREPRISE :

- M. le Directeur Général de l'ENTREPRISE ou son représentant;
- M Ambroise VEILLON (Directeur Industriel), chargé du suivi du Projet.

Le Président du Comité est désigné par les Parties parmi les membres du Comité.

Le mandat des membres du Comité est soumis à la durée de validité de la convention.

Toutes les décisions sont prises à l'unanimité des membres.

2.2 PERIODICITE

Le Comité de suivi se réunit au moins deux fois par an et à chaque fois qu'une des Parties l'estime nécessaire ou que surgit une difficulté dans la réalisation du Projet.

2.3 ROLE

Le Comité mixte de suivi est chargé :

- d'examiner l'état d'avancement du Projet et les résultats des actions en cours et achevées dans le cadre du Projet;
- de proposer toute solution en cas de difficulté dans l'interprétation du présent accord ou dans l'exécution du Projet.
- de déterminer comment valoriser l'utilisation des programmes de recherche menés dans le cadre de ces deux thèses sur la zone de « laguna de Términos » afin de développer la connaissance de l'entreprise sur les fondamentaux de la thématique environnementale ainsi que son réseau au sein des institutions scientifiques Mexicaines.

ARTICLE 3 : OBLIGATIONS DES PARTIES

L'IRD s'engage à :

- mener à bien le Projet et rechercher les collaborations scientifiques et techniques permettant d'améliorer les conditions de sa réalisation ;
- mettre à disposition et envoyer en mission le personnel scientifique et technique requis par le Projet ;
- mettre à disposition ou acquérir les équipements nécessaires aux activités de terrain et de laboratoire prévues pour le Projet ;
- adresser, au plus tard 2 mois après la fin du Projet un rapport final à l'ENTREPRISE ;
- faire référence, dans toutes les publications et les actions en direction des autorités et du public en général, à la présente convention de collaboration et au financement du Projet par l'ENTREPRISE.
- participer à des événements au sein de l'ENTREPRISE supportant la démarche environnementale déjà engagée

L'ENTREPRISE s'engage à :

- verser à l'IRD, pour la réalisation du Projet, et notamment pour le financement de deux bourses de thèse Mexicaine, la somme de Trois cent Cinquante Mille Pesos M.N. (\$ 350 000 Pesos M.N.) nets par an, en accord avec le devis présenté dans la Partie II de l'annexe 1. Le montant pourra être réévalué par avenant.

ARTICLE 4 : MODALITES DE VERSEMENT

L'ENTREPRISE versera pour la collaboration dans le cadre de ce projet, objet du présent contrat, la somme de \$ 350 000 Pesos M.N par an, somme pouvant être réévaluée par simple avenant à cette convention. Cette somme sera versée électroniquement par l'ENTREPRISE sur le compte suivant :

Banque : BANAMEX

Titulaire du compte : IRD

R.F.C. du client : RFC IRD981106

Numéro de compte : 01657780355

Numéro de Succursale : 0165

Nom de la Succursale : CF POLANCO, D. F.

L'ENTREPRISE versera à l'IRD les sommes mentionnées plus haut aux dates usuelles de paiement à savoir 30 jours ouvrables après réception de la facture, cachet de la poste faisant foi.

Les modalités de paiement annuel se feront de la façon suivante :

- Le premier paiement aura lieu au maximum 30 jours après signature de la présente convention.
- Le deuxième paiement s'effectuera après présentation des premiers résultats et leur évaluation par le comité mixte.
- Le troisième paiement aura lieu après remise d'un rapport annuel et approbation par le comité mixte ou autre personnalité désigné pour ces compétences.

ARTICLE 5: RESPONSABILITE CIVILE, PERSONNELS

5.1. L'IRD reconnaît avoir souscrit les polices d'assurances couvrant sa responsabilité civile dans le cadre de la mise en œuvre de la présente convention.

L'IRD assume toutes les conséquences de la responsabilité civile qu'il encourt envers les tiers et leurs ayants droit, en application du droit commun, en raison de tout dommage corporel ou matériel causé aux tiers par leur personnel ou leur matériel ainsi que par le personnel ou le matériel placés sous leur direction ou leur garde.

Dans le cas d'accueil de personnes tierces (étudiants, chercheurs invités, ...) l'IRD s'assure que ceux-ci ont bien souscrit toutes les assurances adéquates (responsabilité civile).

5.2. L'IRD conserve la responsabilité administrative et scientifique de son personnel.

L'ENTREPRISE ne saurait être regardée comme l'employeur pour quelque contrat de travail ou vacation conclu par l'IRD pour la réalisation du Projet.

ARTICLE 6: CONFIDENTIALITÉ

Les Parties s'engagent à ne pas publier ou ne divulguer sans accord écrit de l'autre Partie et ce de quelque façon que ce soit, les informations scientifiques, techniques ou financières dont elles pourraient avoir eu connaissance de l'autre Partie à l'occasion de l'exécution du Projet.

Les engagements pris aux titres du présent article demeureront en vigueur pendant toute la durée de la présente convention et les cinq (5) ans qui suivront sa rupture anticipée ou son arrivée à échéance.

Cette disposition est sans effet si la Partie concernée peut apporter la preuve :

- Qu'elles étaient dans le domaine public à la date de leur communication à la date de leur communication ou qu'elles ont été mises dans le domaine public par un tiers de bonne foi ,
- qu'elles étaient déjà en sa possession à la date d'entrée en vigueur de la présente convention, sans que cela ne résulte d'une violation d'une obligation légale ou contractuelle ;
- qu'elles ont , par la suite, été reçues d'un tiers ayant le droit de les communiquer ;
- qu'elles ont été développées indépendamment par la Partie les recevant sans se référer à ces informations ni se fonder sur elles.

ARTICLE 7 : PROPRIETE ET VALORISATION DES RESULTATS

L'IRD est propriétaire des résultats obtenus dans le cadre de la présente convention, dans le respect des accords passés par l'IRD avec les partenaires scientifiques et techniques qui seront associés à la réalisation du Projet.

L'exploitation et la valorisation économique des résultats scientifiques issus du Projet mené dans le cadre de la présente convention sont de la seule responsabilité de l'IRD et des partenaires scientifiques et techniques qui seront associés par l'IRD à la réalisation du Projet, dans le respect des accords passés avec ceux-ci.

Les parties acceptent et reconnaissent que l'ENTREPRISE est autorisée à utiliser et publier les résultats finaux du projet notamment dans les média ou Autorités Environnementales, et de mentionner sa participation financière.

ARTICLE 8 : DUREE ET LEGISLATION COMPETENTE

La présente convention entrera en vigueur à la date de signature par les Parties pour une durée de trois (3) ans, des avenants pouvant prolonger cette convention.

La présente convention est soumise pour sa validité et son interprétation à la législation française.

ARTICLE 9 : DOCUMENT CONTRACTUEL

Ce document contractuel est composé de la présente convention et de son Annexe 1, que les Parties paraphent et déclarent avoir pris connaissance de sa valeur légale.

Fait à Mexico et Marseille, en six (6) exemplaires originaux, trois (3) de langue française, trois (3) de langue espagnol, les deux versions ayant un contenu identique.

Mexico D.F., le 8 juillet 2009.

Pour l'IRD

Pour l'ENTREPRISE

Monsieur Pascal LABAZEE,
Représentant de l'IRD au Mexique
Pour Michel LAURENT
Directeur Général

M. Paolo PICCHI
Directeur Général
BONAFONT, S.A. DE C.V.

ANNEXE 1

Partie I

PROGRAMME DE RECHERCHE JEST : JOINT ENVIRONMENTAL STUDY OF TERMINOS LAGOON

OBJECTIFS ET PRODUITS ATTENDUS DE L'ETUDE :

La convention RAMSAR a reconnu en 2004 la Lagune de Terminos comme zone humide prioritaire classée parmi les 15 sites mondiaux de Valeur Universelle Exceptionnelle (<http://whc.unesco.org/fr/listesindicatives/5397/>).

Cette lagune est un des plus grands Ecosystèmes lagonaires tropicaux caractérisé par une faible bathymétrie, influencé par des apports continentaux majeurs et soumis à des pressions environnementales considérables notamment celles liées aux exploitations pétrolières offshore. Cette lagune, très vaste puisque sa superficie correspond à 16 fois celle de l'Etang de Berre ou la lagune d'Arcachon et 33 fois celle du bassin de Thau est classée zone protégée par le gouvernement mexicain depuis 1994. Elle est soumise à une fluctuation modérée des conditions de température et d'éclairement à l'échelle saisonnière mais caractérisée par de forts gradients hydrodynamiques quasi-permanents et un niveau élevé de diversités de ses habitats. De ce fait ce système est le candidat idéal pour étudier les interactions continent-océan, le couplage physique-biologie et les interactions benthopélagiques. Le présent projet se propose d'aborder de façon pluridisciplinaire l'étude des principaux flux et processus physiques, chimiques, biologiques et leurs interactions par une approche incluant :

- l'analyse des paléo-enregistrements sédimentaires de la matière organique et des polluants associés,
- la description contemporaine et la quantification des principaux flux d'entrée et de sortie du système y compris les échanges avec l'atmosphère ainsi que le cycle du carbone combinant processus de transport hydrodynamique et recyclages biogéochimiques dans les sédiments et la colonne d'eau,
- et enfin la mise au point et l'utilisation d'une modélisation 3D du système afin de bénéficier d'outils d'aide à la gestion dans le contexte actuel et prévisible de l'accroissement des pressions anthropiques et du changement climatique.

L'objectif global de ce projet concerne la révision des concepts établis il y a une vingtaine d'années sur l'état environnemental et le fonctionnement biogéochimique de la lagune de Terminos, conduisant naturellement au questionnement scientifique suivant :

- De quelles manières le forçage physique (vent et marées) qui contrôle la circulation hydrodynamique contraint-il les conditions environnementales (temps de résidence des masses d'eau, connectivités internes et externes du lagon, transport particulaire), le transport des contaminants et en définitive le fonctionnement de l'Ecosystème ?
- Quel est le niveau actuel de contamination de l'environnement en prenant en considération les sources, distributions et devenir des contaminants majeurs (nutriments, métaux, hydrocarbures, Polluants organique persistants) ?
- Quel est l'historique récent des apports de contaminants dans le lagon qui peut être extrait des données sur les archives sédimentaires ?
- Quels sont les flux biogéochimiques majeurs caractérisant le compartiment pélagique en portant une attention particulière à la contribution potentielle des fixateurs d'azote dans le bilan azoté ?
- Quelle est l'importance du couplage benthopélagique dans un tel Ecosystème tropical, vaste et peu profond ?
- Comment associer de manière efficace une recherche scientifique fondamentale et des applications en matière de pronostiques de l'état de l'environnement en combinant des approches d'observations de terrains et de modélisation couplée hydrodynamique et biogéochimiques ?

In fine le projet dans sa totalité conduira à une vision combinée de l'évolution des conditions environnementales de la lagune de Terminos depuis la période pré-industrielle (archives historiques) en passant par l'actuelle (caractérisation environnementale diagnostique) et prévisible dans le futur proche ou lointain (modélisation).

METHODES UTILISEES :

Le programme se décline selon 4 actions de recherches

Action de Recherches 1 – Source et distribution des contaminants majeurs

AR1-1 Circulation des masses d'eau, contraintes hydrodynamiques et transport des particules en suspension

- Mesures météorologiques, marégraphiques, de débits des rivières, structurations verticales et horizontales des densités et des courants (CTD, ADCP),
- Caractérisation des fonds par l'utilisation du système acoustique RoxAnn, distribution spatiale des tailles des particules en suspension (LISST),
- Quantification des caractéristiques de l'érosion et des dépôts en fonction de la nature des sédiments (canal à courant UNAM et station benthique instrumentée équipée ADV, turbidimètres et Erodimètre de l'IFREMER si disponible).

AR1-2 Apports des contaminants majeurs (nutriments, métaux, pesticides, hydrocarbures)

- Distribution et variabilité des contaminants majeurs dans la colonne d'eau
- Distribution des contaminants majeurs dans les sédiments

Action de Recherches 2 – Enregistrements Sédimentaires des contaminants majeurs (< siècle)

- Détermination radio-isotopique des taux de sédimentation (décroissance du ^{210}Pb)
- Evolution passée des apports de contaminants majeurs (hydrocarbures, métaux, polluants organiques persistants)

Action de Recherches 3 – Flux biogéochimiques

- AR3-1 Flux biogéochimiques (O_2 et nutriments) à l'interface eau-sédiment par la méthode d'incubation de sédiment au laboratoire et microprofils in situ d' O_2 (MP4). Stratégie de suivi mensuel sur 3 stations. Mesures de l'activité des métabolismes bactériens anaérobiques (dénitrification, sulfato-réduction et méthanogenèse) et comparaison avec les taux de dégradation aérobie. Contribution de la macrofaune benthique (respiration, excrétion azotée et production de pelotes fécales d'espèces cibles) et analyses d'isotopes stables ($\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$) combinées à celle des acides gras sur les producteurs ou consommateurs-prédateurs. Les 2 dernières activités seront effectuées au cours des campagnes saisonnières.
- AR3-2 Flux biogéochimiques dans la colonne d'eau par la description de l'évolution des stocks de nutriments, des particules organiques et inorganiques, de production photosynthétiques (PI, Pbm, α , Ik) et comparaison avec les images satellite hautes résolutions disponible par MODIS et SeaWiFS (IRD projet Spirales). Contribution du zooplancton au cycle des principaux éléments, distribution des espèces (OPC du LOPB) et mesures des caractéristiques écophysologiques des espèces dominantes. Mesures de l'activité diazotrophes et biodiversité dans un contexte de compétition vis à vis de l'assimilation de nutriments.

Action de Recherches 4 - Bilans et modélisation

- AR4-1 Hydrodynamique et modélisation du transport de particules par l'implantation de MARS3D forcé par le modèle de vent WRF à haute résolution spatiale, par un modèle de génération et de propagation de houles de type Wavewatch III et un modèle de transport des particules fines.

- AR4-2 Modélisation écologique par le coupleur ECO3M décrivant les processus de recyclage en multi-éléments (N, C, P, Si) incluant la variabilité de la stoechiométrie des éléments des différents compartiments. Couplage avec un modèle de diagenèse précoce. Simulations sous conditions réelles (campagnes saisonnières) afin de quantifier le rôle des apports (benthiques, rivières, émissaires, ..) et des forçages physiques dans le contrôle du processus d'eutrophisation du système.

Partie II - Devis

Financement annuel de bourse de Thèses (2)	\$ 240,000.00
Petit équipement, consommable et missions de terrain	\$ 85,500.00
Frais de gestion (7%)	\$ 24,500.00
TOTAL	\$ 350,000.00

Partie III - Sujets de thèse

Thèse I

Characterisation of time and space variability of water masses and associated particles related to hydrodynamic processes studied in a shallow tropical lagoon: measurement and modelling approaches (Laguna de Terminos - Mexico).

Scientific context

As hydrodynamics are closely linked to all other biotic or abiotic processes in coastal systems, the throughout description of water circulation and related distribution of particulate matter are essential when evaluating the impacts of anthropogenic stressors against background values. This study aims to determine and quantify the respective influences of the main forcing mechanisms related to tidal exchanges, meteorological stressors and river discharges on the general water circulation patterns in a shallow tropical lagoon.

Traditional approaches restricted to field measurements are now supplemented by numerical modeling in modern environmental sciences. Efficiently calibrated and validated by using optimal field measurements, these models are used:

- to provide results over the whole studied area,
- to be able to study separately each forcing and to evaluate their respective role,
- to provide long term predictions,
- to be coupled with other models like biogeochemical models for environmental studies.

The hydrodynamic model MARS3D (IFREMER France) was developed specifically for coastal systems (Lazure and Dumas, 2008). The model takes into account various forcing processes related to wind, tide and the effects of freshwater inflows. Temperature and salinity are considered specifically as state

variables influencing transport in terms of buoyancy and turbulence. Interesting outputs of the model related to system functioning can be calculated as the quantification residence times of the water masses. Moreover the later can be split numerically into elements of different origins (oceanic and terrigenous inputs) and their spatial and temporal behavior be estimated.

Additional models of sediment transport have been developed and coupled to hydrodynamic models (Douillet et al, 2001, Ouillon et al 2004). These take into account size of the particles, density and settling velocity associated to deposition and erosion processes (Teisson, 1993). Again these models need specific measurements for calibration and validation and are essential to quantify the evolution of imported particles.

Study sites

Terminos Lagoon is the largest estuarine ecosystem in Mexico in terms of area and volume. Terminos Lagoon was declared as a federal Zona de Protección de Flora and Fauna in 1994, and is considered as a "critical habitat" by SEMARNAT, the Mexican Environmental Agency.

Terminos lagoon is characterized by specific circulation patterns mostly driven by winds and water exchanges through two inlets. The seasons are characterized by a wet season (May to October), a "Nortes" period (north winds from November till February) and a dry season (March till May). Two different sources of sediments are present in the lagoon: fluvial sediments and calcareous sediments respectively originated from river inflows or derived from sandy beaches in the eastern part of the lagoon (Yañez-Arancibia et. al., 1983). Given its huge dimension (2000 Km²) while the mean depth is 3 m, Terminos Lagoon is an excellent candidate to evaluate the circulation patterns and the transfer rates of particles in tropical lagoons ecosystems characterized by a weak seasonal variability compared to higher latitude systems.

Work Description

In order to characterize the spatial and temporal variability of water circulation, a model based on MARS3D will be implemented for Terminos Lagoon. This model will take into account the different external forcing like tides, winds, fresh water inputs, including main temperature and salinity influences.

The main objective regarding hydrodynamics, will be to characterize the circulation patterns during the three typical weather conditions (i.e. study site) in order to evaluate and analyze the respective influence of the forcing mechanisms: tidal forcing, meteorological forcing (wind, heat flux at the surface interface), and river discharges. To synthesize the results, different spatialized values of residence times will be estimated in terms of water exchange time, average water export time, or e-flushing time (Jouon et al., 2006; Gomez-Reyes and Blumber, 1995). Additional test will be performed to characterize the dynamic of different water masses derived from different bodies of similar origin (oceanic and terrigenous inputs).

Model calibration and validation will use existing data sets collected and analyzed during previous field cruises and projects (David and Kjerfve, 1998). However, as new processes will be taken into account in the model, additional information is needed. Measurements of contemporaneous meteorological data, river discharges, CTD data and currents (principally using lagrangian drifters specifically adapted to very shallow lagoons) will be performed. An ADCP current meter will be moored in each inlet. In order to characterize the internal hydrodynamic motions, repeated transects of horizontal flows will be measured inside the lagoon using a 1200KHz ADCP adapted to a bottom tracking system. Wave conditions under

typical climatic regimes will be measured at regular sampling points in order to evaluate their influence in particular on the erosion of particles (ADV). The Argodrifter were specifically conceived to be used in very shallow water with a height of less than one meter (www.technocean.com/DOCS/argodrifter.htm). These devices will be deployed at each seasonal cruise during a period of several days, in various strategic locations previously determined by the model. Meteorological data will be gathered hourly at two different sites in order to assess spatial and temporal variability.

Terrestrial inputs will be described qualitatively and quantitatively during the same cruises by determining both the nature of the particles and the granulometric distribution. Moreover the contribution of each river to the total input flux will be quantified. A model describing the particle transport will be coupled to the hydrodynamic model. This model will be calibrated by using estimated parameter settings of critical shear stress for deposition and erosion processes (Partheniades, 1965; Krone, 1962) and validated against the same data sets as previously described for the circulation model.

Application

The position is available immediately for candidates with an extensive background in physical oceanography and numerical modelling. Candidate should be motivated to conduct field- and computer-based interdisciplinary research.

Contact persons

Dr. Pascal Douillet (IRD Institut de Recherche pour le Développement)
Dr. Paulo Salles Alfonso de Almeida (Prof UNAM)

Universidad Nacional Autónoma de México
Instituto de Ingeniera, 5-323
04510 México, D. F.
MEXICO

Email: pdou@xanum.uam.mx, PSallesA@iingen.unam.mx
Fax: (005255) 5804 4738

References

- David, L. T. y B. Kjerfve (1998). "Tides and Currents in a Two-Inlet Coastal Lagoon: Laguna de Términos, México." *Continental Shelf Research* 18(10): 1057-1079.
- Douillet P., Ouillon S., Cordier E. A numerical model for fine suspended sediment transport in the southwest lagoon of New-Caledonia, Coral Reefs, 20 (4), 361-372, 2001.
- Gomez-Reyes, E. and A.F. Blumberg. 1995. [Flushing](#) Time in Coastal Lagoons. Water Pollution III: Modelling, Measuring and Prediction, L.C. Wrobel and P. Latinopoulos (editors), *Computational Mechanics Publication*, 261 - 266.
- Jouon A., Douillet P., Ouillon S., Fraunie P., 2006. Calculations of hydrodynamic time parameters in a semi-opened coastal zone using a 3D hydrodynamic model, *Continental Shelf Research*, 26 (12-13), 1395-1415.
- Krone RB, 1962. Flume Studies of the Transport of Sediment in Estuarial Shoaling Processes. Tech Rep, Hydraulic Eng Lab and Sanitary Eng Res Lab, Univ California, Berkeley CA
- Lazure, P., Dumas, F., 2008. An external-internal mode coupling for a 3D hydrodynamical model for applications at regional scale (MARS). *Advances in Water Resources* 31, 233-250.

- Ouillon S., Douillet P., Andrefouet S. 2004. Coupling satellite data with in situ measurements and numerical modeling to study fine suspended sediment transport: a study for the lagoon of NC, Coral Reefs, 23 (1), 109-122.
- Partheniades E., 1965. Erosion and Deposition of Cohesive Soils. J Hydraulics Division 91:105-139
- Teisson C, Ockenden M, Le Hir P, Kranenburg C, Hamm L, 1993. Cohesive sediment transport processes. Coastal Eng 21:129-162

Thèse II

Quantification of spatial and temporal variability in fluxes at the sediment-water interface using combined measurement and modelling approaches: application to a tropical lagoon (Laguna de Terminos - Mexico).

Scientific context

In order to evaluate the impacts of regional anthropogenic stressors against a background of natural and global stressors, the sediments are good candidates because of their storage ability of local or remotely produced matter and related pollutants. Moreover there is a growing need for alternative indicators of benthic health, based upon benthic community function rather than just on structure.

The most widely used approach for assessing the total degradation of organic material in marine sediment is to measure the oxygen consumption rates. Despite it is well established that for most marine settings the major part of the organic material is degraded by anaerobic bacteria operating in an oxygen free environment. In this conditions, carbon cycling is coupled to the reduction of different electron acceptors, including nitrate, sulfate, manganese, and iron (Thamdrup & Canfield, 1996). Sulfate reduction is the dominant carbon oxidation pathway in the coastal sediments (Jørgensen, 1982; Canfield & Des Marais, 1991). In parallel, most reduced products from the anaerobic respiration (i.e. H_2S , Fe^{2+} , Mn^{2+}) are ultimately oxidized by oxygen typically via the so called 'Redox Cascade'.

Assuming steady state conditions, the benthic O_2 uptake rate thus represents a relatively robust proxy for the total degradation rate of organic material and any mismatch between organic carbon input to the sediment and the benthic O_2 consumption rate in principle reflects the fraction of organic material buried in the sediment record.

Additional processes as nitrification, denitrification, sulphato-reduction and methanogeneses are known to play secondary roles but can be of quantitative importance depending on the characteristics of the sediments. So the combined measure of the later process rates coupled to measurements of benthic O_2 respiration should be used to infer both the respective roles of anaerobic respiration and the reoxidation processes and to determine the major pathways and burial potential of organic carbon in the sediments.

Study sites

Terminos Lagoon is the largest lagoon-estuarine ecosystem in Mexico by area and volume. Terminos Lagoon was declared as a federal Zona de Protección de Flora and Fauna in 1994, and is considered a "critical habitat" by the Mexican Environmental Agency, SEMARNAT, in view of its lagoon, mangroves, sea grass, and associated fluvial- lagoon- delta system.

The lagoon is characterized by specific circulation patterns mostly driven by winds and water exchanges through two inlets. There exists a great diversity of estuarine environments (subsystems or

habitats), which include brackish mangrove marshes of low salinity, seagrass, grassland, areas of high sedimentation, oyster reef and the central oligohaline basin. Two different sources of sediment exist in the lagoon: fluvial sediments and calcareous sediments originating in beaches of the eastern part of the lagoon (Yañez-Arancibia et. al., 1983). Given its huge dimension (2000 Km²) for a mean depth of 3m, Terminos Lagoon is an excellent candidate to study benthic-pelagic coupling in tropical ecosystems, weakly submitted to seasonal variability compared to higher latitude systems.

Work Description

In order to quantify the spatial and temporal variability in benthic fluxes of nutrients and mineralization rates, *in situ* and lab experiments will be performed on selected sediments from the lagoon depending on their biogeochemical characteristics. Sound parameters and sediment profiles of the same elements will also be performed.

Benthic O₂ uptake can be measured in a number of different ways but most commonly a sediment area is enclosed with a well mixed overlying water phase. The rate at which O₂ is depleted can then be followed via discrete sampling and analysis or continuously by minisensors inserted in the water phase. Such work can be carried out in the laboratory on recovered sediment cores or *in situ* by benthic chambers either deployed by divers, submersibles or autonomous instrument packages often referred to as 'landers'. The incubation approach provides a measure of the Total Oxygen Uptake (TOU), which includes faunal activity, any pumping or flushing of the sediment matrix and microbial activity.

In Terminos, a first spatial survey of the sediment water fluxes will be performed in March 2009 in order to select specific sites which will be sampled at a monthly frequency (around 10 stations). On selected stations (around 2/3) additional experiments will be devoted to measure nitrogen cycling (Acetylene blocking method), sulphate reduction and Methanogenesis (Gas Chromatography). During the same field trips, discrete measurements and continuous records of the water quality will be taken to infer the pelagic dynamic of the water column. Additional technical information on sediment measurements (fluxes and stocks) can be found in Grenz et al. (2003). Depending on the availability of an oxygen sediment profiler (UNISENSE MP4), benthic primary production will be inferred from deviation of the oxygen decrease with depth.

In parallel these measured fluxes and state variables will be used to initialize, calibrate and validate a diagenetic model which will be constructed during the PhD work. Based initially on the Berner's equation the reaction terms will represent the classical mineralization patterns. Some terms will be added to take into account the effects of wind driven resuspension which will be calibrated through specific experiments performed on site using an AquaScat Doppler interface sampler as well as benthic primary production.

The model will be interfaced with a 3D circulation model and coupled to a spatially gridded compartment ecosystem model. The outcomes of the model will help to understand the controlling functions for Terminos Lagoon and to predict medium or long term changes with respect to human induced threats.

This work will be conducted in the frame of a multidisciplinary program funded by EC2CO French Programme on Coastal Environment, entitled JEST: Joint Environmental Study of Terminos lagoon (<http://cbs.izt.uam.mx/hidrobiologia/jest/modeles/page1.htm>). In parallel additional funds have been requested to FONCICyT (UE Mexican Bilateral Agreement).

Application

The position is available immediately for candidates with an extensive background in environmental sciences and biogeochemical competences. Candidate should be motivated to conduct field- and computer-based interdisciplinary research.

Contact persons

Dr. Christian GRENZ (IRD Institut de Recherche pour le Développement)
Dra. Rocío Torres Alvarado (Prof UAM)

Universidad Autónoma Metropolitana
Departamento de Hidrobiología - Av. Michoacán y la Purísima
Colonia Vicentina 04510 México, D. F. MEXICO

Email: gren@xanum.uam.mx, rta@xanum.uam.mx

Fax: (005255) 5804 4738

References

- Canfield, D. E. & D. J. Des Marais. 1992. Aerobic sulfate reduction in microbial mats. *Science*. 251: 1471-1473
- Denis L., Grenz C., 2003. Spatial variability in oxygen and nutrient fluxes at the sediment-water interface on the continental shelf in the Gulf of Lions (NW Mediterranean Sea). *Oceanol. Acta* 26: 373-389
- El Ganaoui O., Schaaff E., Boyer P., Amielh M., Anselmet F. & Grenz, C., 2004. Characterisation of the deposition and erosion fluxes for cohesive sediments determined by a multi-class model. *Soumis à Estuarine Coastal Caffrey JM, Cloern JE , Grenz C, 1998. Changes in production and respiration during a spring phytoplankton bloom in San Francisco Bay, California, USA: implications for net ecosystem metabolism. MEPS 172:1-12.*
- Grenz C., Denis L., Boucher G., Chauvaud L., Clavier J., Fichez R., Pringault O., 2003. Spatial variability in Sediment Oxygen Consumption under winter conditions in a lagoonal system in New Caledonia (South Pacific). *J. Exp Mar Biol Ecol.* 285-286 : 33-47.
- Grenz C, Cloern JE , Hager SW, Cole BE, 2000. Dynamics of nutrient cycling and related benthic nutrient and oxygen fluxes during a spring phytoplankton bloom in South San Francisco Bay (USA). *MEPS* 197 : 67-80.
- Jørgensen, B. B. 1982. Mineralization of organic matter in the sea-bed-the role of sulfate reduction. *Nature*. 296: 643-645
- Pinazo C., Bujan S., Douillet P., Fichez R., Grenz C. and Maurin A. 2004 Impact of wind and freshwater inputs on phytoplankton biomass in the coral reef lagoon of New Caledonia during the summer cyclonic period: a coupled 3D biogeochemical modelling approach. *Coral Reef* 23: 281-296
- Rabouille C., Denis L., Dedieu K., Stora G., Lansard B., Grenz C., 2003. Oxygen demand in coastal marine sediments : comparing in situ microelectrodes and laboratory core incubations. *J Exp. Mar Biol Ecol.* 285-286 : 49-69.
- Schaaff E., Grenz, C., Pinazo C. & Lansard B. 2006. Field and laboratory measurements of sediment erodability: a comparison. *Journal of Sea Research* 55 : 30-42.
- Tett P. and C. Grenz 1994. Designing a simple microbiological-physical model for a coastal embayment. *Vie et Milieu* 44 : 39-58.
- Tett P., L. Gilpin, H. Svendsen,, U. Larsson,, C. Janzen, J. Lee, C. Grenz, A. Newton, J. Gomes Ferreira, T. Fernandes, S. Scory, 2003 The eutrophication status of some European waters of restricted exchange. *Continental Shelf Research* 23: 1635-1671.
- Thamdrup, B. & D. E. Canfield. 1996. Pathways of carbon oxidation in continental margin sediments off central Chile. *Limnol. Oceanogr.* 41: 1629-1650
- Ulses C., C. Grenz , P. Marsaleix, E. Schaaff, C. Estournel, S. Meulé, C. Pinazo. 2005. Water circulation in a semi enclosed bay submitted to strong continental supplies (Golfe de Fos). *J. Mar. Systems* 56: 113-132.
- Viollier E., C. Rabouille, S. E. Apitz, E. Breuer, G. Chaillou, K. Dedieu, Y. Furukawa, C. Grenz, P. Hall, F. Janssen, J. L. Morford, J.-C. Poggiale, S. Roberts, T. Shimmield, M. Taillefert, A. Tengberg, F. Wenzhöfer, U. Witte, 2003. Benthic Biogeochemistry: State of the art technologies and guidelines for the future of In Situ Survey. *J. Exp Mar Biol Ecol.* 285-286 : 5-31.