



**LES RECHARGEMENTS SEDIMENTAIRES D'AVANT-COTE: UNE NOUVELLE METHODE DE LUTTE CONTRE L'EROSION COTIERE**  
**SHOREFACE NOURISHMENT: A NEW METHOD FOR FIGHTING AGAINST COASTAL EROSION**

**Programme LITEAU II**  
**Rapport de fin de contrat**

IMAGES (Institut de Modélisation et d'Analyse en Géo-Environnements et Santé) E.A. 4218  
Raphaël CERTAIN, MCF,  
Université de Perpignan Via Domitia, 52 av. Paul Alduy  
66860 Perpignan  
Tel : 04.68.66.20.57  
Fax : 04.68.66.17.47  
Email : [certain@univ-perp.fr](mailto:certain@univ-perp.fr)

Date : 27/07/2009

N° de contrat : CV05000192

Date du contrat : 27/01/2006



# TABLE DES MATIERES

Synthèse.....	p.4
Résumés.....	p.14-15
Rapport scientifique.....	p.16
1- Descriptif du projet, contexte scientifique, objectifs initiaux et résultats scientifiques attendus	p.18
2- Hypothèses et dispositif méthodologique	p.21
3- Organisation interne et coordination	p.22
4- Déroulement des travaux	p.23
5- Résultats, apports et limites	p.25
Tâche A Impact sur le benthos	p.25
Tâche B Modélisation numérique	p.26
Tâche C Interface de modélisation	p.137
Tâche D Modélisation physique	p.138
Tâche E Estimation des coûts	p.161
Tâche F Suivi du projet	p.172
Tâche G Elaboration de guides	p.172
6- Adéquation des résultats aux objectifs initiaux	p.173
7- Actions de valorisation scientifique	p.173
8- Restitution destinées aux utilisateurs précisant les produits restitués	p.173
9- Conclusions et synthèse des travaux	p.174
10- Perspectives	p.176
Bibliographie.....	p.178

Annexe : Rapport spécifique sur l'impact sur le benthos de rechargements d'avant-côte  
(Tâche A)

Annexe : Textes des publications

Annexe : Manuel d'utilisation des codes MODHYS et MODHOU



# SYNTHESE

(destinée aux utilisateurs et gestionnaires publics)

## LES RECHARGEMENTS SEDIMENTAIRES D'AVANT-COTE: UNE NOUVELLE METHODE DE LUTTE CONTRE L'EROSION COTIERE

### PROGRAMME LITEAU II

**Responsable scientifique du projet :** Raphaël Certain, IMAGES UPVD

**Partenaires scientifiques bénéficiaires :** Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT), Laboratoire des Ecoulements Géophysiques & Industriels (LEGI), Observatoire Océanologique de Banyuls, SOGREAH Ingénierie, CREOCEAN, Direction Régionale Languedoc-Roussillon de l'Équipement (DRE) (anciennement Service Maritime et de Navigation du Languedoc-Roussillon (SMNLR)), Conseil Général de l'Hérault (CG 34), SIVOM Leucate/Barcarès, Communauté d'Agglomération du Bassin de Thau (CABT)



## **CONTEXTE GENERAL**

Sous la responsabilité scientifique de l'Université de Perpignan Via Domitia (UPVD- Raphaël Certain, certain@univ-perp.fr), L'Institut de Mécanique des Fluides de Toulouse (IMFT), le Laboratoire des Ecoulements Géophysiques et Industriels (LEGI-Grenoble), la SOGREAH, le SIVOM de Leucate/Barcarès, La Communauté d'Agglomération du bassin de Thau (CABT), le Conseil Général 34, la Direction Régionale Languedoc-Roussillon de l'Équipement (DRE) (anciennement Service Maritime et de Navigation du Languedoc-Roussillon (SMNLR)), l'Observatoire Océanologique de Banyuls sur Mer et CREOCEAN se sont regroupés pour mener une étude sur la faisabilité de rechargements sous-marins sableux d'avant-côte afin de lutter contre l'érosion côtière. Le présent projet de recherche est intitulé : « Les rechargements sédimentaires d'avant-côte : une nouvelle méthode de lutte contre l'érosion côtière ». Il cherche à répondre aux grandes orientations préconisées dans le cadre du programme LITEAU II (Ministère de l'Écologie, du Développement et de l'Aménagement durables) et notamment celles relatives à la gestion du trait de côte, en visant :

- à assurer une continuité avec des programmes scientifiques existants ;
- à consolider et valoriser les avancées scientifiques actuelles en appliquant les développements à des cas concrets ;
- à réunir au sein d'un même projet des organismes de recherche spécialistes en environnement du littoral et des utilisateurs potentiels ;
- à étudier des mécanismes de réhabilitation et de restauration des milieux altérés, tout en réalisant une analyse coût-bénéfice ;
- à être un futur outil d'aide à la décision et d'accompagnement scientifique d'initiatives d'intervention.

## **OBJECTIFS GENERAUX DU PROJET**

L'objectif est d'étudier la possibilité d'utiliser les rechargements sédimentaires d'avant-côte, c'est-à-dire des apports en sable dans la partie sous-marine de la plage proche du rivage, dans la lutte contre l'érosion des plages sableuses. Les avantages de cette technique de rechargement, variante d'un rechargement classique directement sur la plage, résident dans un coût limité par la réduction du transport du matériel de rechargement, dans l'utilisation de matériel granulométriquement favorable et dans la proposition d'une méthode « douce », sans impact paysager, respectueuse de l'environnement. Les communes littorales souffrent en effet dans leur grande majorité de problèmes d'érosion de leurs littoraux sableux ; qu'ils soient liés aux conditions de l'évolution naturelle des milieux ou qu'ils soient induits par des aménagements antérieurs. Ceci entraîne un coût important de lutte contre ces phénomènes et des conséquences socio-économiques sur le tourisme et les activités nautiques. Dans le département de l'Hérault par exemple les enquêtes de fréquentation touristiques montrent par exemple que 85% de la demande touristique et locale se tourne vers des plages plus naturelles, dans un secteur économique porteur qui représente 1,2 M d'euros et 44 000 emplois. De plus, les méthodes de gestion qui passe par des ouvrages en dur montre actuellement ses limites face aux impacts environnementaux et aux coûts d'entretien qu'elle génère mais aussi face aux nouvelles formes de tourisme, plus soucieuses du cadre de vie. Depuis plusieurs années, les gestionnaires (Etat et

Collectivité Locales) souhaitent trouver d'autres modes de gestion de l'érosion plus respectueuses de l'environnement. En 2002, les orientations stratégiques pour la gestion de l'érosion, élaborées à la demande de la Mission Interministérielle d'Aménagement du Littoral, ont défini les secteurs sur lesquels l'artificialisation du trait de côte n'est pas envisageable au regard des enjeux. Sur ces secteurs, les rechargements de plages apparaissent comme une des solutions. Cette méthode de restauration la plus courante qui consiste à recharger la plage émergée en sable est toutefois pénalisée par la limitation des sources de sable disponibles et par des contraintes fortes pesant sur le respect des critères granulométriques. L'idée vient alors de prélever ce sédiment en mer et de recharger directement dans les petits fonds ayant une granulométrie plus compatible, mais ceci ne peut être réalisé sans étude préalable.

Ce projet s'insère et constitue le prolongement des programmes nationaux, européens ou régionaux dans lesquels sont impliqués les différents partenaires scientifiques avec lesquels il présente des articulations fortes et des complémentarités. Ce projet correspond aussi à une demande des gestionnaires du milieu littoral, impliqués eux aussi dans ce programme. Ce projet correspond à une volonté croissante des décideurs d'utiliser des solutions respectueuses de l'environnement. Il coïncide aussi avec des interrogations et des recherches actuellement en cours menées par des bureaux d'étude. Les protagonistes intervenant dans le projet appartiennent donc à des sphères d'activité généralement séparées. Les premiers intéressés à cette problématique de rechargement en sable sont les acteurs locaux gestionnaires du littoral (Mairies, SIVOM, Communautés d'Agglomérations, Conseils Généraux) et les assistants à maîtrise d'ouvrage (DRE-SMNLR). Susceptibles de réaliser la maîtrise d'ouvrage, ils ont un rôle de proposition et d'orientation (ou réorientation) du travail. De leur côté, les scientifiques offrent leurs capacités de recherche et d'innovation à travers leur connaissance du milieu naturel et de ses potentialités ainsi que leur aptitude à définir les conditions d'emploi par la mise en oeuvre de codes de calculs et par la simulation physique. Enfin, les bureaux d'études sont susceptibles de réaliser les études d'impact dans le cadre des enquêtes réglementaires mettant en pratique les normes techniques et administratives requises par ce type d'intervention.

#### **QUELQUES ELEMENTS DE METHODOLOGIE (ET EVENTUELLES DIFFICULTES RENCONTREES)**

Pour répondre aux objectifs fixés, il est envisageable de modéliser et de chiffrer de telles opérations dans des configurations opérationnelles en liaison directe avec les acteurs locaux. Ceci passe par le test, via les modèles numériques utilisés dans le programme, de différents scénarios de rechargement d'avant-côte, sous différentes conditions hydrodynamiques, réalistes économiquement, ainsi que des modélisations en modèle physique en canal à sédiment (modèle réduit à l'échelle de rechargements). Enfin, il faut envisager et évaluer l'impact de tels rechargements sur l'écosystème côtier benthique et les conséquences socio-économiques pour les acteurs du littoral qui en dépendent. Le volet biologique du projet répond ainsi à une urgence pour la gestion des zones côtières : des rechargements commencent à être réalisés en masse mais les supports pour les études d'impact sont insuffisants. Bien que le travail proposé ait un caractère générique, il est utile d'identifier par ailleurs deux sites pilotes offrant une diversité suffisante de situations pour permettre de confronter les résultats numériques à la réalité ; ainsi que pour identifier les populations faunistiques qui les caractérisent et définir un état de référence pour le Languedoc-Roussillon. Notre choix s'est porté sur deux sites qui subissent une érosion chronique, la plage de la corniche à Sète (Hérault) et celle de Leucate (Aude).

La valorisation de ce travail doit passer par la mise au point d'une méthodologie utilisable par les techniciens et décideurs : fourniture d'un modèle numérique applicable, modélisation numérique sur des sites réels et analyse des coûts, tests en canal à houle et impact de tels rechargements pour l'écosystème benthique côtier. De manière plus spécifique, il est prévu que les gestionnaires bénéficient (1) d'un outil de modélisation, (2) d'un document de référence sur l'impact biologique des rechargements d'avant-côte, (3) un document de référence et de préconisation sur les rechargements d'avant-côte. Ce projet fait aussi l'objet d'une diffusion en ligne sur le site de la Plateforme Technologique Régionale Gladys Languedoc-Roussillon (<http://www.gladys-littoral.org/>)

## **RESULTATS OBTENUS**

Ce document final du programme présente les conclusions du travail : le volet biologie/étude d'impact sur le benthos est finalisé et peut servir de référence en la matière, les résultats des modélisations numériques les deux sites naturels du programme Sète et Leucate permettent de conclure sur l'efficacité de rechargements d'avant-côte, cette analyse est complétée par les tests de rechargements en canal à sédiment qui viennent éclairer et compléter l'approche numérique. La faisabilité et le coût de telles opérations sont par ailleurs analysés.

La synthèse des résultats peut être articulée autour de 4 points.

### **1. L'impact sur le benthos**

On peut considérer que l'impact immédiat des rechargements sur les peuplements benthiques des petits fonds sableux est important (mortalité forte), mais qu'au regard de la faible diversité naturelle des milieux et d'une recolonisation rapide des sites, l'impact à plus long terme est relativement réduit. Le problème se pose davantage pour les espèces commerciales comme les donax (*Donax trunculus*) qui sont exploitées par les pêcheurs à pieds.

A partir de l'expérience menée dans ce travail, une proposition d'une méthodologie adaptée d'évaluation des impacts des rechargements sous-marins sur les populations benthiques est réalisée dans le document complet en annexe. Il faut s'y reporter pour en prendre connaissance dans le détail, la proposition de la méthodologie globale étant axée sur la description des travaux de dragage et de rechargement et celle des milieux, notamment l'établissement du profil biologique.

### **2. Les modèles numériques**

Les trois modèles utilisés sont globalement convergents. Le site de Sète semble bénéficier plus favorablement des rechargements. Le rôle de rechargements par création de barres surnuméraires au large est jugé moins concluant; la plus grande efficacité revenant aux rechargements de barres externes pour des conditions de tempête classique. Le fait de créer une troisième barre surnuméraire au large n'a pas que peu d'effet sauf lors des phases de tempête exceptionnelle. Les modèles numériques restent peu performants pour reproduire la remontée de sédiment vers la plage. La prise en compte d'une meilleure discrétisation des tempêtes reste à faire, ainsi que l'extension de ces modèles vers des simulations moyen terme saisonnières.



### 3. Le modèle physique

A partir de l'obtention d'un profil d'équilibre et en respectant les conditions de similitudes avec le milieu naturel, on a procédé à plusieurs rechargements. La première expérience avait pour but de tester un rechargement sur le revers de la barre interne ; puis un changement d'échelle a été réalisé pour réaliser des rechargements plus au large (barre externe, fosse externe et à nouveau la zone interne) avec une meilleure discrétisation de la tempête, en particulier le tombant. Les conclusions ont été encourageantes et démontrent la bonne efficacité des rechargements d'avant-côte du point de vue expérimental du moment que l'on simule bien la phase de tombant de tempête. C'est lors de cette phase que la plage récupère ce qu'elle a perdue pendant le montant avec un bilan final qui peut s'avérer positif. En effet, l'effet de brisance et de source en sédiment pour la plage est avéré pour toutes les expériences du moment que l'on reproduit correctement la tempête.

### 4. L'estimation des coûts

Le rechargement de la barre externe qui semble le plus efficace nécessite des moyens de mise en œuvre plus lourds que le rechargement surnuméraire au large (estimation à 7,3 contre 3,4 EHT/m<sup>3</sup> pour un linéaire rechargé de 3km). Pour rendre cette méthodologie attractive, il faut donc réaliser des rechargements importants en volume.

En conclusion, des avancées notables sur l'effet des rechargements d'avant-côte ont pu être obtenues grâce aux efforts de modélisations entrepris dans ce programme. L'impact sur le benthos et sa capacité de recolonisation, l'efficacité des rechargements de barre externe, l'apport de la modélisation physique en sont des éléments importants. Les résultats permettent de définir les futurs axes de recherche sur cette problématique.

## IMPLICATIONS PRATIQUES, RECOMMANDATIONS, REALISATIONS PRATIQUES, VALORISATION

- Implications pratiques :

- Les modèles numériques restent un outil indispensable pour la prise de décision, même si des améliorations, notamment pour l'accrétion, sont à apporter pour ces cas appliqués complexes. Le canal a lui aussi montré son intérêt alors qu'il était peu utilisé jusqu'à présent.
- Malgré les rechargements d'avant-côte simulés numériquement, l'énergie de la houle à la côte reste importante dans le système interne, ce qui amène à penser que cette solution doit aussi être accompagnée par du rechargement de plage et mettre en place des volumes de rechargement importants.
- Il s'avère nécessaire de toujours essayer de croiser les sources d'information dans la prise de décision.
- Il reste à continuer d'améliorer les modèles numériques et de réaliser des simulations sur le plus long terme avec des situations météorologiques simplifiées mais représentatives afin de se rapprocher des conditions *in situ* pour en faire un outil le plus fiable possible.

- Recommandations et limites éventuelles :

Les modèles numériques restent très sensibles à la forme du profil initial. On observe des difficultés à modéliser l'évolution de la plage émergée. Le choix de simuler uniquement une tempête de 24 h avec une hauteur de houle constante reste finalement très discutable en

comparaison de ce qui a pu être vu pour le canal lors de la phase de tombant de tempête et lors des simulations plus long terme réalisées.

Les bons résultats obtenus en canal souligne le problème des mesures en nature avant et après tempête, alors qu'il est avéré que c'est le ratio entre montant et tombant qui va définir l'impact de la tempête.

Les divergences observées entre modèles numériques et modèle physique tiennent dans la formulation même des modèles numériques et leur façon de prendre en compte les tempêtes. Cela confirme l'intérêt de la volonté de départ de vouloir confronter ces deux approches complémentaires. Un travail reste à mener pour confronter ces deux approches en faisant tourner les modèles numériques sur les observations faites en canal.

Il paraît aussi nécessaire de travailler en canal à l'échelle 1/1 pour contrôler que le changement d'échelle ne crée pas un biais dans les résultats.

- Réalisations pratiques et valorisation :

- Pour mettre en place une politique de rechargements à l'échelle régionale, il semble indispensable de créer des plans de gestions des sédiments par cellule hydro-sédimentaire en incluant les bassins versants et en recensant l'ensemble des volumes à recharger et l'ensemble des volumes disponibles.

- De nouvelles pistes doivent être suivies pour fournir des sédiments à recharger comme l'apport complémentaire de coquilles déjà présente en grand nombre sous forme de débris dans les sédiments de plage. Les résidus de l'exploitation conchylicole pourraient y trouver un débouché.

- Il serait maintenant intéressant de pouvoir bénéficier d'un rechargement d'avant-côte grandeur nature et de réaliser un suivi in situ de son efficacité.

- La problématique des rechargements pour limiter les effets de l'érosion et maintenir les infrastructures littorales en l'état ne doit pas faire oublier qu'il pourrait s'avérer moins coûteux sur le long terme pour la société de prendre la décision de reculer ces infrastructures. Cette méthode, appelée « recul stratégique », est déjà appliquée dans certains pays comme le Canada (Québec). Toutes les études à venir d'aménagement pour lutter contre l'érosion et la submersion devraient être accompagnées d'un volet d'analyse économique « coût/bénéfice » pour chacune des solutions proposées en incluant systématiquement le recul stratégique et en se basant sur des prévisions à 30 ans. Cette approche se révèlera encore plus utile quand on pourra inclure les prévisions de scénarios de changements climatiques à venir, qui affecteront sûrement la dynamique sédimentaire en accentuant encore les phénomènes d'aléas sur le littoral.

## **PARTENARIATS MIS EN PLACE, PROJETS, ENVISAGES**

Le partenariat a été mis en oeuvre au sein même du projet qui regroupe des scientifiques, les Collectivités Locales et des bureaux d'étude à l'échelle du Languedoc-Roussillon.

**LISTE DES OPERATIONS DE VALORISATION ISSUES DU CONTRAT (ARTICLES DE VALORISATION, PARTICIPATIONS A DES COLLOQUES, ENSEIGNEMENT ET FORMATION, COMMUNICATION, EXPERTISES...)**

<b>PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES</b>	
Publications scientifiques parues	8
Publications scientifiques à paraître	1
Publications scientifiques prévues	
<b>COLLOQUES</b>	
Participations passées à des colloques	24
Participations futures à des colloques	
<b>THESES</b>	
Thèses passées	1
Thèses en cours	1
<b>ARTICLES DE VALORISATION-VULGARISATION</b>	
Articles de valorisation parus	2
Articles de valorisation à paraître	
Articles de valorisation prévus	
<b>AUTRES ACTIONS VERS LES MEDIAS</b>	
Actions vers les médias (interviews...) effectuées	3
Actions vers les médias prévues	
<b>ENSEIGNEMENT - FORMATION</b>	
Enseignements/formations dispensés	3
Enseignements/formations prévus	
<b>EXPERTISES</b>	
Expertises menées	2
Expertises en cours	
Expertises prévues	
<b>METHODOLOGIES (GUIDES...)</b>	
méthodologies produites	3
méthodologies en cours d'élaboration	
méthodologies prévues	
<b>AUTRES</b>	
Précisez...	

**PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES PARUES**

- *Publications portant sur la compréhension du milieu naturel des sites du programme*

**PUBLICATIONS DE RANG A (ACL)**

Jimenez, J.A., Ciavola, P., Balouin, Y., Armaroli, C., Bosom, E, and Gervais, M.  
Geomorphologic coastal vulnerability to storms in microtidal fetch-limited

- environments application to NW Mediterranean and N Adriatic Seas, *Journal of Coastal Research*, SI 56.
- Hurther, D., Michallet, H. & Gondan, X. (2007). Turbulent measurements in the surf zone suspension. *J. Coastal Res.*, in press.
- Michallet, H., Grasso, F. & Barthelemy, E. (2007). Long waves and beach evolution profiles. *J. Coastal Res.*, SI 50, 221-225.
- Ferrer, P., Benabdellouahed, M., Certain, R., Tessier, B., Barusseau, J.P. & Bouchette, F. (soumis). *The Late Holocene infill of the Thau lagoon (Western Gulf of Lions, Mediterranean Sea, France). A record of coastal barrier dynamics under climate and eustatic forcing.* accepté au Bulletin de la Société Géologique de France.

### **PUBLICATIONS AVEC COMITE DE LECTURE (ACLN)**

- Rey, V., Certain, R., Drevrard, D., Meuret, A. et Piazzola, J., 2006. Mesures de houles partiellement stationnaires en zones côtière et littorale. *Mécanique & Industries*, 7, 201-207.

### **COMMUNICATIONS AUX CONGRES INTERNATIONAUX AVEC ACTES (ACTI)**

- Barthelemy, E., Certain, R., Grasso, F., Michallet, H. Experiments on cross-shore equilibrium beach profiles and beach morphology, *Inter. Conf. ICCE 2008*, Hambourg, (September, 2008)
- Certain, R. & Barusseau, J. P., 2006. Conceptual modelling of straight sand bars morphodynamics for a microtidal beach (Gulf of Lions, France), *The 30th International Conference of Coastal Engineering*, San Diego, USA, 3<sup>rd</sup>-8<sup>th</sup> September 2006.
- Ferrer, P., Certain, R., Barusseau, J.-P., et Gervais, M. (accepté). *Conceptual modelling of a double crescentic barred coast (Leucate-Plage, France)*. Coastal Dynamics, Tokyo, Japon (7-11 Septembre 2009).

### **COMMUNICATIONS AUX CONGRES NATIONAUX AVEC ACTES (ACTN)**

- Ferrer, P., Rey, V., Certain, R., Adloff, F., et Meulé, S., 2006. Les ondes infragravitaires et leur rôle éventuel dans la formation de croissants de plage : Cas de la plage de Sète, *IXèmes Journées Nationales Génie Côtier-Génie Civil*, Brest 2006.
- Ferrer, P., Bujan, N., Certain, R., et Leredde, Y., 2008. *Caractérisation hydrodynamique D'un littoral à barres festonnées du golfe du Lion (Leucate, France) : mesures in-situ et modélisation.* X<sup>èmes</sup> Journées Nationales Génie Côtier-Génie Civil, Sophia-Antipolis (14-16 Octobre 2008).

### **COMMUNICATIONS AUX CONGRES INT. ET NAT. SANS ACTES (COM)**

- Ferrer, P., Tessier, B., Benabdellouahed, M., Certain, R., and Barusseau, J-P., 2007. Holocene sandy barrier evolution as indicated through lagoonal sedimentary infill. The example of the Thau lagoon-and-barrier system (western Gulf of Lions, Mediterranean sea, France), *Conference Internationale sur l'Etude de la Méditerranée*, Istanbul, Turquie, 9-13 Avril.
- Samat, O., Gouaud, F., Certain, R., Lambert, A., Meulé, S., Sabatier, F., 2007. Hydrodynamics studies in front of a seawall (Véran site, Gulf of Lions, Mediterranean coast), Coastal Structures international Conferences, Venice, Italy, 2-4 July 2007.

- Ferrer, P., Adloff, F., Certain, R., Meulé, S., Bouchette, F. et Leredde, Y. Hydrodynamique à l'échelle événementielle d'un système de barres festonnées dans le golfe du lion (Leucate-Plage, Aude). *11ème Congrès Français de Sédimentologie, Caen, octobre 2007*.
- Ferrer, P., Cance, L., Certain, R., Barusseau, J-P. Morphodynamique pluriannuelle d'un système de barres d'avant-côte festonnées en milieu microtidal (sud du golfe du Lion). *11ème Congrès Français de Sédimentologie, Caen, octobre 2007*.
- Grasso, F., Michallet, H. & Barthelemy, E. (2007). Infragravity waves in mobile-bed laboratory experiments. *Proc. ASCE Coastal Sediments 07*, New Orleans.
- Ferrer, P., Certain, R., Gervais, M. & Barusseau, J.P., (soumis). *Modèle morphodynamique conceptuel d'un système double de barres festonnées en milieu microtidal (Leucate-plage, Aude)*. 12ème Congrès Français de Sédimentologie, Rennes (27-29 Octobre 2009).
- C. Godon, N. Robin, N. Aleman, M. Gervais, R. Certain, S. Meulé, F. Bouchette, Y. Balouin, E. Brambilla Hydrodynamique d'une plage à barre en milieu microtidal à l'aide d'ADCP. 12<sup>ème</sup> Congrès des Sedimentologues Français (ASF), 25-31 Octobre 2009, Rennes (soumis).
- Brambilla, E., Bouchette, F., Certain, R., Ferrer, P., Robin, N. & G. Sylaios, 2009. *Observations of sediment resuspension and transport in the nearshore zone, Gulf of Lion, France*. EGU, Vienne, Autriche (19-24 Avril 2009).
- J. Thiébot, N. Robin, R. Garnier, R. Certain, D. Idier, D. Calvette, A. Falquès, F. Levoy. Morphological response of a double nearshore bar system under oblique waves, EGU Vienna Austria, 19-24 April 2009, session HS9.1/GM9.2 Coasts and Estuaries

➤ *Publications spécifiques au test de rechargement*

**PUBLICATIONS DE RANG A (ACL)**

- GRASSO, F., MICHALLET, H., CERTAIN, R. and BARTHÉLEMY, E., 2009. Experimental flume simulation of sandbar dynamics. *Journal of Coastal Research*, SI 56, 54-58.
- Grasso, F., Michallet, H., Barthélemy, E. and Certain, R., 2009. Physical modelling of intermediate cross-shore beach morphology: transients and equilibrium states. *J. Geophys. Res.*, accepté.
- Larroude, P., 2007. Seasonal morphological modelisation for nourishment strategies on Mediterranean beaches. *Marine Pollution Bulletin*, 57, 47-52

**COMMUNICATIONS AUX CONGRES INTERNATIONAUX AVEC ACTES (ACTI)**

- Grasso, F., Michallet, H. and Barthélemy, E., 2009. Experimental simulations of shoreface nourishment under storm conditions. *Coastal Dynamics*, Tokyo, Japan, 7-11 Sept.
- GRASSO, F., MICHALLET, H., CERTAIN, R. and BARTHÉLEMY, E., 2009. Experimental simulation of sandbar dynamics. *10th International Coastal Symposium*, Lisbon, Portugal.

**COMMUNICATIONS AUX CONGRES NATIONAUX AVEC ACTES (ACTN)**

- Certain, R., Grasso, F., Spielman, K., Astruc, D., Larroude, P., Michallet, H., Barthélemy, E., Sabatier, F. and Barusseau, J.-P., 2008. Etude de faisabilité par modélisation

numérique et canal à sédiment de rechargements sédimentaires sableux d'avant-côte en milieu microtidal, une nouvelle méthode de lutte contre l'érosion côtière. *Xèmes Journées Nationales Génie Civil – Génie Côtier*, Sophia-Antipolis, 14-16 octobre.

Grasso, F., Barthélemy, E., Certain, R. and Michallet, H., 2008. Etudes expérimentales des profils cross-shore de plages sableuses. *Xèmes Journées Nationales Génie Civil – Génie Côtier*, Sophia-Antipolis, 14-16 octobre.

### **COMMUNICATIONS AUX CONGRÈS INT. ET NAT. SANS ACTES (COM)**

- Certain, R., Astruc, D., Spielman, K., Larroudé, P., Michallet, H., Grasso, F., Barthélemy, E., Sabatier, F., Barusseau J-P. Etude de faisabilité par modélisation numérique et canal à sédiment de rechargements sédimentaires sableux d'avant-côte en milieu microtidal, une nouvelle méthode de lutte contre l'érosion côtière. *11ème Congrès Français de Sédimentologie, Caen, octobre 2007.*
- Larroudé, P., Long-term simulation with 2DH and 3D models for nourishment on Mediterranean beaches, *5th IAHR Symposium on River, Coastal and Estuarine Morphodynamics*, University of Twente, The Netherlands, (17-21 SEPTEMBER 2007)
- Larroudé, P., Simulations morphodynamiques long terme pour la protection du littoral, *18ème Congrès Français de Mécanique, Grenoble, (27-31 août 2007)*
- Philippe Larroudé, Yearly simulation with a complet non linear 2DH model for nourishment strategies on Mediterranean beaches, Inter. Conf. COASTAL STRUCTURES, Venice, (July 2-4, 2007).
- Philippe Larroudé, Jean-Paul Barusseau and Raphaël Certain, Methodology of Seasonal morphological modelisation for nourishment strategies on a Mediterranean beach, Inter. Conf. EMECS 7, Caen, (2006)

### **COMMUNICATIONS PAR AFFICHE (AFF)**

Alonso B, Durán R, Ercilla G, Casas D, Bernabeu A, Estrada, F, Ferran M, Nuez M, Serra J, Valois X, Lamberti, A, Martinelli L, Merli D, Piemontese M, Aminti P, L, Barbieri G, Battistini A, Cappiotti L, Eliso C, Mori E, Tecchi M G, Petaccia, A, Greco A, Maistri A, Sammarco, P, Camilletti S, Certain R, Kosovinos, N, Koutitas C, Hrissanthou V, Angelidis P, Andredaki M, Georgoulas, A, Samaras A, Valsamidis A, Evangelos K, Theofanis K, Nikolaos, K. Managements of sand deposits intercepted by coastal and fluvial infrastructures in the Mediterranean areas. *11ème Congrès Français de Sédimentologie, Caen, octobre 2007.*

L'effort de communication a aussi porté sur la diffusion de l'information dans des articles dans la presse locale et de communication extérieures de l'UPVD.

### **PUBLICATIONS SCIENTIFIQUES PRÉVUES**

Spielmann, K. Certain, R. Astruc D. and Barusseau, J.-P. Evaluation of bar nourishment strategies for wave-dominated beach protection using a 2DV process-based model, en révision *Coastal Engineering*.

# RESUMES

## En français

Ce document expose les travaux finaux obtenus dans ce projet de recherche LITEAU II qui vise à étudier la possibilité d'utiliser les rechargements sédimentaires d'avant-côte, c'est-à-dire des apports en sable dans la partie sous-marine de la plage proche du rivage, dans la lutte contre l'érosion des plages sableuses. Les avantages de cette technique de rechargement, variante d'un rechargement classique directement sur la plage, résident dans un coût limité par la réduction du transport du matériel de rechargement, dans l'utilisation de matériel granulométriquement favorable et dans la proposition d'une méthode « douce », sans impact paysager, respectueuse de l'environnement. Il est envisagé dans ce programme de considérer ce que pourraient être des phases opérationnelles en liaison directe avec les acteurs locaux. Pour cela, en plus de la proposition de fournir une expertise et des outils de modélisation numérique utilisables par les techniciens et gestionnaires sur différents sites, des simulations de rechargements en canal à houle et sédiment (modèle réduit) sont réalisés afin d'en étudier la stabilité, cela pour des coûts peu élevés. Il semble aussi primordial d'examiner l'impact écologique (et socio-économique pour les acteurs du littoral) de tels rechargements dans les zones de rechargement sur les petits fonds. Ce document présente les résultats finaux du travail :

Le volet biologie/étude d'impact sur le benthos démontre que l'impact immédiat des rechargements sur les peuplements benthiques des petits fonds sableux est important (mortalité forte), mais qu'au regard de la faible diversité naturelle des milieux et d'une recolonisation rapide des sites, l'impact à plus long terme est relativement réduit. Le rapport spécifique élaboré pourra servir de référence en la matière. Les modélisations numériques sur les deux sites naturels du programme Sète et Leucate montre que les rechargements réalisés pour renforcer les barres externes sont les plus efficaces. Les expériences de rechargement en canal à sédiment illustre la bonne efficacité des rechargements d'avant-côte si les conditions de forçage ne sont pas extrêmes. Une analyse de faisabilité technique et économique a été réalisée et montre que les rechargements de barre externe reste plus coûteux que des rechargements réalisés plus au large.

Ainsi, ce projet constitue un des outils visant à orienter le choix des aménageurs du littoral parmi un ensemble de solutions possibles vers une solution douce, économiquement compétitive, et ayant un impact paysager minimal.

---

**MOTS CLES :** RECHARGEMENT SABLEUX D'AVANT-COTE, MODELISATION ET SIMULATION NUMERIQUE, MODELE PHYSIQUE EN CANAL A SEDIMENTS, ETUDE D'IMPACT SUR LE BENTHOS, DOCUMENT DE REFERENCE ET DE PRECONISATION A L'USAGE DES GESTIONNAIRES

## **In English**

This document explains the final results obtain in this LITEAU II project. The aim of this work is to study the possibility to use shoreface nourishment in the fight against coastal erosion. The advantages of this technique, slightly different from beach nourishment, are to reduce the travel cost of the nourishment, to use fine mean-size sediment usually inefficient on the beach and to provide an environmental friendly technology. In this program, we are thinking about what can be real test in dialogue with end-users. For this, we propose to give numerical tools applicable on different sites of the program and to use also sediment flume experiments to test shoreface scenarios. Moreover, it seems now necessary to study the impact on the benthic biological population of underwater nourishment and the taotal cost of these kind of shoreface nourishments.

It is shown that the impact on the benthic fauna is very strong but as the biological diversity on the sites and their capacity of travel, the long term impact is week. A specific report is made to explain how elaborate th e better imapct studies in the future. The numerical modelling on the two sites of the program, Sète and Leucate, illustrates that the outer bar nourishment is more efficient. Physical modelling in flume show the good results of shoreface nourishment if hydrodynamics conditions are not too strong. The technical and budget study demonstrate that the outer bar nourishment is however more expensive than offshore bars nourishment.

Finally, this project will constitute one tool for the end-users decisions in a panel of environmental friendly and economical competitive solutions.

**KEY WORDS :** SHOREFACE NOURISHMENT, NUMERICAL MODELING, SEDIMENT FLUME MODELING, IMPACT STUDY ON BENTHIC FAUNA, SYNTHESIS REPORT FOR END-USERS