

XIV<sup>ème</sup> JOURNÉES NATIONALES  
GÉNIE CÔTIER - GÉNIE CIVIL

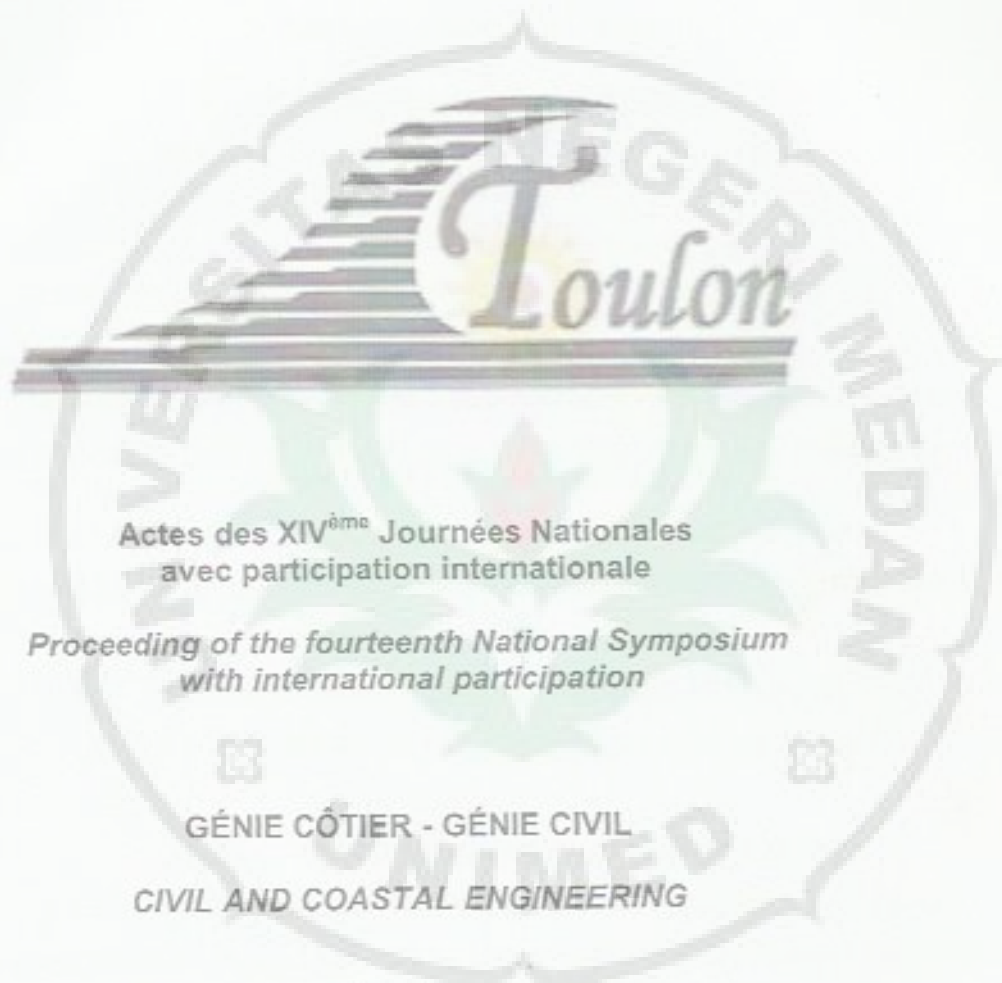


Bulletin de  
TOULON

DU 29 JUIN AU 1<sup>er</sup> JUILLET 2016



Vue générale du Port et de la Ville de Toulon



Actes des XIV<sup>ème</sup> Journées Nationales  
avec participation internationale

*Proceeding of the fourteenth National Symposium  
with international participation*

GÉNIE CÔTIER - GÉNIE CIVIL  
CIVIL AND COASTAL ENGINEERING

Toulon,  
France,

29 Juin + 1<sup>er</sup> Juillet 2014

*Character Building*  
UNIVERSITY

Edité par  
Edited by

Daniel LEVACHER<sup>1</sup>, Martin SANCHEZ<sup>2</sup>, Vincent REY<sup>3</sup> et le Centre Français du Littoral<sup>4</sup>  
<sup>1</sup>Université de Caen, UMR 6143, CNRS, Laboratoire M2C, France  
<sup>2</sup>Université de Nantes, UMR 6112, CNRS, Planétologie et Géodynamique, France  
<sup>3</sup>Université de Toulon, UM 110, CNRS/IRD, Mediterranean Inst. of Oceanography, France  
<sup>4</sup>Centre Français du Littoral, Nantes, France

*XIV<sup>èmes</sup> Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil  
Toulon, 29 juin au 1<sup>er</sup> juillet 2016*

*Journées Nationales du 29 juin au 1<sup>er</sup> juillet 2014*

*Edition réalisée avec l'aide du*

**CENTRE FRANÇAIS DU LITTORAL**

*et le concours de :*

ACRI SA SOPHIA ANTIPOLIS

AGENCE DE L'EAU RHONE MEDITERRANEE CORSE

AIPCN – Section française - COMPIEGNE

AXE DE RECHERCHE UTLN Mer Environnement et Développement durable

CENTRE D'ÉTUDES ET D'EXPERTISE SUR LES RISQUES, L'ENVIRONNEMENT, LA  
MOBILITE ET L'AMENAGEMENT

CHAMBRE DE COMMERCE ET DE L'INDUSTRIE DU VAR

COMMUNAUTE D'AGGLOMERATION TOULON PROVENCE MEDITERRANEE

CONSEIL DÉPARTEMENTAL DU VAR

CONSEIL RÉGIONAL PROVENCE-ALPES-COTE D'AZUR

ECOLE D'INGENIEURS DE L'UNIVERSITE DE TOULON, SEATECH

IFREMER TOULON

INSTITUT MEDITERRANEEN D'OCEANOLOGIE MIOI

LABORATOIRE D'ECONOMIE APPLIQUEE AU DEVELOPPEMENT LEAD

LABORATOIRE DE PLANETOLOGIE ET GEODYNAMIQUE UNIVERSITE DE NANTES

LABORATOIRE MORPHODYNAMIQUE CONTINENTALE ET COTIERE DE CAEN

LA VISION France

OCEANIDE SA LA SEYNE-SUR-MER

POLE MER MEDITERRANEE

PORTS RADE DE TOULON

SOCIETE HYDROTECHNIQUE DE FRANCE

SYNDICAT MIXTE PORTS TOULON PROVENCE,

TENCATE GEOSYNTHETICS EUROPE

UNIVERSITE DE TOULON

VILLE DE TOULON

## Préface

Les quatorzièmes journées nationales Génie Côtier & Génie Civil avec participation étrangère, se sont tenues à Toulon en région Provence-Alpes-Côte d'Azur les 29 -30 juin et 1<sup>er</sup> juillet 2016 à l'initiative du Centre français du littoral.

Ce colloque s'inscrit dans la continuité des précédentes journées dont les objectifs sont l'actualisation des connaissances dans le domaine du génie côtier et du génie civil associé ; les échanges d'idées entre spécialistes des domaines concernés ; la confrontation d'analyses et d'expériences entre chercheurs et entrepreneurs ; la mise en relation entre donneurs d'ordre, entreprises et chercheurs ; la présentation de techniques et de matériels nouveaux, ainsi que la documentation disponible auprès des stands d'exposition ; la diffusion des informations tant sur les activités pédagogiques, de recherche et de formation concernant le génie côtier et le génie civil.

Les acteurs du génie côtier dont les compétences sont très diverses, ont bien compris tout l'intérêt que revêt cette manifestation, lieu d'échanges, de débats et de futures collaborations. L'existence et l'utilité du colloque ne sont plus à démontrer, le nombre des communications enregistrées, plus de 120 pour un nombre retenu de 95, et la qualité des contributions comme la participation française mais aussi étrangère, en sont la preuve.

Le volume rassemble les communications sélectionnées pour le colloque par le comité scientifique, après avis du comité de lecture faisant référence aux commentaires de deux experts. Ce volume concerne les thématiques suivantes :

- l'hydrodynamique côtière,
- la dynamique sédimentaire,
- l'instrumentation, les mesures, l'imagerie et la télédétection,
- les ouvrages portuaires, offshore et de plaisance,
- les énergies et ressources marines,
- la gestion durable des zones littorales et estuariennes,
- les risques côtiers.

A la lecture du document, on se rend compte d'une part, de l'étendue des connaissances scientifiques nécessaires pour résoudre les problèmes complexes concernant le « Génie côtier » et par de là, toute la signification du terme « Génie côtier ».

Aussi la gestion durable des zones littorales et estuariennes est pleinement présente dans ce colloque où d'autres notions relatives aux aspects humains, économiques, politiques et juridiques sont considérées. De par les événements récents, les risques côtiers constituent une thématique à part entière.

La thématique relative aux "énergies et ressources marines" s'est installée et fournit un nombre croissant de communications de qualité. Cette thématique sera bien présente dans les colloques JNGCGC à venir, tant l'activité en recherche et développement est intense.

## PRESENTATION

Les XIV<sup>ème</sup> Journées Nationales Génie Côtier – Génie Civil ont pour objet :

- d'actualiser les connaissances dans le domaine du génie côtier et du génie civil associé ;
- de permettre des échanges d'idées entre spécialistes des domaines concernés ;
- de favoriser la confrontation d'analyses et d'expériences entre chercheurs et entrepreneurs ;
- de mettre en relation donneurs d'ordre, entreprises et chercheurs ;
- de présenter des techniques et des matériels nouveaux, ainsi que la documentation disponible auprès des stands d'exposition ;
- de diffuser l'information sur les activités pédagogiques, de recherche et de formation et sur les réseaux concernant le génie côtier et le génie civil (récentes habilitations).

### THEMES

- 1- **HYDRODYNAMIQUE CÔTIÈRE** : Vagues, vents, cyclones, marées, courants, (modélisations et approches statistiques).
- 2- **DYNAMIQUE SÉDIMENTAIRE** : Transport littoral, apports des bassins versants, bilans sédimentaires, envasements, érosion, évolution morphodynamique, modélisations.
- 3- **INSTRUMENTATION, MESURES, IMAGERIE ET TÉLÉDETECTION** : Techniques de mesures et de modélisation physique ; évaluation des paramètres hydrodynamiques, sédimentaires, géotechniques et rhéologiques ; référencement hydrographique et bathymétrie ; catalogue sédimentaire.
- 4- **OUVRAGES PORTUAIRES, OFFSHORE ET DE PLAISANCE** : Conception, réalisation, maintenance et rénovation d'ouvrages ou d'aménagements ; ports à sec, fluviaux et offshore ; marinas ; corrosion chimique et bactérienne ; éco-conception, génie écologique appliqué à l'éco-conception des aménagements littoraux et maritimes.
- 5- **ÉNERGIES et RESSOURCES MARINES** : Prospectives, ouvrages et impacts environnementaux (éoliennes, hydroliennes, énergies des vagues, ressources minérales offshore).
- 6- **GESTION DURABLE DES ZONES LITTORALES ET ESTUARIENNES** : Aménagement et économie du littoral, impacts environnementaux, indicateurs de qualité ; partage de l'espace ; granulats marins ; valorisation des sédiments ; aires marines protégées.
- 7- **RISQUES CÔTIERS** : érosion, submersion marine, inondations côtières, tsunamis, adaptation au changement climatique, gestion des risques.

Conférences invitées sur les thématiques proposées en relation forte avec la Méditerranée.

### ORGANISATEURS

Ces journées sont organisées par le CFL (Centre Français du Littoral, Daniel LEVACHER, Président), l'Université de Toulon (Vincent REY et Michel DIMOU) et le Pôle Mer Méditerranée (Eve RAYMOND),

conjointement avec :

- la société ACRI, prix scientifique "Emergence Pierre GUÉVEL",
- le CEREMA-EMF, Centre d'Études et d'Expertise sur les Risques, l'Environnement, la Mobilité et l'Aménagement,
- le Syndicat Mixte Ports Toulon Provence (SMPTP).

en partenariat avec :

- l'Agence de l'eau Rhône Méditerranée Corse (RMC),
- la section française de l'association AIPCN,
- la Chambre de Commerce et de l'Industrie du Var,
- la Communauté d'Agglomération Toulon Provence Méditerranée (TPM),
- le Conseil Départemental du Var,
- l'École d'Ingénieurs de l'Université de Toulon, SeaTech,
- l'Institut Méditerranéen d'Océanologie MIO,
- Le Laboratoire d'Économie Appliquée au Développement (LEAD),
- la société LA VISION France,
- la Région Provence-Alpes-Côte d'Azur (PACA),
- la société ENVISAN,
- la Société Hydrotechnique de France (SHF),
- la société TENCATE Asie et Europe,
- et la Ville de Toulon.

## COMITE SCIENTIFIQUE

Président: REY Vincent, Université de Toulon, France, et les Membres :

ANTHONY Edward	AMU	Aix-Marseille	FRAUNDE Philippe	Université	Toulon
BARDOTY Philippe	ACRI	Sophia Antipolis	GROVIER Alain	CNRS	Nantes
BARDUSSEAU Jean-Paul	Université	Perpignan	HERROUIN Guy	Pôle Mer Méd.	Toulon
BEAUDRGEY Michel	Postillon	Rosier	KOVAKIK Jean-Benoît	MEDOE	Paris
BENOIT Michel	ECM	Marseille	LEVACHER Daniel	Université	Caen
BONNOT Christine	Espece	Dijon	PIAZZOLA Jacques	Université	Toulon
BOUGES Jean	Ing. Conseil	Opis	SANCHIS Martin	Université	Nantes
CLEMENT Alain	ECN	Nantes	STAGENT Philippe	CEREMA	Compiègne

## COMITE DE LECTURE

Présidents : TOUBOUL Julien, Université de Toulon et LEVACHER Daniel, Université de Caen, France, et les Membres :

ABATIERO Antonia	ISA RTP	Anglet	ENSAI RIRY Corinne	Université	Bordeaux	MARIN Françoise	Université	La Havre
ABRIAKOY Evgenia	ENSM	Douai	ERHOLD Jean	Idreem	Brest	MARONELI Ugo	ISA RTP	Anglet
ADSI Valérie	SHI	Cergy-Paris	ETXERKARIA Miren	LPC	Barcelone	MARTEL Didier	Université	Nantes
ALEPNAOCHI Michel	Université	Nantes	EBERSKY Alexander	Université	Caen	MECHERIS Jean	DHI	Nantes
ALMARI Abdel	BD	Toulon	PASZAL Paul	Université	Nantes	MICHALET Hervé	Université	Granoble
ARICILLA SANCHEZ Agnès	VPC	Batellon	FORGETT Philippe	Université	Toulon	MONNET Jacques	Espece	Granoble
ARDFRAN Fabrice	IFREMER	Brest	FRY Jean-Jacques	EDF	Le Bourget de Lac	MORDANT Stéphane	Université	Casablanca
AUFFRES Olivier	Espece	Brest	GAGNE Richard	Université	Strasbourg	MORICHON Damien	Université	Pau
BAILLY Arnaud	Perpignan	Nantes	GARNIER Roland	Université	Caen	MOLAGNI Dominique	Université	Caen
BALOUZI Yvan	BRGM	Montpellier	GAUTRES Pierre	CEREMA	Aix-en-Provence	MULLIGAN Catherine	Casaccia U.	Montreal
BALYSSIE Agnès	Université	Nantes	GOLAY Frédéric	Université	Toulon	OLABINSKI Abdellatif	Université	Compiègne
BARTHÉLEMY Eric	Université	Granoble	GROUDEANCIU Luc	CEREMA	Brest	OLIVERACI Hosni	IFREMER	Brest
BERTHIER Christelle	EDF	Chartre	GRILLIT Sylvain	Université	Blade Island	PAQUIER Nadir	CEMAGREF	Lyon
BERTIN Olivier	Université	La Rochelle	GUODEMANCE Didier	Idreem	La Fort-Poucaut	JAMISON Jean-Paul	Université	Bordeaux
BIZEN Hervé	Idreem	La Fort-Poucaut	GRUNDEL Nicolas	DHI	Nantes	JEBERON Rodrigue	BRGM	Orléans
BLEVIN Jean-Charles	Espece	Rosier	GURDES MAARS Carlos	CENTEC	Lisbonne	JEDRONI Miroslav	Idreem	Toulon
BONFAY Stéphanie	IRSTEA	Granoble	GUILLOU Jean-Jacques	CFL	Nantes	JERHON Céline	Idreem	Brest
BONNEFASON Christelle	Université	Pau	GUILLOU Sylvain	ESIX	Cherbourg	JITT Olivier	CEREMA	Compiègne
BONNEFON Nathalie	Université	Bordeaux	FRANCOIS Nadia	Université	Reims	JINEAT-GUILLOT Lina	IFREMER	Brest
BONNETON Philippe	Université	Bordeaux	FRAUDON	SOGREAH	Granoble	JONS Frédéric	CESE	Aix-en-Provence
BRANGER Hubert	BRPHE	Marseille	FREDOU Françoise	CEREMA	Brest	JOUVEAU Nicolas	SHOM	Brest
BREMAN Renaud	IFR	Melbourne	FRUQUET Arnaud	ILCO	Dunkerque	RADAKOVITCH Oleg	Université	Aix-Marseille
BRINON Isabelle	Université	La Rochelle	HERVOUET Jean-Michel	LNHE	Chartre	REZ Marie-Michèle	ILCO	Dunkerque
BRIERE Christophe	Deltap	Dort	HISSEL Françoise	CEREMA	Compiègne	RAZAKAMANANTSOA A.	IFSTTAR	Nantes
CABRENE Bernard	IRSTEA	Lyon	JERSON Bernard	INSA	Toulouse	REMISSI Sébastien	Université	Toulon
CARRIÈRE Valérie	Université	Nantes	IDIER Delgado	BRGM	Orléans	ROCHE Arnaud	CEREMA	Brest
CASTILLON Bruno	Université	Bordeaux	JAGY Nicolas	ACRI	Sophia-Antipolis	ROBERT François	SMS	Paris
CAYOCCO Florence	IFREMER	Brest	KAZI AGDAL Karim	ENP	Oujda	ROUSSET Jean-Marc	ECN	Nantes
CELANO Raphaël	Université	Perpignan	KERVELLA Yann	Idreem	Oujda	ROUGEL Nicolas	CEREMA	Saint-Brieuc
CHAGDAI Mohamed	Université	Casablanca	KIMOUNOU Olivier	ECM	Marseille	SARATIER François	Université	Aix-en-Provence
CHAPALAIN Georges	CEREMA	Brest	KOLASHI Anand K.	Université	Algérie	SAUREAU Pierre-Guy	Université	La Rochelle
CHANCEAU Fabrice	Université	Granoble	L HER VIK	CEREMA	Brest	SCHURGER Paul	GMPI	La Havre
CHAUMÉLON Stéphane	Université	La Rochelle	LARBAJ Zouheir	ECL	Lille	SCHUERS Franck	Université	Nantes
CHAZALY Sébastien	AIMSD	Saint-Jule	LAFON Virginie	EPDC	Bordeaux	SENECAL Nicolas	Université	Bordeaux
CHENOUX Jean	Université	Las Palms	LALAUT Yvan	GMPI	Dunkerque	SENTCHÉY Alexis	ULCO	Dunkerque
COGNIE Bruno	Université	Nantes	LANG Michel	IKSTEA	Lyon	SILVA JACINTO Ricardo	IFREMER	Brest
COLMÉD Thomas	SAUFEMSA	Cayenne	LANNOS Christophe	INSA	Rennes	SOTTOCCHIO ALAN	BRGM	Orléans
DAUVIN Jean-Charles	Université	Caen	LEBONNETTE Hélène	Idreem	Rennes	SOUS Dorian	Université	Toulon
DEBY Eric	INSA	Toulon	LE CHERN Olivier	BRGM	Nantes	SUANEZ Serge	UMI	Brest
DEGOUTY Olivier	LAVISION	Nantes	LE HEC Pierre	IFREMER	Brest	TAUVIN Benoît	CEREMA	Saint-Brieuc
DELABAY Laurent	ILIC	Paris	LEFFANT Olivier	SARAGE	Aix-en-Provence	THEP Eric	EDF	Montau-Loir
DELANO Yann	QFL	Nantes	LEGER Pierre	SMS	Montau	THIERY Jean-François	SHI	Cherbourg
DENEHLÉ Damien	IFSTTAR	Nantes	LENOIR Jérôme	MCC	Caen	THIAL Olivier	IMFT	Toulouse
DENSAE Stéphane	SHOM	Brest	LENGUET Philippe	Idreem	La Fort-Poucaut	TOCMENT Ronny	IKSTEA	Aix-en-Provence
DIERAN MAIGRE Lili	INSA	Lyon	LIJON Pierre	QEMNS	Nantes	TRIAL Céline	CEREMA	Aix-en-Provence
DROUOT Jean	CEREMA	Brest	LISSAULT A. Jeanne	Espece	Johannesburg	TRÉDAN Jean-Pierre	Espece	Nantes
DUBOIS Vincent	Université	Bordeaux	LONS Bernard	INRS	Montréal	VASSELIN Eric	Université	La Havre
DUBREUIL Thierry	IFSTTAR	Nantes	MANNAN Mohamed	Université	Nantes	VERPOORTER Charles	ULCO	Wimereux
DUQUESNE Olivier	Université	Caen	MANIACI Eric	Université	Bordeaux	VESTRO Hans-Joel	DHI	Copenhague
DUMAS Franck	IFREMER	Brest	MANTOUX Franck	ACRI	Sophia-Antipolis	VIDAL Olivier	Université	Santander
DUPRAY Sébastien	DREAL	Montpellier	MAIRIEUX Richard	Perpignan	La Cluse	WALTER Patrick	Orléans	La Rochelle

## APPEL À COMMUNICATIONS

La langue officielle est le français ; la deuxième langue acceptée est l'anglais.

Les communications, impérativement originales, seront sélectionnées au préalable par le comité scientifique restreint et le président du comité de lecture (résumés), puis par le comité de lecture sous le contrôle du comité scientifique (acceptation de l'article, corrections et choix de la présentation orale ou poster).

Les communications se dérouleront, soit sous forme d'exposé oral d'une durée de 20 minutes au maximum discussion incluse, soit sous forme d'affiche après présentation de 5 minutes.

Les communications non présentées oralement ou sous forme d'affiches ne seront pas publiées, l'inscription de l'orateur est obligatoire.

Les auteurs sont invités à indiquer leur préférence pour une présentation orale ou sous forme d'affiche.

## ENREGISTREMENT DU RÉSUMÉ

L'enregistrement du résumé devra être effectué en ligne sur le site :

[http://www.paralia.fr/toulon\\_2016\\_880.htm](http://www.paralia.fr/toulon_2016_880.htm)

Le résumé ne devra pas excéder une page A4, dans un cadre 18x25.7cm, frappe simple interligne. Il doit contenir : le thème en en-tête de page, le titre, le(s) nom(s) de l' ou (des) auteur(s), ainsi que le texte.

## SOUSSION DE LA COMMUNICATION

Les communications de 8 pages sont à soumettre impérativement pour le 1<sup>er</sup> mars 2016 à l'adresse électronique suivante : [redaction@paralia.fr](mailto:redaction@paralia.fr). Pour la rédaction de celles-ci, il est demandé de suivre les instructions aux auteurs de la revue Paralia disponible en ligne sur le site <http://www.paralia.fr>

Les réponses sur l'évaluation des communications par les experts des comités scientifique et de lecture seront communiquées au plus tard pour le 15 avril 2016.

Les auteurs doivent renvoyer la version définitive des manuscrits acceptés pour le 1er juin 2016, dernier délai.

## SECRETARIAT SCIENTIFIQUE XIV<sup>ÈME</sup> JOURNEES NATIONALES GENIE COTIER - GENIE CIVIL

Adresse courrier :

Comité d'Organisation des XIV<sup>ÈME</sup> JNGCGC, Vincent REY  
MIO, SeaTech, Bât. X, Université de Toulon, CS 60584,  
83041 Toulon Cedex 09  
Courriel : [rey@univ-tln.fr](mailto:rey@univ-tln.fr); Tel : 04 94 14 24 64

Comité de Rédaction des XIV<sup>ÈME</sup> JNGCGC, Martin SANCHEZ  
Téléphone : 00 33 (0)2 51 12 55 51  
Courriel : [redaction@paralia.fr](mailto:redaction@paralia.fr)

## STANDS D'EXPOSITION

Réservation dès à présent, selon le nombre de places disponibles, auprès de la Présidente du comité d'organisation Eve RAYMOND, Toulon, Pôle Mer Méditerranée, par mail : [raymond@polemermediterranee.com](mailto:raymond@polemermediterranee.com); soit auprès du secrétariat scientifique des JNGCGC par mail : [redaction@paralia.fr](mailto:redaction@paralia.fr) ou [rey@univ-tln.fr](mailto:rey@univ-tln.fr).

## DATES IMPORTANTES À RETENIR :

- Date limite d'envoi des résumés : 1<sup>er</sup> mars 2016.
- Acceptation des résumés : du 1<sup>er</sup> décembre 2015 au 31 janvier 2016.
- Date limite d'envoi des communications : 1<sup>er</sup> mars 2016.
- Acceptation des articles : 15 avril 2016.
- Envoi du bulletin n° 2 et début des inscriptions : 2 mai 2016.
- Envoi des articles corrigés : 1<sup>er</sup> juin 2016
- Envoi du bulletin n° 3 et programme préliminaire : 10 juin 2016.

## LIEU DU COLLOQUE

TOULON

380 Euros avant le 15 mai 2016, (tarif 2006 inchangé), 450 Euros à partir du 15 mai 2016.

Demi-tarif étudiant non communicant : jusqu'au Master ou équivalent.

La fiche d'inscription sera incluse dans le bulletin n° 2.



## SOMMAIRE

### Préface – Organisation

#### *Thème 1 – Hydrodynamique côtière*

- 1 Rafael ALMAR, Pedro ALMEIDA, Chris BLENKINSOPP  
Interactions entre la zone de déferlement et le jet de rive sur une plage à terrasse
- 2 Gwendoline ARNAUD, Vincent REY, Julien TOUBOUL, Damien SOUS  
Propagation de la houle à travers un milieu poreux : effets 3D
- 3 Rachid BENSILHA, Luis Pedro ALMEIDA, Patrick MARCHESIELLO, Rafael ALMAR  
Swash hydrodynamic modelling using a tri-dimensional model: CROCO
- 4 Léo-Paul EUVÉ, Germain ROUSSEAU  
Génération non-linéaire d'harmoniques après une conversion linéaire en interaction houle-courant
- 5 Thierry HOIBLAN, Enclio LIUFAU, Karine BRUNET, Michel ALLENBACH, Atoloto MALAU, Falalika TUHIMUTU-TAOFIFENUA  
Etude courantologique de la partie nord du lagon de Wallis et schéma de circulation générale
- 6 Youen KERVELLA, Meidhy DEMAGNY, François BATIFOULIER, Raphaël DUBOIS  
Measure-Correlate-Predict techniques to improve long term numerical datasets: application to wave potential estimate
- 7 Mohamed LOUKILI, Soumia MORDANE, Mohamed CHAGDALI  
Formulation semi analytique de la propagation non linéaire de la houle
- 8 Tim NAGEL, Julien CHAUCHAT, Zhen CHENG, Xiaofeng LIU, Tian-Jian HSU, Cyrille BONAMY, Olivier BERTRAND  
Two-phase flow simulation of scour around a cylindrical pile
- 9 Olivier ORCEL, François ROPERT, Philippe SERGENT  
Création et utilisation d'une copule à trois paramètres pour le dimensionnement des ouvrages côtiers
- 10 Mimoun OUKADR, Mohamed CHAGDALI, Soumia MORDANE  
Analyse de l'impact physique d'une souille de dragage sur la stabilité du littoral
- 11 Lise PETITJEAN, Damien SOUS, Frédéric BOUCHETTE, Vincent REY, Samuel MEULE, François SABATIER  
Circulation souterraine sous la zone de swash
- 12 Cécile RAOULT, Michel BENOIT, Marissa YATES  
Développement d'un modèle numérique non-linéaire et dispersif pour la propagation des vagues en zone côtière
- 13 Damien SOUS, Cristele CHEVALIER, Jean-Luc DEVENON, Marc PAGANO, Jean BLANCHOT, Gilles ROUGIER  
Réponse hydrodynamique d'un système récif-lagon au forçage combiné houle et marée

#### *Thème 2 – Dynamique sédimentaire*

- 14 Feddy ADONG, Anne-Claire BENNIS, Dominique MOUAZE  
Modélisation du transport particulaire pour les énergies marines renouvelables
- 15 Yasmina AHFIR, Imane MEZLANE  
Analyse de la cinématique du trait de côte et dynamique sédimentaire d'un littoral sableux (Cap Djinet)
- 16 Michel ALLENBACH, Matthieu LE DUFF, Pascal DUMAS, Olivier COHEN  
Gestion intégrée, risques côtiers et aménagements sur les littoraux coutumiers océaniques français. Les apports croisés de la gestion participative et des méthodes classiques



## Thème 5 – Énergies et ressources marines

- 17 Luis Pedro ALMEIDA, Rafael ALMAR, Patrick MARCHESIELLO, Rachid BENSILHA, Kevin MARTINS, Chris BLENKINSOPP, France FLOCH, Jeromme AMMANN, Philippe GRANDJEAN, Nguyen VIET, Duong THUAN, Le BINH, Nadia SENECHAL, Guillaume DETANDT, Melanie BLAUSQUE, Thierry GARLAN, Erwin BERGSMA, Charles CAULET, Hai-Yen TRAN  
Swash zone dynamics of a sandy beach with low tide terrace during variable wave and tide conditions
- 18 Agnes BALTZER, Chantal BONNOT, Nicolas ROLLO, Bleuenn BODIN, Florian BERANGER, Patrice BRETEL, Lucile GLUARD  
Soixante ans d'évolution de la flèche sableuse de Sables d'Or les Pins (Bretagne Nord)
- 19 Hanaa BENALI, Brahim EL MOUTCHOU  
Caractérisation de la dynamique sédimentaire le long des sites littoraux du bassin versant côtier de la région de Ksar Esghir (Tanger, Maroc)
- 20 Mélanie BLAUSQUE, Nadia SENECHAL, Adeline BARRE  
Réponse d'une plage sableuse aux événements de tempête : variabilité longshore et impacts d'ouvrages
- 21 Marie COUTOS, François HACQUES  
Travaux de protection et de mise en valeur du lido de Frontignan
- 22 Christiane DUFRESNE, Céline DUFFA, Vincent REY, Romaric VERNEY  
Modélisation hydro-sédimentaire de la rade de Toulon : application à l'étude de la dispersion de radionucléides
- 23 Sid Ali FERRAS, Yacine DJEDIAT, Souad BATATA  
Cartographie géophysique et géologique de la discontinuité morphologique de la plate-forme sous-marine d'El Marsa Skikda
- 24 Mathieu GERVAIS, Damien PHAM-VAN-BANG, Marissa YATES, Vincent VIDAL, Michel BENOIT  
Réduire l'érosion des plages lors des tempêtes grâce à des structures immergées : une étude expérimentale comparative en canal à houle
- 25 Florent GRASSO, Elisabeth SCHULZ, Pierre LE HIR, Romaric VERNEY, Bénédicte THOUVENIN  
Influence des conditions hydrométéorologiques sur les flux et bilans sédimentaires en estuaire de Seine
- 26 Camille JESTIN, Nicholas GRUNNET, Sten Eshjorn KRISTENSEN, Nicolas FORAIN  
Modélisation morphodynamique à long terme pour la gestion sédimentaire du littoral portuaire dinkerquois
- 27 Kouakou Lazare KOUASSI, Moussa DEME, Kouakou Séraphin KONAN, Boua Patrick YAHIRI, Diakaria KONÉ, Martin SANCHEZ, Kouamé AKA  
Modélisation du fonctionnement hydrodynamique de l'embouchure du fleuve Bandama, Grand-Lahou, Côte d'Ivoire
- 28 Benjamin KULCING, François SABATHER, Edward ANTHONY  
Modélisation du potentiel de transport sédimentaire longitudinal des plages du Languedoc-Roussillon
- 29 Baptiste LE MAUFF, Benoît WAILES  
Analyse des mécanismes d'érosion le long du passage du Gois, Vendée
- 30 Elodie MARCHES, Thierry GARLAN, Olivier BLANPAIN, Emeric BRENON  
Nature, répartition et dynamique des sédiments : Influence du contexte sédimentaire sur le développement d'infrastructures en milieu marin
- 31 Vincent MAZEIRAUD, Damien DAILLOUX  
Suivi de la dynamique sédimentaire à partir d'un système vidéo : le cas des tombolos de Valras-Plage
- 32 Bertrand MICHARD, Nathalie METZLER, Julie DROIT, François ROPERT, Julian DAVID, Michel PERREL  
Expertise technique et recommandations sur l'ensablement du port départemental de Grand'Rivière, Martinique

## Thème 5 – Énergies et ressources marines

### Thème 4 – Ouvrages portuaires et offshore et de plaisance

- 50 Djamel BOUHENICHE  
Expertise et confortement du due d'Albe d'accostage n° 1 du poste de condensat B3 du port de Béthioua, Arzew-Algérie, suite à une collision par un navire
- 51 Sylvain BOUTEFOY  
Les appontements MILHAUD de la Base Navale de Toulon
- 52 Florian BREHIN, Nicolas ZIMMERMANN, Vincent GRUWEZ, Annelies BOLLE  
Comparaison de formules pour le calcul des forces mécaniques dues à la houle sur des bâtiments émergés
- 53 Maxime FONTAN, Thierry VASSAIL, Pierre-Eric THEVENIN  
Maîtrise de la vulnérabilité des ouvrages maritimes et vérification de la capacité portante sous bruit de fond
- 54 Michael GRONIER, Olivier MEYNARD, Etienne CLAMAGIRAND  
Etude comparative de deux types de récifs artificiels sur une paroi verticale en océan indien
- 55 Tassadit HERMIME, Smail GABI  
Simulation numérique d'un ouvrage portuaire de type quai sur pieux : cas d'étude avec le code FLAC2D
- 56 David LAJOIE  
Conception d'une couche filtre granulaire dynamiquement fermée au pied des digues de la Nouvelle Route du Littoral à la Réunion
- 57 Olivier LESIEUTRE, Arnaud MEILLIER, Xavier HALLOPEAU, François TEPLY  
Protection cathodique des aciers dans le béton armé par courant imposé sur une structure portuaire
- 58 Jean-François SERRATRICE  
Instabilité post-sismique des digues. Une approche en déplacements
- 59 Thierry VASSAIL, Maxime FONTAN, Pierre-Eric THEVENIN, Romain BAYLE  
Un nouvel outil de cartographie des digues

### Thème 5 – Énergies et ressources marines

- 60 Christian BERHAULT, Izan LE CROM, Gérard LE BILHAN, Jean-Marc ROUSSET  
SEM-REV, de 2007 à 2016, du projet au site opérationnel : retour d'expérience
- 61 Jean DUBRANNA, Lionel MENARD, Thierry RANCHIN  
De l'échelle nationale à l'échelle du site, cartographie et description de la ressource en énergies marines renouvelables dans un format interopérable
- 62 Zaïd HAMMOUDI, Rafik ABSI, Ikram EL ABBASSI, Abdel Moumen DARCHERIF  
Simulation bidimensionnelle d'une hydrolienne à axe vertical dans un courant marin
- 63 Bertrand MICHARD, Emmanuel COSQUER, Antoine MAILLEGOL, Jonathan COIGNARD, Jean-François FILIPOFF, Konian A. KPOGO-NUWOKLO, Michel OLAGON, Philippe SERGLIN  
Projet BMACOP: caractérisation des vagues et du potentiel biomoteur des sites d'Esquirol et de Saint-Guénolé par simulation numérique
- 64 Tim NAGEL, Julien CHAUCFIAT, Achim WIRTH, Cyrille BONAMY  
Idealized numerical investigation of the multi-scale interactions between an offshore wind turbine and the local oceanic dynamics
- 65 Benjamin ROUSSE, Olivier LANGEARD, Peter BROUGHTON, Richard L. DAVIES  
AWC, a new concept of offshore wind turbine derived from Oil & Gas technology
- 66 Martin SANCHEZ, Rodica LOISEL, Alexandre GAILLARD, Franck SCHOEFS  
Etude hydrodynamique d'une implantation de marélienne sur le site de la baie de Bourgneuf

*Thème 6 – Gestion durable des zones littorales et estuariennes*

- 67 Dabha BERKAINE, Daniel LEVACHER  
Propriétés hydrauliques et de consolidation de sédiments lagunés du Port de Dunkerque
- 68 Beatriz BOULLOSA ALLARIZ, Daniel LEVACHER  
Quelques aspects de la déshydratation naturelle des sédiments
- 69 Clémence FOULQUIER, Didier RIHOUEY, Floriane BOGUN, Frank D'AMICO, Thomas DE RÉCY  
Impact des activités de dragage et de clapage sur les communautés benthiques de substrat meuble de l'embouchure de l'Adour : résultats préliminaires
- 70 Fawzi HAMOUCHI, Rachid ZENTAR  
Caractérisation des matières organiques dans un sédiment de dragage par méthodes thermiques
- 71 Mounir HAKKOU, Aïcha BÉNMOHAMMADI, Bruno CASTELLE, Hind AZIDANE  
Suivi des activités d'extraction du sable marin au Maroc
- 72 Yann LEREDDÉ, Kamil BEGNY, Héloïse MICHAUD, Thibault SCHVARTZ, Sébastien THORIN, Patrick MARSALEIX  
L'atténuation des vagues par les herbiers de Posidonies, un service écosystémique contre l'érosion côtière
- 73 Claire NOEL, Pierre BOISSERY, Valérie RAIMONDINO, Nathalie QUELIN  
Analyse comparée des méthodes de surveillance de l'herbier de posidonies : cahier technique du gestionnaire
- 74 Jean-Louis PACITTO  
Littoral résilient. L'approche d'une modélisation territoriale bio-inspirée
- 75 Xavier PELLERIN LE BAS, Beatriz BOULLOSA-ALLARIZ, Daniel LEVACHER  
Sédiments marins traités en grand volume avec de la cendre volante papetière
- 76 Céline PERHERIN, Natacha CHRISTIN, Yann DENIAUD, Delphine ROUCHON  
Analyses coûts-bénéfices (ACB) littorales
- 77 Céline PERHERIN, Celine TRMAL, Frederic PONS, Celine BOURA  
Identification et analyse des systèmes de défense contre les submersions marines
- 78 Abdelfeteh SADOK, Rachid ZENTAR, Nor-Eddine ABRIAK  
L'état "Saturé Surface Humide" (SSH) des matériaux fins ou à dominance fine dans les formulations de béton
- 79 Ernesto SILITONGA  
Investigation of polluted marine dredged sediment in North Sumatera, Indonesia

*Thème 7 – Risques côtiers*

- 80 Axel CREACH, Emilio BASTIDAS-ARTEAGA, Sophie PARDO, Denis MERCIER  
Comparaison du coût de différentes mesures de protection de la vie humaine face au risque de submersion marine
- 81 Arnaud DE BONVILLER, Pierre PEETERS, Olivier BARBET, Benjamin SEUROT  
Système de vigilance submersion des côtes bas-normandes
- 82 Jérémy DUGOR, Didier RIHOUEY, Jentsje VAN DER MEER  
Modélisation du risque de submersion marine intégrant les défaillances d'ouvrages. Application à l'île de Ré
- 83 Claude GUERIN  
Exemples de travaux de lutte contre l'érosion hydrologique et marine dans des espaces naturels et urbains littoraux de l'agglomération de Toulon
- 84 Xavier KERGADALLAN, Nathalie METZLER  
Analyse des niveaux d'eau avec l'action des vagues au droit d'une plage de Méditerranée
- 85 Soukaina KHOUAJA, Mohamed OUADIA, M'hamed ABERKAN, El Mehdi IRZAN  
Etude comparative de l'érosion des falaises de Haouzia et de Sidi Bouzid (côte atlantique marocaine)

## Thème 5 – Énergies et ressources marines

- 86 Sylvestre LE ROY, Alexis STEPANIAN, Rodrigo PEDREROS, Thomas BULTEAU, Alexandre NICOLAE-LERMA, Yann BALOUIN  
Modélisation dynamique à haute résolution de la submersion marine : plaine du Ceinturon, Hyères-les-Palmiers, Var
- 87 Isabelle LIENARD, Cédric LEFFEBVRE  
Gestion du littoral face aux risques : application de la méthode VSC
- 88 Richard MARCER, Camille JOURNEAU, Kevin PONS  
Tsunami modelling, Validation of EOLE CFD code on academic test cases
- 89 Kévin PONS, Richard MARCER, Frédéric GOLAY  
The Saint-Venant model for tsunami propagation simulation: Application to the 2011 Tohoku event
- 90 Adrien POUPARDIN, Philippe HEINRICH, Hélène HEBERT, Anthony JAMELOT, Dominique REYMOND, François SCHINDELE  
Prise en compte de la dispersion fréquentielle pour la simulation des tsunamis trans-pacifique : le cas des tsunamis chiliens de 2010 et 2015

### Lectures spéciales

- 91 Jean-Michel CHARPENTIER, Romain LEONARD, David BOREL, Guillaume DANAN  
Nouvelle Route du Littoral à la Réunion – Viaduc de 5400 m : Conception et méthodes de réalisation d'un ouvrage en mer exceptionnel
- 92 César DUCRUJET  
Ancrages et décrochages urbains du système maritime mondial
- 93 Patricia MARIN  
Enjeux et perspectives de l'éolien flottant en Méditerranée
- 94 Laurent MORTIER  
L'initiative BLUEMED
- 95 Emmanuel PLESSIS, Gilles LECAILLON, Sébastien FONBONNE, Pierre BOISSERY  
Reconquête du milieu marin du Cap Sicié, Toulon : un objectif ambitieux de restauration écologique marin côtier unique en Méditerranée
- 96 Christian RAFFOURT, Philippe BARDEY, Sacha TOUATI, Dominique RETOURNE  
Phénomène d'amplification hydrodynamique à la culée de la grande digue flottante de Monaco : Comparaisons modélisations physiques et numériques, conséquence de la mise en place d'un batardeau

THE  
*Character Building*  
UNIVERSITY



## Investigation of polluted marine dredged sediment in North Sumatera, Indonesia

Ernesto SILITONGA<sup>1</sup>

1. State University of Medan, Jalan Willem Iskandar Pasar V Medan Estate  
Medan 20221 North Sumatera, Indonesia. [ernestosilitonga@yahoo.fr](mailto:ernestosilitonga@yahoo.fr)

### Abstract:

Efficient and environmentally reutilization of dredged waste material in Indonesia calls for a multi disciplinary effort. That is why, the scientific, technological and economic information required to make an optimal choice among dredged waste because material disposal sites is now urgently needed in Indonesia. The reuse of dredged sediment as a new material for the construction of foundation and base layers for roads is one of the solution. An effective method for reusing dredged waste materials as a new material in road construction is illustrated in this paper using pozzolanic binders (fly ash and silica fume). The main goal of this study is to describe the behavioural aspect of dredged sediment stabilized with pozzolanic binders (silica fume and fly ash) as a binder for a use in road pavement work. The addition of pozzolanic binders as a partial cement replacement is realized due to its engineering, economic and ecological benefits. The first step realized to identify the mechanical and chemical characteristics of the pozzolanic binders and the dredged sediments. The second stage consists of identifying mechanical behaviour of dredged sediment with addition of different percentage of pozzolanic binders. Finally, the chemical identification of dredged sediments with various percentage of binders (with or without pozzolanic binders) were performed, compared and analysed. The results show that the addition of pozzolanic binders in mixture improves mechanical characteristics and reduce the pollutants content.

**Keywords:** Dredged sediments, Silica fume, Fly ash, Unconfined compressive strength, Leaching Test.

### 1. Introduction

The reutilization of waste materials such as dredged sediment in road construction is one of the main applications. Information about the physical, chemical and biological processes that need to be considered in particular dredged waste material situation are linked together by means of predictive techniques. Various alternative existing treatment methods to reuse dredged sediments have been investigated in European countries (BOUTOUIL, 1998). Previous research on the use of raw fine sediments in road construction has shown that treatment by hydraulic binders and the potential use of dredged sediments as a new material in road construction has been realized by several researchers (ZENTAR *et al.*, 2008; KAMALI *et al.*, 2008). Previous studies concerning

the potential use of dredged sediments as a material filler and in road construction was performed in the laboratory by several researchers (SILITONGA, 2010; KAMALI *et al.*, 2008). Since fly ash is by itself considered a waste, adding fly ash to treat contaminated dredged sediment would be a cost-effective method of disposing of it (SILITONGA *et al.*, 2009 & 2010). It would provide economic benefits by reducing disposal costs and mitigating possible negative environmental effects, originating in either the fly ash or the solid waste, through proper engineering control, which is why in this study we tried to replace fly ash as alternative binders. It has been known that the addition of silica fume, fly ash improve the geotechnical properties, due to the pozzolanic reaction and its role as a micro-filler, to achieve effectiveness of fly ash on soil stabilization work. The re-utilization of dredged sediment provides economic benefits by reducing disposal costs and mitigating possible negative environmental effects, originating in either the fly ash or the solid waste, through proper engineering control, which is why in this study the researcher tried to replace silica fume as alternative binders. It has been known that the addition of silica fume improves the geotechnical properties, due to the pozzolanic reaction and its role as a micro-filler. To achieve effectiveness of silica fume on soil stabilization work, some researchers added a small amount of hydraulic binders such as lime and cement. The need for a large amount of hydraulic binder makes the use of raw dredged sediments unlikely from an economic point of view. Trying to make a more productive use of silica fume would have considerable environmental benefits, reducing air and water pollution.

## 2. Material

The marine dredged sediments used in this study were taken from the port of Belawan, North Sumatera Indonesia. Figure 1 shows the location of Belawan port.



Figure 1. Map of Belawan port.

Access to the Malacca Strait linked by shipping channel along  $\pm 13.5$  km with a width of 100 m and a depth of 8.5 m to 10:00 m, while harbor pool depth is 6.0 to 11.5 m. Belawan port is located 03°47' North latitude and 98°42' East longitude, in North side bordered by rivers Belawan, and Deli river in the South side.

The sediments used in this study were taken by Trailing Suction Hopper Dredger. The dredged sediments were taken from six different locations (PoB A-1, PoB A-2, PoB A-3, PoB A-4, PoB A-5 and PoB A-6). The sediments are dredged from the sea-bed at a depth of about 22 m.

## 2.1 Particle size distribution

### 2.1.1 *Dredged sediments*

Different methods have been used to describe the particle size distribution of powders of various types and sizes up to now. In this study, a Beckman Coulter LS 1332 SW laser diffractometer was used to determine the particle size distribution (PSD) of the dredged sediments. Another advantage of using binder with fines particles such as silica fume, is its particles size distribution. It has been known that particles size distribution control the water demand and workability of the mixture. Previous study have shown that calcium content, the size distribution and the shape of the particle of fly ash were the most important parameters acting on the strength development rate of the mixture (JATURAPITAKKUL *et al.*, 1999). Study by BINICI *et al.* (2007) showed that the specimen with a better fineness and a narrower particle size distribution had the highest compressive strength, sulphate resistance compared the others specimens. Besides provides the strength development rate, the fineness particle size of the binder such as silica fume (SILITONGA, 2010), a narrower particle size distribution could present a high compressive strength, sulphate resistance (JOSHI & LOHTIA, 1997). The influence of the finer particle size of silica produces more reactive pozzolanic reaction because smaller particle size of silica fume with a higher surface area and glassy phase content also improved the pozzolanic reaction.

There are two types of silica fume used in this study (SF1 and SF2) as shown in figure 1, all binders utilized have different particle size distribution from the point of view of particle diameter most representative; silica fume type 1 (7.24  $\mu\text{m}$ ) has finer particles than type 2 (SF2). From this result, it can be expected that silica fume-2 content will provide more strength in mechanical test. The previous experiment by Silitonga (SILITONGA, 2010) showed that the compressive strength tends to reduce as the mean particle size increases for all curing ages. The reduction of the strength might be caused by coarse particles of binder tends to reduce the ability of packing effect of binder and disturbing pozzolanic reaction to enhance mechanical characteristics.

Table 1. Characteristic diameters of dredged sediment cement, fly ash and silica fume

Particle size	D10 ( $\mu\text{m}$ )	D50 ( $\mu\text{m}$ )	D90 ( $\mu\text{m}$ )	Clay (%)	Silts (%)	Sand (%)
				< 2 $\mu\text{m}$	2 – 63 $\mu\text{m}$	> 63 $\mu\text{m}$
Dredged sediment	168.3	46.1	3.922	3.96	61.81	34.23
Cement	730.1	34.24	0.61	13.97	56.02	30.01
Silica fume 1	9.53	11.15	10.2	31.85	47.22	20.93
Silica fume 2	3.89	7.24	8.5	40.43	48.56	11.01

### 2.1.2 Pozzolanic binders

As shown in table 2, we can notice the differences in chemical analysis between silica fume type 1 (SF1) and type 2 (SF2) but it can be seen that SF1 and SF2 were both characterized by a high content of  $\text{SiO}_2$  (75-92%), the difference between SF1 and SF2 is the amount of the mineral in each silica fume.

It is well known that high content of  $\text{SiO}_2$  and its finest particles constitute the most important factor to improve the physical properties of the mixture. (compressive strength, tensile strength, etc.). Silitonga on his research noticed that one type silica fume which possesses higher  $\text{SiO}_2$  content, produces higher resistance on Unconfined Compressive Strength Test (SILITONGA, 2010). On the other hand fly ash contains more  $\text{CaO}$ , which is very important to help pozzolanic reaction. According to this result, we can expect that SF1 will be more reactive than FS2 as a pozzolanic binder.

Table 2 Result of Chemical Test between SF1 and SF2

Parameter	Silica fume 1	Silica fume 2
Colour	Light Silver	Dark Silver
$\text{SiO}_2$	90 - 92	75-85
$\text{Fe}_2\text{O}_3$	1,5 - 2	1-2
$\text{Al}_2\text{O}_3$	1	1
$\text{CaO}$	0,5 - 1	0,5-1
$\text{MgO}$	1 - 1,5	1 - 2
$\text{Na}_2\text{O}$	0,5 - 1	0,2 - 0,8
$\text{K}_2\text{O}$	1 - 1,3	0,5-1,0
C	0,5 - 1	0,3-1
Free $\text{CaO}$ (%)	< 1	< 1-2
$\text{SO}_3$ (%)	< 1	0,5-1
Cl (%)	< 0,2	< 0,3
Specific area ( $\text{m}^2/\text{g}$ )	18 - 25	20-25

## 3. Methods and Results

### 3.1 Preparation

The dredged sediment, oven-dried for 5 days at  $60^\circ\text{C}$  was pulverized to 2mm sieve size, it was initially mixed with determined quantities of fly ash, silica fume, lime and



cement as a binder, in a dry state and subsequently mixed with water by a mechanical mixer with a speed of 150 rd/min for a period of approximately 8 minutes. After mixing the samples were prepared with the static compaction method, at the optimum moisture content and maximum density determined by Proctor test. Cylindrical specimens ( $\phi=40\text{mm}$ ,  $h=80\text{mm}$ ) were used for unconfined compressive strength testing. The compressive strength is determined using a 10 kN capacity automatic compression machine according to NF EN 196-1 (NF, 1995) on a simple speed cross-head moving machine at a speed of 1 mm/s. The samples were pushed out from the mould directly after completion of the compaction and were stored in the curing room until testing at 7, 14, 28, 60, 90, 180 and 360 days.

### 3.2 Mix design

In order to determine the effect of pozzolanic binders on the mixtures performances, several compositions were realized. The different formulas in this experiment are given in table 3.

Table 3. Mixtures composition performed

Name	Symbol	FS1 (%)	FS2 (%)	Lime (%)	Cement (%)
Silica fume Type 1	SF-1A	3	-	2	2
	SF-1B	6	-	2	2
Silica fume Type 2	SF-2A	-	3	2	2
	SF-2B	-	6	2	2
Cement	CEM-1	-	-	-	5

The goal of manufacturing SF-1B and SF-2B, was to compare the influence of pozzolanic binders if the amount increases two times. The amount of 2% of cement was the common amount that normally used in the road construction field, due to this reason, the sample CEM-1 was realized. CEM-1 and CEM-2 were realized to identify the behaviour of the mixtures without any pozzolanic binders.

### 3.3 Unconfined compressive strength (U.C.S)

In order to determine the effect of binders used in this study, one of the most commonly parameter in road construction, Unconfined Compressive Strength (UCS) test was realized. The result of UCS test was shown in figure 2.

As shown in figure 2, we divided all result to 2 different ages, (a) early-medium age (7-28 days) and (b) long term age, all the mixtures were tested at age of 7, 14, 28, 60, 90, 180 and 360 days. This method is realized to help to identify the improvement pattern of UCS. The hydration of cement is well known contribute a rapid strength gain of the samples. This theory shown at UCS test result at early age (7-14 days). As shown in

table 4 up until the curing age of 28 days, samples with high cement content (CEM-1 and CEM2) have the highest UCS values. At Long term (90-360 days) curing age sample with cement content do not show any significant UCS values improvement.

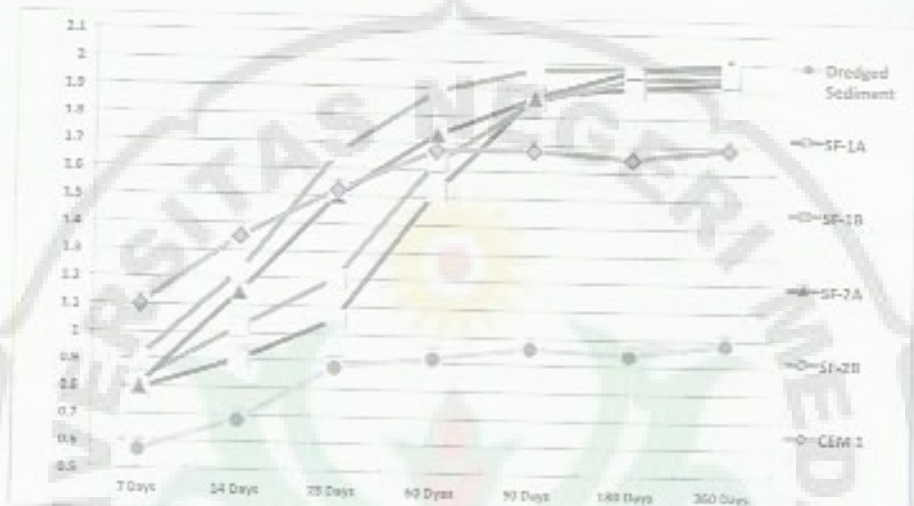


Figure 2. Results of Unconfined Compressive Strength (UCS) test.

Table 4. Results of Unconfined Compressive Strength (UCS) test

Name	7 Days	14 Days	28 Days	60 Days	90 Days	180 Days	360 Days
Dredged sediment	0.57	0.68	0.88	0.92	0.96	0.94	0.98
SF-1A	0.79	0.9	1.05	1.52	1.88	1.91	1.93
SF-1B	0.82	1.02	1.2	1.63	1.86	1.94	1.95
SF-2A	0.8	1.15	1.5	1.73	1.87	1.97	2
SF-2B	0.9	1.22	1.66	1.89	1.97	1.98	1.97
CEM 1	1.1	1.35	1.52	1.67	1.68	1.65	1.69

Samples with silica fume content show an important increase values especially sample with 6% content of silica fume (SF-2). At this age (7 days) the effect of the finest particle size of silica fume plays an important role to improve the UCS, help to generate heat, which accelerates the cementitious and pozzolanic reactions. Normally the hydration of silica fume start to contributes strength gain at 14 days curing ages. The performance between type 1 and type 2 silica fume (SF1 and SF2) does not show very large difference. Although as we can see the type 2 silica fume (SF2) with 6% of silica shows a significant improvement on UCS performance from early age (7 days) up to long term age (360 days). These results show that the type 2, with 6% silica fume (SF2) used in this study help lime to provides  $\text{Ca(OH)}_2$ , required for the pozzolanic reaction to occurs and produces C-A-H and C-S-H which are very important factor to the strength gain. From the result we can notice that the ideal amount of silica fume to make difference is 6%. Samples with 3% of silica fume did not show a significant

difference on UCS performance to identify the difference of particle size distribution or chemical properties of each silica fume.

### 3.4 Leaching test (Chemical properties)

In order to identify the content of the pollutants in dredged sediments, leaching test was performed for sediments from all locations (see table 5). The dredged sediments were taken from six different locations (PoB-1, PoB-2, PoB-3, PoB-4, PoB-5 and PoB-6).

Table 5. Results of leaching test

Element	PoB-1	PoB-2	PoB-3	PoB-4	PoB-5	PoB-6
Nickel, Ni	0.09	0.17	0.04	0.11	0.05	0.05
Cadmium, Cd	1.85	0.86	0.29	1.96	1.68	2.07
Chromium, Cr	0.22	0.08	0.98	0.27	0.51	0.38
Copper, Cu	0.71	0.242	0.37	0.29	0.6	0.41
Lead, Pb	0.67	0.9	0.1	0.88	0.07	0.45
Zinc, Zn	24.6	19.2	35.0	32.8	41.1	29.5
Mercury, Hg	0.008	0.002	0.011	0.005	0.011	0.001
Arsenic, As	0.19	0.08	0.38	0.095	0.08	0.24

The results in table 5 show that from all locations in which the sediments were taken, sample from PoB-5 is the most contaminated among others, according to its quantity of heavy metal contaminants, especially Zinc (Zn) and Copper (Cu).

The dredged sediment was planned for land application. However, as the land applied dredged sediment is subjected to drying and oxidation, transformations in the chemical forms of heavy metals may affect their mobility and bioavailability, and phytotoxicity may occur by the application of dredged sediment on land. Therefore, it is necessary to assess the environmental risk of the dredged sediment before its land application. This leaching test was realized according to French standard NF X 31-210 (1998), which refers to the solution containing the solubilized elements during the test, which are performed on the analytical characterization.

The leaching test is divided in three steps according to the chemical environment applied in the test: (a) the static leaching, we identify the leached elements in solution after presenting sample to the aqueous solution, (b) semi-dynamic leaching, where test applied with a regular renewal of the leaching solution, (c) the dynamic leaching test in which the leaching solution is continuously renewed. This leaching test is a simulation to identify the mixture reaction to aggressive chemical environment.

Each country in Europe already establish their own reference values for waste landfills, but in order to unify the same acceptable reference values for waste landfills, the European Council established reference values (No. 2003/33/EC) for the acceptance criteria in inert, non-hazardous and hazardous waste landfills. These values relate to the

elements contained in the leachate and not in the raw material. The reference values are shown in table 6. Because of the lack of reference values especially for dredged sediment in Indonesia, the author decided to utilize reference values of European Council. In order to classify the dredged sediment of Belawan, these reference values used to identify/ classify the amount of pollutants in sediment of Port of Belawan.

*Table 6. Reference values for dredged sediments*

<i>Inert waste</i>	<i>Non-hazardous waste</i>	<i>Hazardous waste</i>
0,4	10	40
0,04	1	5
2	50	100
0,01	0,2	2
0,5	10	50
4	50	200
0,01	0,2	2
0,5	2	25

In this paper, only leaching test result for Cadmium (Cd) and Copper (Cu) were presented and analysed. As shown in figure 3, leaching test for dredged sediment categorize in non-hazardous waste (1-5 mg/kg). As shown in figure 3, the effect of binders utilized reduces the concentration of Cadmium and Copper. Although only sample with 6% of silica fume (SF-2) show a significant reduction in Cadmium concentration, after treatment with 6% of silica fume the concentration reduces from category Non hazardous waste to Inert waste. This concentration element reduction is surely due to the presence of silica fume. Apparently even though the sample shows a diminution of Cd concentration but the amount of 3% SF was not sufficient to produce remarkable reduction of Cd concentration. Samples with fly ash content equally show a reduction on Cd concentration, although it is not as remarkable as silica fume, but we could see the effect of fly ash to reduce the Cd concentration. Probably because the samples were examined at 60 days of curing age, if the leaching test had been realized at 90, 180 or 360 days, there is possibilities that the samples with fly ash would have shown a important effect on reducing Heavy Metal element concentration. At long term curing age (>90 days) the pozzolanic reaction of fly ash already reacts completely. On the other hand, sample with only cement content show a minor reduction of Cd concentration compared to initial Cd concentration. The increase of percentage of cement (from 4% to 8%) does not give remarkable reduction, from this result we can consider that cement as a binder is not effective enough to reduce the heavy metal concentration.

almost stop after 60 days. The research has shown that, from the comparison of different various specimens, the sediment stabilized with silica fume-lime-cement have the most potential values than the others to offer an alternative for stabilization of dredged sediments. From the leaching test, the presence of silica fume in mixture proved effective to reduce the amount of pollutant in dredged sediment, thus the dredged sediment could be reused as a new material. The sample with fly ash content requires more time (>90 days) to maximally react and reduce the pollutants.

### 5. References

- BINICI H., AKSOGAN O., CAGATAY I.H., TOKYAY M., EMSEN E. (2007). *The effect of particle size distribution on the properties of blended cements incorporating GGBFS and natural pozzolan*. Powder Technology, Vol. 177(3), pp 140-147. <http://dx.doi.org/10.1016/j.powtec.2007.03.033>
- BOUTOUIL M. (1998). *Traitement de vases de dragage par solidification/stabilisation à base de ciment et additifs*. Thèse de l'Université du Havre. 279 p.
- JATURAPITAKKUL C., KIATTIKOMOL K., SONGPIRIYAKIJ S. (1999). *A study of strength activity index of ground coarse fly ash with Portland cement*. ScienceAsia, Vol. 25, pp 223-229. <http://dx.doi.org/10.2306/sciencasia1513-1874.1999.25.223>
- JOSHI R.C., LOHTIA R.P. (1997). *Fly Ash in concrete, production, properties, and uses*. Gordon and Breach Science Publisher, Vol. 2, pp 27-29.
- KAMALI S., BERNARD F., ABRIAK N.E., DEGRUGILLIERS P. (2008). *Marine dredged sediments materials resource for road construction*. Waste Management, Vol. 28(5), pp 919-228. <http://dx.doi.org/10.1016/j.wasman.2007.03.027>
- SILITONGA E. (2010). *Valorisation des sédiments marins contaminés par solidification/stabilisation à base de liants hydrauliques et de fumée de silice*. Thèse de doctorat, Université de Caen, France, 160 p.
- SILITONGA E., LEVACHER D., MEZAZIGH S. (2009). *Effects of the use of fly ash as a binder on the mechanical behaviour of treated dredged sediments*. Environmental Technology, Vol.30(8), pp 799-807. <http://dx.doi.org/10.1080/09593330902990089>
- SILITONGA E., LEVACHER D., MEZAZIGH S. (2010). *Utilization of fly ash for stabilization of marine dredged sediments*. European Journal of Environmental and Civil Engineering, Vol. 14(2), pp 253-265. <http://dx.doi.org/10.1080/19648189.2010.9693216>
- ZENTAR R., DUBOIS V., ABRIAK N.E. (2008). *Mechanical behaviour and environmental impacts of a test road built with marine dredged sediments*. Resources, Conservation and Recycling, Vol. 52, pp 947-954. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resconrec.2008.02.002>

*Comité d'organisation*

*Présidente : RAYMOND Eve (Pôle Mer Méditerranée, Toulon)*

BOUGIS Jean	Ingénieur-Conseil	Opio
DELANOE Yann	Paralia CFI	Nantes
DIMOU Michel	Université	Toulon
LEVACHER Daniel	Université	Caen
REY Vincent	Université	Toulon
SANCHEZ Martin	Université	Nantes
TAULEIGNE Julie	Pôle Mer Méditerranée	Toulon
TOUBOUL Julien	Université	Toulon

*Comité scientifique*

*Président : REY Vincent (Université, Toulon)*

ANTHONY Edward	Université	Aix-Marseille
BARDEY Philippe	ACRI	Sophia Antipolis
BARUSSEAU Jean Paul	Université	Perpignan
BELORGEY Michel	Poséidon	Rouen
BENOIT Michel	ECM	Marseille
BONNOT Chantal	Experte	Dinard
BOUGIS Jean	Ing.-Conseil	Opio
CLEMENT Alain	ECN	Nantes
FRAUNIE Philippe	Université	Toulon
GROVEL Alain	CFI	Nantes
HERROUIN Guy	Pôle Mer Med.	Toulon
JOSCIIT Philippe	CEREMA-EMF	Compiègne
KOVARIK Jean-Bernard	IFSTTAR	Paris
LEVACHER Daniel	Université	Caen
PIAZZOLA Jacques	Université	Toulon
SANCHEZ Martin	Université	Nantes
SCHMITT François-G.	CNRS	Wimereux
SERGENT Philippe	CEREMA-EMF	Compiègne

Comité de lecture

Présidents : TOUBOUL Julien (Université de Toulon) et LEVACHER Daniel  
(Université de Normandie-Caen)

ABADIE Stéphane	ISA-BTP	Anglet
ABSI Rafik	EBI	Cergy-Pontoise
ALLENBACH Michel	Université	Nouméa
ALMAR Rafael	IRD	Toulouse
ANIEL QUIROGA Inigo	Université	Cantabrie
ARCILLA SANCHEZ Agustin	UPC	Barcelone
BALLAY Arnaud	Ecoplage	Nantes
BALOUIN Yann	BRGM	Montpellier
BALTZER Agnès	Université	Nantes
BARTHELEMY Eric	Université	Grenoble
BASTIDAS-ARTEGA Emilio	Université	Nantes
BENAISSA Brahim	Géocoraïl	Paris
BENNABI Abdelkrim	ESTP	Cachan
BERTIN Xavier	Université	La Rochelle
BESQ Anthony	ESIX	Cherbourg
BIZIEN Hervé	Consultant	Saint-Yvi
BLANPAIN Olivier	SIOM	Brest
BOILLET Nicolas	Université	Brest
BONNETON Philippe	Université	Bordeaux
BOUTIN Roland	DTMA	Brest
BREHIN Florian	Université	Louvain
BRENON Isabelle	Université	La Rochelle
BRETEL Patrice	Université	Bergen
BRIERE Christophe	Deltares	Delft
CAMENEN Benoit	IRSTEA	Lyon
CASTELLE Bruno	Université	Bordeaux
CERTAIN Raphaël	Université	Perpignan
CHAGDALI Mohamed	Université	Casablanca
CHAUCHAT Julien	Université	Grenoble
COHEN Olivier	ULCO	Dunkerque
DAUVIN Jean-Claude	Université	Caen
DEGOUET Cédric	LA VISION	Rennes
DELANOE Yann	CFL	Nantes
DELCAILLAU Bernard	Université	Caen
DENIAUD Yann	CEREMA	Brest
DESMARE Stéphanie	SHOM	Brest
DESMAZES Franck	HOCER	Brest
DJERAN-MAIGRE Irini	INSA	Lyon
DROIT Julie	CEREMA	Brest