

17-21 juin 2013

Pôle géosciences

Pôle géosciences
Géographie
Météorologie
Hydro-océanographie
Saint-Mandé



RECUEIL
DES RÉSUMÉS

Sommaire

LUNDI 17 JUIN

JOURNÉE INAUGURALE	7
Le Bureau des longitudes et l'observation marégraphique, Claude Boucher	8
Océans, glaces, niveau de la mer et climat ; apport de l'espace, Anny Cazenave	9

MARDI 18 JUIN

Matinée

SESSION 1 : ÉVOLUTION DU NIVEAU DE LA MER	11
Animateur : Guy Wöppelmann (LIENSs, SONEL)	
L'élévation totale et la variabilité régionale à long terme du niveau de la mer, impacts sur les zones côtières de Pacifique Tropical, la Mer des Caraïbes, Mer de Chine du Sud et l'Océan Indien.....	12
Les conséquences de l'élévation du niveau marin pour l'érosion côtière : quelques résultats du projet CECILE	13
Évaluation des impacts des changements climatiques et de l'élévation du niveau de la mer sur le littoral Kenitra – el Jadida	14
Étude du phénomène de subsidence sur la ville d'Alexandrie à partir d'interférométrie radar différentielle satellitaire et de mesures GPS. Conséquences pour l'estimation de la remontée du niveau marin	15
Mouvements verticaux de la croûte et montée du niveau marin : exemple des îles Torrès, Vanuatu	16
Observations du niveau de la mer dans le Pacifique Sud-Ouest : les marégraphes de Nouméa.....	17
Le marégraphe de Marseille, de la détermination de l'origine des altitudes au suivi des changements climatiques, 130 ans d'observation du niveau de la mer	18
SESSION 2 : ALTIMÉTRIE SPATIALE ET ANALYSE DE LA MARÉE	19
Animatrice : Gwenaële Jan (SHOM)	
Calibration et validation de la mission SWOT/AirSWOT : Étude de la variabilité des débits et des hauteurs d'eau de l'estuaire de Seine.....	20
Micro-sismicité induite par la marée dans la région du glacier Mertz, Terre Adélie, Est-Antarctique	21
Quality assessment of altimeter and tide gauge data for Mean Sea Level and climate studies.....	22
Modification de la marée en milieu récifal à La Réunion.....	23

SESSION 3 : SYSTÈMES D'ALERTE AUX ONDES DES TEMPÊTES ET AUX TSUNAMIS25

Animatrice : Amélie Renaud (MEDDE/DGPR)

Méthode de détection des météo-tsunamis et caractérisation des seiches portuaires en Méditerranée Nord-Occidentale26

Quelles données marégraphiques pour l'étude de l'aléa tsunami ?27

Implications des Observatoires Volcanologiques et Sismologiques de l'Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) dans le Système d'Alerte aux Tsunamis de la Caraïbe (SATCar) : contexte, réalisations et résultats28

Le CENALT29

Réseaux de marégraphes dans le Pacifique pour l'alerte aux tsunamis30

La vigilance vagues-submersion : une composante opérationnelle du Plan Submersions Rapides (PSR)31

HOMONIM : une contribution à l'amélioration de l'observation et de la prévision des submersions marines32

SESSION 4 : PRODUITS DE MARÉE33

Animateur : Ronan Pronost (SHOM)

Mise en place d'atlas de composantes harmoniques de hauteurs et courants de marée en Manche et en Atlantique à partir de la Tidal ToolBox.....34

Quelle qualité pour les prédictions de marée ? Quels sont les facteurs influençant leur qualité ?35

Traitement et analyse des séries marégraphiques du Golfe du lion36

Un service de marée dédié aux professionnels dans le portail data.shom.fr37

Matin

SESSION 5 : MODÉLISATION	39
Animatrice : Isabelle Brenon (LIENSs)	
Optimisation du frottement sur le fond pour la modélisation de la marée barotrope en Manche et Golfe de Gascogne	40
La prise en compte de l'évolution des conditions météo-marines sur la gestion du domaine portuaire.....	41
Modélisation hydrodynamique sur le littoral de la Région des Pays-de-la-Loire	42
Deux estuaires, deux modèles numériques	43

Après-midi

SESSION 6 : SURCOTES ET NIVEAUX EXTRÊMES (1/2)	45
Animateur : Franck Mazas (Artelia)	
Évolution séculaire des niveaux maritimes extrêmes dans la côte Charentaise.....	46
Amélioration de la connaissance des tempêtes passées sur le littoral Atlantique – Manche (160 ans analysés depuis 1850)	47
Nouvelles données sur l'holocène littoral armoricain : courbes eustatiques et tempêtes historiques anr Soc.Env cocorisco	48
Étude des tempêtes menaçant le littoral breton	49
The prevention of coastal facilities failure due to extreme storm surges: a comparative study of frequency analysis approaches	50
Statistiques de niveaux marins extrêmes sur les côtes de la Manche et de l'Atlantique : les produits et les prospectives	51
SESSION 7 : SURCOTES ET NIVEAUX EXTRÊMES (2/2)	53
Animateur : Marc Andreewsky (EDF R&D)	
Modélisation des surcotes sur les côtes françaises, Manche et Atlantique.....	54
Le cycle saisonnier du niveau de la mer dans l'Atlantique NE : origines et conséquences	55
Modélisation et décomposition de la surcote marine engendrée par un cyclone en milieu lagunaire : cas du cyclone OLI sur l'île de Tubuai (Polynésie Française).....	56
Simulations rétrospectives (1979-2009) des surcotes-décotes dans le Golfe Gascogne.....	57
SESSION 8 : GÉODÉSIE - RÉFÉRENTIEL CARTOGRAPHIQUE	59
Animateur : Bruno Garayt (IGN)	
Le réseau de nivellement scientifique français – comparaison à des données marégraphiques.....	60
Les références verticales maritimes : projet BATHYELLI	61
Litto3D®, un socle géographique commun pour le littoral	62

JOURNÉE INAUGURALE



Le Bureau des longitudes et l'observation marégraphique

C. Boucher

Membre du Bureau des longitudes
Président du comité national français
pour la Commission océanographique intergouvernementale

L'observation marégraphique est un sujet d'intérêt pour le Bureau des longitudes, aussi bien à travers son histoire depuis sa création en 1795 que dans ses activités présentes. Cette réunion est donc une excellente occasion pour esquisser ce sujet en montrant la diversité de ces intérêts et de présenter quelques recommandations qui en découlent. L'utilisation de l'ouvrage « Les observatoires. Observer la Terre » rédigé par le Bdl et publié en 2009 a grandement facilité la préparation de cet exposé, ainsi que les réflexions en cours au Bdl, notamment sur l'implication française dans les organismes internationaux, tels que la Commission océanographique intergouvernementale et son programme GLOSS.

Claude Boucher. Ingénieur général des Ponts, Eaux et Forêts, ancien élève de l'École Polytechnique (X69), ayant débuté sa carrière à l'Institut Géographique National (IGN) au Service de Géodésie dont il deviendra le Chef, avant de devenir Directeur technique de l'IGN. Nommé chargé de mission au Ministère chargé de la Recherche et de l'Espace en 1999, puis au MEDDE. Ses travaux furent largement consacrés aux systèmes de référence terrestres : fut à l'origine de la définition et de la réalisation primaire du Système international de référence terrestre (ITRS) initiée en 1984 au sein du BIH, puis assurée par IERS, création d'un système de référence européen moderne, déduit de l'ITRS, l'ETRS89, actuellement adopté par la directive européenne Inspire, à l'origine de la définition de la référence nationale actuelle RGF, ainsi que du Réseau GNSS Permanent (RGP). Son activité fut également consacrée au développement de la géodésie spatiale, au niveau national, européen et international : introduction de GPS en France dès 1983, direction du Groupe de Recherche de Géodésie Spatiale (GRGS) de 1985 à 1991, développement du système français DORIS, via un partenariat CNES-IGN, contribution à la création en 1991 du Service international GNSS (IGS). Au plan international, secrétaire adjoint de l'Association internationale de Géodésie en 1975, puis secrétaire général de 1991 à 1995. Membre du Bureau des longitudes, et actuellement président du comité français pour la Commission océanographique intergouvernementale.

Océans, glaces, niveau de la mer et climat; apport de l'espace

A. Cazenave

Depuis plusieurs décennies, les observations collectées par les satellites artificiels ont relevé quantité d'informations sur la planète Terre, sur l'atmosphère et les terres émergées et, depuis quelques années, sur les océans, les glaces et les eaux continentales. La terre est un système complexe dont les différentes composantes (de la partie la plus interne du globe jusqu'à l'atmosphère et la biosphère) interagissent sur des échelles d'espace et de temps extraordinairement variées. Pour décrire la globalité des phénomènes observés, les satellites sont devenus des outils irremplaçables. Dans cet exposé, on montre l'apport décisif des observations spatiales à l'étude du système climatique et son évolution au cours des années récentes. Quelques aspects sont plus particulièrement discutés, tels que la hausse du niveau des mers mesurée par les satellites altimétriques, le retrait des glaciers de montagne observé par l'imagerie satellitaire, ou encore la perte de masse des glaces au Groenland et en Antarctique de l'ouest mise en évidence par différentes techniques de télédétection dont la gravimétrie spatiale. Ces observations témoignent d'évolutions marquées au cours des deux dernières décennies, en accord avec ce que l'on sait du réchauffement climatique actuel.

Anny Cazenave. Après une thèse sur la rotation de la Terre, elle mène sa carrière de chercheur à Toulouse au sein du Groupe de Recherches en Géodésie Spatiale puis au Laboratoire d'Études en Géophysique et Océanographie Spatiales. Au début de sa carrière, elle contribue au développement de la géodésie spatiale en France et à ses applications à l'étude de la planète (champ de gravité et structure interne de la Terre, mouvements de la croûte terrestre...). Au milieu des années 1990, ses recherches s'orientent vers l'océanographie spatiale, notamment la hausse du niveau de la mer en lien avec le réchauffement des océans et la fonte des glaces continentales. Tout en menant des recherches sur l'océan et le climat, elle contribue aussi depuis une dizaine d'années au développement d'une nouvelle discipline : l'hydrologie spatiale et l'étude du cycle de l'eau. Elle est impliquée dans de nombreux projets de recherche nationaux et internationaux, et participe aux travaux du GIEC (4^e et 5^e rapports). Elle est membre de l'Académie des sciences et membre étranger de l'Académie des sciences américaine.

SESSION 1 :
ÉVOLUTION DU NIVEAU DE LA MER



L'élévation totale et la variabilité régionale à long terme du niveau de la mer, impacts sur les zones côtières de Pacifique Tropical, la Mer des Caraïbes, Mer de Chine du Sud et l'Océan Indien



H. Palanisamy¹, A. Cazenave¹, D. Peng¹, B. Meyssignac¹, G. Woppelmann²,
M. Becker³, G. Le Cozannet⁴

hindumathi.palanisamy@legos.obs-mip.fr

L'élévation du niveau de la mer est un indicateur très sensible du changement climatique, avec d'importantes conséquences pour les populations vivant dans les régions côtières. L'altimétrie spatiale a montré que l'élévation du niveau de la mer n'est pas uniforme. Par conséquent, pour une meilleure compréhension du phénomène et l'étude des impacts côtiers, il est non seulement important de mesurer l'élévation du niveau moyen global de la mer mais d'estimer aussi sa variabilité régionale. Dans le cadre du projet ANR CECILE, l'objectif principal de notre étude a été d'estimer depuis 1950, la variation totale du niveau relatif de la mer (la variation totale du niveau de la mer climatique plus du mouvement vertical de la croûte terrestre) dans le Pacifique Tropical, la Mer des Caraïbes, la Mer de Chine du Sud et l'Océan Indien. Avant l'ère altimétrique (c'est-à-dire avant le début des années 1990), on peut estimer la variabilité régionale du niveau de la mer par des techniques de reconstruction combinant des données marégraphiques et d'autres informations sur les principaux modes de variabilité naturelle (interne) de l'océan. Les données GPS permettent quant à elles d'estimer le mouvement vertical de la croûte. Dans le Pacifique tropical, certaines îles montrent depuis 1950 une élévation totale de la mer 3 fois plus rapide que la hausse moyenne globale (de ~ 1,8 mm/an). C'est le cas par exemple de Funafuti (Tuvalu). Sur ce site, environ 10 % de la hausse totale relative est due à la subsidence du sol. La variation totale relative de la mer est également plus élevée à certains sites de l'Océan Indien (2,65 mm/an à Le Tampon) et dans le sud-ouest de l'Australie (4.2 mm/an à Perth). La subsidence de ces sites a une contribution importante (d'environ 70 % chacun). Dans le cas des Caraïbes et de la Mer de Chine du Sud, la variation climatique du niveau de la mer reste plus proche de hausse du niveau moyen global, bien que quelques sites présentent une hausse de l'ordre de 2,5 mm/an.

¹CNES/LEGOS, 18 av. Edouard Belin, 31401, Toulouse, France

²LIENSs, UMR6250/CNRS/Université de la Rochelle, France

³UMR 228 ESPACE-DEV/UAG, Université des Antilles et de Guyane

⁴BRGM, 3 avenue Claude Guillemin, 45060 Orléans, France

Les conséquences de l'élévation du niveau marin pour l'érosion côtière : quelques résultats du projet CECILE



G. Le Cozannet¹, A. Cazenave², D. Salas Y Mélia³, G. Wöppelmann⁴,
V. Donato⁵, P. Walker⁶, P. Rogel⁷, M. Garcin¹

Les côtes mondiales et notamment les plages subissent aujourd'hui une érosion préoccupante qui devrait s'aggraver avec le changement climatique et l'élévation du niveau marin. Cependant, aux échelles de temps pluri-décennales et centennales, il demeure difficile d'attribuer cette aggravation à un mécanisme particulier. La mobilité du trait de côte dépend non seulement des variations du niveau marin, mais aussi de nombreux autres facteurs hydrométéorologiques (vagues, courants, tempêtes) et anthropiques (défenses côtières, exploitation de sédiments, usage des sols...) qui s'exercent sur un stock sédimentaire hérité des états antérieurs du système côtier. Par ailleurs, les variations relatives du niveau marin sont elles-mêmes fonction de facteurs globaux, mais aussi des mouvements du « sol », (subsidence plus ou moins locales ou des effets de géodynamique interne). Une part importante de la mobilité côtière peut résulter de ces facteurs locaux.

Dans le cadre du projet ANR-CECILE, nous avons analysé l'évolution du trait de côte sur un nombre important de sites peu anthropisés et subissant des variations du niveau marin diverses. Pour cela, nous avons ⁽¹⁾ utilisé des données marégraphiques et de stations GPS permanentes (SONEL), et des reconstructions des variations du niveau marin et ⁽²⁾ analysé la mobilité du trait de côte passée en utilisant notamment d'anciennes séries de photographies aériennes. Ainsi, dans 4 atolls de Polynésie Française, les mouvements récents du trait de côte apparaissent principalement gouvernés par les effets des vagues et des tempêtes, malgré une élévation du niveau marin qui a été deux fois plus rapide que la moyenne globale depuis 60 ans (soit de l'ordre de 4 mm/an). En Nouvelle-Calédonie, les secteurs les plus mobiles sont les estuaires qui apparaissent en premier lieu sous l'influence des apports sédimentaires dont une grande partie est générée par l'érosion des sols mis à nus par l'activité minière. À la Réunion, les causes de la mobilité du trait de côte sont pour la plupart contrôlées par des facteurs locaux (disponibilité en sédiments issus des rivières, exposition aux vagues...). En Europe, une ré-analyse des données côtières met en évidence l'importance de la géomorphologie côtière pour expliquer la mobilité des rivages non-artificialisés, mais les variations du niveau marin apparaissent le second facteur par ordre d'importance. Toutefois, ce résultat général le long des côtes européennes est influencé par la baisse relative importante du niveau marin observée en Scandinavie, zone dans laquelle les plages sont généralement en accrétion.

Les recherches réalisées démontrent l'intérêt des analyses rétrospectives pour traiter ce type de problématique. La conservation, la pérennisation et l'accessibilité des données acquises par le passé ou encore aujourd'hui (photographies aériennes, séries temporelles marégraphiques etc.) sont d'une importance capitale pour mener à bien ces travaux.

¹BRGM, RNSC/RIC, 3 av. C. Guillemin, 45060 Orléans Cedex, g.lecozannet@brgm.fr

²Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales (LEGOS - UMR 5566)

³Centre National de la Recherche Scientifique / Groupe d'Étude de l'Atmosphère Météorologique (CNRM - URA-1357)

⁴Université de La Rochelle (Laboratoire Littoral ENvironnement et Sociétés - UMR 6250)

⁵CREOCEAN

⁶Service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM)

⁷Centre Européen de Recherche et de Formation en Calcul Scientifique (Cerfacs)

Évaluation des impacts des changements climatiques et de l'élévation du niveau de la mer sur le littoral Kenitra – el Jadida



A. EL Filali , A. Saloui

Mots clés : littoral de Kenitra – EL Jadida - changement climatique – élévation accélérée du niveau de la mer - risque - adaptation

Même les efforts de la réduction d'émissions de gaz à effet de serre les plus rigoureux ne peuvent éviter les conséquences du réchauffement climatique prévu et notamment celles de l'élévation du niveau de la mer dans les prochaines décennies face à une telle menace et en l'absence de mesures d'adaptation de son littoral, le Maroc serait confronté à des difficultés socio-économique environnementales majeurs. Le changement climatique entrainerait des impacts aussi bien sur l'environnement (naturel et bâti) que sur les personnes (sécurité, santé, bien-être). Il constitue ainsi un enjeu de sécurité humaine...

L'étude présente une évaluation des terres à risque d'inondations de littoral Kenitra - el Jadida due à une éventuelle élévation du niveau marin combinée ou pas à des événements marins extrêmes.

Étude du phénomène de subsidence sur la ville d'Alexandrie à partir d'interférométrie radar différentielle satellitaire et de mesures GPS. Conséquences pour l'estimation de la remontée du niveau marin



G. Wöppelmann¹, G. Le Cozannet², M. de Michele²,
D. Raucoules², A. Cazenave³, M. Garcin², S. Hanson⁴,
M. Marcos⁵, A. Santamaría-Gómez^{1,6}

Les zones deltaïques peuvent être affectées par des phénomènes de subsidence plus ou moins importants ; d'autant plus si on est en présence de tissus urbains denses sources de déformation du sol d'origine anthropique. Cette déformation peut biaiser les mesures marégraphiques avec des implications sur les prévisions d'évolution du niveau marin conséquence du réchauffement climatique global ainsi que sur son impact local. En effet, l'affaissement de la zone entourant l'instrument a pour conséquence une surestimation de la remontée du niveau marin mais peut aussi être la cause d'une plus grande vulnérabilité locale vis-à-vis des phénomènes de submersion.

L'analyse conjointe de mesures GPS et d'interférométrie radar différentielle (notamment sur points persistants) a permis de déterminer que, dans la région d'Alexandrie, la côte a subi une subsidence modérée au cours de la dernière décennie (0.4 mm/an en moyenne et jusqu'à 2 mm/an très localement). Ces résultats semblent contredire des études précédentes – basées sur des observations de natures géologiques et géomorphologiques - mettant en évidence de mouvements qui leur sont supérieurs de plus de 3 mm/an. L'interprétation qui peut en être faite est que sur des échelles de temps de plusieurs siècles (voire millénaires), la déformation sur le secteur d'Alexandrie est principalement d'origine tectonique et conséquence de mouvements sismiques alors qu'au cours de périodes inter-sismiques (telle que celle suivie par notre étude) on observe des taux de subsidence modérés en accord avec ceux attendus si l'on suppose qu'il sont dus à des phénomènes de compaction de la couche de sédiments du Holocène étudiée.

¹LIENSs, Université de La Rochelle - CNRS, 2 rue Olympe de Gouges, 17000 La Rochelle, France

²BRGM, 3 av. Claude Guillemin, 45060 Orléans, France, d.raucoules@brgm.fr

³LEGOS, 14 av. Edouard Belin, 31400 Toulouse, France

⁴University of Southampton Highfield, SO17 1BJ, Southampton, UK

⁵IMEDEA (CSIC - UIB), Miquel Marquès 21, 07190 Esporles, Spain

⁶IGN, Observatorio de Yebes, Apartado 148, 19080 Guadalajara, Spain

Mouvements verticaux de la croûte et montée du niveau marin : exemple des îles Torrès, Vanuatu



V. Ballu¹, M.-N. Bouin, P. Simeoni, W. C. Crawford, S. Calmant,
B. Pelletier, T. Kanas, J.-M. Bore

De part l'extension géographique de son emprise, la montée du niveau marin générée par le réchauffement climatique global représente une menace réelle pour nombre de régions. Si le changement climatique constitue indéniablement un danger pour les zones côtières de faible élévation, en particulier dans le Pacifique Ouest et Sud-Ouest où la tendance d'élévation du niveau marin sur les dernières décennies est de plusieurs centimètres par an ; il ne constitue pas toujours l'unique cause des mouvements relatifs terre/mer, ni même toujours le facteur dominant.

Nous présenterons ici le cas des îles Torrès, au nord de l'archipel du Vanuatu, où les habitants d'un village, ayant dû déménager pour cause d'inondations répétées et de plus en plus fréquentes, ont été rapidement qualifiés de « réfugiés climatiques ». Nous montrerons que, dans ce cas particulier, c'est la tectonique et les mouvements verticaux associés au cycle sismique qui constituent le facteur dominant dans les mouvements verticaux relatifs terre/mer et qui sont donc la cause principale des inondations côtières. La question de l'adéquation de la réponse donnée à un problème, lorsque le diagnostique n'est pas correctement posé, peut être alors soulevée. En effet, le déménagement du village vers un site proche, envisagé comme réponse à la lente élévation du niveau marin, n'est pas forcément la réponse la plus adaptée si l'on considère qu'il s'agit d'une zone fortement sismique, susceptible donc d'être le siège de forts mouvements verticaux et de tsunamis.

¹Université de La Rochelle
(Laboratoire Littoral ENvironnement et Sociétés - UMR 6250)

Observations du niveau de la mer dans le Pacifique Sud-Ouest : les marégraphes de Nouméa



J. Aucan¹, N. Pouvreau²

Le niveau de la mer est suivi de manière continue à Nouméa depuis 1957. Ces données sont disponibles depuis 1967, et la période 1957-1967, sous forme de marégramme papier, sera prochainement digitalisée. En 2005, le site de mesure a été déménagé de la Pointe Chaleix à la Baie de Numbo, distante de quelques kilomètres.

Nous avons tout d'abord estimé le décalage entre ces 2 marégraphes pour produire une série temporelle continue du niveau de la mer de 1967 à nos jours. Nous utilisons ensuite cette nouvelle série temporelle pour étudier les variations interannuelles du niveau de la mer à Nouméa et dans la région, ainsi que les surcôtes de quelques heures mesurées au marégraphe.

¹IRD
²SHOM

Le marégraphe de Marseille, de la détermination de l'origine des altitudes au suivi des changements climatiques, 130 ans d'observation du niveau de la mer



A. Coulomb¹

Patrimoine : observatoire du niveau de la mer assez méconnu, le marégraphe de Marseille a été construit à la fin du dix-neuvième siècle pour fixer le niveau zéro au-dessus duquel sont exprimées les altitudes du territoire français continental. Il abrite un instrument d'enregistrement, dit « marégraphe totalisateur », encore en parfait état de fonctionnement et aujourd'hui unique au Monde dans sa catégorie. C'est pour cet intérêt patrimonial que ses bâtiments et les appareils qu'ils hébergent sont classés depuis 2002 parmi les monuments historiques.

Modernité : le marégraphe de Marseille est aussi une station de surveillance de haute technicité, équipée des instruments les plus modernes et intégrée aux programmes nationaux et internationaux de surveillance du niveau des mers.

Lien entre patrimoine et modernité : les données acquises actuellement complètent une série de mesures déjà exceptionnellement longue (plus de 130 ans d'observation). Dans le contexte du réchauffement climatique, l'exploitation de ce patrimoine scientifique est riche d'enseignements.

Les différents **projets actuels de valorisation** du marégraphe sont :

- édition d'un timbre postal pour les 130 ans des premières mesures réalisées au marégraphe (projet personnel : proposition de signature d'une pétition qui sera envoyée à Philaposte) ;
- parution d'un livre retraçant l'histoire du marégraphe : édition possible en 2013 aux Presses des Ponts (projet personnel : distribution d'un « feuillet publicitaire ») ;
- ouverture du marégraphe au public pour les journées du patrimoine 2013, année où Marseille est capitale européenne de la culture (projet IGN) ;
- projet pédagogique multimédia piloté par le Musée d'histoire de Marseille (partenariat IGN) ;
- etc.

Les hommes du marégraphe : quelques exemples des enseignements qui peuvent éventuellement être tirés de la connaissance de leur histoire (des problèmes qui peuvent être reliés à des changements de personnels et des périodes où la cohérence des mesures peut éventuellement s'expliquer par la stabilité du personnel)...

¹Institut national de l'information géographique et forestière (IGN),
73 avenue de Paris, 94165 Saint-Mandé Cédex

SESSION 2 :
**ALTIMÉTRIE SPATIALE
ET ANALYSE DE LA MARÉE**



Calibration et validation de la mission SWOT/AirSWOT : Étude de la variabilité des débits et des hauteurs d'eau de l'estuaire de Seine



L. Chevalier^{1,2}, B. Laignel², F. Lyard¹

SWOT (Surface Water and Ocean Topography) est la première mission spatiale dédiée à l'hydrologie des eaux de surfaces. Cette mission, résultant d'un partenariat entre la NASA (National Aeronautics and Space Administration) et le CNES (Centre National d'Études Spatiales), fournira un ensemble global de mesures hydrodynamiques (variations des stocks d'eau mesurées globalement dans des millions de lacs, de réservoirs, et de zones inondées de taille supérieure à 250 m², le débit des rivières de largeur supérieure à 100 m sera calculé avec des résolutions temporelles dépendant de l'algorithme variant de 11 jours à 22 jours). Afin de valider la technique de l'interféromètre en bande Ka utilisée par Karin, charge utile principale de SWOT, des campagnes aéroportées préparatoires (nommées AirSWOT) auront lieu en France en 2014. AirSWOT embarquera un interféromètre similaire à Karin : KaSPAR (Ka-band SWOT Phenomenology Airborne Radar) et reproduira les mesures de SWOT. L'estuaire de Seine sera utilisé comme système de référence pour les zones estuariennes, à la fois pour la préparation à l'utilisation des futures données SWOT et pour la calibration et validation d'AirSWOT. Afin de préparer et de calibrer cette mission aéroportée ainsi que la mission spatiale en elle-même deux axes d'étude ont été développés :

- Modélisation de la variabilité spatiale et temporelle des hauteurs d'eau et des facteurs responsables : utilisation du modèle hydrodynamique T-UGOm (Toulouse Unstructured Grid Ocean model) développé par le LEGOS en mode barotrope pour simuler la présence d'écoulement fluvial, d'apports souterrains et de la marée. Cette modélisation permettra notamment d'évaluer les bénéfices de la future mission SWOT et fait l'objet d'une communication écrite : Use of T-UGOm to simulate the Seine Estuary water stocks : Validation of AirSWOT/SWOT mission.
- Détermination des modes de variabilité des hauteurs d'eau en Seine et des facteurs à l'origine de ces fluctuations : traitement des mesures in-situ de débits et des hauteurs d'eau marégraphiques à l'aide de méthodes déterministes (tendance des séries chronologiques, analyses spectrales et en ondelettes ...). Cette partie servira notamment à mettre en évidence ou non la capacité de SWOT à restituer la variabilité interannuelle et saisonnière malgré son échantillonnage de 21,86004 jours pour l'estuaire de Seine. Cette partie sera développée lors de la communication orale.

¹CNES/LEGOS, 14 avenue Édouard Belin, 31400 Toulouse, France

²Université de Rouen, UMR 6143 M2C, 76821 Mont-Saint-Aignan, France ;
CNRS, UMR 6143 M2C, 76821 Mont-Saint-Aignan, France ;
SFR SCALE, 76821 Mont-Saint-Aignan, France

Micro-sismicité induite par la marée dans la région du glacier Mertz, Terre Adélie, Est-Antarctique



G. Barruol¹, E. Cordier¹, J. Bascou², F. R. Fontaine¹,
B. Legrésy³, L. Lescarmontier³

Mots clés : surcotes, modélisation, Manche-Gascogne

Dans le cadre du projet ArLiTA (Architecture de la Lithosphère de Terre Adélie, <http://dossier.univ-st-etienne.fr/arlita/www/>), quatre sismomètres large bande ont été déployés en Terre Adélie et Georges V, entre la station Dumont D'Urville et le glacier Mertz. L'analyse du bruit micro-sismique enregistré par ces stations révèle la présence de nombreux tremblements de glace (jusqu'à 100 événements/heure) très impulsifs. Leur détection systématique met en évidence une forte corrélation de la micro-sismicité avec les variations marégraphiques enregistrées à la station Dumont D'Urville (DDU). En raison de l'éloignement géographique de DDU (200 à 300 km), nous avons comparé les données marégraphiques observées avec les modèles marégraphiques globaux Fes2004 et Cats2008a. L'utilisation de ces données prédites sur des nœuds localisés à proximité des stations côtières permet alors de s'affranchir du déphasage entre le réseau de sismomètres et les observations marégraphiques de DDU. Nous proposons que l'activité micro-sismique observée en certaines stations proches de glaciers ayant une langue flottante est associée à de la fracturation de surface du glacier proche de son point d'échouage. Ce phénomène peut être expliqué par la flexure de la langue glacière induite par le mouvement relatif entre la partie flottante du glacier et sa partie continentale. Nous montrons par ailleurs que la sismicité est maximum lors de la marée descendante, ce qui peut être expliqué par la (micro)fracturation de surface (fentes extradors), proche de la station d'enregistrement, alors que la marée montante induit une fermeture des (micro)fracturations, phénomène tectoniquement silencieux.

¹Laboratoire GéoSciences Réunion, Université de La Réunion, CNRS, IPGP, UMR 7154, 15 avenue René Cassin, CS 92003, 97744 Saint Denis cedex 9, La Réunion, France

²Université Jean Monnet, UMR-CNRS 6524, Laboratoire Magmas et Volcans, 42023 Saint-Etienne, France

³Laboratoire d'Etude en Géophysique et Océanographie Spatiale, 14 av. E. Belin, 31400, Toulouse, France

Quality assessment of altimeter and tide gauge data for Mean Sea Level and climate studies



G. Valladeau¹, M. Ablain¹, L. Soudarin¹, G. Wöppelmann², N. Picot³

The overall quality assessment of altimeter data can be performed by analyzing their internal consistency and the cross-comparison between all missions. As a complementary approach, tide gauge measurements are used as an external and independent reference to enable further quality assessment of the altimeter sea level and provide a better estimate of the multiple altimeter performances. In this way, both altimeter and tide gauge observations, dedicated to climate applications, require a rigorous quality control. This study thus focuses on results deduced from the comparison method between altimetry and tide gauges and the way both types of data are used as input for controlling the quality of each other. Concerning altimeter data, the long-term drift assessment can be evaluated thanks to a widespread network of tide gauges, on condition that these in-situ measurements are considered of good quality. Indeed, one major part of the error related to the assessment of Sea Surface Height (SSH) at tide gauge location originates in land motion. The combination of multiple techniques (altimeter, in-situ and geodetic data) is a way of providing relevant tide gauge time series for end-users and climate applications and then gives a reliable assessment of the altimeter long-term drift.

This study is performed with the first objective of detecting global and regional drifts in the altimeter Sea Surface Height (SSH). The combination of arrays of tide gauge measurements is used to monitor the stability of altimeter missions, especially along coastal areas. Then, as a way of evaluating new standards in altimeter products, tide gauge measurements are used to demonstrate the relevance of new altimeter correction (orbit solution, instrumental correction, retracking algorithm). Finally, since tide gauges are expected to give an accurate estimate of SSH, in-situ time series are compared to both DORIS and GPS data as a reliable way of assessing vertical land motion at tide gauge location. But although such projects as the International Global Navigation Satellite System Service (IGS) Tide Gauge Benchmark Monitoring Pilot Project (TIGA) are willing to install GPS at each tide gauge site, only a few stations supplying data to the current existing database can be corrected from crustal drift movements by means of geodetic time series. Therefore, multiple altimetric systems (Jason1&2, Envisat and T/P) are used to perform a cross-comparison indicator of the tide gauge time series (available on the AVISO website) and thus detect potential drifts or jumps which might remain in the tide gauge measurements.

¹Collecte Localisation Satellites (CLS), Space Oceanography Division,
Ramonville St-Agne, France

²Université de La Rochelle (ULR), UMR 6250 LIENSS, La Rochelle, France

³Centre National d'Études Spatiales (CNES), Toulouse, France

Modification de la marée en milieu récifal à La Réunion



E. Cordier¹, J. Lézé¹, J.-L. Join¹

Les récifs coralliens de type frangeant forment un bassin côtier semi-fermé, étroit et de faible profondeur, qui constitue une barrière naturelle entre l'océan et la côte. Ces faibles profondeurs et la nature rugueuse du fond modifient l'onde de marée lors de sa propagation à la côte et sont responsables de la formation d'ondes harmoniques ou composées. Cette étude s'intéresse à décrire le processus de marée dans le récif frangeant de La Saline-Les-Bains à La Réunion (< 600 m de largeur et < 1.5 m de profondeur), à partir de deux mois d'enregistrement des variations du niveau d'eau. La comparaison de ces mesures avec les données de références marégraphiques de la Pointe Des Galets permet de mettre en évidence un retard et un amortissement de la marée dans le récif. De même, les marées de morte- et vive-eau apparaissent être synchronisées sur un cycle tropical plutôt qu'un cycle synodique. L'amplification des composantes Msf (14.7 jours) et Mm (27.5 jours), jusqu'à un ordre de grandeur équivalent aux ondes diurnes O1 et K1, induit également un niveau d'eau au sein du récif supérieur au niveau océanique. Ces modifications conditionnent directement la circulation et le temps de résidence des masses d'eau dans le récif, et indirectement l'écologie récifale ou encore la réponse piézométrique des aquifères côtiers.

¹Laboratoire GéoSciences Réunion, Université de La Réunion,
Institut de Physique du Globe de Paris, Sorbonne Paris Cité, UMR 7154 CNRS,
F-97715 Saint Denis, France

SESSION 3 :
**SYSTÈMES D'ALERTE
AUX ONDES DES TEMPÊTES
ET AUX TSUNAMIS**



Méthode de détection des météo-tsunamis et caractérisation des seiches portuaires en Méditerranée Nord-Occidentale



G. André¹, M. Marcos², C. Daubord¹

Les météo-tsunamis sont des ondes longues générées par des perturbations atmosphériques dans la même bande spectrale que les tsunamis. Contrairement aux tsunamis classiques, ces ondes ne sont pas dues à une activité sismique mais à des sauts brutaux de pressions atmosphériques au dessus des océans (Monserrat *et al.*, 2006; Rabinovich et Monserrat, 1998). Ce phénomène génère au large des ondes barotropes de faible amplitude qui se trouvent amplifiées à la côte par résonance topographique dans les baies et les ports (Rabinovich, 2009). Ces phénomènes de résonance appelés *seiches* sont dus à des oscillations stationnaires dans un bassin fermé ou semi-fermé. Elles se manifestent par des oscillations de la hauteur d'eau, dont l'amplitude et la période varient considérablement d'un port à l'autre selon la configuration du bassin. La période de ces oscillations est comprise entre quelques minutes et quelques dizaines de minutes. Elles se produisent dans de nombreux ports, mais restent souvent peu perceptibles car de faible amplitude. Ce phénomène est bien connu le long de la côte espagnole méditerranéenne et dans les Baléares où il porte le nom de *Rissaga*. De nombreux événements ont été observés et documentés dans la région des îles Baléares (Vilibié *et al.*, 2008), où des vagues pouvant atteindre 4 à 5 m de hauteurs ont été mesurées au port de la Ciutadella (Minorque) provoquant de fortes inondations et d'importants dégâts.

Une méthode de détection des oscillations de forte amplitude du niveau de la mer a été développée au SHOM. Cette méthode est basée sur une analyse en ondelettes des oscillations haute-fréquences des mesures marégraphiques de hauteur d'eau. Ces oscillations du niveau de la mer sont obtenues par un filtrage des mesures de hauteurs d'eau à une fréquence de coupure de 3 heures afin de supprimer les variations dues à la marée et au forçage atmosphérique basse-fréquence. L'analyse en ondelettes des séries temporelles d'oscillations permet de décomposer le signal en temps-fréquence pour ensuite définir les périodes de forte énergie correspondant à des amplitudes d'oscillations plus importantes. L'algorithme de détection repose sur l'analyse simultanée de l'amplitude des oscillations et de la densité d'énergie spectrale moyennée en fréquence. En raison de la variation de l'amplitude et de la période des seiches en fonction du site, les seuils de détection doivent être définis pour chaque port. Pour cela les seuils sont fixés tels que 95 % des valeurs d'amplitudes d'oscillation et de densité d'énergie spectrale moyennée en fréquence soient inférieures au seuil.

Une fois implémentée cette méthode de détection a été testée sur plusieurs météo-tsunamis historiques rapportés dans la littérature (Jansa *et al.* 2007, Vilibic *et al.* 2008, Marcos *et al.* 2009) et sur un événement récent qui a touché l'ensemble des côtes méditerranéennes espagnoles et françaises le 26 Juillet 2012. Ces tests ont montré la bonne efficacité de la méthode. Celle-ci a également été utilisée pour la caractérisation des seiches portuaires en Méditerranée Nord-Occidentale.

Cette méthode sera par la suite testée en milieu macrotidal en Manche et le long de la côte atlantique. Elle pourrait également être mise en œuvre dans le système de collecte des données marégraphiques du SHOM, pour fournir un indicateur en temps réel des oscillations de forte amplitude du niveau de la mer. Enfin, la caractérisation des périodes d'oscillation des seiches portuaires sera étendue à tous les observatoires marégraphiques du réseau RONIM.

¹SHOM, 13 rue du Chatellier, Brest 29200, France. gael.andre@shom.fr

²IMEDEA (CSIC-UIB), Miquel Marqués, 21, Esporles, Spain

Quelles données marégraphiques pour l'étude de l'aléa tsunami ?



H. Hébert¹, S. Allgeyer¹, C. Daubord², A. Frère¹, E. Gutierrez¹,
A. Gailler¹, A. Loevenbruck¹, F. Schindelé¹

Un tsunami est un train d'ondes longues généré par un phénomène géologique au fond des océans (séisme, effondrement sous-marin), dont les dimensions sont très étendues par rapport à l'épaisseur de la couche d'eau. De faible amplitude au large, il s'amplifie à la côte et produit, dans les cas extrêmes, des inondations successives de la côte, qui peuvent se reproduire plusieurs fois pendant plusieurs heures. Dans les cas plus modérés, les impacts sont surtout dans les ports et sur les plages, conduisant à des courants forts et des inondations plus limitées. Quelle que soit l'amplitude du tsunami, la marégraphie portuaire est primordiale pour caractériser l'impact d'un tsunami à la côte, que ce soit pour l'alerte opérationnelle et pour l'étude du phénomène. La France s'est dotée depuis 2012 du CENtre d'ALerte aux Tsunamis (CENALT) (voir présentation de Roudil *et al.*), en partenariat avec le SHOM et le CNRS, et la réception continue, en temps réel, des données marégraphiques portuaires, est aujourd'hui une réalité.

Depuis plusieurs années, et notamment depuis le séisme de Boumerdès en 2003 (Algérie, M_w 6.8), de nombreux progrès ont été réalisés pour mieux caractériser l'aléa tsunami pour les côtes françaises, aléa qui est a priori modéré. Cette présentation illustrera les apports de la marégraphie pour caractériser un tsunami, en particulier pour des événements historiques (1887 en Mer Ligure par exemple). On montrera comment ces données, qui indiquent parfois l'absence, en France, de traces de tsunami associé à des séismes importants (par exemple en 1969 au large du Portugal) permettent d'améliorer notre évaluation pour des scénarios non documentés (le séisme de Lisbonne de 1755). Enfin, les outils opérationnels développés pour le CENALT seront montrés, pour ce qui concerne les délais de détection disponibles d'après le réseau marégraphique, permettant aussi de définir l'optimisation de réseaux.

¹CEA, DAM, DIF, 91297 Arpajon. helene.hebert@cea.fr

²SHOM, Brest

Implications des Observatoires Volcanologiques et Sismologiques de l'Institut de Physique du Globe de Paris (IPGP) dans le Système d'Alerte aux Tsunamis de la Caraïbe (SATCar) : contexte, réalisations et résultats



**J.-B. de Chabalier, V. Clouard, M.-P. Bouin, Steve Tait,
A. Lemarchand, S. Deroussi, J.-M. Saurel et A. Anglade**

À la suite du méga séisme d'Indonésie du 26 décembre 2004 et du tsunami géant qu'il a engendré, la Commission Océanographique Intergouvernementale (COI) de l'UNESCO a étendu ses programmes relatifs aux Tsunamis, visant à réduire le risque, dans les autres bassins côtiers dont le bassin Caraïbe. Depuis 2005 le début de la mise en place du système d'alerte aux tsunamis dans la mer des Caraïbes (SATCar), les 28 états de la Caraïbe coopèrent à travers les 4 groupes de travail du GIC/SATCar (Groupe Intergouvernemental de Coordination) pour :

- 1 - Moderniser et compléter leurs réseaux de surveillance pour caractériser les séismes et mesurer le niveau des mers
- 2 - Évaluer les risques associés aux tsunamis
- 3 - Mettre en place la diffusion de l'alerte et sa diffusion
- 4 - Mettre en place la réponse des services de sécurité civile, travailler sur la préparation, la disponibilité et la résilience

Le bassin Caraïbe a des caractéristiques particulières. On estime entre 3 500 et 7 000 les victimes de 8 tsunamis meurtriers depuis le milieu du 19^e siècle, mais en l'absence de données historiques antérieures à la découverte des Indes Occidentales l'aléa tsunami est très peu connu. La faible dimension du bassin par rapport aux sources tsunamigènes (quelques dizaines de km à 1 000 km) rend l'alerte difficile à intégrer dans l'organisation des sécurités civiles. Les pays concernés sont constitués d'un chapelet de nombreuses petites îles-états, avec tous les problèmes de l'insularité en cas de catastrophe. La vulnérabilité a augmenté ces dernières décennies avec l'occupation du littoral, par les installations névralgiques (centrales électriques, raffineries, ports, aéroports, etc) ou touristiques.

La présentation fera le point sur l'avancement du SATCar dans la région et l'implication de l'IPGP dans le déploiement sur l'arc des Petites Antilles, d'instruments de surveillance sismologiques, géodésiques et marégraphiques, dont les données sont mises à disposition des Centres d'Alerte.

Dans le cadre du Contrat de Projet Etat Région (CPER – Programmes Opérationnels) de la Guadeloupe, 7 nouvelles stations sismologiques et géodésiques ont été déployées sur l'archipel de Guadeloupe et des îles du Nord, et 2 nouveaux marégraphes sont opérationnels.

Dans le cadre du programme Interreg IV Caraïbe, le projet « Tsuareg » a permis la mise en place de 4 nouvelles stations sismologiques et géodésiques sur la Martinique et 4 autres sur les îles voisines anglophones de Carriacou, Sainte-Lucie, Dominique et Antigua, en collaboration avec le Seismic Research Center de l'University of the West Indies (Trinidad et Tobago). Ce projet a aussi financé la transmission en temps réel des marégraphes du SHOM localisés à Pointe-à-Pitre (Guadeloupe), Fort de France (Martinique) et en Guyane, du marégraphe du Prêcheur (Martinique) du Conseil Général de Martinique (CGMA) ainsi que la mise en route prévue en 2013 d'un nouveau marégraphe sur la côte est de la Martinique qui sera opéré par le CGMA.

*Institut de Physique du Globe de Paris, 1 rue Jussieu, 75238 Paris cedex 05
Observatoire Volcanologique et Sismologique de Guadeloupe, Le Houélmont, 97113
Gourbeyre, Guadeloupe.
Observatoire Volcanologique et Sismologique de Martinique, Morne des
Cadets, 97250 Fonds Saint Denis, Martinique.*



Journées REFMAR 2013

Le CENALT



P. Roudil¹; F. Schindelé²; P. Duperray³; A. Gailler⁴;
H. Hébert⁵; A. Loevenbruck⁶; E. Gutierrez⁷; A. Damicis⁸

Mots clés : Tsunami, alerte, centre, opérationnel, Méditerranée

Le CENALT (CENTre d'ALerte aux Tsunamis) est le centre national en charge de l'alerte aux tsunamis pour la Méditerranée Occidentale et l'Océan Atlantique Nord-Est. Il est entré dans sa phase opérationnelle le 1^{er} juillet 2012. Depuis lors, les opérateurs du CENALT en 3x8 assurent la surveillance continue des bassins baignant les côtes métropolitaines. Pour ce faire, le centre se repose sur trois composantes principales : un réseau sismique, un réseau marégraphique et un système d'analyse et de diffusion des alertes. Des collaborations scientifiques ont été établies avec des institutions de cinq pays différents (Allemagne, Italie, Portugal, Espagne et Tunisie) pour accéder aux données de stations autour du territoire métropolitain, mais en France, les données sismiques et marégraphiques sont fournies par les partenaires du projet : le SHOM et le CNRS. Le système a permis de détecter et traiter de nombreux événements dans la zone surveillée (au-dessous des seuils d'alerte) et de par le monde. Ces traitements ainsi que les exercices réguliers permettent d'assurer que le CENALT est bien opérationnel.

¹ Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives. pascal.roudil@cea.fr

² Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives. francois.schindele@cea.fr

³ Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives. pierre.duperray@cea.fr

⁴ Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives. audrey.gailler@cea.fr

⁵ Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives. helene.hebert@cea.fr

⁶ Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives. anne.loevenbruck@cea.fr

⁷ Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives. emmanuel.gutierrez@cea.fr

⁸ Commissariat à l'Énergie Atomique et aux Énergies Alternatives. adeline.damicis@cea.fr

Réseaux de marégraphes dans le Pacifique pour l'alerte aux tsunamis



R. Pronost¹

Le bassin Pacifique a connu de nombreux tsunamis meurtriers, et les récents phénomènes transocéaniques (Samoa, 2009, Chili, 2010, Japon, 2011) ou plus locaux (Îles Salomon, 2007 et 2013,...) ont malheureusement confirmé la vulnérabilité de cette région. Dans le cas d'îles basses ou d'atolls, les effets d'une submersion marine provoquée par un tsunami ou par un autre phénomène sont bien entendu d'autant plus importants. L'État souhaitait naturellement améliorer les dispositifs d'alerte dans les territoires français du Pacifique, et suite à la publication du rapport du sénateur Courteau en 2007, il a été décidé de faire appel au SHOM pour installer un réseaux de marégraphes, en complément des instruments qui alimentaient déjà le PTWC (*Pacific Tsunami Warning Center*) à Hawaii.

La mise en place de montages financiers entre les différents acteurs concernés, différents selon les territoires, a permis l'installation de nombreux observatoires qui, en plus de leur rôle dans les systèmes d'alerte aux tsunamis, peuvent également servir à caractériser les niveaux d'eau atteints lors de cyclones, à mieux connaître la marée, ou à conduire des études sur l'élévation du niveau moyen des mers (marégraphes couplés à des mesures GNSS). Le matériel installé est homogène (capteur radar, capteur de pression, centrale d'acquisition, émission satellite,...) ce qui simplifie la gestion et le maintien en condition opérationnelle (MCO) du réseau. Les mesures de hauteur d'eau sont transmises par satellite au SMT (système mondial de télécommunication) et alimentent ainsi en temps quasi-réel les différents centres d'alerte régionaux et sont rendues également disponibles via le portail REFMAR.

En 2007, la Polynésie française comptait déjà 3 marégraphes américains (Papeete, Marquises et Gambier) et un marégraphe du CEA (Marquises). Le SHOM a depuis implanté des marégraphes, en général couplés à un récepteur GNSS, à Tubuai (Australes 2008), Rangiroa (Tuamotu 2009), Huahine (Îles sous le Vent 2010), Vairao (Tahiti 2011), Rikitea (Gambier 2012). Il reste à installer un dernier marégraphe fin 2013 à Makemo (Tuamotu) pour atteindre l'objectif d'instrumenter chaque archipel par 2 observatoires.

À Wallis et Futuna, un marégraphe (+GNSS) a été installé à Leava (Futuna) en 2011 et le marégraphe de Wallis sera installé à la fin des travaux de réfection du quai de Mata-Utu.

En Nouvelle-Calédonie, en plus du marégraphe permanent de Nouméa opéré par le SHOM depuis plusieurs années, des installations ont été réalisées en 2011 aux endroits les plus exposés : côte est de la Grande Terre à Hienghène et Ouinné et aux Îles Loyauté à Lifou et Maré. Les sites de Touho, Thio et Ouvéa restent à instrumenter en 2013-14. Ces sites avaient été choisis en 2007 lors d'une mission d'expertise (François Schindelé et Denis Musson).

Ces installations ont fait l'objet de conventions entre les différents financeurs : DéGéOM, Secrétariat permanent pour le Pacifique, Gouvernement de la Nouvelle-Calédonie, Université de Polynésie française et SHOM. L'antenne du SHOM dans le Pacifique a également bénéficié du soutien local des directions de la sécurité civile des Haut-commissariat en Nouvelle-Calédonie et en Polynésie française, ou du Service des affaires maritimes, des ports et des phares et balises à Wallis et Futuna. Le MCO des stations marégraphiques, effectué tous les 6 mois conformément aux recommandations de la COI, a également fait l'objet de conventions entre les mêmes parties (signées pour la NC et W&F, en cours de montage pour la PF), ce qui assure la pérennité du dispositif pour les années à venir.

¹ Chef du département hydrodynamique côtière, SHOM, ronan.pronost@shom.fr

Bibliographie

Courteau, R. - L'évaluation et la prévention du risque du tsunami sur les côtes françaises en métropole et outre-mer Rapport n° 117 (2007-2008 - <http://www.senat.fr/notice-rapport/2007/r07-117-notice.html>)

Lannuzel, S., Réseau de marégraphes dans le Pacifique, Rapport d'étude SHOM n° 001/2010.

Musson, D., Schindelé, F. - Rapport de Mission en Nouvelle-Calédonie (25 juillet-2 août 2007)

La vigilance vagues-submersion : une composante opérationnelle du Plan Submersions Rapides (PSR)



J. HOFFMAN¹, D. JOURDAN²

C'est en octobre 2011 que l'aléa «vagues-submersions» a été introduit dans la carte nationale de vigilance publiée par Météo-France. Cet aléa concerne un phénomène d'origine maritime pouvant impacter les usagers terrestres. Un liseré côtier apparaît désormais sur la carte lors de vigilances jaune, orange et rouge. Il est associé à un pictogramme spécifique en orange et en rouge. Dans ces mêmes couleurs, la carte est accompagnée des conséquences prévisibles (préparées par la Direction générale de la prévention des risques) et des conseils de comportement (préparés par la Direction de la Sécurité civile) appropriés.

Le dispositif de prévision a besoin d'une bonne connaissance des événements passés, de données de référence sur le niveau marin fournies par le SHOM, d'une mise à disposition très rapide des prévisions numériques et d'une équipe de prévisionnistes experts fonctionnant 24/24h au sein du dispositif opérationnel de prévision de Météo-France. L'ensemble du littoral métropolitain est couvert. Afin de faciliter le processus de décision, le prévisionniste de service dispose d'outils d'aide à la décision permettant de définir le niveau de vigilance. En situation orange ou rouge, le service de prévision établit un contact avec les autorités.

Si le système de vigilance tel qu'il existe aujourd'hui avait été en disponible lors de l'épisode Xynthia (nuit du samedi 27 au dimanche 28 février 2010), le littoral charentais aurait été mis en vigilance rouge «vagues-submersion» dès le samedi matin.

L'examen des épisodes les plus marquants survenus depuis octobre 2011 a permis d'introduire des améliorations dans le dispositif VVS, mais il a également prouvé toute l'utilité de cette information diffusée à travers la carte de vigilance.

Météo-France travaille avec le SHOM sur un projet appelé «HOMONIM», qui vise à étendre le réseau de marégraphes, à améliorer la connaissance des événements passés et à développer une nouvelle génération de modèles numériques de niveau marin en 2D, puis en 3D (échéance 2017). Ce projet, financé et supervisé par la Direction générale de la prévention des risques, fait l'objet d'une présentation spécifique au cours du colloque.

¹Météo-France, 42 avenue G. Coriolis, 31057 Toulouse, France
joel.hoffman@meteo.fr

²SHOM, 42 avenue G. Coriolis, 31057 Toulouse, France
didier.jourdan@shom.fr

HOMONIM : une contribution à l'amélioration de l'observation et de la prévision des submersions marines

D. Jourdan¹, D. Paradis²

Homonim : Historique, Observations, MOdélisation des Niveaux Marins– est un projet commun du SHOM et de Météo-France, sous maîtrise d'ouvrage de la Direction Générale pour la Prévention des Risques (DGPR).

Le projet *Homonim* participe de l'action de l'État sur « l'amélioration de la connaissance des aléas et des systèmes de surveillance de prévision, de vigilance et d'alerte » et le « développement progressif et la mise en place opérationnelle de modèles océanographiques côtiers ».

Il y contribue en se fixant l'objectif global d'améliorer les outils de prévision des hauteurs d'eau, des surcotes et des états de mer à la côte, et de les intégrer aux systèmes opérationnels existants, au profit notamment du dispositif vigilance vagues-submersion (VVS) mis en place fin 2011.

Dans cet exposé, nous nous proposons de détailler les objectifs, les enjeux et l'organisation technique du projet. Les premiers résultats des travaux sur la modélisation des surcotes et des états de mer seront comparés aux performances du système opérationnel actuel.

Par ailleurs, cet exposé sera préparé en coordination avec celui présentant le dispositif VVS et le bilan des événements les plus significatifs survenus depuis sa mise en exploitation opérationnelle.

¹SHOM, 42 avenue G. Coriolis, 31057 Toulouse, France. didier.jourdan@shom.fr

²Météo-France, 42 avenue G. Coriolis, 31057 Toulouse, France.
denis.paradis@meteo.fr

SESSION 4 :
PRODUITS DE MARÉE



Mise en place d'atlas de composantes harmoniques de hauteurs et courants de marée en Manche et en Atlantique à partir de la Tidal ToolBox



L. Pineau-Guillou¹, V. Garnier¹, F. Dumas¹, F. Lecornu¹, D. Allain², F. Lyard²

Mots clés : marée, courants de marée, analyse harmonique, prédiction

La Tidal ToolBox, développée par le LEGOS et cofinancée par l'Ifremer (projet PREVIMER), permet de réaliser divers traitements relatifs à la marée : analyse harmonique, méthode de l'admittance pour calculer des ondes supplémentaires, prédiction, budget d'énergie, tracé d'ellipses. Cet outil a été installé sur le ordinateur du pôle de calcul intensif pour la mer, (Caparmor, Ifremer).

L'Ifremer a développé des modèles hydrodynamiques MARS2D sur l'ensemble des côtes de la Manche et de l'Atlantique (Pineau-Guillou 2012). Il s'agit de modèles emboîtés (trois niveaux d'emboîtement : rang 0, rang 1 et rang 2). L'analyse des rejeux de ces modèles sur la période 2008-2009 avec la Tidal ToolBox a permis de mettre en place des atlas de composantes harmoniques de hauteurs et courants de marée (38 composantes harmoniques, dont une partie calculée par admittance).

Les atlas disponibles couvrent l'Atlantique Nord Est (rang 0 à 2 km de résolution spatiale), la Manche et le Golfe de Gascogne (rang 1 à 700 m), et les cinq zones côtières Manche Est, Manche Ouest, Finistère, Sud Bretagne et Aquitaine (rangs 2 à 250 m). La validation des atlas de marée a été réalisée en 18 ports, d'une part par comparaison entre les prédictions issues de ces atlas et celles issues de SHOMAR (logiciel de prédiction de marée du SHOM) ; d'autre part par comparaison des composantes harmoniques issues de ces atlas, et celles issues de l'analyse des marégraphes (données collectées sur le site REFMAR).

L'augmentation de la résolution spatiale des atlas côtiers de rang 2 (250 m), combinée à l'introduction du modèle de marée du SHOM aux limites (cstFRANCE), permet d'améliorer la marée de manière significative (erreur quadratique moyenne divisée par deux par rapport aux modèles de rang 0 forcé par FES 2004 et rang 1 forcé par le rang 0). Ces améliorations permettent également une meilleure représentation de la marée, l'atlas du Finistère reproduit par exemple les variations importantes de phase autour de l'île de Sein (7° de variation de la phase de M_2 de part et d'autre de l'île). Enfin, la marée des zooms côtiers à 250 m étant améliorée, la prévision instantanée du niveau de la mer (intégrant la marée et la surcote) l'est également.

¹Centre Ifremer de Bretagne, CS 10070, 29280 Plouzané, France
Contact : Lucia.Pineau.Guillou@ifremer.fr

²CNRS, LEGOS, 14 avenue Edouard Belin, 31400 Toulouse

Références

Allain D. (2013) TUGOm Tidal ToolBox. Documentation de la Tidal ToolBox, 15 pp.
Muller H., Pineau-Guillou L., Idier D. (2013) Storm surge modeling strategy along the French (Atlantic and English Channel) coast. Jonsmod 2013 proceedings Ocean Dynamics (under review).
Pineau-Guillou L., Theetten S., Dumas F., Lecornu F., Idier D. (2012) Prévision opérationnelle des niveaux de la mer, surcotes et décotes sur les côtes de la Manche et de l'Atlantique. Journées Nationales Génie côtier - Génie Civil Edition 12 Cherbourg, pp. 957-964. DOI:10.5150/jngcgc.2012.105-P

Quelle qualité pour les prédictions de marée ? Quels sont les facteurs influençant leur qualité ?



N. Weber¹

Parallèlement à leur utilisation classique destinées à la navigation maritime, les prédictions de marée sont employées pour bon nombre d'autres applications. En effet, des prédictions fiables, référencées, à jour, sont primordiales : pour la réduction de sondages hydrographiques (levés bathymétriques...), la réalisation de travaux maritimes (périodes d'intervention, calibrage des ouvrages...), les systèmes d'alertes aux ondes de tempêtes et aux tsunamis, la modélisation hydrodynamique (surcotes, risques littoraux...).

Toutefois, toutes les prédictions ont-elles la même qualité ? Existe-t-il des différences notables ? Quels sont les éléments qui vont influencer la qualité de ces prédictions de marée ?

Les méthodes et moyens de calcul de prédictions de marée sont pléthores dans la littérature et sur Internet, notamment parce que les formules de calculs par la méthode harmonique sont parfaitement connues. Or, il s'agit ici de montrer que de nombreux facteurs peuvent influencer la qualité des prédictions de marée et s'écarter de façon importante de la marée réellement observée.

Ces différents facteurs sont les suivants :

Les observations de marée : Acquérir des observations de hauteur d'eau est primordiale pour caractériser la marée et définir les constantes harmoniques d'un site. Mais cela nécessite :

- de longues observations de hauteurs d'eau : celles-ci permettent la détermination de toutes les ondes y compris les ondes de longues périodes (annuelles, bisannuelles) ;
- l'enregistrement de tout le cycle de marée y compris les basses mers, ce qui permet d'accéder également aux ondes de période plus courtes (quart, sixième diurnes) qui sont parfois déterminantes dans des milieux estuariens (effets de tenue du plein ou de basse mer, asymétrie prononcée entre le montant et le perdant...) ;
- la qualité des observations : de hautes fréquences d'acquisition permettent une meilleure caractérisation des ondes de courte période ;
- le référencement par rapport au zéro hydrographique ;
- la période et la durée des observations prise en compte pour le calcul des constantes harmoniques (de 165 ans à 1 an, influence de l'évolution du niveau marin).

Les constantes harmoniques :

- le nombre d'ondes prises en compte pour le calcul des prédictions : Le SHOM et les services hydrographiques officiels utilisent 143 ondes. Des calculs réalisés avec un nombre limité d'harmoniques négligent alors certains aspects de la marée et entraînent des différences pouvant atteindre plusieurs dizaines de centimètre en hauteur et dizaines de minutes en heure ;
- les corrections nodales (corrections à appliquer aux constantes harmoniques pour tenir compte des variations des éléments de l'orbite lunaire) : Ces corrections appliquées ou pas peuvent engendrer des différences de l'ordre de 10 à 20 cm en hauteur ;
- la méthode d'analyse harmonique (par liste prédéfinie, par espèces...) ;
- la mise à jour des constantes harmoniques liée à une amélioration de la connaissance ou aux évolutions morphologiques ;

Le noyau de calcul :

- compatibilité dans la liste et paramètres des harmoniques considérées entre l'analyse et le calcul des prédictions ;
- des méthodes de prédictions spécifiques sont appliquées pour certains environnements complexes comme les estuaires.

Ainsi, le SHOM, en tant que service hydrographique et organisme de référence dans le domaine de la marée, recueille et archive, dans toutes les mers du monde, des observations de marée lui permettant d'actualiser continuellement sa connaissance et ainsi mettre à disposition des usagers divers produits et services de prédiction de marée, les plus justes et fiables possibles.

¹SHOM, département hydrodynamique côtière. nicolas.weber@shom.fr

Traitement et analyse des séries marégraphiques du Golfe du Lion



F. Pons¹, C. Trmal¹

Mots clés : NUNIEAU – marée – tempêtes

Des instruments de mesures marégraphiques ont été implantés à différentes périodes sur le littoral du Golfe du Lion et ont permis d'acquérir des mesures de niveaux marins atteints à la côte. Ces données constituent la connaissance historique de l'aléa.

La méthodologie de numérisation s'est appuyée sur le logiciel NUNIEAU (NUMérisation des Niveaux d'EAU) pour la numérisation de marégrammes, de limnigrammes, de pluviogrammes et de barogrammes mis à disposition sur le site du CETE Méditerranée (http://www.cete-mediterranee.fr/fr/rubrique.php3?id_rubrique=113).

Une méthodologie spécifique pour la validation et le contrôle qualité de la donnée a été mise en place. Pour chaque série, l'amplitude et la phase de la marée astronomique (utilisation de la composante M2, composante principale de la marée en Méditerranée avec l'outil Mas du SHOM) ont été extraits de manière glissante. Les variations éventuelles ont permis de déceler des décalages et donnent une indication sur la cohérence et la fiabilité des mesures, par exemple des passages temps local et universel.

Les séries mer et étangs ainsi obtenues permettent d'avoir une vision exhaustive des données disponibles et de leur qualité par station de mesure. L'analyse des événements historiques permet de décrire, du point de vue de l'élévation du plan d'eau, les différentes tempêtes que le littoral a connu et de pouvoir comprendre les phénomènes physiques en jeu (marée, houle, vent, crue). Ensuite, une étude statistique des différentes variables (niveau marin et surcotes) permet de comparer les sites entre eux et d'évaluer les occurrences des différents événements.

¹Centre d'Études Techniques de l'Équipement Méditerranée - Pôle d'Activités des Milles
- Av A.Einstein - CS 70499 - 13593 Aix en Provence Cedex 3
Tél : 33 (0)4 42 24 76 68. frederic.pons@developpement-durable.gouv.fr

Un service de marée dédié aux professionnels dans le portail data.shom.fr



N. Weber¹

Le SHOM a pour vocation de « connaître et de décrire l'environnement physique marin dans ses relations avec l'atmosphère, avec les fonds marins et les zones littorales et d'en prévoir l'évolution » ainsi que d'assurer « la diffusion des informations correspondantes ».

Ainsi, le portail data.shom.fr entré en service en 2013, permet à tous les usagers (services de l'État, collectivités territoriales, entreprises, citoyens...) :

- de visualiser les données maritimes et littorales pour lesquels le SHOM exerce sa mission : bathymétrie, cartographie, hydrographie générale dont la marée, les références altimétriques maritimes et les courants de marée... ;
- de combiner facilement des données provenant d'autres sites ;
- de télécharger des données ;
- d'accéder en ligne aux informations géographiques notamment par des flux de type WMS, WMTS et WFS.

Le portail Data.shom.fr est également une plateforme de services en ligne dont notamment un service de marée offrant de multiples fonctionnalités de calculs de prédictions de marée dans plus de 1 080 ports repartis dans le monde dans un premier temps, mais qui est destiné à être progressivement enrichi de nouveaux sites.

Plusieurs fonctions sont disponibles :

- Calcul de hauteur d'eau à un pas de temps donnée (5, 10, 15, 30 et 60 minutes) ;
- Calculs de seuil : recherche des créneaux horaires pour lesquels une hauteur d'eau est atteinte ou inférieure à un seuil donné ;
- Calcul de type « annuaire des marées » : heures et hauteurs des pleines et basses mers ainsi que les coefficients de marée (optionnel) pour les ports français de la Manche et de l'Atlantique.

Toutes les dates sont disponibles entre le 01/01/1700 et le 31/12/2100 pour une durée limitée à 20 ans pour chaque calculs. Les prédictions sont calculées à partir du même noyau de calcul que tous les autres produits et services de marée du SHOM.

Ces prédictions issues de ce services de marée sont également calculées à partir de bases de données des paramètres de la marée (constantes harmoniques) annuelles utilisées pour les produits officiels du SHOM.

Les données calculées sont fournies dans différents formats : TXT, XML... et téléchargées à posteriori par l'utilisateur sur un serveur de téléchargement.

Le service est accessible directement par une interface disponible dans le portail data.shom.fr. Il peut également être interrogé via un webservice sous forme de requête.

Le service de marée sera prochainement (début 2014) enrichi de nouvelles fonctionnalités :

- L'analyse harmonique ou calcul de constantes harmoniques à partir d'un fichier d'observation ;
- Calculs de prédictions à partir de constantes harmoniques externes ;
- Prédictions en tout point du monde (hors site prédéfini et au large) : les calculs seront basés sur les modèles de marée du SHOM d'une résolution moyenne de 5 milles nautique, comprenant un maximum de 143 composantes harmoniques et dont l'extension sera progressivement étendu à l'ensemble du monde.

Un autre service de changement de référence verticale sera également prochainement proposé. Il permettra de convertir un lot de sondes bathymétriques par exemple exprimé dans un référentiel donné, vers un autre référentiel (zéro hydrographique, niveau des plus basse mer, niveau moyen, IGN69...).

¹SHOM, département hydrodynamique côtière. nicolas.weber@shom.fr

SESSION 5 :
MODÉLISATION



Optimisation du frottement sur le fond pour la modélisation de la marée barotrope en Manche et Golfe de Gascogne



M. Boutet¹, C. Lathuilière¹, R. Baraille²,
H. Son Hoang² et Y. Morel³

Les marées représentent un des phénomènes importants dans la variabilité côtière des courants et des niveaux d'eau. La connaissance de ces phénomènes est cruciale pour plusieurs applications comme la gestion des risques de submersion marine ou le développement des énergies marines renouvelables. Dans un contexte de récents développements de réseaux d'observations et d'augmentation de la puissance des calculateurs, il est maintenant permis de mettre en place des études nouvelles.

Une des principales sources d'erreur concernant la modélisation de la marée barotrope à l'échelle régionale est la représentation de la dissipation sur le fond. Le but de cette étude est de développer des méthodes d'assimilation de données afin d'identifier les sources d'erreur puis de les réduire. Les données à assimiler sont principalement des hauteurs d'eau issues des marégraphes et des courants de surface mesurés par les radars haute fréquence mis en place par le SHOM.

Pour la partie modélisation, le modèle utilisé est l'HYbrid Coordinate Ocean Model (HYCOM, Bleck 2002). La méthode d'optimisation est mise au point et testée grâce à des expériences jumelles (avec des données simulées avec le modèle direct). Cette méthode sera dans un second temps appliquée avec des données réelles afin d'obtenir un frottement optimal et d'étudier les processus hydrodynamiques améliorés.

¹SHOM, Brest

²SHOM, Toulouse

³LEGOS, Toulouse

La prise en compte de l'évolution des conditions météo-marines sur la gestion du domaine portuaire



C. Dobroniak¹

Depuis plusieurs années, Dunkerque-Port, troisième port de France, a pris conscience des conséquences de ses activités sur l'environnement et a développé des engagements et actions en faveur d'un meilleur management environnemental. En effet, les enjeux sont considérables : sur 17 km de façade, le territoire portuaire couvre 7 500 hectares et sa circonscription maritime 38 000 hectares. En outre, il est le premier rempart contre la mer de la ville de Dunkerque et de l'arrière-pays situé en dessous des plus hautes marées. À titre d'exemple, tout accident sur l'ouvrage de la digue des Alliés, construite à la fin du XIX^e siècle, contrarierait l'ensemble du drainage des anciens polders aujourd'hui urbanisé.

Le port de Dunkerque, pour le compte de l'État a donc été mandaté pour mettre en place des dispositifs de confortement des ouvrages portuaires. Pour mener à bien cette réflexion, il s'appuie sur l'étude de l'évolution des conditions météo-marines sur le littoral dunkerquois et l'analyse de l'évolution des événements potentiellement érosifs.

Par ailleurs, à travers une étroite collaboration avec les établissements scientifiques, il apprécie les modalités d'évolution hydro-sédimentaires le long de sa façade littorale et engage des mesures de gestion appropriée. Celles-ci passent notamment par la réutilisation de ses sédiments de dragages dans une logique de protection du trait de côte et pérennisation de l'intégrité des ouvrages. Mais le port va plus loin, puisqu'il envisage aussi ces rechargements comme la réalisation d'habitats propices à l'installation d'avifaune ou mammifères marins.

Au final, l'ensemble des données marégraphiques et hydro-sédimentaires ainsi que des indications concernant les phénomènes météo-marins attendus permettent d'être un véritable outil d'aide à la décision en termes de gestion des sédiments et préservation des habitats, pour une mise en sécurité du dunkerquois face aux risques de submersion marine et de montée du niveau marin.

¹Grand Port Maritime de Dunkerque
Port 2505 - 2505 Route de l'Ecluse Trystram - BP 46 534 - 59386 Dunkerque cedex 01
cdobroniak@portdedunkerque.fr

Modélisation hydrodynamique sur le littoral de la Région des Pays-de-la-Loire



L. Troudet¹, S. Desmare¹, G. Jan¹

Mots clés : Hydrodynamique côtière, modélisation, marée, courants

Compte tenu de l'état de maturité des Energies Marines Renouvelables (EMR) en France, l'implantation d'hydroliennes devrait suivre très prochainement celle des éoliennes en mer. Pour cette forme d'énergie la connaissance des courants marins sur toute la hauteur de la colonne d'eau revêt un caractère primordial. Ainsi un modèle hydrodynamique de courants de marée en trois dimensions est développé dans le cadre d'une convention GEOPAL entre l'État, la Région des Pays-de-la-Loire et le SHOM dans le but de favoriser l'exploitation des EMR. L'emprise de l'étude correspond au littoral de la région des Pays-de-la-Loire incluant l'estuaire de la Loire dans sa partie maritime, limite de remontée de l'onde de marée.

La modélisation hydrodynamique repose sur le système de modélisation aux éléments finis TELEMAC-3D, développé par le Laboratoire National d'Hydraulique et Environnement d'EDF-R&D. Cet outil s'appuie sur un maillage spatial triangulaire mixte de résolution évolutive suivant la profondeur. Il permet de simuler le courant côtier et notamment sa répartition et distribution verticale.

Une représentation fine des variations des niveaux d'eau et des courants côtiers engendrés par la marée et le forçage fluvial est primordiale en milieu fluviomaritime. Le calage du modèle est réalisé à la fois en hauteur d'eau, en vitesse et salinité sur des périodes réelles. Toutes ces grandeurs sont évidemment liées les unes aux autres et le calage en vitesse dépend prioritairement du calage en hauteur d'eau et de la diffusion turbulente horizontale comme verticale. Il est important de disposer de mesures de hauteurs d'eau fiables et étendues sur la zone d'étude.

Les données de références utilisées pour le calage hydrodynamique, en cours de réalisation, sont principalement les hauteurs d'eau issues des marégraphes du SHOM mais aussi des partenaires REFMAR, notamment dans l'estuaire de la Loire, et des mesures de courants et de salinité sur la colonne d'eau. L'objectif de cette présentation est d'illustrer la méthode de paramétrisation du modèle dont l'attribution du frottement le long de l'estuaire qui se base sur la connaissance du fond du lit. La finalité est de représenter correctement la propagation de la marée, et le courant induit, du large à la côte et vers l'intérieur de l'estuaire, notamment jusqu'à Nantes.

¹Service Hydrographique et Océanographique de la Marine, Brest

Deux estuaires, deux modèles numériques



L. Dieval¹, M. Martin², Y. Lacaze¹, S. Chesneau¹,
E. Le Pape², O. Piotte², S. Barthelemy³

Le Service de Préviation des Crues Gironde – Adour – Dordogne (SPC GAD) assurera, à compter du 1^{er} juillet 2013, la mission de vigilance « crue » sur un certain nombre de cours d'eau de son territoire de compétence (voir la figure 1). Sur les trois estuaires du territoire, deux disposent d'un modèle numérique opérationnel. Au nord, l'estuaire de la Gironde, le plus grand d'Europe occidentale, est couvert par une modélisation 2D fonctionnant avec le code de calcul TELEMAC. Au sud, l'estuaire de l'Adour (au niveau de Bayonne) est lui modélisé en 1D avec le code de calcul MASCARET en temps réel.

Outre ses dimensions imposantes (76 km de long, 20 km de large à l'embouchure, 11 km de large à l'endroit le plus large, un plan d'eau d'environ 635 km²), l'estuaire de la Gironde met en jeu des phénomènes complexes : l'effet de la marée se fait sentir sur plus de 100 km (environ 2 h de propagation jusqu'à Bordeaux), la marée y est dissymétrique (4 h 25 de flot et 8 h de jusant) et l'onde y est amplifiée. Cet estuaire concentre également de forts enjeux dont les principaux sont, de l'aval vers l'amont, le CNPE du Blayais, le Bec d'Ambès et la Communauté Urbaine de Bordeaux.

Lors des événements de décembre 1999 (tempêtes Lothar et Martin, respectivement les 26 et 27 décembre 1999), des enjeux importants furent impactés. À partir de 2000, un projet de prévision opérationnelle a été lancé avec notamment la mise en œuvre d'une modélisation 2D (voir la figure 2).

L'exposé portera sur la description de l'estuaire, l'organisation opérationnelle actuellement mise en œuvre et le modèle numérique.

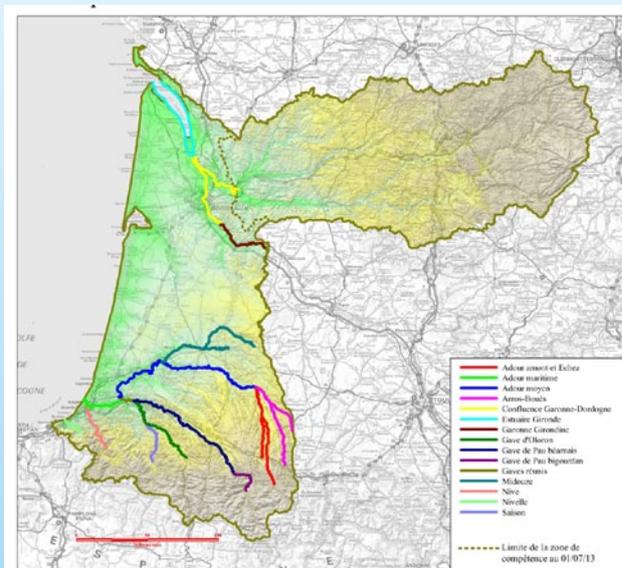


Figure 1 : tronçons surveillés par le SPC – GAD

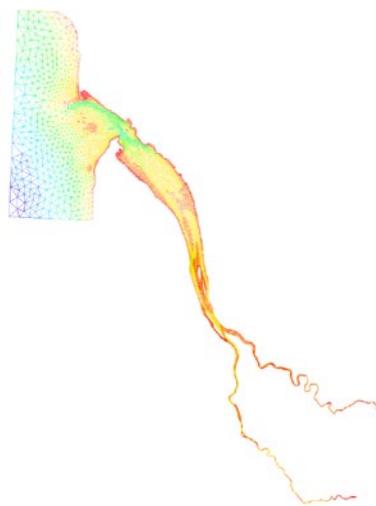


Figure 2 : maillage de l'estuaire de la Gironde

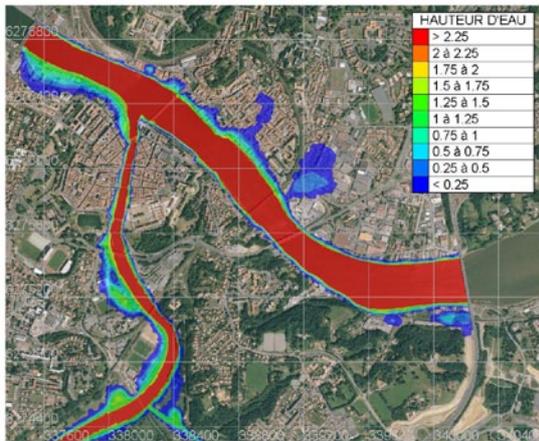


Figure 3 : Adour Nive – événement moyen

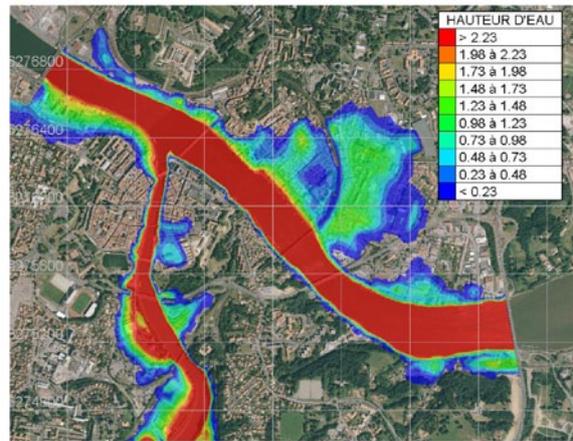


Figure 5 : Adour Nive – événement important

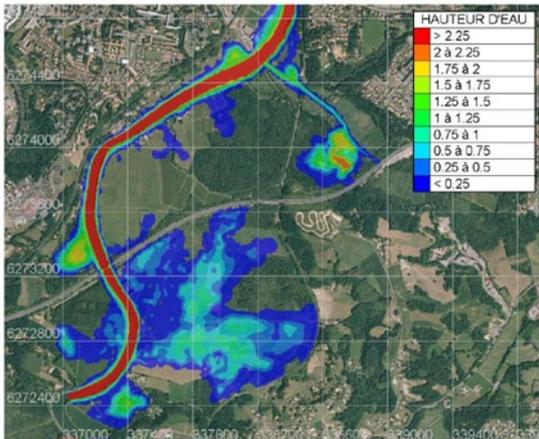


Figure 4 : Nive Plaine d'Ansot – événement moyen

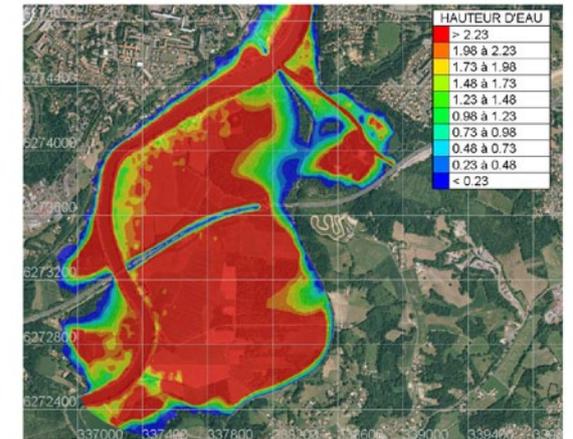


Figure 4 : Nive Plaine d'Ansot – événement important

¹DREAL Aquitaine
 Service de Préviation des Crues – Gironde – Adour – Dordogne
 Cité administrative
 Boite 55 - rue Jules FERRY
 33090 Bordeaux cedex

²DGPR/SRNH/SCHAPI
 Pôle modélisation et hydrologie opérationnelle
 Météopôle – 42 avenue Gaspard Coriolis
 TOULOUSE Cedex 01

³CERFACS
 42 Avenue Gaspard Coriolis
 31057 Toulouse Cedex 01, France

SESSION 6 :
SURCOTES
ET NIVEAUX EXTRÊMES (1/2)



Évolution séculaire des niveaux maritimes extrêmes dans la côte Charentaise



A.-B. Fortunato, X. Bertin, G. Wöppelmann

Des séries temporelles de données marégraphiques de la région de La Rochelle (Gouriou *et al.*, 2013 ; refmar.shom.fr ; www.sonel.org) sont analysées pour déterminer l'évolution des niveaux extrêmes au cours du XX^e siècle. L'analyse statistique est basée sur la méthode de Fortunato *et al.* (2013), qui crée des séries temporelles synthétiques en permettant des déphasages variables entre la marée prédite et les surcotes observées. Cette méthode est adaptée pour tenir compte des interactions entre la marée et les surcotes, qui sont non-négligeables dans la côte Atlantique de la France. L'importance des variations saisonnières et interannuelles du niveau de la mer sur les périodes de retour des niveaux extrêmes est aussi analysée.

Références

Gouriou, T., B. Martin Miguez, G. Wöppelmann (2013). Reconstruction of a two-century long sea level record for the Pertuis d'Antioche (France). *Continental Shelf Research*, in review.

Fortunato, A.B., M. Rodrigues, J.M. Dias, C. Lopes and A. Oliveira (2013). Generating inundation maps for a coastal lagoon: a case study in the Ria de Aveiro (Portugal). *Ocean Engineering*, 64: 60-71.

Amélioration de la connaissance des tempêtes passées sur le littoral Atlantique – Manche (160 ans analysés depuis 1850)



C. Daubord¹, V. Goirand¹, G. Jan¹

Dans le cadre du projet NIVEXT, financé par la DGPR, l'ensemble des données marégraphiques disponibles au SHOM (archives et bases de données) est revisité. L'objectif est de fournir un inventaire des niveaux marins extrêmes historiques enregistrés par des marégraphes lors de tempêtes sur les côtes françaises Atlantique et Manche, depuis 1850.

L'étude porte sur une sélection de **70** tempêtes identifiées comme majeures. Ces événements sont passés au crible :

- (1) les données analogiques non encore exploitées sont numérisées,
- (2) les données analogiques déjà numérisées sont retraitées à plus haute fréquence temporelle (ex : 10'),
- et (3) les données numériques sont réanalysées avec notamment la recherche et la caractérisation des phénomènes de seiches, pouvant amplifier le niveau d'eau dû à la marée et aux phénomènes météorologiques basse fréquence.

L'analyse des jeux de données constitués permettra d'extraire les paramètres météo-marins d'intérêt pour chaque port et chaque événement et **d'identifier des événements de tempêtes de référence** locaux ou régionaux. L'analyse croisée entre les données marégraphiques et météorologiques permettra d'enrichir la caractérisation des événements de tempêtes, et de les rattacher à une typologie existante.

L'exposé décrira la méthode employée et un premier bilan de l'étude puis présentera à titre d'illustration quelques cas d'événements de tempêtes historiques.

¹Service hydrographique et océanographique de la marine
13 rue du Chatellier, CS92803, 29228 Brest Cedex 2, France.
camille.daubord@shom.fr

Nouvelles données sur l'holocène littoral armoricain : courbes eustatiques et tempêtes historiques

ANR Soc.Env COCORISCO



B. Van Vliet-Lanoë, A Henaff, C. Delacourt, J. Goslin, A. Penaud

Dans le cadre de cet ANR une courbe eustatique fiable de la Bretagne a été reconstruite pour les dernier 8000 ans. Le relèvement régional du niveau marin est de 5 m en 6000 ans. Il est associé à une subsidence globale de 0,7 mm/an dont 0,25mm/an de subsidence géologique. La morphologie de la courbe eustatique est fortement impactée par les tempêtes.

La récurrence des tempêtes est analysée depuis le début de l'Holocène, via l'enregistrement géologique et les archives historiques écrites. La fréquence des tempêtes augmente en apparence depuis le début de l'Holocène, mais cette augmentation est exagérée par l'action couplée des tempêtes, de la subsidence et de la possibilité de préservation des dépôts. Le forçage climatique des tempêtes est analysé pour l'Holocène en relation avec l'oscillation Multidécadale Atlantique (AMO ; 60 ans ; contenu thermique de l'océan) et l'Oscillation Nord-Atlantique (NAO, température atmosphérique de l'Atlantique nord). Deux périodes de très fortes tempêtes ont été reconnues :

- 1° la période 800-1100 AD, caractérisées par un océan chaud et une NAO instable, siège des tempêtes les plus morphogéniques et dévastatrices de la fin de l'Holocène à l'échelle régionale ;
- 2° la période froide du Petit Age Glaciaire, associé à un climat froid (NAO négative dominante), une aggradation sédimentaire importante à la côte, entrecoupé par des événements chauds brefs, générateurs de tempêtes majeurs, enregistrées dans les archives historiques.

Actuellement l'océan est au maximum de stockage thermique et la NAO décadale est devenue à dominance négative. Les conditions sont donc propices au développement de « sting storms », dans un contexte de niveau marin relevé.

Étude des tempêtes menaçant le littoral breton



D. Goutx¹, G. Jan² C. Daubord², A. Roche, A. Souquière³

La plupart des études d'aléa de submersion marine s'attachent à définir des valeurs extrêmes pour les niveaux marins et les houles et à combiner ces valeurs afin de produire un aléa de référence à la côte. Pourtant, ces phénomènes résultent souvent d'un même événement météorologique générateur, les tempêtes. La Direction Interrégionale Ouest de Météo-France, le Cetmef et le SHOM ont uni leurs efforts pour étudier les tempêtes menaçant le littoral breton et tenter de déterminer des événements extrêmes de référence, dont on pourrait ensuite déduire les paramètres hydrodynamiques correspondants pour l'étude des risques de submersion marine.

La méthode employée mêle analyse de données d'archives numériques ou manuscrites relatives aux tempêtes historiques et réanalyses numériques (ERA-Intérim), afin de documenter au maximum chaque tempête comme on le ferait d'un cyclone, en caractérisant notamment la trajectoire de son centre dépressionnaire. Il est alors possible de dresser une typologie de ces tempêtes et d'identifier, au sein de chaque famille, la ou les tempêtes les plus représentatives, ainsi que le rapport d'intensité entre les membres fréquents et les membres les plus rares. Les modèles ALADIN (voire AROME) sont alors utilisés pour reconstituer le plus finement possible les tempêtes historiques les plus représentatives. Puis, la Préviation d'Ensemble du modèle ARPEGE (PEARP) et le jeu sur les paramètres des modèles de Météo France permettent de simuler, à partir de ces tempêtes historiques, des tempêtes fictives extrêmes plausibles concomitantes avec des conditions défavorables de marée.

Cette méthode, qui permet d'étudier des événements extrêmes plausibles que l'histoire ne nous a pas encore dévoilés, pose toutefois le problème de la probabilité des aléas ainsi calculés. Elle est néanmoins innovante et pertinente dans l'appréhension des événements extrêmes permettant de mettre fictivement à l'épreuve les stratégies d'adaptation de nos territoires littoraux, comme cela est notamment demandé dans le cadre de l'application de la Directive européenne « Inondation » pour l'événement extrême, ou encore pour faire évoluer les « stress-tests » imaginés pour les enjeux les plus critiques.

¹Météo-France

²SHOM

³Cetmef

The prevention of coastal facilities failure due to extreme storm surges: a comparative study of frequency analysis approaches



Y. Hamdi¹, C.-M. Duluc¹, L. Bardet¹, V. Rebour¹

Key words: Extreme storm surges, Frequency analysis, Annual Maxima, Peaks-over-threshold, r-Largest Order Statistics, Historical Information, outlier.

Nuclear power plants located in the French Atlantic coast are protected against extreme environmental conditions. The French authorities remain cautious by adopting a strict policy of nuclear plants flood prevention. In the Institute for Radioprotection and Nuclear Safety (IRSN), we believe that the prevention of storm surge flood risks is critical for protection of existent nuclear energy plants. In France, coastal nuclear facilities were designed to very low probabilities of failure (1000-years return surge). Nevertheless, exceptional climatic events (Martin, 1999; Claus, 2009 and Xynthia, 2010), have given rise to surges much larger than available observations (outliers) and had clearly illustrated the potential for flooding to undermine the implemented protection procedures. The effective protection requires the exploration of several statistical analysis approaches having a solid theoretical motivation. The objective of the present work is to conduct a comparative study of four frequency analysis approaches including the Annual Maxima (AM), the Peak-Over Threshold (POT), r-Largest Order Statistics (r-LOS), and the Historical Information (HI). This study allowed us to identify, for each site, the more reliable and adapted method that provides more effective and efficient estimates of the risk associated with extreme storm surge events. The present work contributes to addressing the problem of the presence of outliers in data sets. It is found that the estimates provided by the HI approach have better accuracy than those obtained with the other frequency analysis methods. Indeed, the preliminary results indicate that the use of historical information increases the representativity of an outlier in the systematic data. Findings are of practical relevance not only for existing nuclear facilities protection (and for applications in storm surge risk analysis and flood management) in France, but also for the optimal planning and design of new facilities to withstand extreme environmental conditions, that will occur during its lifetime, with an appropriate level of risk.

¹Institut de Radioprotection et de Sûreté Nucléaire – BP 17 92262 Fontenay-aux-Roses Cedex
yasser.hamdi@irsn.fr.

Statistiques de niveaux marins extrêmes sur les côtes de la Manche et de l'Atlantique : les produits et les perspectives



N. Weber¹, C. Daubord¹, C. Perherin², X. Kergadallan²

La connaissance des niveaux marins extrêmes est essentielle dans le cadre de la sécurité de la navigation et des politiques publiques, en matière de prévention des risques ou d'aménagement du littoral (dimensionnement des ouvrages et évaluation des risques de submersion).

Deux approches permettent d'apprécier les niveaux marins extrêmes à la côte : une approche empirique « historique » de recensement des niveaux atteints dans le passé, basée sur les archives marégraphiques du SHOM ou sur des observations de terrain ; ou une approche théorique déduisant les niveaux extrêmes d'une analyse statistique de mesures marégraphiques. Sur ce second aspect, des études ont été menées et publiées conjointement par le SHOM et le CETMEF depuis 1994 (1994, 2008, et 2012). L'étude des niveaux marins extrêmes de pleine mer y est réalisée par analyse statistique des mesures marégraphiques en plusieurs sites (dits « principaux » pour des points disposant de plus de 10 ans de mesure et dits « secondaires » pour des points disposant de moins de 10 ans de mesure), puis par interpolation géographique entre ces points, permettant ainsi la production de cartes de niveaux marins de période de retour donnée (10, 20, 50 et 100 ans).

La dernière édition du produit, en 2012, a bénéficié de périodes d'observation étendues, requalifiées et de l'apport de nouveaux points de mesure du réseau de marégraphes du SHOM. Celle-ci a également été enrichie des calculs des niveaux marins extrêmes de basse mer. Les résultats sont présentés sous la forme d'un ouvrage PDF et de fichiers géoréférencés exploitables par les Systèmes d'Information Géographique (SIG).

La réactualisation et le suivi de ces produits s'accompagnent nécessairement par des évolutions dans les jeux de données exploités, et par une amélioration de la méthodologie. Suite à des différences importantes, de l'ordre de plusieurs dizaines de centimètres, entre les niveaux marins centennaux de pleine mer des études de 2008 et de 2012 constatées à distance des points de mesure, une note méthodologique d'accompagnement du produit 2012 est diffusée depuis janvier 2013 et propose en complément, une carte des niveaux marins centennaux maximum (entre les résultats 2008 et 2012) sur les côtes de France à destination des utilisateurs.

Parmi les perspectives d'étude et d'amélioration en cours, la production d'une cartographie continue et de précision qualifiée des niveaux extrêmes le long du littoral et en proche côtier est un enjeu majeur. La consolidation de points méthodologiques ciblés (recours aux points secondaires et choix des méthodes d'interpolation) pourra permettre de fournir une estimation des incertitudes associées à la cartographie résultante et de mieux définir le domaine de validité de la méthode employée jusqu'alors. Par ailleurs, l'intégration d'une composante liée au déferlement des vagues (wave setup) dans le calcul des niveaux marins extrêmes fait l'objet de travaux de recherche en cours (DGPR/CETMEF/SHOM/EDF-LNHE). Ces travaux pourront apporter des éléments cadrant l'évolution du produit vers un produit cartographique opérationnel de niveaux marins prenant en compte le déferlement des vagues.

¹SHOM – département hydrodynamique côtière, nicolas.weber@shom.fr
et camille.daubord@shom.fr

²CETMEF, celine.perherin@developpement-durable.gouv.fr
et xavier.kergadallan@developpement-durable.gouv.fr

SESSION 7 :
SURCOTES
ET NIVEAUX EXTRÊMES (2/2)



Modélisation des surcotes sur les côtes françaises, Manche et Atlantique



D. Idier¹, H. Muller¹, L. Pineau-Guillou², F. Dumas², L. R. Pedreros¹, F. Lecornu²

Mots clés : surcotes, modélisation, Manche-Gascogne

Les risques de submersion marines sont directement liés aux variations du niveau d'eau et en particulier aux surcotes marines. Aujourd'hui, des systèmes de prévisions opérationnels, ou de démonstration, existent, aussi bien au niveau national (Météo-France, PREVIMER) que dans d'autres pays européens (nivmar, cosmos, ...). Ceci étant, la plupart d'entre eux sous-estiment les pics de surcotes (exemple : tempête Xynthia). Parallèlement, ces dernières années ont vu des avancées scientifiques conséquentes dans le domaine de la modélisation incluant l'amélioration des modèles météorologiques en particulier pour les phénomènes locaux, complexes et potentiellement dangereux (orages, brises de mer), l'amélioration de la paramétrisation de l'action du vent et des vagues sur les niveaux d'eau et une meilleure description des phénomènes hydrodynamiques littoraux, incluant les phénomènes de wave set-up.

Dans ce cadre, des travaux visant à mieux comprendre la dynamique des surcotes et à améliorer leur modélisation le long des côtes métropolitaines, aussi bien à l'échelle pluriannuelle qu'événementielle, ont été entrepris. La présente contribution porte sur : (1) la sensibilité du modèle de surcotes aux paramétrisations des coefficients de trainée en surface et à la qualité des données météorologiques, (2) les interactions entre marée et surcotes, (3) la contribution du wave set-up (induit par le déferlement des vagues) dans le signal de surcotes.

Les travaux de modélisation ont été réalisés à l'aide du code MARS (utilisé en approximation 2DH), avec une résolution spatiale de 2 km. La configuration de référence utilise en entrée les données météorologiques ARPEGE 6H et un coefficient de trainée constant. Les données REFMAR ont été utilisées d'une part pour analyser la dépendance marée-surcotes, et d'autre part pour estimer les améliorations de la modélisation des surcotes.

Les principaux résultats obtenus sont : (1) la paramétrisation du coefficient de trainée basée sur une formulation de Charnock (1955) prenant en compte l'action des vagues combinée à l'utilisation des données ARPEGE 3H permet d'améliorer significativement les surcotes modélisées (écarts entre modèle et observation réduits de moitié pour les surcotes de période de retour 1 an par exemple) ; (2) les interactions marée-surcotes sont significatives en Manche (Idier et al., 2012) ; (3) sur le site d'étude du wave set-up (Truc Vert, côte Aquitaine), celui-ci contribue pour moitié à la surcote totale.

Les améliorations sur la modélisation des surcotes ont été intégrées dans la nouvelle version du système PREVIMER qui couvre aujourd'hui tout le littoral Manche Atlantique à une résolution de 250 m (www.previmer.org).

¹BRGM, 3 av. C. Guillemin, 45060 Orléans Cédex 2, France, contact : d.idier@brgm.fr

²Ifremer, Technopôle Brest Iroise, 29820 Plouzané, France, contact : info@previmer.org

Remerciements : Ce travail a été financé par l'Ifremer et le BRGM. Il a été conduit dans le cadre du projet CPER Bretagne PREVIMER phase II coordonné par l'Ifremer et le SHOM. J. Thiébot (univ. Cherbourg), M. Yates-Michelin (Labo. Saint-Venant) et Y. Krien (univ Antilles-Guyane) sont remerciés pour leur contribution technique dans le cadre de leurs travaux réalisés au BRGM. D. Paradis et P. Ohl de Météo-France sont également remerciés.

Références

Charnock, H. (1955) Wind stress on a water surface. *Quart. J. Roy. Meteor. Soc.*, 81, 639-640.
Idier D., Dumas F. and Muller H. (2012) Tide-surge interaction in the English Channel, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 12, 3709-3718.
Makin, V. K. (2005) A note on the drag of the sea surface at hurricane winds. *Boundary-Layer Meteorol.*, 115, 169-176.



Journées REFMAR 2013

Le cycle saisonnier du niveau de la mer dans l'Atlantique NE : origines et conséquences



X. Bertin, M. Payo Payo, A. Fortunato

Dans l'Atlantique Nord-Est, le niveau moyen de la mer présente un cycle saisonnier dont l'amplitude varie de quelques cm à localement 15 cm. Ce cycle saisonnier est en général pris en compte au travers de deux constituants Sa et SSa (e.g. Marcos et Tsimplis, 2007), bien qu'il soit en général trop irrégulier pour être représenté correctement par la simple somme de deux sinusoides. De plus, l'origine de ce cycle n'a pas été clairement élucidée. Notre étude se base sur l'analyse de séries temporelles de hauteurs d'eau issues de plusieurs marégraphes situés dans l'Atlantique NE et des résultats de simulations numériques réalisées avec le modèle régional de surcote développé par Bertin *et al.* (2012) sur la période 2000-2010. L'analyse des résultats montre que le cycle semi-annuel a une origine atmosphérique alors que le cycle annuel résulte de la superposition d'effets stériques et d'effets atmosphériques. Au sud de la zone d'étude, le cycle est dominé par les effets stériques alors qu'au nord, il est dominé par les effets atmosphériques. Nous concluons notre étude en montrant que ce cycle saisonnier a des implications sur la période de retour des niveaux extrêmes ou encore sur la dynamique sédimentaire des estuaires peu profonds.

Références

Bertin, X., Bruneau, N., Breilh, J.F., Fortunato, A.B. and Karpytchev, M., 2012. Importance of wave age and resonance in storm surges: the case Xynthia, Bay of Biscay. *Ocean Modelling* 42 (4), 16-30.
Marcos M. et Tsimplis M.N., 2007. Variations of the seasonal sea level cycle in southern Europe. *Journal of Geophysical Research*, 112, C12011.

Modélisation et décomposition de la surcote marine engendrée par un cyclone en milieu lagonaire : cas du cyclone OLI sur l'île de Tubuai (Polynésie Française)



S. Lecacheux¹, R. Pedreros¹, F. Paris¹, Y. Krien¹

Dans le cadre du projet ARAI3 (2010-2012), le BRGM a mené une étude sur le risque de submersion marine lié aux cyclones en Polynésie Française. A cette fin, des modélisations des niveaux d'eau en contexte cyclonique ont été réalisées à l'extérieur et à l'intérieur des lagons des îles hautes de Tahiti, Moorea et Tubuai.

Le cyclone Oli, qui a traversé la Polynésie Française en février 2010, est passé à quelques kilomètres à l'est de l'île de Tubuai (archipel des Australes). Une surcote de l'ordre de 1.5 m a alors été enregistrée par le marégraphe situé à l'intérieur du lagon. Afin d'estimer les contributions respectives des vagues et de la surcote atmosphérique, une chaîne de modélisation a été mise en place comprenant :

- la reconstitution des champs de vent et de pression à l'aide d'un modèle paramétrique ;
- deux emboîtements du modèle Mars 2DH jusqu'à une résolution de 500 m dans le lagon permettant de simuler les variations du niveau d'eau liées à la marée, au vent et à la pression ;
- trois emboîtements pour la modélisation des vagues en haute mer (Wavewatch3) et en zone côtière (SWAN) jusqu'à résolution de 50 m dans le lagon permettant également de simuler le wave set-up.

La comparaison des résultats avec les enregistrements montre une bonne correspondance. La composante majoritaire de la surcote dans le lagon est générée par le déferlement des vagues sur le récif barrière. Au moment du pic de surcote, la contribution de la surcote atmosphérique est deux fois moins importante que celle de la surcote liée aux vagues. Notons également que la surcote atmosphérique calculée est due essentiellement au phénomène de baromètre inverse (car absence de plateau continental) et que la composante liée au vent est négligeable à l'extérieur comme à l'intérieur du lagon.

¹BRGM, Service RIS, 3, av. Claude Guillemin, 45060 Orléans Cedex 2, France.

Simulations rétrospectives (1979-2009) des surcotes-décotes dans le Golfe Gascogne



F. Paris¹, T. Bulteau¹, R. Pedreros¹, C. Oliveros¹, J. Mugica²

Des observations de niveaux d'eau sont réalisées dans une vingtaine de marégraphes situés dans les principaux ports Français de la façade Atlantique et Manche (réseau RONIM). Ces chroniques participent à la connaissance des niveaux extrêmes pour les études portant sur les risques littoraux (*Statistiques des niveaux marins extrêmes des côtes de France (Manche et Atlantique)*, SHOM/CETMEF. Ed. 2012). Cependant ces données de référence présentent certaines limites dans leur utilisation :

- le nombre de marégraphe est insuffisant pour décrire avec précision la complexité de la répartition des niveaux marins ;
- compte tenu de leur localisation portuaire, les mesures peuvent être affectées par des effets de site (setup, seiches, etc.) ;
- la durée des observations est variable ;
- des lacunes existent dans la donnée (panne, maintenance) et sont d'autant plus dommageables lorsqu'elles interviennent lors d'événements de tempête (e.g. la tempête *Martin* du 26 décembre 1999 n'a pas été enregistrée au marégraphe de La Rochelle - La Pallice).

Pour pallier ce manque de données tant sur le plan spatial que temporel, une simulation rétrospective des niveaux d'eau (intégrant la marée et la surcote atmosphérique) le long des côtes du Golfe de Gascogne et de la Manche a été générée sur la période 1979-2009. Un modèle hydrodynamique de surcotes-décotes utilisant le code MARS-2DH (Ifremer, Lazure et Dumas, 2007) a été implémenté sur deux grilles de calcul emboîtées depuis le Golfe de Gascogne et la Manche (résolution ~2 km) jusqu' à une emprise régionale le long de la côte Aquitaine (résolution ~500 m). Les conditions marégraphiques aux limites ouvertes ont été imposées à l'aide de la solution FES2004 (LEGOS, Lyard, 2006). Les forçages météorologiques proviennent des champs de vent et de pression des données CFSR de NCEP (Saha *et al.*, 2010) qui est la référence internationale actuelle en termes de durée (31 ans de 1979 à 2009), précision et résolution temporelle (horaire) et spatiale (~0.5°). Le niveau total est reconstitué à partir de la surcote-décote modélisée et de la marée recomposée (à l'aide des composantes harmoniques de la base de données cstFRANCE (SHOM, Le Roy & Simon, 2003)).

La comparaison des résultats avec les observations a montré une bonne reproduction des niveaux à la côte. Une validation spécifique des surcotes de pleine-mer permet d'évaluer la qualité du jeu de données pour son utilisation dans des projets de gestion des risques côtiers et de calcul probabiliste des niveaux extrêmes.

¹BRGM, DRP (Direction Risques et Prévention), R3C (Risques Côtiers et Changement Climatique),
3 av. Claude Guillemin, 45060 Orléans Cedex 2, France

²BRGM, Direction Régional Aquitaine - Equipe Littoral, 24 av. Léonard de Vinci,
33600 Pessac, France

SESSION 8 :
GÉODÉSIE -
RÉFÉRENTIEL CARTOGRAPHIQUE



Le réseau de nivellement scientifique français – comparaison à des données marégraphiques



M. Margollé¹, P. Rebischung¹ et H. Duquenne¹

Le système de référence vertical officiel français, IGN69, est basé sur des observations de nivellement et de gravimétrie faites dans les années 60. Son réseau dit « de premier ordre » constitue la participation de la France au Réseau Européen Unifié de Nivellement (Unified European Levelling Network, UELN).

Cependant, cet ensemble de données s'est révélé être d'une précision inférieure à celle de ses équivalents européens, avec un écart-type presque deux fois supérieur à l'écart-type de l'ensemble du réseau. De plus, un important biais Nord-Sud a été détecté dès 1970 par comparaison avec des données marégraphiques, confirmé plus tard par la réalisation en 1983 d'une traverse de nivellement ultra-précis de Marseille à Dunkerque.

C'est l'une des raisons pour laquelle l'IGN a entrepris en 1996 la constitution d'un nouveau réseau de nivellement de haute précision appelé NIREF (contraction de « nivellement de référence ») prenant comme point de départ la traverse mesurée en 1983. Sa réalisation s'appuie sur une technique appelée « nivellement motorisée » et des spécifications très rigoureuses.

À la date de 2013, ce réseau a atteint la longueur cumulée de 5 217 km, rejoint les frontières de Grande-Bretagne, Allemagne, Suisse, Italie et Espagne, et est connecté à 9 marégraphes. Ceci a permis le calcul de niveaux moyens des mers (Mean Sea Level, MSL) dans le nouveau système de référence vertical NIREF, apportant, avec l'étude des différences avec les précédentes hauteurs IGN69, des enseignements précieux.

¹Institut national de l'information géographique et forestière (IGN),
73 avenue de Paris, 94165 Saint-Mandé Cédex

Les références verticales maritimes : projet BATHYELLI



Y.-M. Tanguy¹

Mots clés : références verticales maritimes, modèle surfacique, levé bathymétrique référencé à l'ellipsoïde

Différents niveaux de mer peuvent être employés comme référence verticale maritime : pour chaque zone de marée, le SHOM a ainsi défini un « Zéro Hydrographique ». La généralisation des systèmes de positionnement par satellites (GNSS) a introduit une nouvelle référence verticale présentant de nombreux avantages : l'**ellipsoïde**.

Suivant les recommandations de l'Organisation Hydrographique Internationale (OHI), le SHOM a généré des surfaces de référence cotées à l'ellipsoïde au travers du **projet BATHYELLI**. Une fusion de données multisources (altimétrie spatiale, levé GPS, marégraphe) a permis d'aboutir à cette modélisation surfacique, ouvrant la voie à une nouvelle technique : le levé bathymétrique référencé à l'ellipsoïde.

L'intervention du SHOM aux journées REFMAR sera centrée sur :

- la présentation des références verticales maritimes usuelles,
- la création des surfaces de référence BATHYELLI et leur mise en production,
- des exemples d'application.

Litto3D[®], un socle géographique commun pour le littoral



F. Rouviere¹, A. Godet¹, Y.-M. Tanguy²

Mots clés : laser topo-bathymétrique aéroporté, référentiel géographique du littoral, continuité terre-mer.

La méconnaissance de la zone littorale a été mise en évidence à de nombreuses reprises, souvent dans des conditions catastrophiques. Les naufrages de l'Erika et du Prestige en sont des exemples dramatiquement frappants et ont été des éléments déclencheurs pour la mise en place du **programme national Litto3D[®]**. Le CIMER (comité interministériel de la mer) du 08 décembre 2009 a confirmé le caractère indispensable de l'établissement d'un **référentiel continu et précis** du littoral métropolitain et ultra-marin (Guadeloupe, Martinique, La Réunion, Guyane, Mayotte et Saint-Pierre et Miquelon) pour **l'aménagement du territoire, le développement de projets et la prévention des risques**.

Coproduit par l'IGN (institut national de l'information géographique et forestière) et le SHOM (service hydrographique et océanographique de la marine), Litto3D[®] constitue la composante géométrique du **référentiel géographique du littoral (RGL)**, et utilise les données haute résolution des lasers topographiques et bathymétriques aéroportés les plus avancés.

L'intervention de l'IGN et du SHOM aux journées REFMAR sera centrée sur :

- une présentation générale du programme,
- le « produit Litto3D[®] » : ses caractéristiques, la disponibilité des différentes zones, les critères de diffusion,
- des exemples simples d'application.

¹ IGN, 73 avenue de Paris, 94160 Saint-Mandé

² SHOM, 13 rue du Chatellier, 29200 Brest

Imprimé par le Service hydrographique
et océanographique de la marine
Dépôt légal : juin 2013
N° éditeur : 2866

Service hydrographique et océanographique de la marine



REFMAR

téléphone (+33) 2 98 22 17 42
télécopie (+33) 2 98 22 08 99
mél. : refmar@shom.fr

Adresse postale civile

13, rue du Chatellier
CS 92803
29228 BREST CEDEX 2 - France

Accueil téléphonique

Pour tous renseignements : (+33) 2 98 22 17 47

Internet

refmar.shom.fr
www.shom.fr

Certifié « ISO 9001 » pour l'ensemble de ses activités

REFMAR
sous pilotage du
Secrétariat général de la mer



reçoit le soutien
de plusieurs ministères



Avec le concours de



Alliance nationale de recherche
pour l'environnement