

1.3. SYSTEMES D'OBSERVATIONS MAREGRAPHIQUES

1. Introduction

L'année 2010 a été marquée par la tempête Xynthia, le 28 février 2010, qui a frappé le littoral Atlantique (Pineau-Guillou, 2010) et rappelé la pertinence des systèmes d'observations marégraphiques comme une composante de la future vigilance météorologique vis-à-vis des risques de submersion marines. Les besoins en marégraphes contribuant à ces systèmes opérationnels et à l'évaluation de l'aléa ont ainsi été réaffirmés et devraient nécessairement être consolidés dans les années à venir.

Cette année a aussi permis la signature en avril d'une Instruction du Premier ministre relative à l'observation du niveau de la mer et à la gestion et la diffusion des données en résultant (SGMer, 2010). Le rôle de référent s'inscrit dans le cadre de la mise en place de référents nationaux présentés dans le Livre Bleu adopté par le Premier Ministre en décembre 2009. Cette instruction désigne le SHOM comme référent pour ce thème particulier et définit ses attributions.

Outre cette instruction, de nouveaux projets relatifs aux systèmes d'observations marégraphiques ont été préparés en 2010. Ces projets doivent chacun permettre aux systèmes marégraphiques de mieux répondre aux besoins spécifiques d'une ou plusieurs des applications de la mesure du niveau de la mer, que ce soit pour la recherche ou l'opérationnel :

- Un projet de Système d'Observation et d'Expérimentation, sur le long terme, pour la recherche en environnement (SOERE) dénommé Système d'Observation des variations du Niveau de la mEr à Long terme (SONEL) a été soumis le 1^{er} février 2010 à [l'Alliance pour l'Environnement du MESR](#) (AllEnvi) Le projet est porté par le LEGOS et proposé avec le SHOM et l'Université de La Rochelle et visait à labelliser une structure permettant de produire les séries de niveaux moyens et solutions GPS nécessaires aux études sur l'évolution du niveau de la mer. Cette synergie devait bénéficier à la recherche marégraphique ainsi qu'aux thématiques utilisant ce type de mesures. Ce projet n'a pas été labellisé en 2010 et sera représenté en 2011.

- Le second est le projet Interreg IV Caraïbes de mise en place de la partie montante de l'alerte aux tsunamis dans l'arc Antillais baptisé TSUAREG et qui comprendra en 2011 et 2012 des travaux d'installations et de modernisations de marégraphes aux Antilles. Le volet marégraphique dans les Caraïbes est opéré par l'IPGP, le SHOM et le Conseil Général de Martinique.

La création d'un Centre Régional d'Alerte aux Tsunamis en Atlantique Nord-Est et Méditerranée (CRATANEM) qui associe le CNRS et le SHOM au CEA s'est poursuivie en 2010 (Crochet, 2010). Ce projet a permis au cours de cette année l'ajout d'une capacité temps réel Internet à 13 marégraphes de métropole et de 5 transmissions satellites avec une cadence d'acquisition à plus haute fréquence (1 minute) et l'installation de deux nouveaux marégraphes en Méditerranée à Solenzara et Centuri (Corse). Ce projet inscrit la marégraphie dans un contexte opérationnel et crée un réseau intrinsèquement multirisque disponible en particulier pour la prévention des ondes de tempête.

Cette prévention des ondes de tempêtes est actuellement mise en place par Météo France dans le cadre de la vigilance météorologique (Chassagneux, 2010). Les systèmes d'observation marégraphiques temps réel opérés par le SHOM apporteront leur contribution à cette vigilance, suite à une convention signée en juillet 2010.

Le risque tsunami existe dans l'ensemble des bassins océaniques (Schindelé, 2010) et la constitution de systèmes d'alerte aux tsunamis sous l'égide de la Commission Océanographique Intergouvernementale apparaît toujours comme un moteur de développement de l'ensemble des réseaux marégraphiques, multipliant à la fois les acteurs et les installations d'observatoires permanents.

Les développements ont ainsi été poursuivis en 2010 en Polynésie Française (UPF, SHOM, CEA) et dans l'Océan Indien (SHOM, LEGOS). Enfin, la constitution d'un nouveau réseau est attendue en 2011 en Nouvelle Calédonie, à Wallis et Futuna, où de nouveaux marégraphes doivent être implantés suite aux travaux de l'année 2010.

2. Développement des réseaux de marégraphes français

2.1. Extension et modernisation du réseau RONIM

Au 1^{er} janvier 2011, le réseau RONIM (SHOM) est constitué de 36 marégraphes (dont 6 dans les territoires d'outre-mer, un en Principauté de Monaco et un dans le port de Toamasina (Madagascar). Huit marégraphes sont co-localisés avec un GPS permanent (Saint-Malo, Roscoff, Brest, La Rochelle, Saint-Jean-de-Luz, Sète, Marseille, Ajaccio) et 28 marégraphes transmettent leurs données en temps réel (Calais, Boulogne, Dieppe, Le Havre, Cherbourg, Saint-Malo, Roscoff, Le Conquet, Brest, Concarneau, Le Crouesty, Saint Nazaire, Sables d'Olonne, La Rochelle, Port Bloc, Arcachon, Fos-sur-Mer, Marseille, Toulon, Nice, Monaco, Ajaccio, Solenzara, Centuri, Pointe des Galets, Dzaoudzi, Toamasina, Nouméa-Numbo). Un seul marégraphe acoustique est encore opéré à Monaco dans le port Hercule, il fonctionnera en 2011 simultanément avec la nouvelle installation réalisée fin 2010 dans le port de Fontvieille en collaboration avec la Direction de l'Environnement de la Principauté. L'ensemble du réseau est ainsi homogène et constitué de télémètres radar et de centrales d'acquisition de nouvelle génération. Par ailleurs un nouveau télémètre radar du constructeur Khrono (modèle Optiwave 7300C) est testé à l'air libre sur le site de Brest et a depuis été déployé dans cette configuration à Calais, Boulogne-sur-Mer, Centuri et Solenzara. Les autres développements instrumentaux ont concerné la poursuite de l'intégration aux centrales d'acquisition des moyens de transmission satellite via les satellites météorologiques.

L'année 2010 a été marquée par le déploiement du réseau dans de nouveaux ports, avec l'équipement des observatoires de marée :

- de Toamasina (Madagascar) en partenariat avec l'ISDR et la direction de la météorologie de Madagascar dans le cadre de la contribution française au SATOI sous l'égide de la COI ;
- de Fos-sur-Mer en partenariat avec le Grand Port Maritime de Marseille ;
- de Centuri et de Solenzara en Corse dans le cadre du projet CRATANEM.

Enfin des équipements de dernière génération (centrale et capteur) ont été déployés et ont conduit à la modernisation des deux derniers sites équipés de centrales d'acquisition MORS HT200 à Port Bloc en octobre et Monaco en novembre.

Des tests de Van de Casteele ont été réalisés (Toamasina,).

Un GPS permanent a été installé à Saint-Malo (Tiphaneau & Breilh, 2010). L'installation d'un marégraphe à l'île d'Aix a été préparée et sera réalisée en 2011 (Gouriou & Tiphaneau, 2010).

Enfin le réseau RONIM en métropole a poursuivi sa contribution aux initiatives et programmes internationaux notamment au niveau européen. Il participe de manière notable à la mise à disposition de données temps réel sur le portail Internet mis en place par la COI (<http://www.ioc-sealevelmonitoring.org/>). Les marégraphes RONIM participent de plus au développement de l'océanographie côtière opérationnelle et contribuent en particulier par leur production de données temps réel aux composantes NOOS (North west european shelf Operational Oceanographic System) et IBI-ROOS (Ireland-Biscay-Iberia Regional Operational Oceanographic System) du programme EuroGOOS (European Global Ocean Observing System). Enfin il convient de mentionner la production de données au profit du système d'alerte aux tsunamis dans l'Océan Indien (SATOI) depuis 2007 et du Système d'Alerte aux Tsunamis en Atlantique Nord-Est et Méditerranée (SATANEM) depuis 2009.

2.2. Modernisation du réseau ROSAME

Le réseau ROSAME (LEGOS) est constitué de 4 stations marégraphiques côtières établies dans les Terres Australes et Antarctiques Françaises. Ces quatre stations font partie du réseau mondial de surveillance du niveau de la mer GLOSS. Hormis la station de Dumont d'Urville située sur le continent Antarctique, les observatoires se trouvent sur des îles localisées dans la partie subantarctique de l'Océan Indien. Les stations de Kerguelen et Dumont d'Urville sont co-localisées avec des GPS permanents tandis que les îles de Saint Paul et de Crozet font l'objet de campagnes GPS régulières depuis 2003. Les 3 observatoires subantarctiques sont équipés de stations bi capteurs (comprenant un radar et un capteur de pression). Les données sont transmises en temps réel par ARGOS et archivées au centre GLOSS sur une base mensuelle. Les données temps réel sont visibles et accessibles sur les pages web du réseau ROSAME (www.legos.obs-mip.fr/observations/rosame/).

Dans le but de compléter le réseau de marégraphes dédié à la validation des mesures altimétriques, à l'étude du niveau de la mer (GLOSS) ou du SATOI, une étude préliminaire d'installation d'observatoires a été effectuée aux îles Eparses et en Antarctique. Des mesures marégraphiques ont ainsi été réalisées sur les îles Eparses de Juan de Nova et Europa, dans le canal du Mozambique. Seule l'île d'Europa semble disposer des critères nécessaires à l'implantation d'un marégraphe permanent. Le site de Commonwealth Bay (Cap Denison, Antarctique) est quant à lui en cours d'installation. Ce site sera intégré au réseau ROSAME ainsi qu'au réseau mondial GLOSS.

Une étude est en cours sur l'estimation de la précision et de la stabilité des systèmes radars. La mise en place d'un suivi continu de la stabilité de la référence des marégraphes de Kerguelen à été mis en place et est accessible sur le site web de ROSAME. Un travail de recherche historique nous a permis d'estimer la tendance du niveau de la mer sur les 135 dernières années sur l'île de Saint-Paul (Testut et al., 2010).

2.3. Réseau de marégraphes dans les Caraïbes

Le besoin de contribution de marégraphes français au système d'alerte aux tsunamis a conduit l'IPGP à initier en 2009 l'installation de nouveaux marégraphes à Deshaies et La Désirade en Guadeloupe. Le SHOM a appuyé l'IPGP en présentant les matériels utilisés pour RONIM et où le capteur radar Khrono Optiflex a été retenu.

Le marégraphe de La Désirade a été installé par l'IPGP le 26 juin 2010, il est équipé d'un télémètre Khrone Optiflex 1300C et vient densifier le réseau déjà constitué des 3 marégraphes du réseau RONIM du SHOM et du marégraphe du Prêcheur, opéré par le Conseil Général de Martinique.

L'ajout d'un GPS à Fort de France dans le cadre du GRGS sera réalisé par l'ULR en 2011.

2.4. Réseau de marégraphes en Polynésie française

Le réseau de marégraphes en Polynésie française est désormais constitué de 7 marégraphes suite à l'installation début mai 2010 d'un marégraphe à Huahine (Iles sous le vent) (Tanguy, 2010). Cette nouvelle installation poursuit la collaboration entre le CEA/LDG, la Protection Civile, le SHOM et l'UPF, qui avait conduit en 2008 et 2009 à installer un marégraphe à Tubuaï aux Iles Australes et à Rangiroa aux Tuamotu.

La station de Huahine comporte un capteur de pression seul et est plus particulièrement dédiée à la détection des tsunamis, alors que les installations de Tubuaï et Rangiroa sont équipées de radar, capteur de pression et d'un GPS permanent co-localisé avec le marégraphe, participant ainsi à la fois au réseau d'alerte aux tsunamis par la mise en place de moyens de transmission adaptés et à la surveillance à long terme du niveau de moyen de la mer.

Fin janvier 2010, un capteur de pression a été ajouté à Tubuaï, juste avant le passage du cyclone Oli le 5 février.

Un réseau régional se développe ainsi en Polynésie Française en synergie entre les organismes (Lannuzel, 2010), en complément des marégraphes déjà opérés par le CEA/LDG (Hiva Oa, Marquises) et l'UHSLC (Papeete, Tahiti - Nuku Hiva, Marquises et Rikitea, Gambier). Des tests de Van de Casteele ont été réalisés (Huahine, Papeete).

2.5. Réseau de marégraphes en Nouvelle Calédonie

Le développement des réseaux de marégraphes dans le Pacifique au profit des problématiques de sécurité civile est suivi par la Délégation Générale du Secrétariat d'Etat à l'Outre-mer. Les récents tsunamis générés suite aux séismes aux îles Salomon les 1^{er} avril 2007 et 6 janvier 2010 et aux Samoa le 30 septembre 2009 ont en particulier guidé à la définition et au lancement d'un projet de constitution d'un réseau de marégraphes d'alerte en Nouvelle-Calédonie, à Wallis et Futuna. Ce projet est aujourd'hui conduit par la Direction de la Sécurité Civile en partenariat avec le SHOM.

Huit nouveaux marégraphes seront installés à terme en complément du seul marégraphe RONIM existant à Nouméa. Les premières installations ont été préparées et seront réalisées à partir du début 2011 Hienghène, Ouinne, Mare et Futuna (Leava).

3. Participants au projet

Jean-Pierre BARRIOT, Professeur (Université de Polynésie française)

Ronan CREACH, Ingénieur (SHOM, Brest)

Thomas GOURIOU, Doctorant (Université La Rochelle)

Lucia PINEAU-GUILLOU, Ingénieur (SHOM, Brest)

Nicolas POUVREAU, Ingénieur (SHOM, Brest)

Yves-Marie TANGUY, Ingénieur (SHOM, Papeete)

Philippe TECHINE, Ingénieur (LEGOS)

Laurent TESTUT, Physicien adjoint (LEGOS)
Pascal TIPHANEAU, Technicien (Université La Rochelle)
Guy WOPPELMANN, Maître de conférences (Université de La Rochelle)

4. Références bibliographiques

- Calzas M., C. Drezen, A. Guillot, M. Mellet, L. Testut. Le service d'observation NIVMER. *AEI*, 23-24 June 2010, Brest.
- Chassagneux P. (2010). [Ajout d'un aléa « vagues et submersion » dans la procédure vigilance](#). Présentation à la [Journée Vigilance et Alerte - Risques tsunami et submersion marine, Paris, 1er juin 2010](#) organisé par l'Association Française pour la Prévention des Catastrophes Naturelles, <http://www.afpcn.org/100601VigilanceAlerte/index.htm>
- Coulomb A. (2010) : [A Marseille, l'IGN gère un observatoire marégraphique moderne, performant et évolutif](#). Poster présenté à la Journée *Evolutions et perspectives de la Géodésie*, IGN, Saint-Mandé, 14 octobre 2010.
- Crochet E. (2010). [Dispositif d'alerte au tsunami en Méditerranée \(de la détection à l'alerte des populations\)](#). Présentation à la [Journée Vigilance et Alerte - Risques tsunami et submersion marine, Paris, 1er juin 2010](#) organisé par l'Association Française pour la Prévention des Catastrophes Naturelles, <http://www.afpcn.org/100601VigilanceAlerte/index.htm>
- Gouriou T., P. Tiphaneau (2010) : [Campagne de nivellement et d'observations GPS au fort Enet \(Charente-Maritime\). Juillet-Août 2009](#). ULR, Equipe niveau marin, Rapport 002/09.
- Gouriou T., P. Tiphaneau (2010) : [Campagne de nivellement et d'observations GPS au fort Boyard \(Charente-Maritime\). Juillet-Août 2009](#). ULR, Equipe niveau marin, Rapport 003/09.
- Gouriou T., S. Le Pajolec, P. Tiphaneau, M. Gravelle (2010) : [Campagne de nivellement au Vieux Port de La Rochelle \(Charente-Maritime\). Juin 2010](#). ULR, Equipe niveau marin, Rapport 002/10.
- Lannuzel S., 2010, Réseau de marégraphes dans le Pacifique, Rapport d'étude SHOM N° 001/2010, http://www.shom.fr/fr_page/fr_prod_rapport/reseau_maregraphe.pdf
- Letretel C., M. Marcos, B. Martin Miguez and G. Woppelmann (2010). [Sea level extremes in Marseille \(NW Mediterranean\) during 1885-2008](#), Continental Shelf Research, Volume 30, Issue 12, 1 July 2010, Pages 1267-1274, ISSN 0278-4343, DOI : 10.1016/j.csr.2010.04.003.
- Pineau-Guillou L., Lathuilière C., Magne R., Louazel S., Corman D., Perherin C., (2010), [Caractérisation des niveaux marins extrêmes et modélisation des surcotes pendant la tempête Xynthia](#), Actes des XIèmes Journées Nationales Génie Côtier-Génie Civil.
- Poffa N., Kervella C., Croguennoc B., 2010, <http://agora.shom.fr/sgp/ShowPage?UseFM=yes&Template=../epshom/document/FrmDocument.htm&DBName=refdoc&docId=15044&role=&docIdentifiant=RAP2010-128&taskId=0>Rapport des installations, évolutions et étalonnages des marégraphes du réseau d'observation du niveau de la mer (RONIM) en 2010, RAP2010-012, 143pp.
- Pouvreau N. (2010). [Vers une coordination de l'observation du niveau de la mer en France](#), XIèmes Journées Nationales "Génie Civil - Génie Côtier", 22-24 juin 2010, Sables d'Olonne, pp. 539-548, DOI:10.5150/jngcgc.2010.063-P.
- Schindelé F. (2010). L'aléa et la prévention du risque tsunami en France métropolitaine et dans les départements et territoires français d'outre mer. Présentation à la [Journée Vigilance et Alerte - Risques tsunami et submersion marine, Paris, 1er juin 2010](#) organisé par l'Association Française pour la Prévention des Catastrophes Naturelles, <http://www.afpcn.org/100601VigilanceAlerte/index.htm>
- SGMer, 2010, Instruction permanente du Premier Ministre relative à l'observation du niveau de la mer et à la gestion et à la diffusion des données en résultant – http://www.circulaires.gouv.fr/pdf/2010/06/cir_31210.pdf
- Tanguy Y.M. (2010). Intégration d'une station de surveillance du niveau de la mer à Huahine, 28pp., Juin 2010, Rapport SHOM RAP2010-063
- Téchiné P., B. Buisson, L. Testut et T. Delcroix. Suivi de réseaux d'observation océanographique avec le langage Perl. *Conférence du monde de l'enseignement supérieur et de la recherche organisée par le Collectif Midi-Pyrénées des Informaticiens développeurs (COMPIL), 25 novembre 2010, Toulouse.*

- Testut L., M. Calzas, C. Drezen, A. Guillot, P. Bonnefond, O. Laurain and C. Gaillemin. Precision and accuracy of GPS buoys : an inter-comparison experiment. *OSTST Meeting, 18-21 Oct 2010, Lisbon*.
- Testut L., B. Martin-Miguez, C. Watson, G. Wöppelmann, R. Coleman, R. Creach, H. Broksma, R. Handsworth, N. Pouvreau, and B. Legrésy. Sea level trends in the Southern Ocean over the last century from historical data. *EGU Meeting, 3-7 May 2010, Vienna*.
- Testut, L., B. M. Miguez, G. Wöppelmann, P. Tiphaneau, N. Pouvreau, and M. Karpytche. Sea level at Saint Paul Island, southern Indian Ocean, from 1874 to the present. 2010. *J. Geophys. Res.*, *115*, C12028, doi:10.1029/2010JC006404
- Tiphaneau P. et J-F. Breilh (2010) : [Installation d'une station GPS permanente \(SMTG\) au marégraphe de Saint-Malo](#). ULR, Equipe niveau marin, Rapport 001/10.
- Woodworth P. L., N. Pouvreau, and G. Wöppelmann (2010). [The gyre-scale circulation of the North Atlantic and sea level at Brest](#). OS, 6, 185-190, doi:10.5194/os-6-185-2010, 2010.