



## **Vers une coordination de l'observation du niveau de la mer en France**

**Nicolas POUVREAU<sup>1</sup>**

1. Service hydrographique et océanographique de la marine (SHOM),  
13 rue du Chatellier, CS 92803, 29288 Brest cedex 2, France.  
*nicolas.pouvreau@shom.fr*

### **Résumé :**

Le livre bleu "stratégie nationale pour la mer et les océans" (CIMER, 2009) approuvé par le Premier Ministre en décembre 2009 annonce la création d'un réseau de référents nationaux en charge de la coordination du recueil des connaissances par les organismes publics et de leur mise à disposition. Dans ce cadre, une instruction sur la coordination de l'observation du niveau de la mer, prévue d'être confiée au Service hydrographique et océanographique de la marine, est actuellement préparée par le Secrétariat Général de la Mer. Cette fonction vise à coordonner les efforts des services nationaux en charge de l'acquisition de données du niveau de la mer, dans un contexte où l'accès à ces données vise à répondre à des enjeux nationaux et internationaux matérialisés par exemple par les programmes sur le suivi des évolutions du niveau des mers (Global Sea Level Observing System) ou l'émergence des systèmes opérationnels de prévention des risques par rapport aux submersions marines.

En effet, l'observation du niveau de la mer couvre un large spectre d'applications comme l'hydrographie, les études environnementales, la climatologie, les systèmes d'alerte aux ondes de tempête et aux tsunamis, ... . Chacune comprend des spécificités propres en terme de précision relative, absolue, temporelle, de mesures annexes, de caractère opérationnel ou non, de délai de transmission, de durée des séries temporelles nécessaires, d'applications commerciales ou non.

Les principales tâches associées à la coordination nationale de l'observation du niveau de la mer sont de : définir son fonctionnement en relation avec les organismes impliqués dans l'observation par des marégraphes ; rédiger les spécifications communes aux organismes sur l'observation, la transmission et la mise à disposition des données en garantissant le respect des recommandations internationales ; fédérer les initiatives et rationaliser les développements effectués par divers organismes ; jouer un rôle d'impulsion, de conseil et d'orientation technique auprès des divers organismes ; diffuser l'expertise sur les capteurs de mesures et suivre la veille technologique ; sensibiliser à la préservation des données historiques ou actuellement collectées ; participer à des études relatives à l'observation du niveau de la mer.

### **Mots-clés :**

Coordination nationale – Observation du niveau de la mer – Marégraphe – Tsunamis – Ondes de tempête – Hydrographie – Etudes environnementales – Climatologie

## **1. Introduction**

La connaissance du niveau de la mer, ainsi que l'analyse de ses évolutions, à différentes échelles de temps, répond à des besoins de surveillance nécessaires aux pouvoirs publics pour la prévention des risques, la protection des populations, la sécurité de la navigation, la planification stratégique des activités et l'aménagement durable des espaces littoraux. Les observations du niveau de la mer, pour être exploitables et utilisables par le plus grand nombre d'applications, doivent répondre aux critères définis par le programme de l'UNESCO Global Sea Level Observing System (GLOSS) dans lesquelles s'inscrit la France à travers, notamment, la mise en place d'une coordination. Cette coordination aura entre autre un rôle de conseil auprès des organismes partenaires afin de répondre au plus grand nombre des recommandations émises par GLOSS (utilisation de marégraphes numériques précis ayant une cadence d'acquisition élevée, maintenance et contrôles des marégraphes en l'étalonnant avec une échelle de marée et/ou avec une sonde lumineuse, vérification de la stabilité locale par nivellement géométrique et par surveillance géodésique).

Cet article a pour objet de dresser un bref historique sur les mesures du niveau de la mer en France (section 2), d'expliquer le rôle du référent national pour les observations du niveau de la mer (section 3), de présenter l'archivage des données marégraphiques (section 4) et enfin de terminer sur les portails d'accès et de diffusion aux données, suivant les recommandations de GLOSS (section 5).

## **2. Historique**

Le présent chapitre rappelle que de nombreux organismes sont dépositaires de mesures du niveau de la mer qu'ils ont initié pour leurs besoins propres. Trois époques se succèdent avec d'abord les premières observations commanditées par les astronomes mais produites de manières disparates, puis la mise en place des premiers réseaux de marégraphes analogiques fonctionnant suivant un même protocole et enfin la multiplicité des marégraphes numériques installés aujourd'hui pour lesquels apparaît un besoin de ce type de mesures. Ces périodes sont détaillées ci-dessous.

### 2.1 Lectures à l'échelle de marée

Les premières observations systématiques du niveau de la mer sont enregistrées en 1679 au Port de Brest. Elles sont l'œuvre des astronomes Philippe de La Hire et Jean Picard. Par la suite, les hauteurs d'eau mesurées au 18<sup>ème</sup> siècle sont réalisées grâce au concours et à l'abnégation d'observateurs locaux sur des demandes répétées de savants de l'Académie Royale des Sciences. Les hauteurs d'eau, directement lues sur des échelles de marée ne suivent pas un protocole de mesures strictes car les savants préfèrent laisser libre cours aux observateurs plutôt que de n'avoir aucune mesure (POUVREAU, 2008).

## 2.2 Premiers réseaux marégraphiques (≈1840 à ≈1940)

L'Ingénieur Hydrographe Chazallon, pour le compte du nouveau service des marées, met en place dès la deuxième moitié du 19<sup>ème</sup> siècle le premier réseau d'observatoires automatiques du niveau de la mer sur les côtes de France (voir tableau 1). Pour ce faire, il est aidé par l'apparition des premiers marégraphes à flotteurs (voir figure 1.a). Le but de ce réseau est l'étude, l'analyse et la prédiction de la marée afin d'apporter aux navigateurs toute la sécurité de navigation le long des côtes de France à travers les annuaires de marée (le premier volume sort en 1839). En parallèle – à l'édification de ce réseau géré par le Service hydrographique dépendant du ministère de la Marine – se mettent en place d'autres observatoires dépendant du ministère des Travaux publics pour les besoins de leurs missions (voir tableau 1).

*Tableau 1. Inventaire des premiers marégraphes français d'après LALLEMAND & PREVOT (1927) et COURTIER (1934).*

<b>Port</b>	<b>Période de fonctionnement<sup>(1)</sup></b>	<b>Autorité de référence<sup>(2)</sup></b>
<i>Dunkerque*</i>	1865 – 1899	PeC
<i>Calais*</i>	1891 – 1899	PeC
<i>Boulogne-sur-mer*</i>	1876 – ?	PeC
<i>Le Havre*</i>	1850 – 1920	SdM
	1920 – 1934	PeC
<i>Cherbourg*</i>	1846 – 1920	SdM
<i>Saint-Malo (Saint-Servan)*</i>	1850 – 1917	SdM
<i>Heaux de Brehat</i>	1889 – 1896	PeC (Phares et Balises)
<i>Brest*</i>	1846 –	SdM
	1863 – 1920	SdM
<i>Saint-Nazaire*</i>	1920 – 1934	PeC
<i>Rochefort</i>	1860 – 1918	SdM
<i>Fort-Enet</i>	1859 – 1973	SdM
<i>Fort Boyard</i>	1873 - 1909	SdM
<i>La Rochelle*</i>	1863 – 1874	SdM
<i>Cordouan</i>	1905 – 1934	PeC (Phares et Balises)
<i>Arcachon*</i>	1877 – ?	PeC
<i>Le Boucau</i>	1899 – 1934	PeC
<i>Saint-Jean-de-Luz (Socoa)*</i>	1875 – 1920	SdM
<i>Sète*</i>	1857 – ?	PeC
<i>Marseille*</i>	1885 –	NGF
<i>Toulon*</i>	1844 – 1861	SdM
<i>Nice*</i>	1882 – ?	PeC

*Ports\* : appartenant à l'actuel réseau RONIM (voir par la suite).*

<sup>(1)</sup> *Il est probable que les marégraphes du Havre, de Saint-Nazaire, de Cordouan et du Boucau ont continué à fonctionner après 1934 date de publication du rapport de COURTIER (1934).*

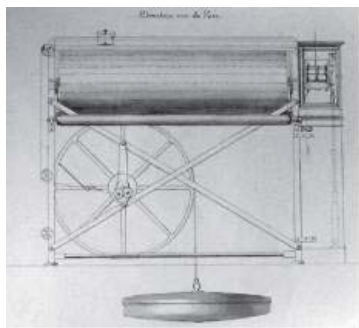
<sup>(2)</sup> *SdM : Service des Marées, PeC : Ponts et Chaussées, NGF : Nivellement Général de France.*

### *Thème 3 – Instrumentation, mesures, imagerie et télédétection*

En effet les services des Ponts et Chaussées et de Nivellement Général de France exploitent de telles observations pour gérer les voies navigables, quantifier les crues, étudier les installations portuaires et les constructions d'ouvrages côtiers, déterminer le niveau moyen de la mer pour définir l'altitude de référence en France, ... .

#### 2.3 La marégraphie depuis 1992

Alors que la qualité des observations issues des marégraphes analogiques vieillissants se dégradait et était réalisée indépendamment dans chaque port (voir figure 1.b), en interaction avec les acteurs portuaires (DDE, Grands Ports Maritimes), le SHOM initia en France la mise en place de marégraphes côtiers numériques (voir figure 1.c).



*a- marégraphe de type Chazallon  
(1846-1944)*



*b- De gauche à droite :  
marégraphes OTT 3068 et  
OTT R16 (1949-1992)*



*c- De gauche à droite : marégraphe  
côtier numérique et centrale  
d'acquisition (depuis 1992)*

*Figure 1. Evolution des marégraphes au port de Brest depuis 1846.*

Ces initiatives répondaient en premier lieu aux besoins propres de s'appuyer sur des mesures du niveau de la mer les plus justes afin de produire des prédictions de marée précises dans les ports et d'améliorer la réduction des sondages bathymétriques (opération consistant à retirer aux hauteurs d'eau mesurées lors des sondages la marée et les effets météorologiques pour en déduire la valeur des sondes à porter sur la carte marine). Aujourd'hui, le Réseau d'Observatoires du Niveau des Mers (RONIM) compte 32 marégraphes (voir: [http://www.shom.fr/fr\\_page/fr\\_act\\_oceano/maree/maree14.htm](http://www.shom.fr/fr_page/fr_act_oceano/maree/maree14.htm)). Pour autant, cet exemple est loin d'être unique. De nombreux organismes publics sont aussi producteurs de données du niveau marin comme les Services de Prévision des Crues, les Grands Ports Maritimes, ... , afin de répondre à leurs besoins spécifiques. Cette importante production de données n'est malheureusement pas toujours partagée, ni même connue par les autres organismes.

#### 2.4 Raisons de la coordination

La fin du 20<sup>ème</sup> siècle voit émerger un besoin accru en observations précises du niveau marin destiné à satisfaire de nouvelles applications et études comme : la calibration des radars altimètres des satellites (Topex-Poséïdon, ERS, Jason 1, Jason 2, ...), la

calibration et validation des modèles hydrodynamiques côtiers, l'étude statistique des surcotes et des décotes et le calcul des niveaux extrêmes pour les Plans de Prévision des Risques, l'accessibilité en temps réel des hauteurs de la mer pour les systèmes d'alertes aux tsunamis ou pour les prévisions à court terme de l'environnement côtier, les études liées à l'évolution du niveau marin et à l'aménagement du littoral, ... .

Les données produites par l'ensemble des marégraphes français se trouvent donc à la croisée de nombreuses et diverses applications. Aujourd'hui, à notre connaissance, deux réseaux produisent et diffusent des mesures dans le respect des recommandations internationales (GLOSS) et répondent à une utilisation multi applications des mesures du niveau de la mer. Il s'agit de RONIM et du Réseau d'Observation Subantarctique et Antarctique du niveau de la MER (<http://www.legos.obs-mip.fr/observations/rosame/>), (ROSAME). Pour ce dernier, les données sont contrôlées et exploitées au Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales (LEGOS).

La coordination de l'observation du niveau de la mer en France trouve sa genèse dans l'intérêt croissant de ce type de données et dans le fait qu'il n'est pas possible de répondre aujourd'hui simplement, au vu des multiples organismes producteurs de données aux questions suivantes :

- Quels sont les organismes qui possèdent des mesures ?
- Quels sont les organismes qui réalisent actuellement des observations ?
- Où se trouvent les données ?
- Quels sont leurs protocoles de mesures ? (Quel est le type de mesures ? Quels sont les lieux et les périodes de mesures des jeux de données ? Quel est le type d'instrument qui a été utilisé pour acquérir les hauteurs ? Comment les observations ont-elles été obtenues ? Quels sont les critères de contrôles utilisés ?)

Devant l'enjeu de ces questions, plusieurs acteurs impliqués dans l'observation du niveau de la mer se sont rassemblés, en juillet 2005. Cette réunion a montré qu'il apparaissait nécessaire de coordonner les activités inhérentes à l'observation du niveau de la mer. Faisant suite à une succession de demandes (recommandations de l'Office Parlementaire d'Evaluation des Choix Scientifiques et Technologiques (COURTEAU, 2007) et par le Secrétariat Général de la Mer (SGMer, 2008), rencontres des producteurs et utilisateurs de données, ...), le principe de la coordination a été acté dans une proposition d'instruction en cours d'élaboration (officialisation prévue en 2010 sous le pilotage du SGMer confiant ce rôle au SHOM. Des moyens liés à l'exercice de cette coordination lui ont été confiés dans le cadre du projet de Centre Régional d'Alerte aux Tsunamis pour l'Atlantique Nord-Est et la Méditerranée (CRATANEM).

### **3. Rôles de la coordination**

Devant la multitude des mesures marégraphiques, il est particulièrement important de disposer d'une base de données et d'une interface unique permettant de centraliser, et

### *Thème 3 – Instrumentation, mesures, imagerie et télédétection*

mettre les données à la disposition de tous les utilisateurs intéressés, mais pas seulement. Les autres fonctions identifiées sont :

- la coordination de la collecte des observations du niveau de la mer réalisées par l'ensemble des organismes, établissements et services publics relevant d'autorités publiques ;
- la gestion et l'archivage en temps différé des observations collectées ;
- la définition des réseaux d'observation du niveau de la mer et notamment de leur architecture ainsi que leurs spécifications liées aux nouveaux déploiements ;
- la définition et la promotion des moyens de transmission opérationnels adaptés ;
- la coordination de la diffusion en temps réel et en temps différé des observations en assurant les conditions d'accessibilité et d'utilisation conformément aux dispositions en vigueur relatives à l'information du public à travers un portail Internet dédié à la coordination ;
- la définition, la diffusion, la promotion et le suivi des normes nationales et internationales ;
- le contrôle de conformité des observations reçues au regard des normes en vigueur.

#### **4. Archivage des données marégraphiques**

La base de données marégraphiques va bénéficier de l'infrastructure déjà existante au SHOM et s'appuyer sur son expérience en termes de stockage, contrôle, gestion et exploitation de l'information assurant ainsi sa traçabilité. Cette base (Tide Database – TDB) a été refondue dans le cadre de la mise en place d'une infrastructure géospatiale (système global de gestion de l'information marégraphique, de la donnée recueillie à l'archivage. Elle répond également aux exigences internationales en matière d'archivage de données marégraphiques. TDB permet la collecte, l'évaluation, l'organisation, le traitement, l'édition et l'archivage des hauteurs provenant des marégraphes à différents pas de temps ainsi que leurs références verticales (ICES, 2006). L'interface (voir figure 2) permet de visualiser les hauteurs d'eau, d'analyser les données mais permet aussi des traitements spécifiques dans le respect des recommandations internationales comme l'analyse harmonique de la marée (SIMON, 2007), la dérive temporelle instrumentale, la recherche des hauteurs aberrantes, les filtrages de données, ... . TDB contient aussi les métadonnées issues des fiches d'observatoire de marée comme la description des marégraphes utilisés, les références verticales utilisées, l'antenne GPS associée, ... .

#### **5. Portails d'accès aux données**

Les spécifications du portail d'accès aux données sont actuellement en cours de rédaction. Ce dernier rassemblera les données contrôlées en temps différé à l'image des portails présentés dans la section 5.1 et les données brutes en temps réel comme dans la section 5.2. D'autres spécificités sont en cours de réflexion en attendant la mise en place d'un guichet commun de hauteur d'eau.

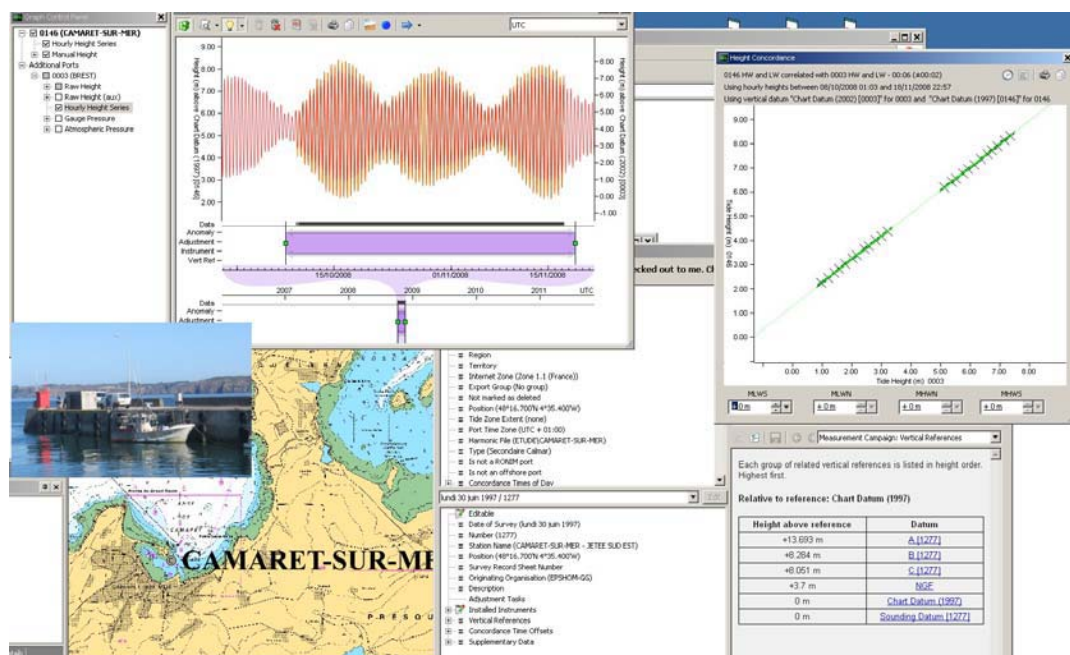


Figure 2. Capture d'écran en utilisation de Tide Database. En haut à gauche : marégramme prédit (rose) et marégramme observé (orange) ; en haut à droite : courbe de concordance en hauteur entre les observations et les prédictions ; En bas à gauche : photographie et localisation de l'observatoire ; en bas à droite : détails sur l'observatoire et références verticales.

### 5.1 Accessibilité actuelle des données en temps différé

Le SHOM et l'IGN ont initié en 1999 le projet d'un Système d'Observation du Niveau des Eaux Littorales (SONEL), rejoints en cela par l'Université de La Rochelle (ULR) et le LEGOS. L'objectif principal de SONEL est la diffusion dans un portail unique et pour la recherche, des observations du niveau marin à la côte enregistrées par des marégraphes permanents en France et ce conjointement avec des données issues des techniques spatiales de positionnement précis (GPS, DORIS, ...). Cette synergie entre les deux types de mesures permet de s'assurer de la stabilité géodésique du socle sur lequel reposent les marégraphes (<http://www.sonel.org/-Objectif-et-motivation-de-SONEL-.html>). Le portail est hébergé par l'ULR (<http://www.sonel.org>) et les données des deux réseaux sont accessibles gratuitement via le serveur ftp de SONEL après inscription et acceptation de la politique de diffusion du site.

### 5.2 Visualisation actuelle des données en temps réel

Les observatoires RONIM et ROSAME équipés de la transmission en temps réel diffusent les hauteurs d'eau sur deux sites distincts :

- le portail Internet de la Commission Océanographique Intergouvernementale (COI, 2006) "sea level station monitoring facility" (voir figure 3). Actuellement, les

### Thème 3 – Instrumentation, mesures, imagerie et télédétection

données brutes de 10 stations du réseau RONIM et 4 stations du réseau ROSAME (+ marégraphe de Sao Tomé) y sont consultables.

- le système pré-opérationnel PREVIMER (voir figure 4).

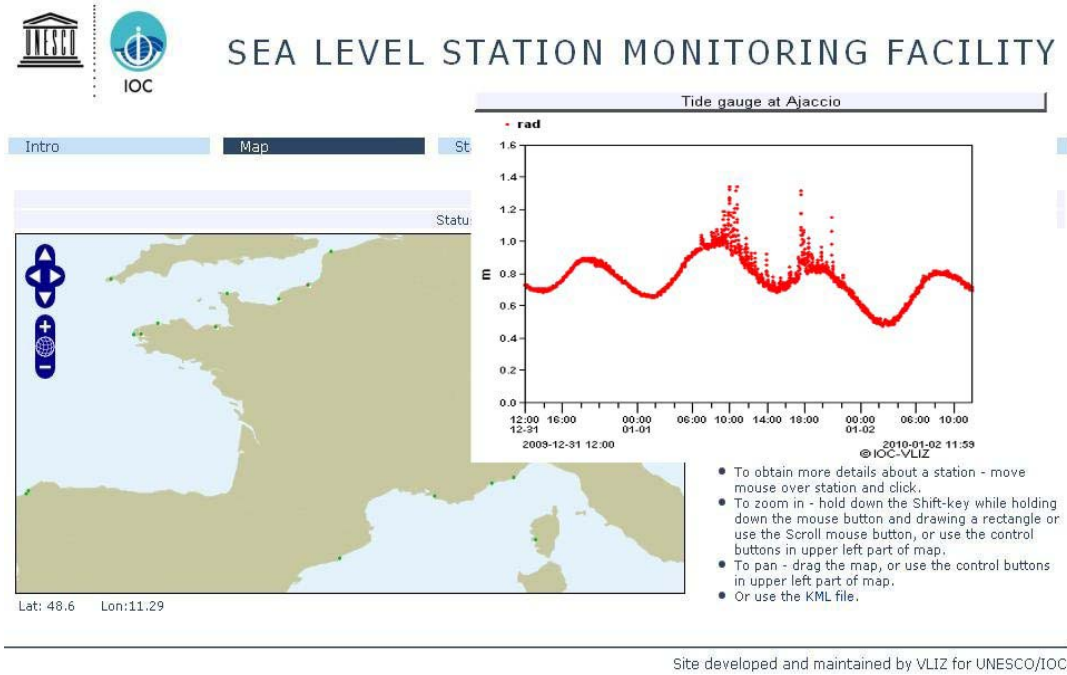


Figure 3. Extrait du portail COI temps réel des observations du niveau de la mer. Le marégraphe est tiré du port d'Ajaccio lors d'une forte tempête (entre le 31/12/2009 et le 01/01/2010). URL : <http://www.ioc-sealevelmonitoring.org/map.php>

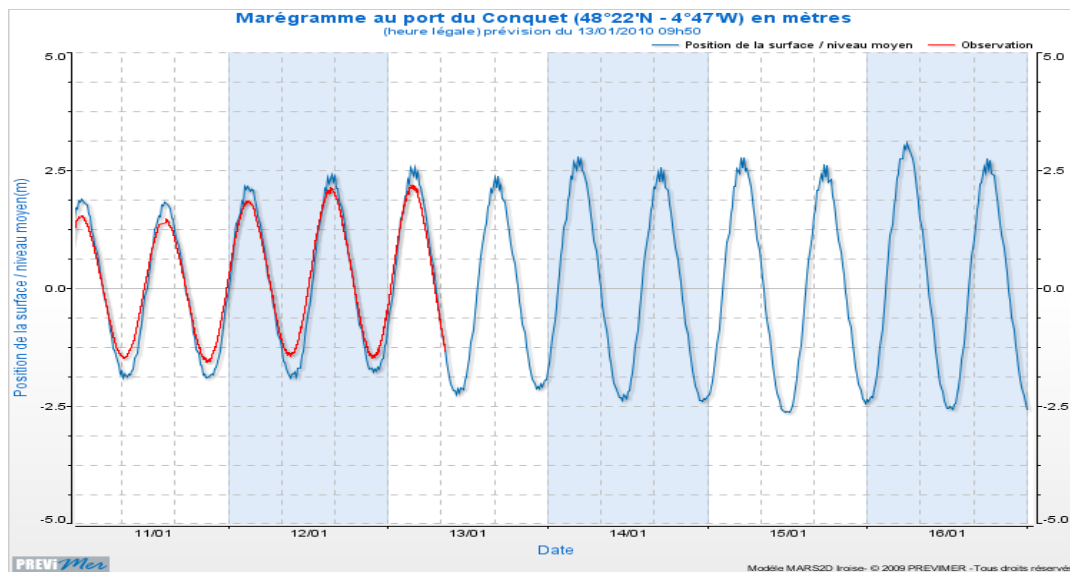


Figure 4. Extrait du portail Previmer. Port du Conquet, les hauteurs observées sont tracées en rouge tandis que celles issues des prévisions sont en bleu  
URL : <http://www.previmer.org/previsions/niveaux>.



### 5.3 Mise en place d'un portail commun de hauteurs d'eau

Un des objectifs donné à la coordination est le développement d'un guichet unique des observations du niveau de la mer. Un portail diffusant les hauteurs d'eau en temps réel et différé ainsi que toutes les indications connexes sera mis en place. Ce portail va s'appuyer sur le volet marégraphique et le contenu ftp proposé sur le portail SONEL. Il pourra diffuser les informations transmises par les organismes contributeurs après que ces données aient été validées par les producteurs et contrôlées par la coordination.

Il pourra permettre de faire un état des lieux sur les mesures disponibles en France sous la forme de tableaux détaillés suivant les mers et océans choisis mais également à partir de cartes géographiques. Les valeurs de surcotes/décotes, différence entre les observations et les prédictions de marée pourraient aussi y être visualisées. Chaque organisme partenaire pourrait avoir la possibilité d'insérer des informations sur les appareils dont il a la charge afin d'informer la communauté des utilisateurs de toute nouvelle pertinente. Dans l'état actuel du projet, il ne s'agit ici que d'exemples de solutions possibles.

## **6. Conclusions**

Les nombreux et nouveaux enjeux qui entourent les observations de hauteurs d'eau montrent clairement le besoin d'une coordination, fédératrice des activités marégraphiques comme l'explique WOODWORTH *et al.* (2009). L'option choisie s'appuie sur la mise en réseau des acteurs nationaux de l'observation du niveau des mers, autour d'un coordonnateur unique en charge de promouvoir les standards de mesure et de mettre en place les structures permettant d'accueillir les données, de les porter à un niveau de validation qualifiée et de les mettre à disposition au travers d'un guichet unique. Cette approche vise à permettre avant tout la mutualisation de ces données au profit du plus grand nombre afin de :

- coordonner la mise en place des réseaux de marégraphes en France au profit des diverses applications (systèmes d'alerte aux tsunamis et aux ondes de tempête, prévisions des niveaux de la mer et des surcotes/décotes, hydrographie, études environnementales, climatologie, ...) répondant aux critères définis par le programme GLOSS et pouvant servir ainsi pour le plus grand nombre d'applications possibles ;
- centraliser les mesures de hauteurs d'eau acquises ou restaurées par les organismes dans une base de données commune et de développer un guichet unique des observations de hauteurs d'eau.

## **7. Références bibliographiques**

CIMER (2009). *Livre bleu - Stratégie nationale pour la mer et les océans*. 41 p.  
COI -Commission Océanographique Intergouvernementale- (2006). *Manual on Sea-Level Measurement and Interpretation. Volume 4-An update to 2006*. Commission Océanographique Internationale Manuels et Guides, n° 14, 80 p.

### *Thème 3 – Instrumentation, mesures, imagerie et télédétection*

- COURTEAU R. (2007). *Tsunamis sur les côtes françaises : un risque certain, une impréparation manifeste*. Rapport n°488 Assemblée Nationale – n° 117 Sénat. Office Parlementaire d'évaluation des choix scientifiques et technologiques, 168 p.
- COURTIER A. (1934). *Données numériques concernant les marées des côtes de France*. Publication SHOM, n°14-1016, 71 p.
- ICES (2006). *WGMDM Guidelines for Water Level Data*, 7 p.
- LALLEMAND C., PREVOT E. (1927). *Le nivellement général de la France de 1878 à 1926*. Exposé préliminaire, procès-verbaux, documents administratifs, comptes rendus des travaux du service. Paris, Imprimerie Nationale, 664 p.
- POUVREAU N. (2008). *Trois cents ans de mesures marégraphiques en France : outils, méthodes et tendances des composantes du niveau de la mer au port de Brest*. Thèse, Université de La Rochelle, 466 p. Disponible en ligne sur :  
URL <http://tel.archives-ouvertes.fr/docs/00/35/36/60/PDF/ThesePOUVREAU.pdf>
- SIMON B. (2007). *La marée océanique côtière*. Collection « synthèse ». Institut océanographique éditeur. 434 p.
- WOODWORTH P.L., RICKARDS L.J., PEREZ B. (2009). *A survey of European sea level infrastructure*. Natural Hazards and Earth System Sciences, 9, pp 927-934.