



## Editorial

*L'année 2007 a vu le changement de statut du SHOM et sa transformation en établissement public. Cette évolution fait désormais du SHOM un outil de soutien aux politiques publiques maritimes.*

*Le réseau RONIM, pour lequel les sollicitations d'accès aux données deviennent de plus en plus nombreuses, s'inscrit pleinement dans cette optique, comme le montre depuis 2001 son soutien à l'initiative SONEL.*

*Sans abandonner sa mission première au profit de l'hydrographie et de la navigation, le réseau de marégraphes RONIM se développe désormais pour répondre aux besoins émergents relatifs au littoral.*

*L'étude de données historiques visant à déterminer l'élévation du niveau de la mer dans le cadre de la problématique du réchauffement climatique (page 2) l'étude des niveaux extrêmes pour l'aménagement du littoral et la prévention des risques (page 6), la mise en place de systèmes d'alerte aux*

*tsunamis (page 4) sont quelques-unes des applications des mesures de hauteurs d'eau. Elles soulignent aussi les collaborations sur ces thèmes établies entre des organismes complémentaires.*

*Si la modernisation de l'ensemble des instruments de mesure est aujourd'hui acquise à échéance 2010, il n'en est pas de même de l'acquisition des hauteurs d'eau en temps réel sur tout le littoral. Ce passage en temps réel du réseau représente aujourd'hui un enjeu majeur, auquel le SHOM souhaite pouvoir répondre avec l'aide indispensable de ses partenaires locaux.*

*Au-delà de ces développements futurs, je tiens à remercier nos partenaires locaux pour le suivi des sites et les contrôles effectués en 2007 et toujours indispensables au fonctionnement du réseau (page 7).*

*Ronan Créach  
Chef de projet RONIM*

## Sommaire

Editorial .....	1
Sommaire .....	1
Chazallon, père du premier réseau marégraphique en France. ....	2
La participation de la France dans la mise en place du réseau de surveillance du niveau de la mer en Méditerranée occidentale et dans l'Atlantique Nord-Est. ....	4
Application de RONIM au calcul des niveaux marins extrêmes. ....	6
Performance du réseau en 2007 : des partenaires impliqués .....	7
Le point sur l'extension du réseau .....	8

## Chazallon, père du premier réseau marégraphique en France.

*"D'après les ordres de l'amiral Duperré, ministre de la marine, et sur proposition expresse du vice-amiral Halgan, directeur du dépôt des cartes et plans de la marine, je viens de parcourir une partie du littoral afin d'organiser un meilleur mode d'observations de marée, et j'espère [...] réussir dans l'accomplissement de la tâche qui m'a été confiée".*

C'est ainsi que dans le sillage de Beautemps-Beaupré, un de ses élèves<sup>1</sup>, Chazallon, expose, dans l'annuaire des marées de 1840, les bases du premier réseau marégraphique en France.



Portrait de Chazallon. Index biographique – Archives de l'Académie des Sciences.

Etrangement, le nom de Chazallon n'a pas connu la même gloire et postérité que celui de son mentor. Antoine Marie Remy Chazallon est né le 17 nivôse an X (10 janvier 1802) à Désaignes en Ardèche, de parents agriculteurs et y est décédé, à l'âge de 70 ans le 23 décembre 1872. De formation polytechnicienne, son nom est à tout jamais associé aux études sur la marée : depuis la création des annuaires des marées en 1839 jusqu'au développement et l'installation de marégraphes sur les côtes de France en passant par la découverte des ondes quarts, sixièmes et huitièmes diurnes. La rigueur, l'ingéniosité, la mobilité et le travail acharné de Chazallon permirent d'avoir, près de 150 ans avant la naissance de RONIM, le premier réseau d'observation du niveau des mers en France. Par ailleurs, il fut élevé le 28 avril 1842 au rang de Chevalier de la légion d'honneur grâce aux demandes appuyées de Beautemps-Beaupré.

Avant de proposer un meilleur mode d'observation du niveau marin, Chazallon expertisa en 1840 les pratiques en usage. Quelles étaient-elles ?

Depuis 1679, et les premières observations du niveau de la mer effectuées par La Hire et Picard à Brest, seules les heures et hauteurs des PM et BM étaient mesurées avec des échelles de marées et des montres réglées à midi sur une méridienne. Les mesures du niveau de la mer étaient rares. Observer le niveau marin quatre fois par jour, durant plusieurs mois était une entreprise laborieuse. Les observations de nuit, déjà difficiles par l'absence de lumière, devenaient dangereuses pour un gentilhomme souhaitant se rendre au bord du quai la nuit. Aucune gratification n'existait pour les observateurs, ni aide financière pour la mise en place d'un observatoire.

La France, se rendant compte de ses lacunes vis-à-vis de ses partenaires et principalement du Royaume-Uni fit voter par l'assemblée nationale des financements entre 1836 et 1842 permettant de rémunérer les observateurs. Malheureusement, il manquait un coordinateur pour les encadrer, pour les former, pour leur fournir un protocole à suivre pour mesurer le niveau marin. Chazallon présente les conséquences d'une telle situation : *"... les observations qui avaient eu lieu à Granville, en 1838 et 1839, se faisaient en prenant la hauteur des pleines mers à vue d'œil sur les assises de la jetée qui ont en moyenne un demi-mètre de hauteur ! A St Servan l'agent chargé des quatre observations journalières ... faisait faire son service par un ancien jardinier qui ne savait ni lire ni écrire, ni reconnaître l'heure sur une montre. En outre, l'échelle de marée, presque illisible, était inclinée d'environ 30° avec la verticale par suite du jeu des haubans".*

Avec de telles mesures, il était impossible d'en extraire la moindre information utile. Mais pourquoi observer le niveau marin au milieu du 19<sup>ème</sup> siècle ?

<sup>1</sup> Chazallon participa, entre 1822 et 1837, lors des reconnaissances des côtes de France, à l'élaboration du Pilote français, sous la direction de Beautemps-Beaupré, surnommé grâce à son chef-d'œuvre, "père de l'hydrographie moderne" par les anglais eux-mêmes!



Le premier intérêt était de perfectionner les connaissances sur la marée. Pour aider au mieux les savants dans leur quête de savoir, il devenait indispensable d'observer en continu avec une fréquence plus élevée le niveau de la mer. La deuxième utilité, découlant d'une bonne connaissance de la marée, était de pouvoir la prédire et la diffuser. Avec l'avènement des bateaux à vapeur aux tonnages de plus en plus importants, les échanges maritimes augmentaient de manière exponentielle. Pour faire entrer les nouveaux bâtiments au port, connaître avec précision les heures et hauteurs des pleines mers devenait indispensable. La formule de Laplace permet pour le site de Brest, le calcul des heures et hauteurs des pleines mers et basses mers. Pour les autres ports, des "*corrections locales*" étaient appliquées aux résultats théoriques obtenus pour Brest. Mais pour connaître les corrections locales, il fallait des séries d'observations comparatives entre les ports. Le troisième intérêt relevait d'une compétition hydrographique "positive" avec les anglais. Une effervescence dans l'étude des marées démarra outre-manche à partir des années 1830 : Les premiers marégraphes y apparurent à cette époque alors qu'il faudra attendre 1843 pour voir fonctionner à Alger, le premier marégraphe français ! La première étude globale internationale sur la propagation de la marée est lancée d'Angleterre. Le long des côtes d'Europe et d'Amérique du Nord, pas moins de 666 observatoires disséminés mesurèrent au cours du mois de juin 1835 le niveau de la mer dont 16 étaient disposés le long des côtes françaises.

Finalement, qu'accomplit Chazallon pour hisser la France dans le peloton de tête des nations leader dans la marégraphie ?

L'ingénieur hydrographe s'attela en 1838, à lancer pour l'année suivante, le premier annuaire des marées, premier ouvrage de ce genre publié dans le monde. En proposant une solution simple et précise à l'un des problèmes majeurs des navigateurs, il s'attira immédiatement la sympathie des marins et les louanges des anglais qui le copièrent dès 1840 !

Il donna naissance au premier réseau marégraphique en France suivant un protocole unique<sup>2</sup>. C'est lui qui choisit, pour chaque port, le site d'installation du puits de tranquillisation, élément en communication permanente avec la mer et indispensable pour des mesures exactes enregistrées par les appareils mécaniques. Chaque observatoire était équipé d'un marégraphe qui en tout point était identique à celui des anglais à une exception près : le cylindre mis en mouvement par le mécanisme d'horlogerie était petit, réduisant les courbes de marée au vingtième tandis que le marégraphe français, conçu par Chazallon et fabriqué par Wagner, proposait un cylindre beaucoup plus grand. Cette nouveauté permit d'obtenir des courbes de marée plus détaillées et donc d'augmenter la précision des mesures lors des dépouillements. Chazallon obtint la médaille d'argent de la société d'encouragement pour cette innovation appliquée au marégraphe. Quinze missions lui seront nécessaires pour accomplir les repérages, installations et contrôles des observatoires.

En 1860, lors de son départ en retraite, la France disposait de 7 marégraphes permanents installés à Toulon, Brest, Saint-Servan, Cherbourg, Le Havre, Rochefort et Enet (Ile d'Aix). Ce patrimoine scientifique, légué par Chazallon et préservé depuis par le SHOM n'est pas unique : les DDE et les ports autonomes possèdent également de pareilles archives qui mériteraient d'être inventoriées, numérisées et offertes à la communauté scientifique pour répondre aux problématiques actuelles. De longues séries de mesures permettent l'étude de l'élévation du niveau de la mer dans le cadre du changement climatique mais aussi des statistiques plus fiables pour améliorer les Plans de Prévention des Risques naturels prévisibles d'inondation par submersion marine.

Ce patrimoine inestimable, sur lequel travaille l'équipe « niveau de la mer » UMR CNRS LIENSS, de l'Université de La Rochelle, en partenariat avec le SHOM depuis 2004, prouve que l'action entreprise par Chazallon il y a bientôt 170 ans est toujours au cœur de l'actualité.

N. Pouvreau, UMR CNRS 6250 LIENSS, Université de La Rochelle  
ATER - doctorant

---

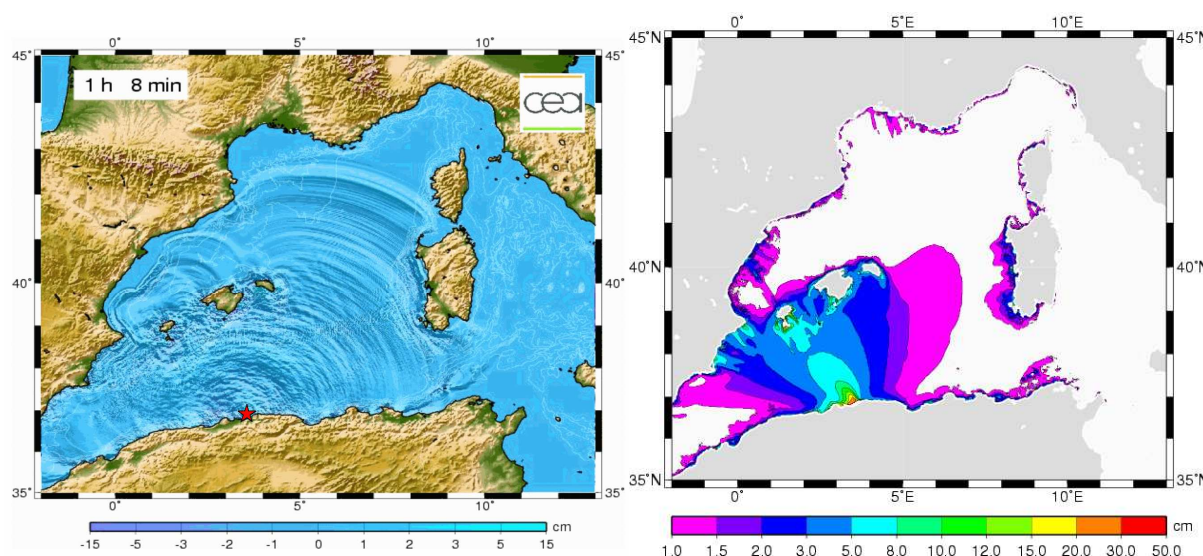
<sup>2</sup> En plus de sa mission de contrôler la bonne marche et d'entretenir l'appareil, l'observateur des marées devait accomplir différentes mesures météorologiques au cours de la journée : sens et force du vent, pression atmosphérique. Guidé par le protocole précis rédigé par Chazallon, il avait également en charge l'extraction dans des tableaux, à partir des marégrammes, des hauteurs d'eau tous les quarts d'heure ainsi que les heures et hauteurs des pleines mer et basses mer obtenues.

## La participation de la France dans la mise en place du réseau de surveillance du niveau de la mer en Méditerranée occidentale et dans l'Atlantique Nord-Est.

La France participe depuis 2005 au processus de mise en place du système d'alerte aux tsunamis en particulier dans la Méditerranée et l'Atlantique Nord-Est.

L'une des composantes principales de ce système d'alerte est la mesure temps-réel du niveau de la mer, à l'aide de marégraphes et de stations situées au large. Ce sont ces données uniques qui permettent de confirmer si un tsunami a été induit ou non par un tremblement de terre ou par tout autre phénomène géophysique.

Les événements récents d'Algérie en 2003 ou de Grèce en février 2008 montrent l'importance de ces données.



*Simulation numérique de la propagation du tsunami de mai 2003 (séisme de Boumerdes) : Etat de la mer 68 minutes après le séisme, à son arrivée le long des côtes françaises*

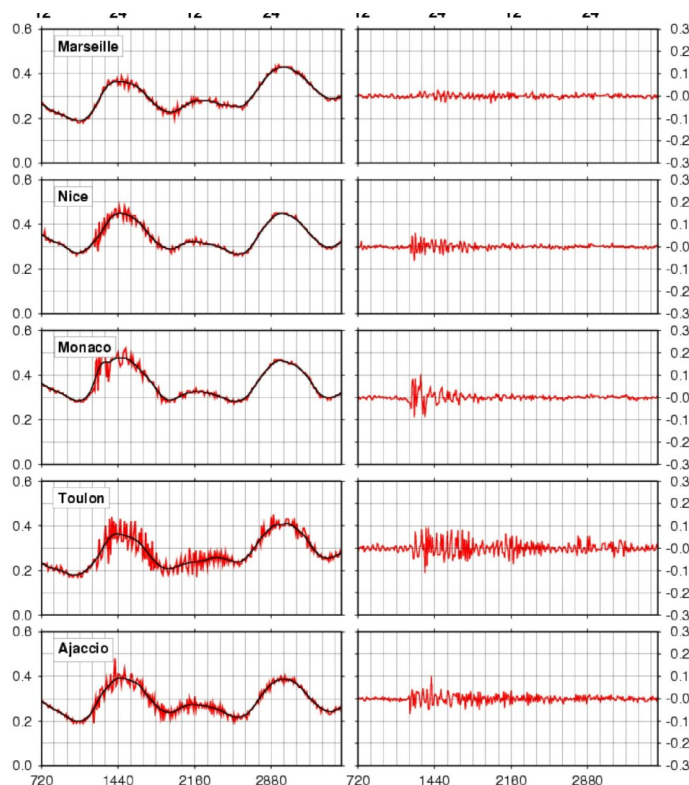
*Hauteur maximale au large du tsunami de 2003.*

Dans cette région, il faut noter que jusqu'à présent, peu de données sont transmises en temps réel.

La période typique des ondes de tsunami est de 20 minutes dans le cas d'un séisme, et de quelques minutes en cas d'effondrement sous-marin. Par conséquent, l'échantillonnage requis des données marégraphiques se situe entre quelques dizaines de secondes et 1 minute.

Les enregistrements à 10 minutes des ondes du tsunami de 2003 montrent des amplitudes d'à peine 10 à 20 cm selon les ports français. Il est évident que ces enregistrements ne représentent pas le tsunami réel dont l'amplitude était plus forte. Les témoignages recueillis dans la plupart des ports de la Méditerranée soulignent que dans au moins 8 d'entre eux, des retraits de la mer de 50 cm à parfois plus de 150 cm ont été observés, suivis d'une remontée rapide et de courants importants durant parfois plusieurs heures. Ces retraits n'ont pu être observés par les enregistrements de l'époque du fait de l'échantillonnage inadéquat car trop espacé.

Les délais entre le séisme et l'arrivée du tsunami sur le littoral français peuvent varier entre quelques minutes pour un événement situé au bord de la côte et plus d'une heure si l'épicentre est situé au large de l'Afrique du nord. Le délai de transmission des données doit donc être réduit à quelques minutes. Le moyen de transmission doit être robuste, surtout dans les régions sismiques où les réseaux téléphoniques peuvent être coupés ou perturbés par le séisme. En cas de catastrophe, seules des télécommunications spatiales permettent d'assurer les transmissions, à condition que l'alimentation ne soit pas coupée (énergie solaire recommandée).



*Marégrammes bruts et filtrés du tsunami de mai 2003 à Marseille, Nice, Monaco, Toulon et Ajaccio (échantillonnage 10 minutes).*

L'autre aspect important à préciser est l'intérêt des enregistrements marégraphiques passés. Ces enregistrements sont les seules données physiques des tsunamis et souvent les seules observations disponibles. Le fait que les marégraphes soient positionnés dans des ports augmente dans de nombreux cas la probabilité de détecter ce phénomène. Il ne faut jamais oublier l'étymologie du mot tsunami, onde de port. En dehors de certains ports très fermés et retirés, c'est à ces endroits que le phénomène est le plus souvent visible et le plus important.

Tous les enregistrements originaux sont importants. L'observation du phénomène est aussi importante que la preuve lors d'un événement donné qu'aucune vague n'ait été enregistrée par l'ensemble des marégraphes ou quelques marégraphes situés dans des ports particuliers. Seuls les marégrammes permettent d'évaluer précisément le risque de tsunami dans un port donné et d'en déduire par la mesure de son amplitude et de la période des ondes sa sensibilité à l'aléa tsunami.

La continuité et la disponibilité des données marégraphiques enregistrées à une cadence suffisante pour voir les vagues de tsunami constituent les requis nécessaires pour constituer des bases de données fiables et complètes. Le suivi et le maintien en condition opérationnelle du réseau marégraphique sont primordiaux.

Les marégraphes français utiles pour l'alerte sont ceux situés le long de la côte d'azur. Vis-à-vis du littoral français, ces données ne permettront pas d'alerter car le phénomène est enregistré à son arrivée sur les côtes. Par contre les amplitudes mesurées seront utiles pour tous les autres pays qui pourront soit annuler l'alerte en cas de non-événement ou d'amplitude faible ou à l'inverse de la confirmer si les amplitudes atteignaient 1m.

Profitions de cet article pour souligner l'importance des rapports de toute observation d'un phénomène de retrait, de courant dans un port, le long d'un wharf ou de toute côte, lagune, et bien sûr de tout dégât, ces observations permettront de mieux cerner le phénomène tsunami et d'en évaluer l'aléa et le risque, au sein de tous les bassins océaniques.

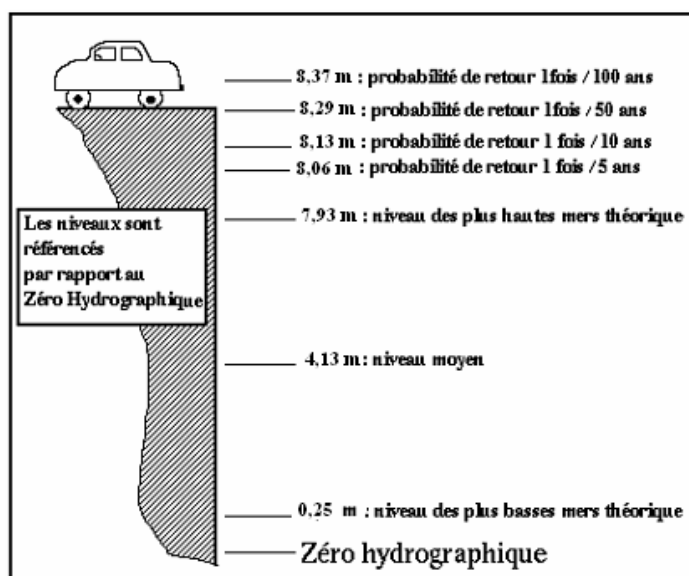
## Application de RONIM au calcul des niveaux marins extrêmes.

En 2008, un produit commun SHOM-CETMEF, fruit de la collaboration entre ces organismes, permettra de visualiser la cartographie des niveaux marins extrêmes (hauts) le long des côtes de la Manche et de l'Atlantique.

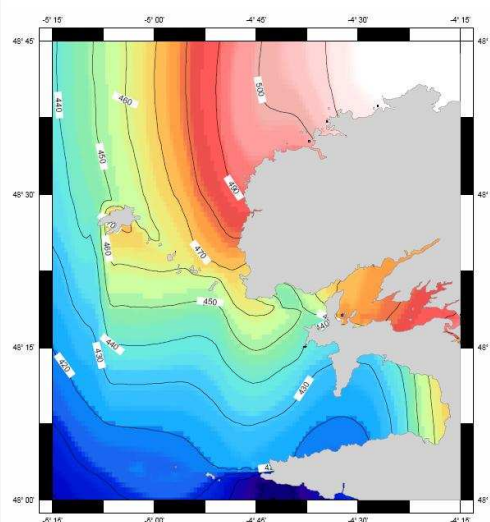
Le calcul des niveaux extrêmes est principalement issu de l'analyse des données des marégraphes RONIM. L'analyse effectuée est basée sur des lois de probabilité et la qualité des résultats dépend de la durée des observations (on comprend bien qu'avec un échantillon de quelques années de mesures, il est plus difficile « d'extrapoler » sur 100 ans), de la qualité des données mais également de la disponibilité des données pendant les événements exceptionnels, tempêtes ou périodes de mauvais temps pertinentes pour le calcul des niveaux extrêmes.

Il est important de connaître les niveaux marins extrêmes pour de nombreuses applications : dimensionnement d'ouvrages côtiers, aménagement du littoral, plan de prévention des risques, lutte contre les inondations... Ces niveaux calculés incluent deux phénomènes : d'une part les variations prédictibles du niveau de la mer – la marée, d'autre part les variations non prédictibles du niveau de la mer – les surcotes ou décotes, d'origine principalement météorologique.

La « période de retour » associée à un événement est le temps qu'il faut attendre pour que cet événement se produise à nouveau. Pour une période de retour donnée, il est possible de calculer les niveaux les plus hauts atteints par la mer.



*Période de retour des niveaux extrêmes à Brest*



*Niveaux extrêmes de Pleine Mer pour une période de retour de 100 ans*

Plus la période de retour sera longue, plus le niveau calculé sera élevé comme le montre la figure ci-dessous. Mais comme il s'agit de lois statistiques, cela ne signifie aucunement que ce niveau ne sera atteint qu'une seule fois en 100 ans ni systématiquement atteint chaque siècle ! Il pourrait même être atteint deux fois la même année...

Une étude similaire, concernant le calcul des niveaux les plus bas, devrait prochainement voir le jour.



## Performance du réseau en 2007 : des partenaires impliqués

Les contrôles semestriels des marégraphes permettent le suivi des instruments et garantissent la satisfaction des besoins des clients du réseau. Ces contrôles sont réalisés par les partenaires locaux conformément aux conventions établies, ils sont exploités par le gestionnaire RONIM.

Le résultat du contrôle le plus récent reçu par le SHOM depuis l'année 2007 est présenté dans le tableau ci-dessous.

Seuls 16 partenaires locaux sur 30 ports y sont représentés en 2007 :

Port	Dernier contrôle	Partenaire effectuant le contrôle	Basse Mer (*)	Pleine Mer (*)
AJACCIO	11/03/2008	Observatoire de la cote d'Azur - CERGA	-0.52/2.33	1.27/3.32
BREST	10/03/2008	SHOM	-1.03/0.24	1.06/0.47
LA PALLICE	07/03/2008	Port Autonome de La Rochelle	2.2/1.45	2.5/0.47
ILE ROYALE	16/01/2008	DDE Guyane	/	0.12/0.12
TOULON	08/02/2008	SHOM	1.2/0.13	/
LE CROUESTY	27/11/2007	Météo-France (Morbihan)	-2.42/0.57	/
POINTE A PITRE	26/10/2007	Météo-France (Guadeloupe)	-0.05/0.08	0.03/0.06
CHERBOURG	26/10/2007	Marine Nationale – Base Navale Cherbourg	-0.05/0.71	0.45/0.58
CONCARNEAU	25/10/2007	DDE – Subdivision de Concarneau	0.33/1.3	3.05/2.14
POINTE DE GRAVE	25/10/2007	Port Autonome de Bordeaux	2.1/0.74	0.5/0.82
SOCOA	27/09/2007	Conseil Général des Pyrénées Atlantiques	0.07/1.06	-1.07/0.89
FORT DE FRANCE	27/09/2007	Météo-France (Martinique)	-0.59/0.17	-0.19/0.17
LES SABLES D'OLONNE	27/09/2007	CCI Vendée – Centre de Marée	4.31/0.8	/
SAINT-MALO	22/09/2007	DDE d'Ille-et-Vilaine	2.4/1.33	2.27/1.3
LE CONQUET	31/08/2007	SHOM	0.9/0.25	1.47/0.36
ARCACHON	02/08/2007	DDE-Arcachon	2.21/0.2	/
ROSCOFF	16/05/2007	Port de Roscoff Bloscon	1.67/0.68	/
CALAIS	19/04/2007	Service Maritime de Boulogne-sur-Mer et Calais	0.15/1	/

(\*) Ecart moyen entre la hauteur d'eau calculée à partir de la mesure de tirant d'air à la sonde lumineuse et la hauteur d'eau du marégraphe en cm / Ecart-type des écarts.

En complément de ces résultats, les groupes hydro-océanographiques du SHOM ont effectué des contrôles supplémentaires sur les marégraphes du réseau.

Virginie Goirand  
Gestionnaire du réseau RONIM

## Le point sur l'extension du réseau

4 nouvelles installations ont été effectuées en 2007 :

- à Saint-Nazaire, en partenariat avec le **port autonome de Nantes Saint-Nazaire** ;
- à Sète, en partenariat avec la **Région Languedoc-Roussillon** ;
- à Port-Vendres, en partenariat avec le **Conseil Général des Pyrénées-Orientales** et la **DRE du Languedoc-Roussillon** ;
- à La Réunion, en partenariat avec **Météo-France** et la **DDE de La Réunion**.



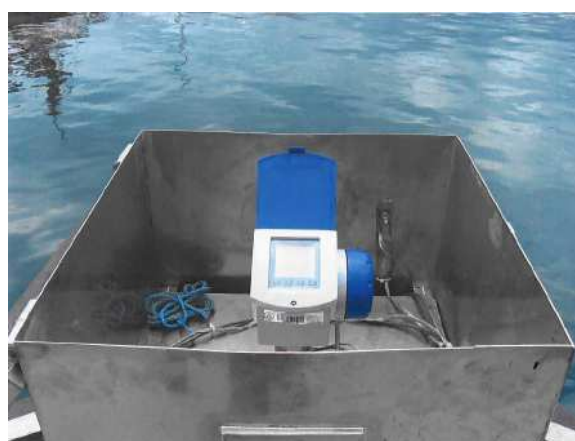
Saint-Nazaire



Sète



Port-Vendres



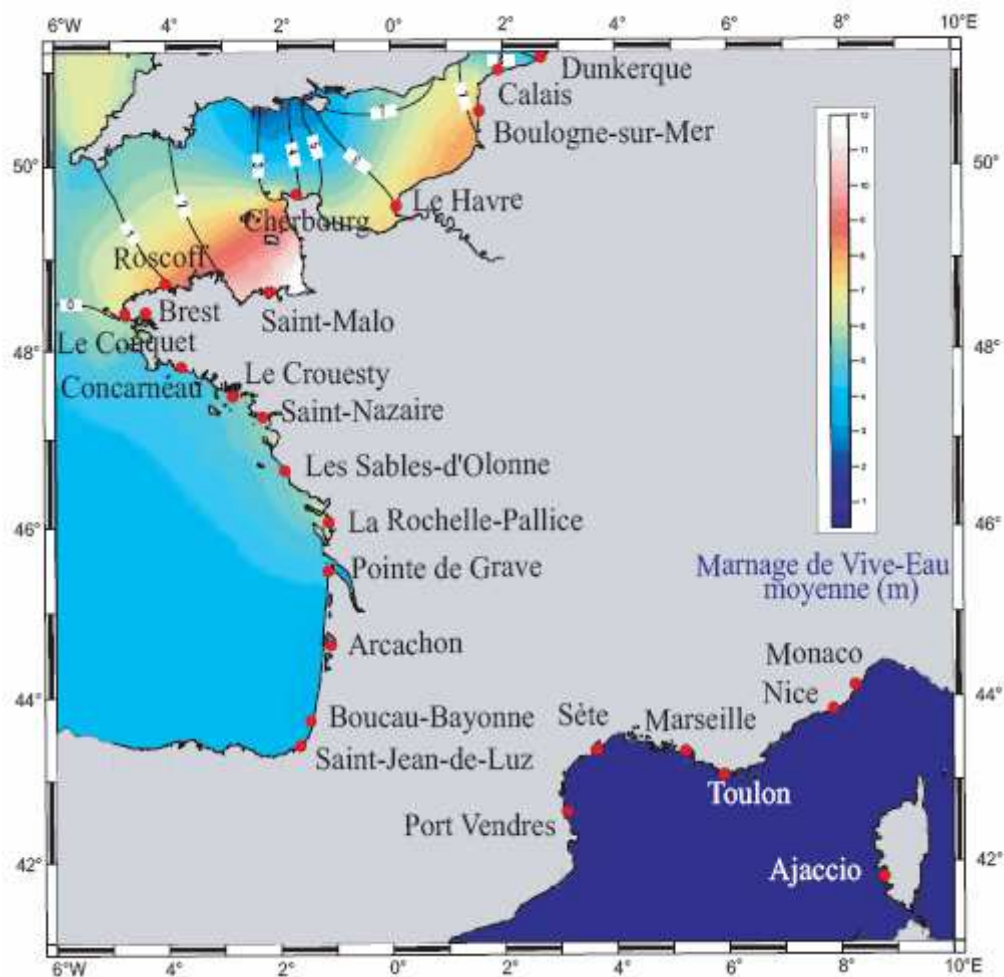
La Réunion

Avec ces 4 nouvelles installations, le réseau RONIM comprend désormais 30 marégraphes permanents, en majorité équipés de télémètres radar.

Le projet prévoit d'équiper 34 ports en priorité d'ici 2010. Les ports manquants sont :

- 2 ports en Manche (Dieppe, Flamanville) ;
- 1 port sur la façade Atlantique (Ile de Groix) ;
- 1 port outre mer (Mayotte).





Réseau RONIM en métropole (auquel s'ajoutent les marégraphes de Nouméa, Fort-de-France, Pointe-à-Pitre, La Réunion et les Iles du Salut en Guyane Française)

-----

Pour toute question ou information concernant le réseau RONIM,  
 Mél : [ronim@shom.fr](mailto:ronim@shom.fr)  
 Tél : 02 98 22 15 89

**SHOM - Projet RONIM**  
 13, rue du Chatellier - CS 92803 - 29228 BREST CEDEX 2

[www.shom.fr](http://www.shom.fr)