

CAMPAGNE DE NIVELLEMENT AU VIEUX PORT DE LA ROCHELLE (CHARENTE-MARITIME) Juin 2010

Thomas GOURIOU⁽¹⁾, Samuel LE PAJOLEC, Pascal TIPHANEAU et Médéric GRAVELLE



⁽¹⁾ auteur correspondant : thomas.gouriou@univ-lr.fr

SOMMAIRE

1. Contexte et objectifs	3
2. Organisation de la campagne	
2.1. Contacts	
2.2. Matériel emporté.....	4
2.3. Déroulement des missions	
3. Présentation	5
3.1. Localisation du site	
3.2. Mesures historiques du niveau de la mer	
3.3. Description des repères.....	7
3.3.1. Repères de nivellement	
3.3.2. Echelles de marée.....	13
4. Mesures historiques de nivellement	18
4.1. Historique des repères	
4.1.1. Repères de nivellement	
4.1.2. Echelles de marée.....	21
4.1.3. Zéro hydrographique.....	22
4.2. Relation entre les zéros NGF	
5. Nivellement : mesures et résultats	24
5.1. Nivellement géométrique	
5.2. Nivellement trigonométrique.....	25
6. Discussion et conclusions	26
Références	30
<u>Annexe 1</u> : Détail des mesures de nivellement géométrique.....	31
<u>Annexe 2</u> : Détail des mesures de nivellement trigonométrique.....	38

LISTE DE DIFFUSION

Externe :

- Alain COULOMB, responsable du département de nivellement, SGN/IGN (Paris)
- Ronan CREACH, chef de projet RONIM, SHOM (Brest)
- Lucia PINEAU-GUILLOU, cellule hydrodynamique côtière, SHOM (Brest)
- Nicolas POUVREAU, coordinateur national des mesures du niveau de la mer, SHOM (Brest)
- Laurent TESTUT, LEGOS (Toulouse)
- Archives municipales de La Rochelle
- Archives départementales de la Charente-Maritime
- Archives du Service Historique de la Défense (SHD-Marine, Rochefort)
- Archives de la médiathèque de La Rochelle
- <http://www.sonel.org/-Documentation-.html>

Interne :

- Thomas GOURIOU, chercheur doctorant, UMR 6250 LIENSs
- Pascal TIPHANEAU, adjoint technique, UMR 6250 LIENSs
- Guy WÖPPELMANN, maître de conférences, UMR 6250 LIENSs
- Archives UMR 6250 LIENSs

1. Contexte et objectifs

Cette campagne de nivellement sur le Vieux port de La Rochelle entre dans le cadre d'une thèse de doctorat, dont le sujet est l'évolution des composantes du niveau de la mer depuis le milieu du 19^e siècle sur le littoral charentais. Dans le cadre de ces recherches, un stage de trois mois a été proposé à un étudiant de Licence 3 de l'Université de La Rochelle, Samuel Le Pajolec, sur l'évolution des composantes du niveau de la mer au Vieux port de La Rochelle, de 1775 à 1892. Une partie des résultats présentés dans ce rapport est issue de son travail. Les travaux de recherche de thèse sont, en partie, financés par le Conseil Général de la Charente-Maritime, alors que ceux du stage sont financés par le Centre National d'Etudes Spatiales dans le cadre du projet « Ocean Surface Topography Science Team » (OST-ST).

Les estimations de la remontée générale du niveau de la mer, de l'ordre de 12 à 22 cm sur le siècle dernier [Bindoff *et al.*, 2007], masquent une réalité très variable d'une région à l'autre. Qu'en est-il des côtes du littoral charentais ? Des séries temporelles de plus de 50 ans sont indispensables pour tirer des tendances à long terme sur les composantes du niveau marin : ondes de marée, niveau moyen de la mer, niveaux extrêmes, et effets météorologiques [*e.g.* Cartwright, 1972 ; Douglas, 1991 ; Bouligand et Pirazzoli, 1999]. Or il existe plusieurs séries marégraphiques historiques en Charente-Maritime, dont quatre lots de mesures du niveau de la mer au Vieux port de La Rochelle : 1775-1776, 1824, 1863-1874 et 1887-1892. [Gouriou *et al.*, 2008 ; Pouvreau, 2008].

Le but de l'étude réalisée dans le cadre du stage de Samuel Le Pajolec est d'obtenir une estimation de l'évolution du niveau de la mer entre 1775 et 1892 au Vieux port de La Rochelle. Mais ces différents lots de mesures ont été enregistrés dans des référentiels de temps et de hauteur différents. Il est donc indispensable de replacer toutes ces mesures dans un référentiel commun, que ce soit en temps ou en hauteur.

Nous avons retrouvé, dans les centres d'archives, plusieurs documents nous permettant de relier tous ces lots de mesure et de les replacer dans un même référentiel. Parmi ces documents, plusieurs concernent des études de nivellement réalisées dans le passé. Ces études donnent, notamment, de précieuses indications sur les repères de marée utilisés pour relier les mesures du niveau de la mer à un repère local.

Les objectifs de la campagne sont donc multiples. D'abord, il s'agit de retrouver les repères anciens de marée et de nivellement du Vieux port. Ensuite, de niveler ces repères afin de vérifier leur stabilité entre 1861 et 2010. Puis, de replacer tous les lots de mesures du niveau de la mer par rapport à un même repère local. Enfin, d'inventorier et de coter toutes les échelles de marée actuellement installées dans le Vieux port de La Rochelle.

2. Organisation de la campagne

2.1. Contacts

- **Service des Phares et Balises** : gestionnaire du Phare rouge
Direction Départementale des Territoires et de la Mer > Service Eau et Littoral
Tel : 05.46.42.62.48
Tel : 06.89.37.32.77

Nécessité de les appeler et de prendre un rendez-vous afin d'accéder au repère IGN O.O.K3-24A situé sur le socle du phare Rouge. Le phare Rouge est en effet entouré de grilles fermées par un cadenas.

2.2. Matériel emporté

- **le mardi 15 juin 2010 :** - *nivellement géométrique aller*

- 1 trépied bois LEICA
- 1 embase avec plomb optique
- 1 niveau optique de précision Leica NA2
- 1 micromètre GPM3
- 1 mire de précision avec ruban Invar de 3 mètres
- 1 mire de précision avec ruban Invar de 2 mètres
- 2 cannes pour stabiliser la mire
- 2 embases crapauds
- 1 ordinateur portable étanche
- 1 appareil photo numérique

- **le jeudi 17 juin 2010 :** - *nivellement géométrique retour*
- *nivellement trigonométrique*

- 1 trépied bois LEICA
- 1 embase avec plomb optique
- 1 niveau optique de précision Leica NA2
- 1 micromètre GPM3
- 1 théodolite
- 1 mire de précision avec ruban Invar de 3 mètres
- 1 mire de précision avec ruban Invar de 2 mètres
- 1 mire de chantier télescopique de 4 mètres
- 1 mètre-ruban
- 2 cannes pour stabiliser la mire
- 2 embases crapauds
- 1 ordinateur portable étanche
- 1 appareil photo numérique

2.3. Déroulement des missions

Missions réalisées par Thomas GOURIOU, Médéric GRAVELLE, Samuel LE PAJOLEC et Pascal TIPHANEAU.

- **le mardi 15 juin 2010 :**

08h15 : départ de l'Institut du Littoral et de l'Environnement direction le parking de la médiathèque
08h30 : début du nivellement géométrique aller, au niveau du pont levant du Gabut (ancien marégraphe)
12h45 : fin du nivellement géométrique aller, au niveau de la porte des Deux-Moulins
13h15 : retour à l'Institut du Littoral et de l'Environnement

- **le jeudi 17 juin 2010 :**

08h15 : départ de l'Institut du Littoral et de l'Environnement direction le parking de la médiathèque
08h45 : début du nivellement géométrique retour, au niveau de la porte des Deux-Moulins
11h : fin du nivellement géométrique retour, au niveau du pont levant du Gabut (ancien marégraphe)
11h30 : début du nivellement trigonométrique des échelles de marée
13h45 : retour à l'Institut du Littoral et de l'Environnement

3. Présentation

3.1. Localisation du site

La ville de La Rochelle est située sur la façade atlantique française (*schéma 1*), dans le département de la Charente-Maritime (17) et compte, à l'heure actuelle, trois ports maritimes : le port commercial de La Pallice (le plus au Nord), le Vieux port, et le port de plaisance des Minimes. Le plus ancien de ces trois ports est le Vieux port, dont la forme actuelle du vieux bassin et les deux tours qui encadrent son entrée (tour de la chaîne et tour Saint-Nicolas) ont un peu plus de six siècles. Par la suite, deux autres bassins viendront agrandir le Vieux port : le bassin à flot intérieur (inauguration en 1808) et le bassin à flot extérieur (inauguration en 1862, aujourd'hui appelé bassin des grands yachts) [*De Baucé et Thurninger, 1885*].

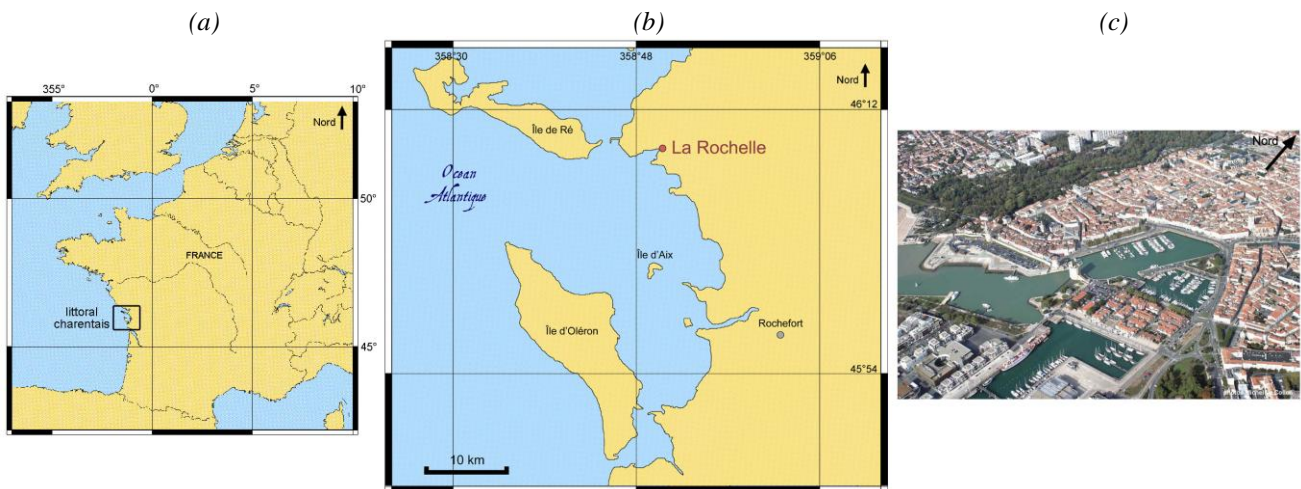
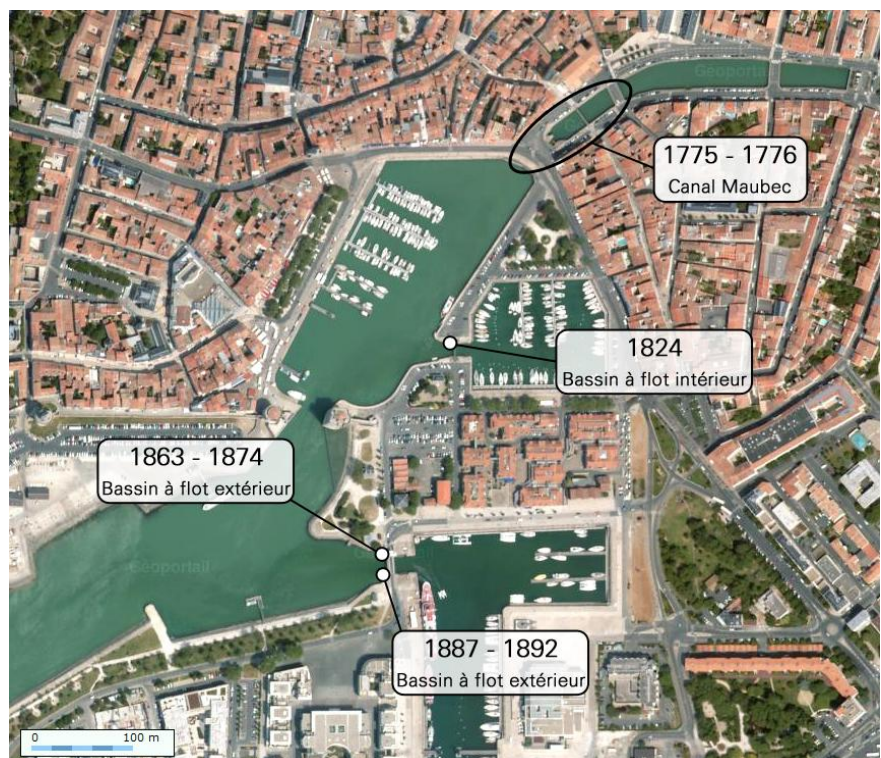


schéma 1 : (a) carte de la France avec localisation du littoral charentais ; (b) carte du littoral charentais avec localisation de La Rochelle ; (c) photo aérienne du Vieux port de La Rochelle (© Michel Le Collen)

3.2. Mesures historiques du niveau de la mer

Plusieurs lots de mesures du niveau de la mer réalisés au Vieux port de La Rochelle ont été retrouvés dans les centres d'archives. Ces mesures couvrent une période de 118 ans (1775 - 1892), pour une durée effective d'enregistrement de 20 ans et 4 mois, et sont répartis sur trois sites différents du Vieux port (*schéma 2*).

schéma 2 : photo aérienne du Vieux port de La Rochelle avec la localisation des différents lieux de mesure du niveau de la mer entre 1775 et 1892 (© Géoportail, IGN)



Ces différents lots de mesure n'ont pas tous été enregistrés de la même manière ni dans un même référentiel de temps et de hauteur. Voici donc un récapitulatif des systèmes de mesures employés pour chaque lot (*tableau 1*).

Lot de mesures	Période	Appareil de mesure	Enregistrement	Système de hauteur		Système de temps	
				Pieds - Pouces	Métrique	Temps Solaire Vrai	Temps Solaire Moyen
1775 - 1776	1 an	Echelle	PM diurnes	X		-	
1824	4 mois	Echelle	diurne, tous les ¼ d'heure	X		X	
1863 - 1874	12 ans	Marégraphe	en continu		X	X	
1887 - 1892	7 ans	Echelle	PM et BM diurnes		X		X

tableau 1 : récapitulatif des différents systèmes de mesure utilisés au Vieux port de La Rochelle entre 1775 et 1892

En plus des systèmes de temps et de hauteur qui diffèrent selon la période de mesure, un autre paramètre est à prendre en compte : par rapport à quel repère les mesures ont-elles été réalisées ? Pour les quatre lots de mesure, à chaque fois, les enregistrements ont été effectués par rapport au zéro d'une échelle de marée. L'objectif est donc de rattacher les zéros de ces échelles à un repère terrestre commun et de vérifier, par la suite, si ce repère a été stable au cours de la période de mesures, c'est-à-dire entre 1775 et 1892. Le tableau suivant (*tableau 2*) présente un récapitulatif de la cote des zéros des échelles utilisées pour ces périodes, réalisé à partir des informations trouvées dans les documents d'archive.

Pour le lot de mesures de 1775-1776, nous n'avons, pour le moment, retrouvé aucune information écrite sur le rattachement du zéro de l'échelle par rapport à un repère terrestre. Par contre, il est fort probable que le zéro de l'échelle correspondait à la base du radier du canal Maubec, comme c'est le cas, par exemple pour d'autres échelles gravées (à Brest, ou à La Rochelle - porte des Deux-Moulins - par exemple). Nous prenons donc comme hypothèse que le zéro de l'échelle de 1775 correspond à la base du radier du canal Maubec, qui est cotée à -1,30 m NGF-Bourdalouë au niveau des vannes [*Viennot et Thurninger, 1894*].

Lot de mesures	Altitude ou hauteur du zéro des mesures	Référence	Source
1775 - 1776	+ 1,70 m	<i>Zéro des cartes marines</i>	« Port de La Rochelle, Nivellement des ouvrages du port et de la rade, 1894 », Viennot, archives AD17, cote DDE 3965
	- 1,30 m	<i>NGF-Bourdalouë</i>	
	- 6,899 m	<i>R. Phare blanc</i>	
1824	- 2,300 m	NGF-Bourdalouë	« Baie de La Rochelle - Etude Hydrographique par MM. Bouquet de la Grye et Hatt - 1876 », archives du SHOM
	- 7,899 m	<i>R. Phare blanc</i>	
1863 - 1874	- 3,924 m	NGF-Bourdalouë	« Baie de La Rochelle - Etude Hydrographique par MM. Bouquet de la Grye et Hatt - 1876 », archives du SHOM
	- 9,523 m	<i>R. Phare blanc</i>	
1887 - 1892	- 0,83 m	<i>Zéro des cartes marines</i>	« Port de La Rochelle, Nivellement des ouvrages du port et de la rade, 1894 », Viennot, archives AD17, cote DDE 3965
	- 3,83 m	NGF-Bourdalouë	
	- 9,429 m	<i>R. Phare blanc</i>	

tableau 2 : récapitulatif de la cote des différents zéros utilisés pour les mesures du niveau de la mer au Vieux port de La Rochelle entre 1775 et 1892. Le zéro de 1775 n'a pas de source écrite : les cotes indiquées sont des hypothèses de travail.

3.3. Description des repères

3.3.1. Repères de nivellement

Plusieurs campagnes de mesures ont eu lieu par le passé sur le Vieux port de La Rochelle. Au cours de ces campagnes, différents repères ont été choisis et cotés. Après une première vue d'ensemble (*schéma 3*), les repères seront détaillés un à un.

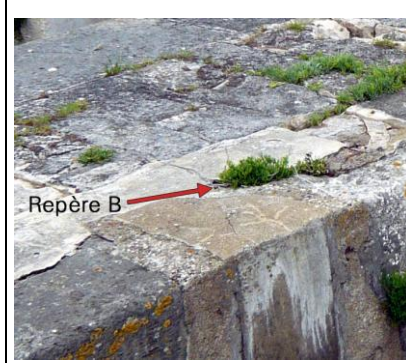
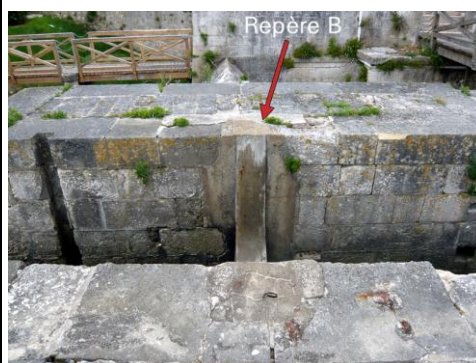


schéma 3 : photo aérienne du Vieux port de La Rochelle avec la localisation des différents repères de nivellement (© Géoportail, IGN)

Repère B (existant)

Période : ? à ce jour

Type : Repère « Téton » métallique

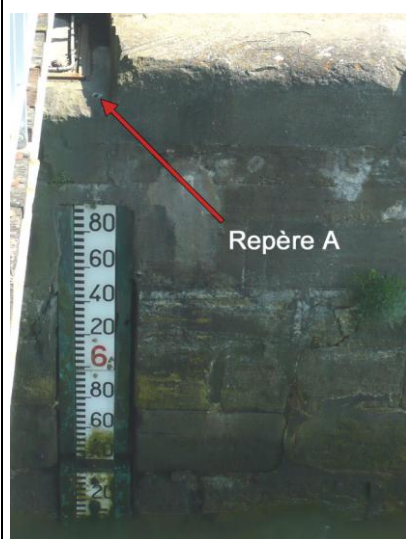


Description : Repère « téton » métallique scellé sur un des murs de la porte des Deux-Moulins, à mi-distance entre les deux échelles de marée (en pieds et pouces) gravées dans le mur. Il a été choisi comme repère de nivellement par l'équipe LIENSs le 15 juin 2010, car situé à proximité de deux échelles de marée gravées.

Repère A (existant)

Période : ? à ce jour

Type : Repère « Téton » métallique



Description : Repère « téton » métallique scellé à l'aplomb de l'échelle de marée aval de l'écluse du bassin à flot extérieur. Il est situé sur le bajoyer Sud et a été choisi comme repère de nivellement par l'équipe LIENSs le 15 juin 2010, car situé à proximité de deux échelles de marée.

Repère C (existant)

Période : 1894 à ce jour

Type : Repère naturel

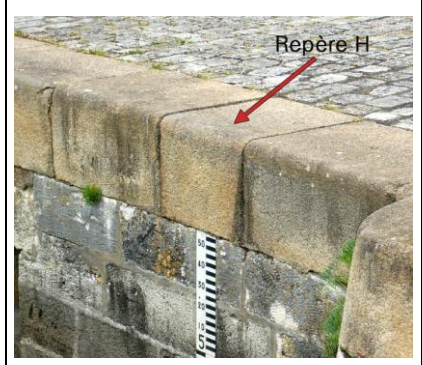
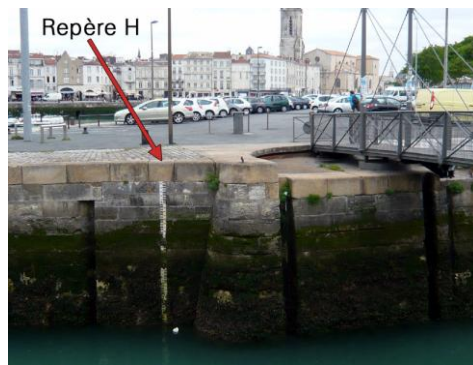


Description : Couronnement du bajoyer amont, côté Sud, de l'écluse du bassin à flot extérieur du Vieux port de La Rochelle. La pierre qui a servi de repère est la première pierre se trouvant à l'Ouest de celle se situant à l'aplomb de l'échelle de marée.

Repère H • Couronnement du bajoyer (existant)

Période : 1824 à ce jour

Type : Repère naturel

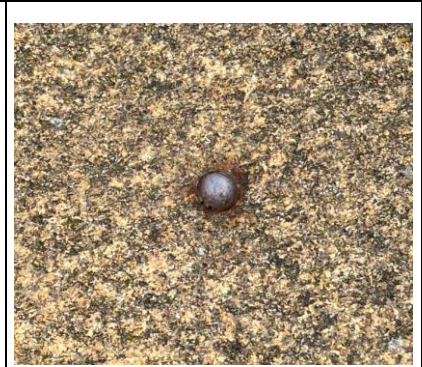


Description : Couronnement du bajoyer aval, côté nord, de l'écluse du bassin à flot intérieur du Vieux port de La Rochelle. La pierre qui a servi de repère est celle se situant à l'aplomb de l'échelle de marée. **Ce repère est le repère fondamental pour les hydrographes depuis 1824.**

O.O.K3-24-I (existant)

Période : 1957 à ce jour

Type : Rivet

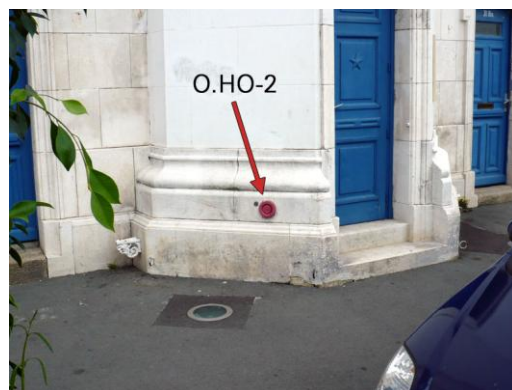


Description : Rivet scellé sur le couronnement du bajoyer aval, côté nord, de l'écluse du bassin à flot intérieur du Vieux port de La Rochelle.

O.HO-2 • Phare blanc (existant)

Période : 1861 à ce jour

Type : Repère Bourdalouë

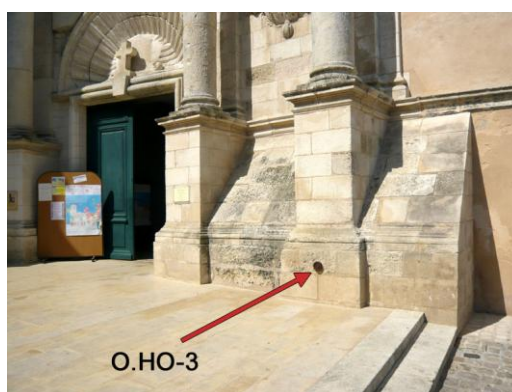


Description : Repère scellé au socle du phare blanc (ou Grand phare), au fond du Vieux port. Il est situé au n°31 du quai Valin, à environ 0,60 m au dessus du sol.

O.HO-3 • Eglise Saint-Sauveur (existant)

Période : 1861 à ce jour

Type : Repère Bourdalouë

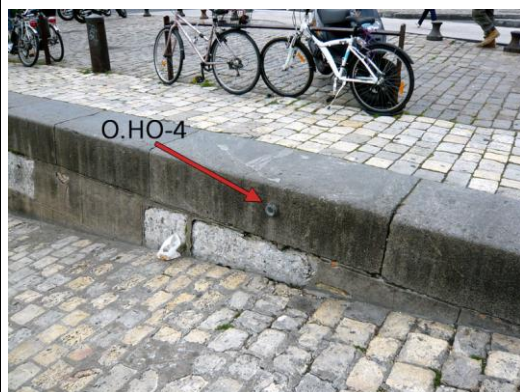
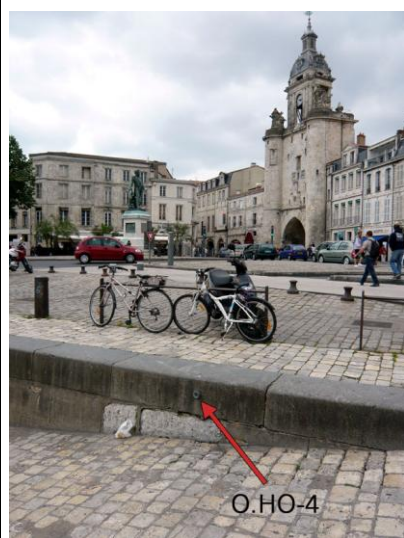


Description : Repère scellé sur le soubassement du pilier le plus au sud, sur le mur de façade de l'église Saint-Sauveur.

O.HO-4 • Quai Duperré (existant)

Période : 1995 à ce jour

Type : Repère médaillon type IGN



Description : Repère scellé au quai, face sud-est, à l'angle nord-ouest du Vieux port. Il est situé à environ 0,20 m au dessous de l'arrête supérieure.

O.HO-5 • Tour de la chaîne (existant)

Période : 1861 à ce jour

Type : Repère Bourdaloué



Description : Repère scellé au pied de la tour de la chaîne, à l'entrée du Vieux port. Il est situé sur la face Nord de la tour, sur la face opposée à l'avant-port, à environ 0,78 m au dessus du sol.

O.O.K3-24A • Phare rouge (existant)

Période : 1861 à ce jour

Type : Repère Bourdalouë

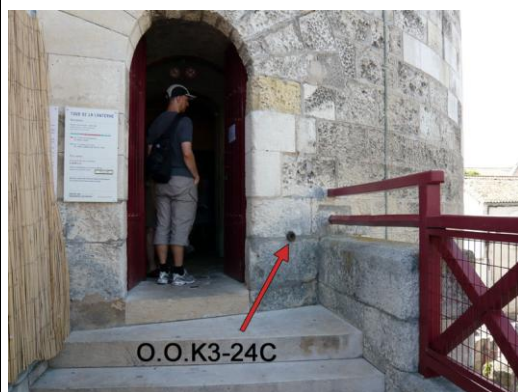
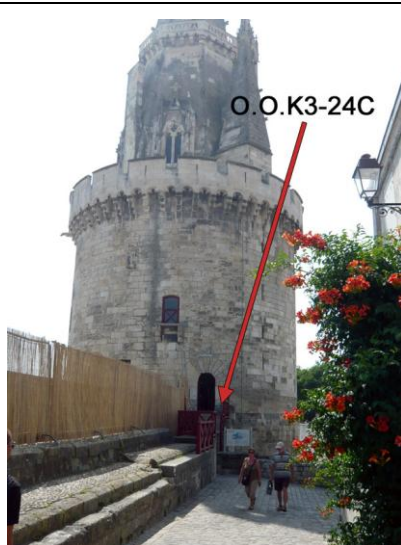


Description : Repère scellé au socle du phare rouge (ou Petit phare, Petit fanal), près du quai de la jetée, à proximité de la tour Saint-Nicolas.

O.O.K3-24C • Tour de la Lanterne (existant)

Période : 1913 à ce jour

Type : Repère médaillon type NGF



Description : Repère scellé en bas à droite de la porte d'entrée de la tour de la Lanterne, dans le prolongement de la rue Sur-les-Murs.

3.3.2. Echelles de marée

A l'heure actuelle, il existe plusieurs échelles de marée installées dans le Vieux port de La Rochelle. Nous les listons toutes ici puis nous présenterons les résultats du nivellement de ces échelles dans le chapitre suivant. Après une première vue d'ensemble (*schéma 4*), les échelles seront détaillées une à une.

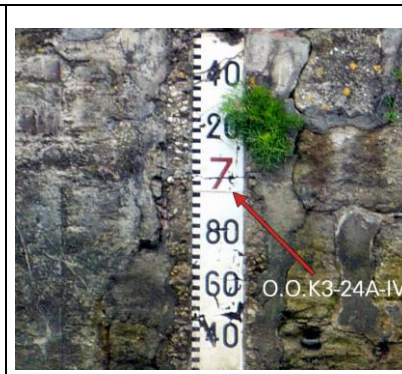
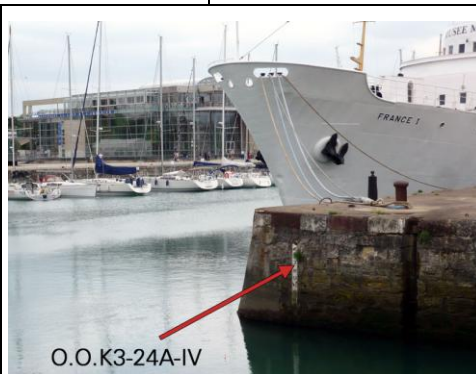


schéma 4 : photo aérienne du Vieux port de La Rochelle avec la localisation des différentes échelles de marée (© Géoportail, IGN)

O.O.K3-24A-IV • Echelle amont, bassin extérieur (**existante**)

Période : 1894 à ce jour

Type : Echelle de marée en lave émaillée

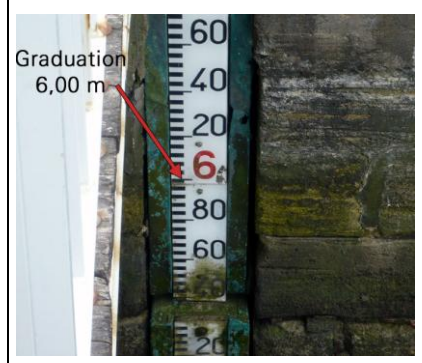


Description : Echelle de marée située en amont de l'écluse du bassin à flot extérieur (ou bassin des grands yachts, anciennement bassin des chalutiers), le long du bajoyer sud, face nord. Cette échelle est un repère de nivellement répertorié dans la base de données de l'IGN. La graduation de l'échelle qui sert de repère est la graduation 7,00 m.

E2 • Echelle aval, bassin extérieur (existante)

Période : ? à ce jour

Type : Echelle de marée en lave émaillée

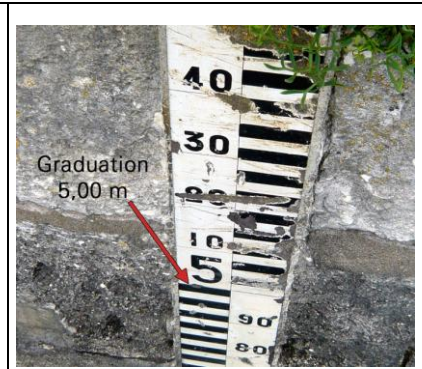


Description : Echelle de marée située en aval de l'écluse du bassin à flot extérieur (ou bassin des grands yachts, anciennement bassin des chalutiers), le long du bajoyer sud, face nord. La graduation de l'échelle qui sert de repère est la graduation 6,00 m.

E3 • Echelle amont, bassin intérieur (existante)

Période : ? à ce jour

Type : Echelle de marée en lave émaillée

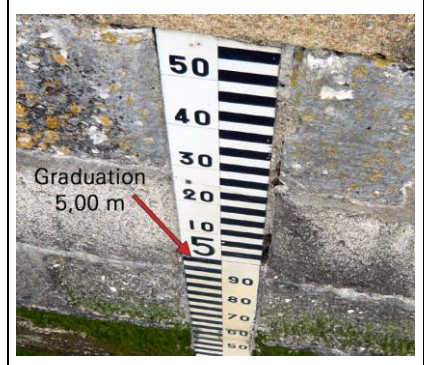


Description : Echelle de marée située en amont de l'écluse du bassin à flot intérieur, le long du bajoyer nord, face sud. La graduation de l'échelle qui sert de repère est la graduation 5,00 m.

E4 • Echelle aval, bassin intérieur (existante)

Période : ? à ce jour

Type : Echelle de marée en lave émaillée

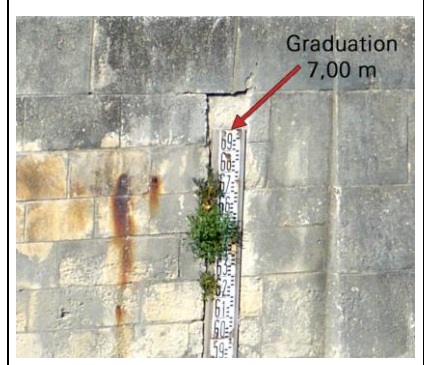


Description : Echelle de marée située en aval de l'écluse du bassin à flot intérieur, le long du bajoyer nord, face sud. La graduation de l'échelle qui sert de repère est la graduation 5,00 m.

E5 • Echelle amont, canal Maubec (existante)

Période : ? à ce jour

Type : ?



Description : Echelle de marée située en amont de l'écluse du canal Maubec, le long du mur Nord-Ouest du canal. La graduation de l'échelle qui sert de repère est la graduation 7,00 m

E6 • Echelle centrale, canal Maubec (existante)

Période : ? à ce jour

Type : ?

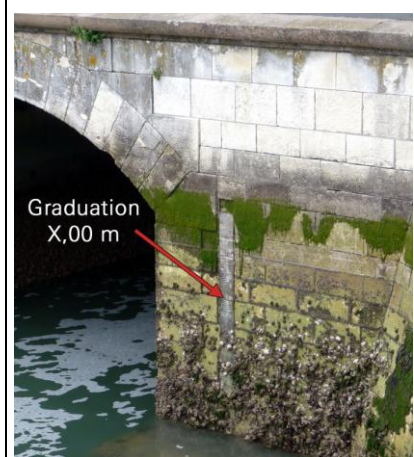


Description : Echelle de marée située en aval de l'écluse du canal Maubec, dans le canal lui-même (après le pont), le long de l'escalier situé sur le bajoyer Nord-Ouest. La graduation de l'échelle qui sert de repère est la graduation 7,00 m

E7 • Echelle aval, canal Maubec (existante)

Période : ? à ce jour

Type : ?

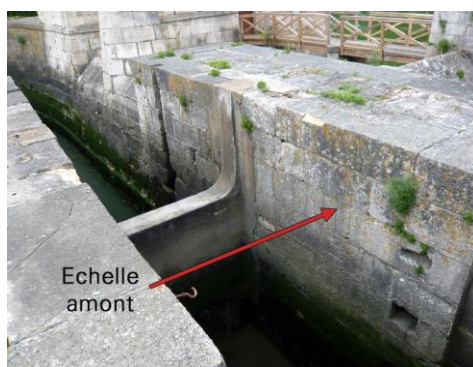


Description : Echelle de marée située en aval de l'écluse du canal Maubec, au fond du vieux bassin, près de la zone d'échouage, le long du bajoyer Nord, face Sud. Les graduations de cette échelle sont presque illisibles. La graduation de l'échelle qui sert de repère est la graduation X,00 m, située à environ 1 mètre en dessous de l'extrémité haute de l'échelle, au niveau de la 9^e rangée de pierres en partant du bord de la route.

E8 • Echelle amont, porte des Deux-Moulins (**existante**)

Période : ? à ce jour

Type : Echelle gravée dans la pierre



Description : Echelle de marée gravée dans le mur Ouest du conduit d'évacuation des eaux des anciennes douves de la porte des Deux-Moulins. Echelle située juste en amont de l'ancien système d'écluse. C'est une échelle gravée en pieds et en pouces dont le zéro correspondrait à la base du radier. La graduation de l'échelle qui sert de repère est la graduation 11 pieds.

E9 • Echelle aval, porte des Deux-Moulins (**existante**)

Période : ? à ce jour

Type : Echelle gravée dans la pierre



Description : Echelle de marée gravée dans le mur Ouest du conduit d'évacuation des eaux des anciennes douves de la porte des Deux-Moulins. Echelle située juste en aval de l'ancien système d'écluse. C'est une échelle gravée en pieds et en pouces dont le zéro correspondrait à la base du radier. La graduation de l'échelle qui sert de repère est la graduation 7 pieds.

4. Mesures historiques

4.1. Historique des repères

4.1.1. Repères de nivellement

Voici un historique de la cote des principaux repères de nivellement et/ou de marée présents sur le Vieux port de La Rochelle de 1824 à nos jours. Cet historique a été réalisé à partir d'informations retrouvées dans les centres d'archives de l'Institut Géographique National (IGN), du Service Hydrographique et Océanographique de la Marine (SHOM), des archives départementales de la Charente-Maritime (AD17) et du Service Historique de la Défense - Marine de Rochefort (SHD-Marine Rochefort).

REPÈRE H • O.O.K3-24-I

Année	Nom d'usage	Altitude ou hauteur	Référence	Source
1824	Couronnement	+ 7,00 m	Zéro de réduction des sondes	« Marées - 1824, Côtes de France », Beutemps-Beaupré, archives du SHD-Marine (Rochefort), cote 7JJ 364
1861	Couronnement	+ 7,00 m	Zéro de Beutemps-Beaupré	« Port de La Rochelle et dépendances. Affaires diverses (1853-1870), archives AD17, cote DDE 3509
		+ 4,207 m	NGF-Bourdalouë	« Nivellement général de la France, lignes de base, 20 mars 1862 », Leclerc, archives de l'IGN
1876	Couronnement	+ 5,203 m	NGF-Bourdalouë	« Baie de La Rochelle - Etude Hydrographique par MM. Bouquet de la Grye et Hatt - 1876 », archives du SHOM
1894	Couronnement	+ 4,203 m	NGF-Bourdalouë	« Port de La Rochelle, Nivellement des ouvrages du port et de la rade », Viennot, archives AD17, cote DDE 3965
		+ 7,203 m	Zéro des cartes marines	
1913	Couronnement	+ 3,655 m	NGF-Lallemand	Cahier de « Calcul des altitudes des repères, réseau de 3 ^e ordre », opérateur :Guy, archives de l'IGN
1957	O.O.K3-24-I	+ 3,6359 m	NGF-Lallemand	Cahier de « Calcul des altitudes des repères, réseau de 3 ^e ordre », opérateur :Dupuy, archives de l'IGN
1960	Rivet	+ 3,635 m	NGF-Lallemand	« Mission de MHCFAN, cahier n°2/3, Nivellement Cholesky, rattachements divers », archives du SHOM, rayon n°2.1, cote SH2-886
1986	O.O.K3-24-I	+ 3,6359 m	NGF-Lallemand	Cahier de « Calcul des altitudes des repères, réseau de 3 ^e ordre », opérateur :Dupuy, archives de l'IGN
		+ 3,8219 m	NGF-IGN69	
		+ 3,822 m	NGF-IGN69	http://geodesie.ign.fr/fiches/ (consulté le 8 juillet 2010)

TOUR DE LA CHAINE

Année	Nom d'usage	Altitude ou hauteur	Référence	Source
1861	R. Tour de la Chaîne	+ 5,652 m	NGF-Bourdalouë	« Nivellement général de la France, lignes de base, 20 mars 1862 », Leclerc, archives de l'IGN
1876	R. Tour de la Chaîne	+ 5,652 m	NGF-Bourdalouë	« Baie de La Rochelle - Etude Hydrographique par MM. Bouquet de la Grye et Hatt - 1876 », archives du SHOM
1913	O.O.K3-24 ^b	+ 5,024 m	NGF-Lallemand	Cahier de « Calcul des altitudes des repères, réseau de 3 ^e ordre », opérateur :Guy, archives de l'IGN
1957	O.O.K3-24 ^b	+ 4,9981 m	NGF-Lallemand	Cahier de « Calcul des altitudes des repères, réseau de 3 ^e ordre », opérateur :Dupuy, archives de l'IGN
1986	O.O.K3-24 ^b	+ 5,1849 m	NGF-IGN69	Cahier de « Calcul des altitudes des repères, réseau de 3 ^e ordre », opérateur :Dupuy, archives de l'IGN
1995	O.HO-5	+ 5,171 m	NGF-IGN69	http://geodesie.ign.fr/fiches/ (consulté le 8 juillet 2010)

TOUR DE LA LANTERNE

Année	Nom d'usage	Altitude ou hauteur	Référence	Source
1913	O.O.K3-24 ^c	+ 10,700 m	NGF-Lallemand	Cahier de « Calcul des altitudes des repères, réseau de 3 ^e ordre », opérateur :Guy, archives de l'IGN
1957	O.O.K3-24 ^c	+ 10,6907 m	NGF-Lallemand	Cahier de « Calcul des altitudes des repères, réseau de 3 ^e ordre », opérateur :Dupuy, archives de l'IGN
1986	O.O.K3-24C	+ 10,8783 m	NGF-IGN69	Cahier de « Calcul des altitudes des repères, réseau de 3 ^e ordre », opérateur :Dupuy, archives de l'IGN
		+ 10,878 m	NGF-IGN69	http://geodesie.ign.fr/fiches/ (consulté le 8 juillet 2010)

EGLISE SAINT-SAUVEUR

Année	Nom d'usage	Altitude ou hauteur	Référence	Source
1861	R. église St-Sauveur	+ 6,040 m	NGF-Bourdalouë	« Nivellement général de la France, lignes de base, 20 mars 1862 », Leclerc, archives de l'IGN
1913	R.B.-605-1	+ 5,412 m	NGF-Lallemand	Cahier de « Calcul des altitudes des repères, réseau de 3 ^e ordre », opérateur :Guy, archives de l'IGN
1957	O.O.K3-22 ^a	+ 5,4120 m	NGF-Lallemand	Cahier de « Calcul des altitudes des repères, réseau de 3 ^e ordre », opérateur :Dupuy, archives de l'IGN
1986	O.O.K3-22 ^a	+ 5,5982 m	NGF-IGN69	Cahier de « Calcul des altitudes des repères, réseau de 3 ^e ordre », opérateur :Dupuy, archives de l'IGN
1995	O.HO-3	+ 5,597 m	NGF-IGN69	http://geodesie.ign.fr/fiches/ (consulté le 8 juillet 2010)

PHARE BLANC

Année	Nom d'usage	Altitude ou hauteur	Référence	Source
1861	R. du grand phare	+ 5,599 m	NGF-Bourdalouë	« Nivellement général de la France, lignes de base, 20 mars 1862 », Leclerc, archives de l'IGN
1876	R. du grand phare	+ 5,599 m	NGF-Bourdalouë	« Baie de La Rochelle - Etude Hydrographique par MM. Bouquet de la Grye et Hatt - 1876 », archives du SHOM
1894	R. du feu blanc	+ 5,599 m	NGF-Bourdalouë	« Port de La Rochelle, Nivellement des ouvrages du port et de la rade », Viennot, archives AD17, cote DDE 3965
1913	R.B.-605-3	+ 4,968 m	NGF-Lallemand	Cahier de « Calcul des altitudes des repères, réseau de 3 ^e ordre », opérateur :Guy, archives de l'IGN
1957	O.O.K3-22	+ 4,9680 m	NGF-Lallemand	Cahier de « Calcul des altitudes des repères, réseau de 3 ^e ordre », opérateur :Dupuy, archives de l'IGN
1986	O.O.K3-22	+ 5,1535 m	NGF-IGN69	Cahier de « Calcul des altitudes des repères, réseau de 3 ^e ordre », opérateur :Dupuy, archives de l'IGN
1995	O.HO-2	+ 5,150 m	NGF-IGN69	http://geodesie.ign.fr/fiches/ (consulté le 8 juillet 2010)

PHARE ROUGE

Année	Nom d'usage	Altitude ou hauteur	Référence	Source
1861	R. du petit fanal (fanal d'aval)	+ 7,699 m	Zéro de réduction des sondes	« Marées - 1824, Côtes de France », Beautemps-Beaupré, archives du SHD-Marine (Rochefort), cote 7JJ 364
	R. du petit fanal	+ 4,906 m	NGF-Bourdalouë	« Nivellement général de la France, lignes de base, 20 mars 1862 », Leclerc, archives de l'IGN
1876	R. du petit fanal	+ 4,906 m	NGF-Bourdalouë	« Baie de La Rochelle - Etude Hydrographique par MM. Bouquet de la Grye et Hatt - 1876 », archives du SHOM
1894	R. du feu rouge	+ 4,906 m	NGF-Bourdalouë	« Port de La Rochelle, Nivellement des ouvrages du port et de la rade », Viennot, archives AD17, cote DDE 3965
		+ 7,906 m	Zéro des cartes marines	
1913	R.B.-605-3	+ 4,275 m	NGF-Lallemand	Cahier de « Calcul des altitudes des repères, réseau de 3 ^e ordre », opérateur :Guy, archives de l'IGN
1957	O.O.K3-24 ^a	+ 4,2689 m	NGF-Lallemand	Cahier de « Calcul des altitudes des repères, réseau de 3 ^e ordre », opérateur :Dupuy, archives de l'IGN
1986	O.O.K3-24A	+ 4,2689 m	NGF-Lallemand	Cahier de « Calcul des altitudes des repères, réseau de 3 ^e ordre », opérateur :Dupuy, archives de l'IGN
		+ 4,4552 m	NGF-IGN69	
		+ 4,455 m	NGF-IGN69	http://geodesie.ign.fr/fiches/ (consulté le 8 juillet 2010)

REPERE C

Année	Nom d'usage	Altitude ou hauteur	Référence	Source
1894	Couronnement	+ 4,573 m	NGF-Bourdalouë	« Port de La Rochelle, Nivellement des ouvrages du port et de la rade », Viennot, archives AD17, cote DDE 3965
1913	O.O.K3-24 ^a -I ^{bis}	+ 4,114 m	NGF-Lallemand	Cahier de « Calcul des altitudes des repères, réseau de 3 ^e ordre », opérateur :Guy, archives de l'IGN
1957	O.O.K3-24 ^a -II	+ 4,1095 m	NGF-Lallemand	Cahier de « Calcul des altitudes des repères, réseau de 3 ^e ordre », opérateur :Dupuy, archives de l'IGN
1986	O.O.K3-24 ^a -III	+ 4,2958 m	NGF-IGN69	Cahier de « Calcul des altitudes des repères, réseau de 3 ^e ordre », opérateur :Dupuy, archives de l'IGN

QUAI DUPERRÉ

Année	Nom d'usage	Altitude ou hauteur	Référence	Source
1995	O.HO-4	+ 3,547 m	NGF-IGN69	http://geodesie.ign.fr/fiches/ (consulté le 8 juillet 2010)

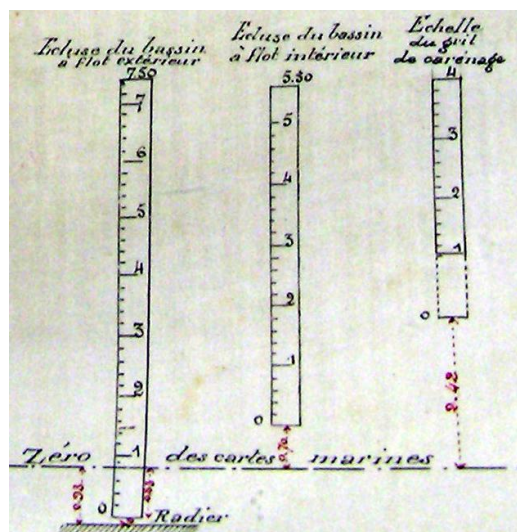
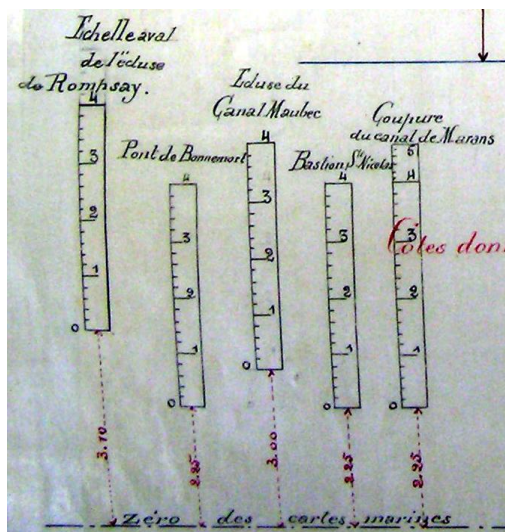
4.1.2. Echelles de marée

Parmi les documents retrouvés dans les centres d'archives, deux d'entre-eux mentionnent la cote d'échelles de marée Voici les informations qui en ont été extraites :

• **Extrait du document « Baie de La Rochelle - Etude Hydrographique par MM. Bouquet de la Grye et Hatt - 1876 », archives du SHOM**

- Echelle des marées de 1822-1824 : - 2,300 m NGF-Bourdalouë
- Echelle du Lavandin (1876) : - 2,61 m NGF-Bourdalouë
- Echelle du radier du nouveau bassin et ancienne échelle du marégraphe : - 3,924 m NGF-Bourdalouë

• **Extrait du document « Port de La Rochelle - Nivellement des ouvrages du port de la rade – Viennot, 1894 ». AD17, série S, cote DDE 3965 : "Nivellements généraux", chemise A**



Cotes rapportées au zéro des cartes marines (situé à -3,00 m NGF Bourdalouë) :

- Echelle aval de l'écluse de Rompsay	+ 3,10 m
- Echelle du pont de Bonnemort	+ 2,25 m
- Echelle de l'écluse du canal Maubec	+ 3,00 m
- Echelle du bastion Saint-Nicolas	+ 2,25 m
- Echelle de la Coupure du canal de Marans	+ 2,25 m
- Echelle de l'écluse du bassin à flot extérieur	- 0,83 m
- Echelle de l'écluse du bassin à flot intérieur	+ 0,70 m
- Echelle du grill de carénage	+ 2,42 m

Parmi toutes ces échelles, trois d'entre elles ont été nivelées au cours de notre campagne de mesures : échelle du canal Maubec, échelle des bassins à flot intérieur et extérieur. Nos résultats nous permettront de déterminer si les échelles nivelées en 2010, lors de notre campagne, correspondent bien aux échelles indiquées dans ces documents.

4.1.3. Zéro hydrographique

Voici un tableau récapitulatif de la position du zéro hydrographique réalisé à partir des documents d'archives (tableau 3). On peut constater que le zéro hydrographique a été redéfini entre 1876 et 1894. Malheureusement, nous ne disposons pas d'informations suffisantes permettant d'en connaître la raison.

Année	Altitude ou hauteur par rapport au			Source
	Couronnement	R. du phare rouge	NGF-Bourdalouë	
1824	- 7,00 m	-	-	« Marées - 1824, Côtes de France », Beautemps-Beaupré, archives du SHD-Marine (Rochefort), cote 7JJ 364
1861	- 7,000 m	- 7,699 m	-	« Port de La Rochelle et dépendances. Affaires diverses (1853-1870), archives AD17, cote DDE 3509
1876	- 7,003 m	- 7,706 m	- 2,80 m	« Baie de La Rochelle - Etude Hydrographique par MM. Bouquet de la Grye et Hatt - 1876 », archives du SHOM
1894	- 7,203 m	- 7,906 m	- 3,00 m	« Port de La Rochelle, Nivellement des ouvrages du port et de la rade », Viennot, archives AD17, cote DDE 3965
1960	- 7,265 m	-	-	« Mission de MHCFAAN, cahier n°2/3, Nivellement Cholesky, rattachements divers », archives du SHOM, rayon n°2.1, cote SH2-886

tableau 3 : récapitulatif de la position du zéro hydrographique au Vieux port de La Rochelle entre 1824 et 1960. Le couronnement, ici, correspond au repère H. Le repère du phare rouge correspond lui au repère O.O.K3-24A.

4.2. Relation entre les zéros NGF

A partir de l'historique des cotes des repères du paragraphe 4.1.1, nous avons déduit la relation entre les différentes origines des réseaux du Nivellement Général de la France (NGF) qui ont eu cours depuis 1861 jusqu'à ce jour, sur le Vieux port de La Rochelle. Pour cela, nous avons sélectionné les repères dont nous connaissions les cotes dans au moins deux réseaux NGF différents. Les résultats sont présentés dans les deux tableaux ci-dessous.

Repère	Altitudes NGF		Lallemand - Bourdalouë
	Bourdalouë	Lallemand	
O.HO-5	+ 5,652 m	+ 5,024 m	- 0,628 m
O.HO-3	+ 6,040 m	+ 5,412 m	- 0,628 m
O.HO-2	+ 5,599 m	+ 4,968 m	- 0,631 m
<i>H ou O.O.K3-24-I</i>	<i>+ 4,203 m</i>	<i>+ 3,655 m</i>	<i>- 0,548 m</i>
O.O.K3-24A	+ 4,906 m	+ 4,275 m	- 0,631 m
<i>C</i>	<i>+ 4,573 m</i>	<i>+ 4,114 m</i>	<i>- 0,459 m</i>

Moyenne : - 0,630 m

Ecart-type : 0,002 m

tableau 4 : différence d'altitudes de quelques repères cotés dans les réseaux NGF-Bourdalouë et NGF-Lallemand

Le tableau de conversion entre les réseaux NGF-Bourdalouë et NGF-Lallemand fait ressortir deux repères par rapport aux quatre autres. En effet, les repères O.O.K3-24-I et C ne présentent pas la même valeur de conversion que les autres. La moyenne calculée (- 0,630 m) ne tient donc pas compte de ces deux valeurs.

Pour le repère C, qui correspond au couronnement du bajoyer de l'écluse du bassin à flot extérieur, il existe une différence d'environ 17 cm (0,630 - 0,459) entre la valeur moyenne et la valeur du repère C. On peut l'expliquer par le fait que le point de repère ayant été nivelé en 1861 n'est pas le même qu'en 1913. En effet, le bassin à flot extérieur a été inauguré en 1862 [De Baucé et Thurninger, 1885], par conséquent, lors du nivellement réalisé par Leclerc en 1861, il est possible que le bassin était encore en chantier et que le point pris pour repère soit différent de celui pris en 1913.

Pour le repère O.O.K3-24-I, qui correspond au rivet installé sur le couronnement du bajoyer de l'écluse du bassin à flot intérieur, il est fort probable que des travaux d'aménagement de l'écluse aient eu lieu, ce qui a eu pour conséquence de modifier l'altitude de ce repère. De plus, les informations dans les documents d'archives sont également peu explicites. En effet, on ne sait pas toujours si l'on parle du repère H (couronnement du bajoyer de l'écluse du bassin à flot intérieur) ou du repère O.O.K3-24-I (rivet).

Repère	Altitudes NGF		IGN-69 - Lallemand
	Lallemand	IGN-69	
O.HO-5	+ 4,9981 m	+ 5,1849 m	+ 0,1868 m
O.O.K3-24C	+ 10,6907 m	+ 10,8783 m	+ 0,1876 m
O.HO-3	+ 5,4120 m	+ 5,5982 m	+ 0,1862 m
O.HO-2	+ 4,9680 m	+ 5,1535 m	+ 0,1855 m
O.O.K3-24-I	+ 3,6359 m	+ 3,8219 m	+ 0,1860 m
O.O.K3-24A	+ 4,2689 m	+ 4,4552 m	+ 0,1863 m
C	+ 4,1095 m	+ 4,2958 m	+ 0,1863 m
	Moyenne :		+ 0,1864 m
	Ecart-type :		0,0006 m

tableau 5 : différence entre les origines des réseaux NGF-Lallemand et NGF-IGN69 au Vieux port de La Rochelle

Voici le schéma de situation des différentes origines des réseaux NGF utilisés au Vieux port de La Rochelle depuis 1861, réalisé à partir des moyennes calculées ci-dessus (schéma 5).

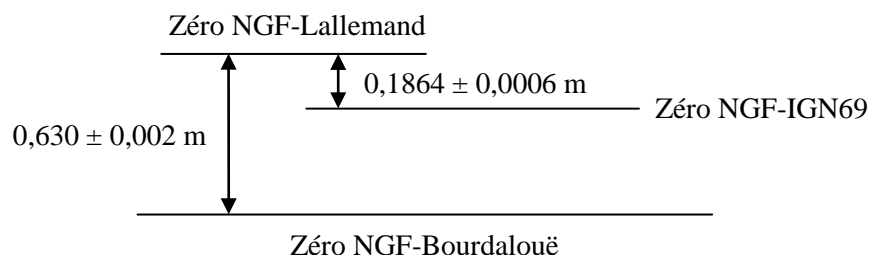


schéma 5 : situation des différentes origines des réseaux NGF utilisés au Vieux port de La Rochelle depuis 1861

La différence entre les réseaux NGF- Lallemand et NGF-IGN69, de $0,1864 \pm 0,0006$ m, est conforme avec la valeur trouvée sur le site internet de l'IGN (0,18 m) pour effectuer une conversion entre ces deux réseaux dans la zone de La Rochelle (d'après la grille centre ouest, feuille n°1329, <http://professionnels.ign.fr/ficheProduitCMS.do?idDoc=5276264>).

5. Nivellement : mesures et résultats

5.1. Nivellement géométrique

Dix repères différents ont été observés par nivellement géométrique de précision en cheminement aller/retour. L'emplacement et la description de chacun de ces repères sont précisés au paragraphe 3.3 *Description des repères*. Le nivellement aller a été effectué le 15 juin et le nivellement retour a été réalisé le 17 juin. L'erreur de fermeture obtenue pour cette opération de nivellement aller/retour est d'environ un centimètre (1,03 cm exactement). Nous avons choisi de calculer les dénivelés de tous les repères par rapport au repère O.HO-2 (phare blanc), car c'est celui qui apparaît comme le plus stable depuis 1861, comme le montre le paragraphe 4.1.1 *Repères de nivellement*. Les résultats sont présentés dans le tableau ci-dessous (le détail du nivellement est dans l'annexe 1), et comparés avec les résultats précédents les plus récents de l'IGN. Pour certains repères (O.HO-2,3,4,5), 1995 est l'année de dernière détermination. Pour les autres repères anciens, 1986 est l'année de nouveau calcul des altitudes, lors du passage du réseau NGF-Lallemand au réseau NGF-IGN69, ces repères ayant été observés pour la dernière fois en 1957 [<http://geodesie.ign.fr/fiches/>].

Dénivelés par rapport au repère O.HO-2 (phare blanc)				
Nom du repère	2010 - LIENSs	1995 - IGN (± 0,001 m)	1986 - IGN (± 0,0005 m)	Mouvement du repère
A	- 1,0426 ± 0,0015 m	-	-	-
B	- 0,5418 ± 0,0017 m	-	-	-
C	- 0,8563 ± 0,0016 m	-	- 0,8577	1,4 ± 1,7 mm
Echelle E5	- 1,6931 ± 0,0006 m	-	-	-
Echelle E6	- 1,5431 ± 0,0005 m	-	-	-
O.HO-3	+ 0,4489 ± 0,0005 m	+ 0,447	+ 0,4447	1,9 ± 1,1 mm
O.HO-4	- 1,6082 ± 0,0009 m	- 1,603	-	5,2 ± 1,3 mm
O.HO-5	+ 0,0189 ± 0,0015 m	+ 0,021	+ 0,0314	2,1 ± 1,8 mm
O.O.K3-24A	- 0,6998 ± 0,0009 m	-	- 0,6983	1,5 ± 1 mm
O.O.K3-24C	+ 5,7259 ± 0,0015 m	-	+ 5,7248	1,1 ± 1,6 mm
O.O.K3-24-I	- 1,3319 ± 0,0007 m	-	- 1,3316	0,3 ± 0,9 mm
H	- 1,3324 ± 0,0016 m	-		0,8 ± 1,7 mm

tableau 6 : dénivelés entre les repères du Vieux port de La Rochelle et le repère O.HO-2. Mesures réalisées par nivellement géométrique. Les incertitudes calculées tiennent compte de la loi de propagation des erreurs. En vert : repères stables, en orange : repères suspects, en rouge : mouvement détecté

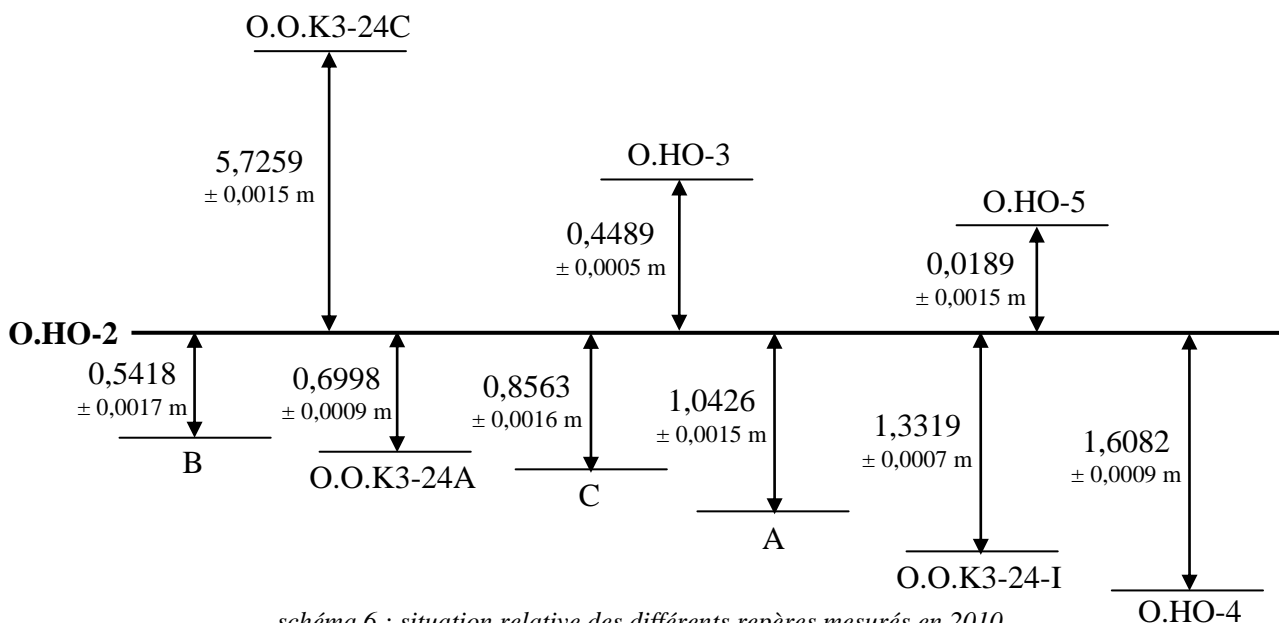


schéma 6 : situation relative des différents repères mesurés en 2010.

A partir de la cote du repère O.HO-2 qui est de 5,150 m NGF-IGN69 et à partir des dénivelés du tableau 6, nous pouvons en déduire les altitudes des autres repères nivelés lors de cette campagne de mesures. Les résultats sont présentés dans le tableau 7 ci-dessous.

Nom du repère	Altitude NGF-IGN69			Mouvement du repère
	2010	1995 (± 0,001 m)	1986 (± 0,001 m)	
A	4,107 ± 0,002 m	-	-	-
B	4,608 ± 0,002 m	-	-	-
C	4,294 ± 0,002 m	-	4,296	stable
Echelle E5	3,457 ± 0,001 m	-	-	-
Echelle E6	3,607 ± 0,001 m	-	-	-
O.HO-3	5,599 ± 0,001 m	5,597	-	stable
O.HO-4	3,542 ± 0,001 m	3,547	-	affaissement
O.HO-5	5,169 ± 0,002 m	5,171	-	stable
O.O.K3-24A	4,450 ± 0,001 m	-	4,455	affaissement ?
O.O.K3-24C	10,876 ± 0,002 m	-	10,878	stable
O.O.K3-24-I	3,818 ± 0,001 m	-	3,822	stable
H	3,818 ± 0,002 m			

tableau 7 : altitudes des repères du Vieux port de La Rochelle déduit des résultats du tableau 6 et de la cote du repère O.HO-2 : 5,150 m NGF-IGN69 (<http://geodesie.ign.fr/fiches/>)

5.2. Nivellement trigonométrique

En plus du nivellement géométrique, consistant à déterminer une différence de hauteur entre deux points donnés, nous avons réalisé un nivellement trigonométrique afin de pouvoir déterminer la cote du zéro des échelles de marée. En effet, mis à part les échelles E5 et E6, nous ne pouvions pas poser la mire de nivellement sur les échelles de marée, par conséquent nous ne pouvions pas déterminer la cote de ces échelles par un nivellement géométrique.

Afin de déterminer la cote des échelles de marée, nous avons procédé en deux étapes. Tout d'abord, nous avons déterminé, par nivellement géométrique, la cote du point se trouvant sur le quai, juste à l'aplomb de l'échelle de marée. Puis, par nivellement trigonométrique, nous avons déterminé la hauteur séparant ce point coté sur le quai avec l'une des graduations de l'échelle de marée (par exemple, 7.00 m). Enfin, connaissant la cote de la graduation 7,00 m, nous avons pu en déduire la cote du zéro de l'échelle de marée. Les résultats sont présentés dans le tableau 8 ci-dessous et le détail des calculs est dans l'annexe 2. La conversion des valeurs en pieds dans le système métrique a été réalisée avec : 1 pied = 0,324839 m [Guilhiermoz, 1913].

Nom de l'échelle	Graduation ayant servi de repère	Altitudes NGF-IGN69	
		Cote de la graduation (± 0,001 m)	Zéro de l'échelle (± 0,001 m)
O.O.K3-24A-IV	7,00 m	2,835 m	- 4,165 m
Echelle E2	6,00 m	2,784 m	- 3,216 m
Echelle E3	5,00 m	2,769 m	- 2,231 m
Echelle E4	5,00 m	2,768 m	- 2,232 m
Echelle E7	X,00 m	1,087 m	?
Echelle E8	11 pieds	3,666 m	0,106 m
Echelle E9	7 pieds	2,310 m	0,036 m

tableau 8 : altitudes du zéro des échelles de marée du Vieux port de La Rochelle mesurées par nivellement trigonométrique. Les graduations de l'échelle E7 sont presque illisibles, la lettre X remplace donc un chiffre inconnu.

6. Discussion et conclusions

• Les repères ont-ils été stables entre 1861 et 2010 ?

Dénivelés par rapport au repère O.HO-2 (phare blanc)						
Nom du repère	1861 (± 0,001 m)	1913 (± 0,001 m)	1957 (± 0,0005 m)	1986 (± 0,0005 m)	1995 (± 0,001 m)	2010
C	- 1,026	- 0,854	- 0,8585	- 0,8577	-	- 0,856 ± 0,002 m
		+0,172± 0,001	-0,005± 0,001	+0,001± 0,001	+0,002± 0,002	
O.HO-3 (stable)	+ 0,441	+ 0,444	+ 0,4440	+ 0,4447	+ 0,447	+ 0,4489 ± 0,0005 m
		+0,003± 0,001	0,000± 0,001	+0,001± 0,001	+0,002± 0,001	+0,002± 0,001
O.HO-5	+ 0,053	+ 0,056	+ 0,0301	+ 0,0314	+ 0,021	+ 0,019 ± 0,002 m
		+0,003± 0,001	-0,026± 0,001	+0,001± 0,001	-0,010± 0,001	-0,002± 0,002
O.O.K3-24A (stable)	- 0,693	- 0,693	- 0,6991	- 0,6983	-	- 0,700 ± 0,001 m
		0,000± 0,001	-0,006± 0,001	+0,001± 0,001	-0,002± 0,001	
O.O.K3-24C (stable)	-	+ 5,732	+ 5,7227	+ 5,7248	-	+ 5,726 ± 0,002 m
			-0,009± 0,001	+0,002± 0,001	+0,001± 0,002	
H ou O.O.K3-24-I	- 1,392	- 1,313	- 1,3321	- 1,3316	-	- 1,332 ± 0,001 m
		+0,079± 0,001	+0,019± 0,001	+0,001± 0,001	+0,0004± 0,001	

tableau 9 : Stabilité des repères du Vieux port de La Rochelle par rapport au repère O.HO-2 entre 1861 et 2010.
Les incertitudes calculées tiennent compte de la loi de propagation des erreurs.
En vert : stable ; en orange : mouvement inférieur à 1 cm ; en rouge : mouvement supérieur ou égal à 1 cm.

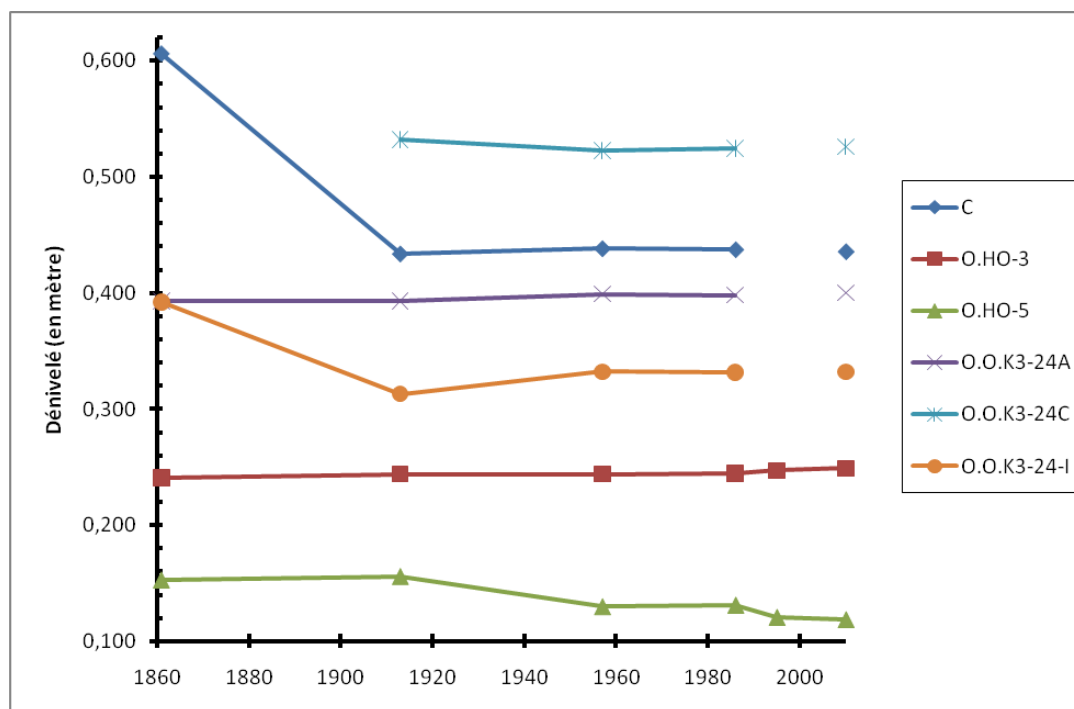


schéma 7 : évolution des dénivelés entre le repère O.HO-2 et les autres repères du Vieux port de La Rochelle. L'ordonnée de chaque courbe a été décalée arbitrairement pour une meilleure lisibilité du graphique. Les incertitudes des dénivelés (comprises entre 0,0005 m et 0,002 m) sont trop faibles pour être représentées (voir tableau 9).

D'après les résultats du tableau 9 et du schéma 7, trois repères semblent stables par rapport au repère O.HO-2 entre 1861 et 2010. Il s'agit des repères O.HO-3 (église Saint-Sauveur), O.O.K3-24A (phare rouge) et O.O.K3-24C (tour de la lanterne).

De même, trois autres repères semblent instables par rapport au repère O.HO-2 : le repère C (couronnement du bassin à flot extérieur), O.HO-5 (tour de la chaîne) et O.O.K3-24-I (couronnement du bassin à flot intérieur).

Concernant le repère C, qui correspond au couronnement du bajoyer du bassin à flot extérieur, le mouvement du repère semble se situer entre 1861 et 1913 (environ 17 cm). L'hypothèse que nous pouvons poser pour expliquer ce mouvement est que le point de repère ayant été nivelé n'est pas le même en 1861 et en 1913. En effet, le bassin à flot extérieur a été inauguré en 1862 [*De Baucé et Thurninger, 1885*]. Par conséquent, lors du nivellement réalisé par Leclerc en 1861, il est possible que le bassin était encore en chantier et que le point pris pour repère soit légèrement différent de celui pris en 1913.

Concernant le repère O.O.K3-24-I (ou H), qui correspond au couronnement du bajoyer du bassin à flot intérieur, il semble avoir bougé deux fois : la première entre 1861 et 1913 (environ 8 cm) et la deuxième entre 1913 et 1957 (environ 2 cm). Ces deux mouvements sont probablement dus à des travaux d'aménagement de l'écluse.

Enfin, concernant le repère O.HO-5, qui correspond à un repère Bourdalouë scellé au pied de la tour de la chaîne, il semble avoir bougé deux fois également : entre 1913 et 1957 (environ 3 cm) et entre 1957 et 1995 (environ 1 cm). Ces mouvements sont plus surprenants et nous n'avons, pour le moment, aucune hypothèse à proposer qui les expliquerait.

Action à prévoir :

- Chercher, dans les centres d'archives, les documents relatifs aux travaux d'aménagement effectués au niveau des écluses des bassins à flot intérieur et extérieur entre 1861 et 1957.

• **Replacer les lots de mesures du niveau de la mer dans un même référentiel local**

Les zéros utilisés pour les quatre lots de mesures ont tous été cotés, dans les documents d'archive, par rapport au repère du phare blanc (O.HO-2). En voici un récapitulatif :

Hauteur du zéro par rapport au R. du phare blanc	1775-1776	1824	1863-1874	1887-1892
	- 6,899 m	- 7,899 m	- 9,523 m	- 9,429 m

tableau 10 : récapitulatif de la hauteur des différents zéros utilisés pour les mesures du niveau de la mer au Vieux port de La Rochelle entre 1775 et 1892, par rapport au R. du phare blanc (repère O.HO-2). Incertitude : 0,001 m.

Nous avons ensuite cherché à replacer ces lots de mesure par rapport au zéro hydrographique le plus récent du Vieux port de La Rochelle. D'après les documents d'archives, 1960 est l'année la plus récente pour laquelle la cote du zéro hydrographique a été vérifiée [MHCFAN, 1960]. A la suite de cette mission, la cote du zéro hydrographique du Vieux port était de $-7,265 \pm 0,001$ m par rapport au repère O.O.K3-24-I. Or, d'après les résultats du tableau 9 et du schéma 7, le repère O.O.K3-24-I est stable depuis 1960 par rapport au repère du phare blanc. Le dénivelé entre ces deux repères est de $-1,332 \pm 0,001$ m. Par conséquent, le zéro hydrographique du Vieux port est situé à $-8,597 \pm 0,001$ m par rapport au repère du phare blanc. Nous pouvons donc en déduire la cote des zéros des lots de mesure par rapport au zéro hydrographique du Vieux port. De plus, connaissant l'altitude du repère O.HO-2 (phare blanc) : $5,150 \pm 0,001$ m NGF-IGN69, nous pouvons en déduire l'altitude des zéros dans le réseau NGF-IGN69.

Lot de mesures	Altitude ou hauteur du zéro par rapport au	
	Zéro hydrographique	NGF-IGN69
1775 - 1776	+ 1,698 m	- 1,749 m
1824	+ 0,698 m	- 2,749 m
1863 - 1874	- 0,926 m	- 4,373 m
1887 - 1892	- 0,832 m	- 4,279 m

tableau 11 : récapitulatif de la cote des différents zéros utilisés pour les mesures du niveau de la mer au Vieux port de La Rochelle entre 1775 et 1892. Incertitude : 0,002 m.

A noter que le zéro hydrographique en vigueur à La Rochelle en 2010 est celui du port de La Pallice, coté - 3,504 m NGF-IGN69 (Source : www.shom.fr).

Au Vieux port, le zéro hydrographique étant situé à - 7,265 m par rapport au repère O.O.K3-24-I, et l'altitude de ce repère ayant été calculée à + 3,818 m NGF-IGN69, l'altitude du zéro hydrographique est donc de - 3,447 m NGF-IGN69.

Il y a donc une différence d'environ 5,7 cm entre les zéros hydrographiques du Vieux port et du port de La Pallice.

• **Récapitulatif des zéros des échelles de marée actuelles**

Nom de l'échelle	Graduation ayant servi de repère	Altitudes NGF-IGN69		Hauteur par rapport au zéro hydro.
		Cote de la graduation (± 0,001 m)	Zéro de l'échelle (± 0,001 m)	
O.O.K3-24A-IV	7,00 m	2,835 m	- 4,165 m	- 0,718 m
Echelle E2	6,00 m	2,784 m	- 3,216 m	+ 0,231 m
Echelle E3	5,00 m	2,769 m	- 2,231 m	+ 1,216 m
Echelle E4	5,00 m	2,768 m	- 2,232 m	+ 1,215 m
Echelle E5	7,00 m	3,457 m	- 3,543 m	- 0,096 m
Echelle E6	7,00 m	3,607 m	- 3,393 m	+ 0,054 m
Echelle E7	X,00 m	1,087 m	?	?
Echelle E8	11 pieds	3,666 m	0,106 m	+ 3,341 m
Echelle E9	7 pieds	2,310 m	0,036 m	+ 3,411 m

tableau 12 : altitudes du zéro des échelles de marée du Vieux port de La Rochelle. Les graduations de l'échelle E7 sont presque illisibles, la lettre X remplace donc un chiffre inconnu. Le zéro hydrographique du Vieux port est situé à 7,265 m en dessous du repère O.O.K3-24-I, soit à l'altitude - 3,447 m NGF-IGN69.

Action à prévoir :

- Chercher, dans les centres d'archives, les documents relatifs aux échelles de marée du Vieux port de La Rochelle, afin de retrouver un document apportant une indication sur les graduations de l'échelle de marée E7 du canal Maubec.

• **Les échelles nivelées en 2010 correspondent-elles aux échelles mentionnées dans les archives ou à celles ayant servi aux mesures du niveau de la mer ?**

Pour rappel, au paragraphe 4.1.2. *Echelles de marée*, nous avons donné les cotes du zéro des anciennes échelles de marée installées dans le Vieux port de La Rochelle. Parmi celles-ci, trois étaient susceptibles d'être encore présentes de nos jours et par conséquent, susceptibles de faire partie des échelles que nous avons nivelées lors de notre campagne de mesures. Parmi ces trois échelles figuraient « Echelle de l'écluse du canal Maubec », « Echelle de l'écluse du bassin à flot intérieur » et « Echelle de l'écluse du bassin à flot extérieur ».

Les échelles se rapprochant le plus des cotes anciennes sont les échelles O.O.K3-24A-IV et E3 pour les bassins extérieur et intérieur. Pour le canal Maubec, l'échelle la plus ancienne est celle dont nous n'avons pas pu lire les graduations. Comme le montre le tableau ci-dessous, aucune des échelles mentionnées dans le document de 1894 ne correspond aux échelles actuelles. Ce qui signifie qu'elles ont, soit été remplacé, soit été replacé, ce qui se traduit, ici, par une modification de la cote du zéro de ces échelles. Par conséquent, les échelles ayant été utilisées pour mesurer le niveau de la mer ont, aujourd'hui, toutes disparues.

Echelle	1894			2010		Ecart
	Zéro hydro.	NGF-Bourdalouë	NGF-IGN69	Zéro hydro.	NGF-IGN69	
Maubec	+ 3,00 m	0,00 m	- 0,444 m	?	?	?
B.intérieur	+ 0,70 m	- 2,30 m	- 2,744 m	+ 1,216 m	- 2,231 m	+ 52 cm
B. extérieur	- 0,83 m	- 3,83 m	- 4,274 m	- 0,718 m	- 4,165 m	+ 11 cm

tableau 13 : comparaison des cotes du zéro des échelles de marée de 1894 et de 2010

Références

- Bindoff N.L., Willebrand J., Artale V., Cazenave A., Gregory J., Gulev S., Hanawa K., Le Quéré C., Levitus S., Nojiri Y., Shum C.K., Talley L.D. et Unnikrishnan A. (2007).** Observations: Oceanic Climate Change and Sea Level. In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, pages 385 - 432.
- Bouligand R. et Pirazzoli P.A. (1999).** Les surcotes et les décotes marines à Brest, étude statistique et évolution. *Oceanologica Acta*, **22**, pages 153 - 166
- Cartwright D.E. (1972).** Secular changes in oceanic tides at Brest (1711-1936). *Geophys. J. R. astr. Soc.*, **30**, pages 433 - 449
- De Baucé et Thurninger (1885).** « Notice du port de La Rochelle - Ports Maritimes de la France, tome sixième (1^{ère} partie), de La Rochelle à Maubert ». Archives du SHOM (Brest). Salle de lecture.
- Douglas, B. C. (1991).** Global sea level rise, *J. Geophys. Res.*, **96**, pages 6981 - 6992.
- Gouriou T., Pouvreau N. et Wöppelmann G. (2008).** Mesures du niveau de la mer en France : un patrimoine historique à fort potentiel scientifique. L'exemple du littoral charentais. *Géologues*, **158**, pages 83 - 89
- Guilhiermoz P. (1913).** De l'équivalence des anciennes mesures. A propos d'une publication récente. In: *Bibliothèque de l'école des chartes*. Tome 74, pages 267 - 328. Url (consulté le 29 juillet 2010) : http://www.persee.fr/web/revues/home/prescript/article/bec_0373-6237_1913_num_74_1_448498
- MHCFAN (1960).** « Mission de MHCFAN, cahier n°2/3, Nivellement Cholesky, rattachements divers ». Archives du SHOM (Brest), rayon n°2.1, cote SH2-886.
- Pouvreau N. (2008).** Trois cents ans de mesures marégraphiques en France : outils, méthodes et tendances des composantes du niveau de la mer. Thèse de doctorat, Université de La Rochelle, 452 pages
- Viennot et Thurninger (1894).** « Port de La Rochelle - Nivellement des ouvrages du port de la rade ». Archives départementales de la Charente-Maritime (AD17), série S, cote DDE 3965 : "Nivellements généraux", chemise A.

Annexe 1

Détail des mesures de nivellement géométrique

Nivellement du mardi 15 juin 2010 :

COUPS ARRIERE			COUPS AVANT					Niveau leica NA2 SONEL n°5427060, Mire invar de 3m SONEL n°022004						
Différences stadimétriques	Lecture ech. I - fil niveleur - fil inférieur	Lecture ech. II - fil supérieur - fil niveleur	Lecture ech. I - fil niveleur - fil inférieur	Lecture ech. II - fil supérieur - fil niveleur	Différences stadimétriques	Constantes de mire		Points nivelés			Observations (Circonstances atmosphériques, état du cheminement ect.)	Dénivelés		
						Arrière	Avant	Repérage				Ech. I	Ech. II	
-46451	16296		14433		-44588	30155	30155	A	----	>	antenne : C	point pris en antenne	1863	1863
16296		46451		44588	14433									
-46451	16296		14070		-44225	30155	30155	A	----	>	antenne : E1, aplomb echelle amont bassin extérieur	pris en antenne	2226	2226
16296		46451		44225	14070									
-46451	16296		13367		-43522	30155	30155	A	----	>	cra1	ciel gris, pluie fine de temps en temps	2929	2929
16296		46451		43522	13367									
-47961	17806		17615		-47771	30155	30156	cra1	----	>	cra2		191	190
17806		47961		47771	17615									
-46678	16524		19106		-49260	30154	30154	cra2	----	>	cra3		-2582	-2582
16524		46678		49260	19106									
-45774	15620		17413		-47568	30154	30155	cra3	----	>	cra4		-1793	-1794
15620		45774		47568	17413									
-47125	16971		18565		-48721	30154	30156	cra4	----	>	cra5		-1594	-1596
16971		47125		48721	18565									
-46089	15934		16419		-46573	30155	30154	cra5	----	>	cra6		-485	-484
15934		46089		46573	16419									
-47161	17006		16551		-46705	30155	30154	cra6	----	>	O.O.K3-24-I		455	456
17006		47161		46705	16551									
-47161	17006		16568		-46723	30155	30155	cra6	----	>	antenne : H		438	438
17006		47161		46723	16568									
-48315	18160		17894		-48049	30155	30155	O.O.K3-24-I	----	>	antenne : E2, aplomb echelle amont bassin intérieur		266	266
18160		48315		48049	17894									

-48315	18160		15144		-45299	30155	30155	O.O.K3-24-I	----	cra7		3016	3016
18160		48315		45299	15144				>				
-44568	14414		15363		-45518	30154	30155	cra7	----	cra8		-949	-950
14414		44568		45518	15363				>				
-45722	15567		15902		-46057	30155	30155	cra8	----	cra9		-335	-335
15567		45722		46057	15902				>				
-44511	14356		13366		-43521	30155	30155	cra9	----	cra10		990	990
14356		44511		43521	13366				>				
-50720	20565		9962		-40116	30155	30154	cra10	----	O.HO-2		10603	10604
20565		50720		40116	9962				>				
-40058	9903		17073		-47228	30155	30155	O.HO-2	----	cra11		-7170	-7170
9903		40058		47228	17073				>				
-45712	15557		17503		-47659	30155	30156	cra11	----	cra12		-1946	-1947
15557		45712		47659	17503				>				
-46310	16155		15885		-46040	30155	30155	cra12	----	cra13		270	270
16155		46310		46040	15885				>				
-45996	15841		22422		-52577	30155	30155	cra13	----	E3, echelle maubec 2, graduation 7m		-6581	-6581
15841		45996		52577	22422				>				
-51431	21276		12445		-42600	30155	30155	E3, echelle maubec 2, graduation 7m	----	cra14		8831	8831
21276		51431		42600	12445				>				
-47861	17706		6618		-36773	30155	30155	cra14	----	O.HO-3		11088	11088
17706		47861		36773	6618				>				
-34975	4821		26240		-56396	30154	30156	O.HO-3	----	antenne : E4, echelle maubec 3 (amont), graduation 7m		-21419	-21421
4821		34975		56396	26240				>				
-34975	4821		17887		-48041	30154	30154	O.HO-3	----	cra15		-13066	-13066
4821		34975		48041	17887				>				
-47995	17840		18337		-48492	30155	30155	cra15	----	antenne: E5, aplomb echelle 1 maubec (aval) 3e rainure		-497	-497
17840		47995		48492	18337				>				
-47995	17840		19607		-49762	30155	30155	cra15	----	cra16		-1767	-1767
17840		47995		49762	19607				>				
-45625	15471		16400		-46555	30154	30155	cra16	----	cra17		-929	-930
15471		45625		46555	16400				>				
-46416	16261		16432		-46587	30155	30155	cra17	----	cra18		-171	-171

16261		46416		46587	16432				>				
-47060	16905		14892		-45046	30155	30154	cra18	----	cra19		2013	2014
16905		47060		45046	14892				>				
-41983	11829		18472		-48627	30154	30155	cra19	----	O.HO-4		-6643	-6644
11829		41983		48627	18472				>				
-49609	19453		17062		-47217	30156	30155	O.HO-4	----	cra20		2391	2392
19453		49609		47217	17062				>				
-46117	15962		15449		-45604	30155	30155	cra20	----	cra21		513	513
15962		46117		45604	15449				>				
-46149	15994		15593		-45748	30155	30155	cra21	----	cra22		401	401
15994		46149		45748	15593				>				
-45018	14863		16324		-46479	30155	30155	cra22	----	cra23		-1461	-1461
14863		45018		46479	16324				>				
-45387	15232		14505		-44660	30155	30155	cra23	----	cra24		727	727
15232		45387		44660	14505				>				
-45417	15262		10794		-40949	30155	30155	cra24	----	cra25		4468	4468
15262		45417		40949	10794				>				
-46219	16064		6821		-36976	30155	30155	cra25	----	O.HO-5		9243	9243
16064		46219		36976	6821				>				
-40921	10766		1809		-31964	30155	30155	O.HO-5	----	cra26		8957	8957
10766		40921		31964	1809				>				
-58257	28102		1776		-31931	30155	30155	cra26	----	cra27		26326	26326
28102		58257		31931	1776				>				
-46640	16485		13679		-43835	30155	30156	cra27	----	cra28		2806	2805
16485		46640		43835	13679				>				
-48087	17932		13856		-44011	30155	30155	cra28	----	cra29		4076	4076
17932		48087		44011	13856				>				
-46991	16836		17443		-47599	30155	30156	cra29	----	cra30		-607	-608
16836		46991		47599	17443				>				
-44032	13877		18340		-48495	30155	30155	cra30	----	cra31		-4463	-4463
13877		44032		48495	18340				>				
-44803	14648		5174		-35329	30155	30155	cra31	----	cra32		9474	9474
14648		44803		35329	5174				>				
-46629	16474		5970		-36125	30155	30155	cra32	----	O.O.K3-24C		10504	10504

16474		46629		36125	5970				>				
-31002	847		23700		-53855	30155	30155	O.O.K3-24C	----	cra33		-22853	-22853
847		31002		53855	23700				>				
-31099	944		18830		-48985	30155	30155	cra33	----	cra34		-17886	-17886
944		31099		48985	18830				>				
-33186	3031		17119		-47274	30155	30155	cra34	----	cra35		-14088	-14088
3031		33186		47274	17119				>				
-49873	19718		13574		-43729	30155	30155	cra35	----	cra36		6144	6144
19718		49873		43729	13574				>				
-49124	18969		14749		-44904	30155	30155	cra36	----	cra37		4220	4220
18969		49124		44904	14749				>				
-38393	8237		16595		-46750	30156	30155	cra37	----	cra38		-8358	-8357
8237		38393		46750	16595				>				
-35453	5298		15394		-45549	30155	30155	cra38	----	antenne : E6, aplomb echelle amont, porte des 2 moulins		-10096	-10096
5298		35453		45549	15394				>				
-35453	5298		15264		-45419	30155	30155	cra38	----	antenne : E7, aplomb echelle aval, porte des 2 moulins		-9966	-9966
5298		35453		45419	15264				>				
-35453	5298		15146		-45301	30155	30155	cra38	----	B		-9848	-9848
5298		35453		45301	15146				>				

Nivellement du jeudi 17 juin 2010 :

COUPS ARRIERE			COUPS AVANT					Niveau leica NA2 SONEL n°5427060, Mire invar de 3m SONEL n°022004					
Différences stadimétriques	Lecture ech. I - fil nivelleur - fil inférieur	Lecture ech. II - fil supérieur - fil nivelleur	Lecture ech. I - fil nivelleur - fil inférieur	Lecture ech. II - fil supérieur - fil nivelleur	Différences stadimétriques	Constantes de mire		Points nivelés			Observations (Circonstances atmosphériques, état du cheminement ect.)	Dénivelés	
						Arrière	Avant	Repérage				Ech. I	Ech. II
-54392	24237		7753		-37909	30155	30156	B	----	cra1	ciel gris vent nul	16484	16483
24237		54392		37909	7753								
-44861	14706		13446		-43601	30155	30155	cra1	----	cra2		1260	1260
14706		44861		43601	13446								
-42078	11923		17865		-48020	30155	30155	cra2	----	cra3		-5942	-5942
11923		42078		48020	17865								
-41522	11368		13882		-44037	30154	30155	cra3	----	cra4		-2514	-2515
11368		41522		44037	13882								
-55496	25341		1083		-31238	30155	30155	cra4	----	cra5		24258	24258
25341		55496		31238	1083								
-43360	13205		637		-30791	30155	30154	cra5	----	cra6		12568	12569
13205		43360		30791	637								
-48253	18098		1527		-31682	30155	30155	cra6	----	O.O.K3-24C	ciel gris vent nul pluie fine eparse	16571	16571
18098		48253		31682	1527								
-34911	4756		21055		-51210	30155	30155	O.O.K3-24C	----	cra7		-16299	-16299
4756		34911		51210	21055								
-42813	12658		13552		-43707	30155	30155	cra7	----	cra8		-894	-894
12658		42813		43707	13552								
-48806	18652		15534		-45689	30154	30155	cra8	----	cra9		3118	3117
18652		48806		45689	15534								
-44803	14649		18563		-48718	30154	30155	cra9	----	cra10		-3914	-3915
14649		44803		48718	18563								
-43466	13311		26789		-56944	30155	30155	cra10	----	cra11	pluie fine continue	-13478	-13478
13311		43466		56944	26789								
-30945	789		27396		-57551	30156	30155	cra11	----	cra12		-26607	-26606
789		30945		57551	27396								
-40987	10832		9825		-39981	30155	30156	cra12	----	O.HO-5		1007	1006
10832		40987		39981	9825								

-34611	4456		18348		-48503	30155	30155	O.HO-5	----	>	cra13	bruine	-13892	-13892
4456		34611		48503	18348									
-45163	15008		14348		-44503	30155	30155	cra13	----	>	cra14		660	660
15008		45163		44503	14348									
-46103	15948		14999		-45154	30155	30155	cra14	----	>	cra15		949	949
15948		46103		45154	14999									
-44883	14728		13489		-43644	30155	30155	cra15	----	>	cra16		1239	1239
14728		44883		43644	13489									
-43518	13364		15998		-46153	30154	30155	cra16	----	>	cra17		-2634	-2635
13364		43518		46153	15998									
-46497	16343		18923		-49077	30154	30154	cra17	----	>	O.HO-4		-2580	-2580
16343		46497		49077	18923									
-43129	12974		10251		-40406	30155	30155	O.HO-4	----	>	cra18		2723	2723
12974		43129		40406	10251									
-45549	15394		15308		-45463	30155	30155	cra18	----	>	cra19		86	86
15394		45549		45463	15308									
-45398	15244		14444		-44599	30154	30155	cra19	----	>	cra20		800	799
15244		45398		44599	14444									
-47734	17580		15257		-45412	30154	30155	cra20	----	>	cra21		2323	2322
17580		47734		45412	15257									
-48808	18653		4007		-34162	30155	30155	cra21	----	>	O.HO-3		14646	14646
18653		48808		34162	4007									
-33836	3681		23599		-53754	30155	30155	O.HO-3	----	>	échelle Maubec 2, graduation 7m	vent faible	-19918	-19918
3681		33836		53754	23599									
-52152	21997		16030		-46185	30155	30155	échelle Maubec 2, graduation 7m	----	>	cra22		5967	5967
21997		52152		46185	16030									
-46347	16192		14376		-44531	30155	30155	cra22	----	>	cra23		1816	1816
16192		46347		44531	14376									
-46159	16004		8354		-38509	30155	30155	cra23	----	>	O.HO-2		7650	7650
16004		46159		38509	8354									
-35051	4896		18154		-48309	30155	30155	O.HO-2	----	>	cra24		-13258	-13258
4896		35051		48309	18154									
-46207	16052		14902		-45057	30155	30155	cra24	----	>	cra25		1150	1150
16052		46207		45057	14902									
-46539	16384		15986		-46141	30155	30155	cra25	----	>	cra26		398	398

16384		46539		46141	15986				>				
-46299	16145		17746		-47901	30154	30155	cra26	----	O.O.K3-24-I		-1601	-1602
16145		46299		47901	17746				>				
-45329	15175		15519		-45674	30154	30155	O.O.K3-24-I	----	cra27		-344	-345
15175		45329		45674	15519				>				
-45539	15384		8719		-38874	30155	30155	cra27	----	O.O.K3-24A		6665	6665
15384		45539		38874	8719				>				
-38866	8711		13463		-43618	30155	30155	O.O.K3-24A	----	cra28		-4752	-4752
8711		38866		43618	13463				>				
-46383	16228		15658		-45813	30155	30155	cra28	----	cra29		570	570
16228		46383		45813	15658				>				
-47759	17604		14078		-44233	30155	30155	cra29	----	cra30		3526	3526
17604		47759		44233	14078				>				
-45901	15746		18505		-48661	30155	30156	cra30	----	A		-2759	-2760
15746		45901		48661	18505				>				

Annexe 2

Détail des mesures de nivellement trigonométrique

A_échelle_aval_bassin_exterieur

Mesure de la hauteur des graduations des échelles de marée du Vieux port de La Rochelle par nivellement trigonométrique

	d	h	Alpha (degrés)	Alpha (radians)	tan alpha	H	Cote graduations	
	16,900	1,377				4,294		
	°	'	"					
6,80 m	7	1	40	7,0278	0,122657861	0,12327671	2,08	3,588
6,40 m	8	22	0	8,3667	0,146025881	0,14707274	2,49	3,185
6,00 m	9	41	40	9,6944	0,169199975	0,17083334	2,89	2,784
								0,40215
0,00 m	NGF- IGN69	-3,216						0,40155

superieur	inferieur	difference		
1,461	1,292	0,084	16,9	3,419 Graduation 5,39
		0,085		1,378 teton

E1_échelle_amont_bassin_exterieur

Mesure de la hauteur des graduations des échelles de marée du Vieux port de La Rochelle par nivellement trigonométrique

	°	'	"	Alpha (degrés)	Alpha (radians)	tan alpha	H	Cote graduations
				17,100			Cote du quai	4,330
				1,248				
7,40 m	7	45	0	7,7500	0,135263017	0,13609403	2,33	3,250
7,00 m	9	6	40	9,1111	0,159018887	0,16037296	2,74	2,835
6,60 m	10	26	0	10,4333	0,182096019	0,18413578	3,15	2,429
joint	9	5	0	9,0833	0,158534074	0,15987571	2,73	2,844

	NGF- IGN69							
0,00 m	-4,165							0,009
								0,41517
								0,40634

superieur	inferieur	difference	
1,333	1,162	0,085	17,1
		0,086	

E2_echelle_amont_bassin_interieur

Mesure de la hauteur des graduations des échelles de marée du Vieux port de La Rochelle par nivellement trigonométrique

	d	h	Alpha (degrés)	Alpha (radians)	tan alpha	H	Cote graduations
	15,500	3,845					
	1,241						
5,40 m	7	2	40	7,0444	0,12294875	0,12357203	3,170
5,00 m	8	30	0	8,5000	0,148352986	0,149451	2,769
4,60 m	9	56	40	9,9444	0,173563298	0,17532738	2,368
4,40 m	10	39	20	10,6556	0,185974528	0,18814868	2,169
0,00 m	NGF- IGN69	-2,231					0,4011
							0,4011
							0,1987

superieur	inferieur	difference	
1,318	1,163	0,077	15,5
		0,078	

E5_échelle_1_maubec

Mesure de la hauteur des graduations des échelles de marée du Vieux port de La Rochelle par nivellement trigonométrique

	°	'	"	Alpha (degrés)	Alpha (radians)	tan alpha	H	Cote graduations
				20,500			Cote du quai 4,243	
				0,708				
haut échelle x,90	8	12	20	8,2056	0,143213961	0,14420118	2,96	1,995
m								
X,30 m	9	51	20	9,8556	0,172011894	0,17372872	3,56	1,389
X,00 m	10	40	20	10,6722	0,186265416	0,18844988	3,86	1,087
				0,0000	0	0	0,00	4,95
0,00 m								0,6053
								0,3018
								-3,8632

superieur	inferieur	difference
0,811	0,606	0,103
		0,102
		20,5

E6_échelle_amont_2_moulins

Mesure de la hauteur des graduations des échelles de marée du Vieux port de La Rochelle par nivellement trigonométrique

	°	'	"	Alpha (degrés)	Alpha (radians)	tan alpha	H	Cote graduations
				3,900			Cote du quai 4,584	
				1,592				
12 pieds	29	28	40	29,4778	0,514484278	0,56526089	2,20	3,972
11 pieds	32	46	20	32,7722	0,571983181	0,64377007	2,51	3,666
10 pieds	35	53	20	35,8889	0,626379276	0,72358378	2,82	3,354
9 pieds	38	51	0	38,8500	0,678060414	0,80545845	3,14	3,035
8 pieds	41	33	20	41,5556	0,725281267	0,88645534	3,46	2,719
								0,3062
	NGF-IGN69							0,3113
0 pieds	0,106	3,24839		1 pied = 32,4839 cm				0,3193
								0,3159

superieur	inferieur	difference	
1,611	1,572	0,019	3,9
		0,020	

E7_échelle_aval_2_moulins

Mesure de la hauteur des graduations des échelles de marée du Vieux port de La Rochelle par nivellement trigonométrique

	d	h	Alpha (degrés)	Alpha (radians)	tan alpha	H	Cote graduations
	3,600					Cote du quai 4,597	
		1,646					
7 pieds	47	32	0	47,5333	0,829613171	1,09258396	3,93 2,310
				0,0000	0	0	0,00 6,24
				0,0000	0	0	0,00 6,24
				0,0000	0	0	0,00 6,24
				0,0000	0	0	0,00 6,24
0 pieds							-3,9333
							0,0000
		2,273873					0,0000
							0,0000
							0,0000

superieur	inferieur	difference
1,664	1,628	0,018
		0,018

3,6

H_échelle_aval_bassin_interieur

Mesure de la hauteur des graduations des échelles de marée du Vieux port de La Rochelle par nivellement trigonométrique

	d	h	Alpha (degrés)	Alpha (radians)	tan alpha	H	Cote graduations
	15,600					3,817	
		1,225					
	°	'	"				
5,00 m	8	17	40	8,2944	0,144765365	0,1457852	2,27 2,768
5,40 m	6	51	0	6,8500	0,119555054	0,12012795	1,87 3,168
4,60 m	9	44	0	9,7333	0,169878714	0,17153196	2,68 2,366
4,20 m	11	9	20	11,1556	0,194701174	0,19719934	3,08 1,966
	NGF-						
	IGN69						0,8019
0,00 m	-2,232						
							0,40025
							0,40165
							0,40041
	superieur	inferieur	difference				
	1,303	1,147	0,078			15,6	
			0,078				