

Annexe 3

COMITE INTER-ORGANISMES ENVIRONNEMENT

Dossier à remplir pour une première labellisation (2010-2013) d'un Système d'Observation et d'Expérimentation, sur le long terme, pour la recherche en environnement.

IMPORTANT : Le document demandé ne doit pas dépasser 15 pages ; il doit être envoyé, avant le 4 Janvier 2010, sous forme électronique, conjointement à

Daniel.Guedalia@aero.obs-mip.fr et à Dominique.Lequeau@cns-dir.fr

Nom du SOERE : SONEL - Système d'Observation des variations du Niveau de la mEr à Long terme

Nom du Responsable : TESTUT Laurent, Physicien Adjoint, membre du groupe d'experts du programme mondial d'observation du niveau de la mer GLOSS (IOC/UNESCO).

Laboratoire : LEGOS (Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales), UMR 5566.

OSU, Etablissement ou Organisme de rattachement : OMP (Observatoire Midi-Pyrénées), Toulouse.

Laboratoires intervenant dans le fonctionnement du SOERE :

SONEL est un système constitué d'éléments portés par deux laboratoires de type UMR (LEGOS, LIENSs) et un organisme de type EPA (SHOM) :

- LEGOS (UMR 5566, CNRS-CNES-IRD-UPS) : réseau marégraphique ROSAME (SO/ORE) ; porteur du projet
 - SHOM : Coordination nationale de l'observation *in situ* du niveau de la mer ; centre national de données marégraphiques ; réseau marégraphique RONIM
 - LIENSs (UMR 6250, CNRS-ULR) : Centre de données GNSS/GPS co-localisées aux marégraphes ; centre d'analyses du service international GNSS (IGS) ; et actuellement centre de données et portail du système d'information SONEL (www.sonel.org)
-

I. DESCRIPTION DU SOERE

• Le Système d'Observation ou d'Expérimentation

Le cadre international dans lequel se place SONEL est le programme mondial d'observation du niveau de la mer GLOSS¹, placé sous l'égide de la COI²/UNESCO (Merrifield et al. 2009). L'objectif scientifique est d'observer et de comprendre les variations à long terme des composantes du niveau de la mer. L'originalité du dispositif de mesure réside dans la synergie des observations de marégraphie et de géodésie spatiale. La figure 1 montre la répartition des quelques 300 stations marégraphiques qui constituent l'ossature globale à l'intérieur de laquelle s'articulent des réseaux régionaux et locaux plus denses (Woodworth, 2009).

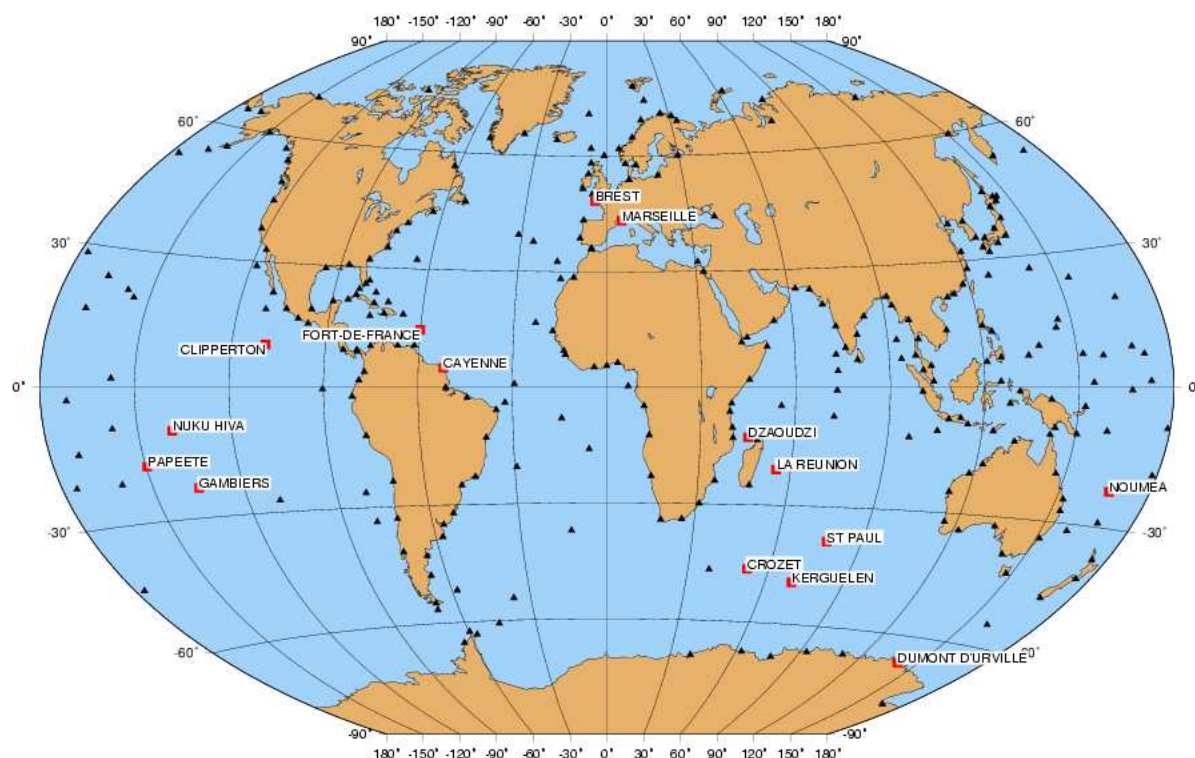


Figure 1 : Réseau de marégraphes du programme mondial GLOSS et contribution française: Brest (GLOSS n°242), Clipperton (165), Crozet (21), Dumont d'Urville (131), Dzaoudzi/Mayotte (96), Kerguelen (23), Fort de France/Martinique (204), Marseille (205), Pte des Galets/La Réunion (17), Saint-Paul (24), Nouméa/Nelle Calédonie (123), Nuku Hiva/Marquises (142), Cayenne (202), Papeete (140), Rikitea/Gambiers (138)

La proposition SONEL se place également dans le cadre des activités du service international IGS³, qui répond à la demande du groupe d'experts du programme GLOSS de rattachement géodésique des marégraphes et de surveillance de leurs mouvements verticaux dans un repère de référence terrestre stable et précis, tel que le repère international ITRF (Neilan et al. 1998 ; Schoene et al. 2009).

Il convient de souligner que GLOSS et l'IGS sont des structures internationales à *participation volontaire*, autrement dit sans ressources propres autres que pour la coordination des participations. Les ressources permettant l'implication des organismes français conformément aux engagements de la France vis-à-vis de la COI notamment doivent donc être mises en place par l'Etat (IHO, 2009).

Enfin, pour des raisons évidentes, développées dans cette demande, il est proposé de donner un cadre national aux activités qui déclinent de ces programmes mondiaux. Une labellisation SOERE apporterait ce cadre. La proposition est portée par L. Testut, Physicien adjoint à l'Observatoire Midi-Pyrénées dans le laboratoire LEGOS⁴) en association avec le SHOM et le LIENSs.

¹ GLOSS : Global Sea Level Observing System (<http://www.gloss-sealevel.org/>)

² COI : Commission Océanographique intergouvernementale

³ IGS : International GNSS Service (ex- International GPS Service for Geodynamics, <http://igs.org/>)

⁴ LEGOS : Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiales

• Le contexte scientifique

Les processus scientifiques étudiés devront être décrits, ainsi que les progrès potentiels apportés par l'activité du SOERE

Les processus scientifiques visés par ce SOERE sont ceux affichés par le programme mondial GLOSS, plus particulièrement, l'évolution à long terme des composantes du niveau de la mer (niveau moyen, ondes de marée, effets atmosphériques), et la détermination de biais ou de dérive dans les systèmes d'altimétrie radar embarqués sur satellite par comparaison avec des systèmes 'in situ' côtiers de marégraphie. La littérature est abondante sur ces problématiques scientifiques et techniques (e.g. Woodworth 2006; Bindoff et al. 2007; Bonnefond et al. 2003). Les variations spatiales des tendances du niveau de la mer sont désormais reconnues. Les processus à l'origine de ces variations spatiales sont multiples : la dilatation thermique des couches superficielles des océans (e.g. Antonov et al. 2005); la fonte des glaces continentales et les effets gravitationnels associés à la redistribution des masses d'eau (e.g. Mitrovica et al. 2001); les champs de pression atmosphérique (e.g. Marcos and Tsimplis 2007); les mouvements verticaux du sol (e.g. Carter et al. 1989). Elles sont également observées par l'altimétrie radar embarquée sur satellite (e.g. Cazenave et al. 2008), sur des échelles de temps de l'ordre de 15 ans maintenant. Ainsi, alors que les marégraphes du programme mondial GLOSS sont importants pour établir un indicateur de changement climatique à cette échelle, Woodworth et al. (2004) souligne que l'intérêt scientifique, économique et social se situe surtout dans les variations locales du niveau marin qui s'écarteront notablement de la moyenne globale. Outre le noyau mondial de stations GLOSS, des dispositifs d'observation à des échelles spatiales plus fines sont donc indispensables pour appréhender un milieu qui est turbulent, et donc par essence difficile à prédire. A l'échelle des bassins (Méditerranée, Polynésie française, Nouvelle-Calédonie, Antilles françaises), ou le long des côtes métropolitaines (Bretagne, Basse-Normandie, Pays de Loire, Charente-Maritime, région PACA,...) existe déjà un intérêt pour l'étude des variations locales du niveau de la mer et ses conséquences (Tréguer et al. 2009 ; ONERC⁵ 2009).

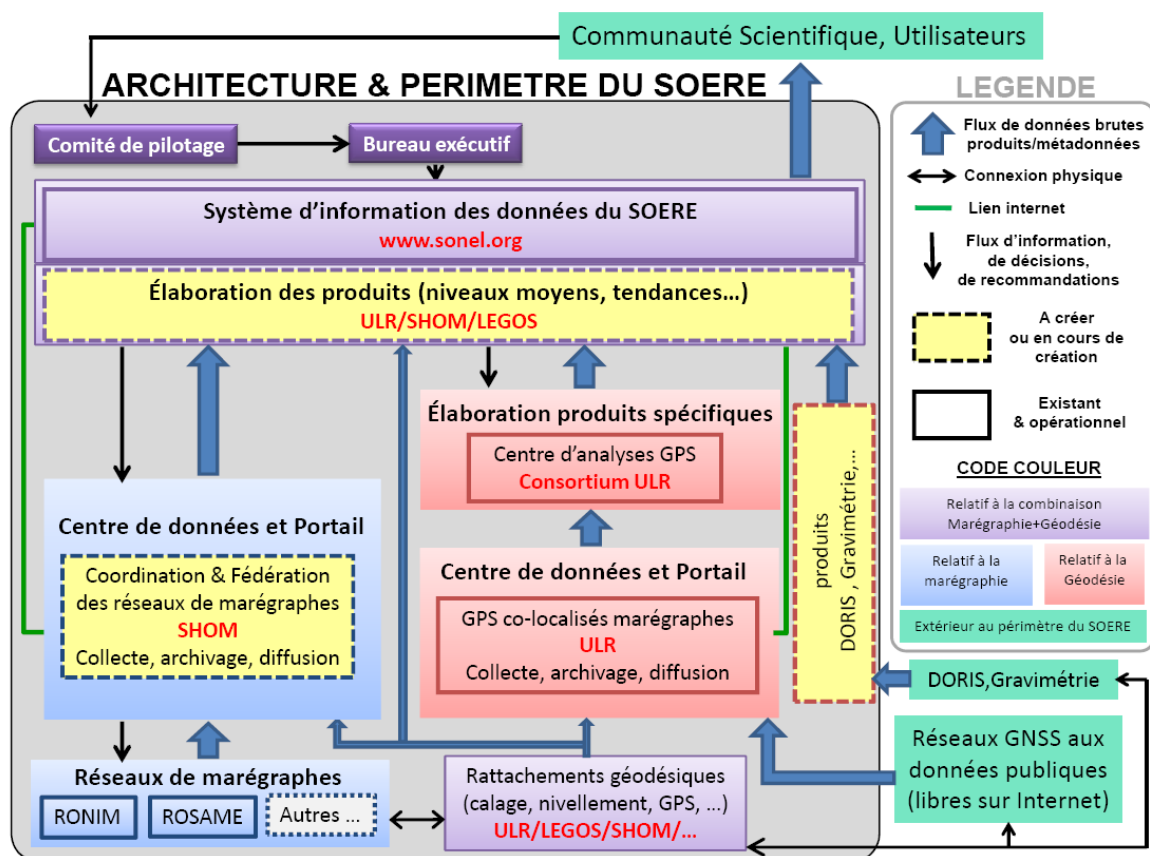


Figure 2 : Composantes du système SOERE proposé (SONEL). En traits pleins apparaissent les éléments existants et en développement, en pointillés ceux qui sont à construire ou en construction mais non opérationnels

⁵ ONERC : Observatoire National des Effets du Réchauffement Climatique

La Figure 2 montre les principales composantes sur lesquelles s'appuiera le SOERE. Certaines existent déjà, par exemple les réseaux de marégraphes RONIM⁶ et ROSAME⁷, d'autres réseaux se construisent en particulier dans le Pacifique et aux Antilles.

La création de SONEL, et sa reconnaissance par une labellisation d'ensemble de la structure, et par le soutien spécifique de certaines activités particulières via des moyens dédiés SOERE, apporteront une liaison, un cadre, une lisibilité, et une cohérence vis-à-vis de la problématique des variations à long terme du niveau de la mer qui font actuellement défaut à l'échelle nationale, et nuisent à l'efficacité et à l'image de la France dans les programmes internationaux relatifs à cette connaissance.

Le livre bleu « stratégie nationale pour la mer et les océans » approuvé par le Premier Ministre en décembre 2009 annonce la création d'un réseau de référents nationaux en charge de la coordination du recueil des connaissances par les organismes publics et de leur mise à disposition. Dans ce cadre une instruction sur la coordination de l'observation du niveau de la mer par le SHOM est actuellement préparée par le Secrétariat Général de la Mer. La fédération des réseaux de marégraphes et la gestion des données vont donc vers une rationalisation des efforts, une meilleure efficacité et visibilité à l'échelle nationale et internationale. Cette tâche est dévolue au SHOM mais nécessite d'être complétée en relation avec les acteurs pour développer certaines applications de l'observation du niveau marin.

L'objectif principal du SOERE est donc d'acquérir, traiter, donner l'accès, et distribuer des données du niveau marin à la côte de grande qualité métrologique pour apporter à la communauté scientifique des éléments qui permettront de répondre aux questions qui se posent aujourd'hui sur les changements affectant les composantes du niveau de la mer : le niveau moyen de la mer monte-t-il ? Où ? Comment ? Pourquoi ? Les ondes de tempête sont-elles plus fréquentes aujourd'hui ? etc. Une revue détaillée des questions scientifiques et de l'état des connaissances est dressée par le groupe intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). Les difficultés et les incertitudes liées à ces questions ont été revues en détail lors du workshop qui s'est tenu à l'UNESCO en 2006 organisé par le WRCP⁸ (<http://copes.ipsl.jussieu.fr/Workshops/SeaLevel/index.html>). La réponse à ces questions dépend surtout de l'acquisition de longues séries temporelles d'enregistrement du niveau marin. La synergie de la marégraphie avec d'autres techniques de mesure est aujourd'hui reconnue comme un point clé pour améliorer notre compréhension de l'évolution à long terme des composantes du niveau de la mer (Wöppelmann et al. 2006). Sur le plan national l'ONERC⁹ par ses rapports et l'agence des Aires Marines Protégées, au travers de la mise en place d'un Tableau de Bord des Mers Françaises, tentent de rendre compte à la communauté nationale des changements affectant le niveau de la mer.

Pour apporter des éléments de réponse à ces questions, le long des côtes françaises en métropole et en outre-mer ou pour contribuer aux dispositifs régionaux et mondiaux, le SOERE visera à satisfaire les objectifs suivants :

- (1) Participer à la fédération des réseaux existants et à l'intégration des réseaux émergeant à l'échelle territoriale dans le cadre de la coordination nationale assurée par le SHOM, en s'efforçant dans le cadre de SONEL d'assurer leur adéquation aux problématiques d'évolution à long terme du niveau de la mer.
- (2) Collecter et archiver les observations et métadonnées des stations marégraphiques dans la base de données nationale gérée par le SHOM ; les diffuser à travers un portail unique.
- (3) Assurer et coordonner le volet historique de sauvetage du patrimoine parfois séculaire à grand potentiel scientifique dans le contexte actuel de changement climatique.
- (4) Assurer que les procédures de contrôle qualité des observations et les performances des instruments sont compatibles avec la problématique d'étude des variations à long terme.
- (5) Compléter, lorsque cela est nécessaire et en accord avec les opérateurs de réseaux, les données acquises par des mesures spécifiques pour qu'elles deviennent utiles à SONEL, par exemple en géodésie (GPS, gravimétrie absolue...) pour estimer la stabilité des marégraphes.
- (6) Développer et assurer les fonctions de centre de collecte, archivage, contrôle, et diffusion des données des stations GPS co-localisées avec les marégraphes pour le programme mondial GLOSS à partir de mi-2010 (le centre ULR est proposé pour assurer ce rôle officiellement) ;

⁶ RONIM : http://www.shom.fr/fr_page/fr_act_oceano/maree/maree14_f.htm

⁷ ROSAME : <http://www.legos.obs-mip.fr/observations/rosame/>

⁸ WRCP : World Research Climate Program

⁹ ONERC:Observatoire Nationale sur les Effets du Réchauffement Climatique

- (7) Elaborer, contrôler et entretenir des produits spécifiques à partir des observations, en particulier des niveaux moyens mensuels et annuels relatifs à la côte pour le PSMSL¹⁰; des hauteurs absolues pour la confrontation et la validation des systèmes d'altimétrie radar embarquée sur satellites ; des mouvements verticaux du sol sur lequel reposent les marégraphes dans un repère géocentrique pour comprendre et distinguer les variations relatives et absolues du niveau marin.
- (8) Assurer le service d'accès à l'information des données au sens large, et son évolution en accord avec les besoins des chercheurs sur les variations à long terme du niveau de la mer.
- (9) Soutenir la recherche et la valorisation des observations ; développer la métrologie du niveau marin et réaliser ses propres analyses et leur analyse scientifique (dont produits).
- (10) Participer dans le cadre plus large de coordination de l'observation du niveau de la mer et dans le domaine d'application du SOERE à la promotion de l'échange d'information entre producteurs, utilisateurs; au partage du savoir-faire technique, à la participation aux réunions des programmes internationaux pour assurer la visibilité française dans ceux-ci.

Parmi les nombreuses stations d'observation actuelles du niveau marin en France 25 ont aujourd'hui une importance pour la constitution de séries de variations à long terme. Il s'agit des 15 stations du programme mondial GLOSS (Fig. 1), auxquelles il faut ajouter les 7 stations pour lesquelles l'existence de données historiques est maintenant avérée (Pouvreau 2008 ; Gouriou et al. 2008) : Cherbourg, Ile d'Aix (Fort Enet / Fort Boyard), Le Havre, Saint-Malo, Socoa (Saint Jean-de-Luz), La Rochelle et Toulon; enfin les 3 stations de Ajaccio, Roscoff ou encore Sète qui sont particulièrement intéressantes en raison de leur intérêt pour la calibration des missions d'altimétrie radar embarquée sur satellite (Bonnefond et al. 2003). A noter que 18 stations de métropole proposées dans le SOERE (donc opérationnelles) disposent à ce jour de plus de 30 ans de mesures (en grisé dans le tableau ci-dessous).

Observatoire	Total des mesures		Mesures historiques archivées		Mesures connues (PSMSL)		Mesures actuelles (RONIM)	
	Nombre d'années effectives	Période	Nombre d'années effectives	Période	Nombre d'années effectives	Période	Nombre d'années effectives	Période
Brest	223	1679 – 2008	175	1679 – 1960	176	1807 – 2004	15	1993 – 2008
Cherbourg	126	1789 – 2008	97	1789 – 1979	38	1942 – 2004	14	1994 – 2008
Le Havre	124	1701 – 2008	101	1701 – 1982	39	1941 – 2004	15	1993 – 2008
Marseille	122	1885 – 2008	/	/	118	1885 – 2004	10	1998 – 2008
Rochefort	107	1811 – 1918	107	1811 – 1918	/	/	/	/
Saint-Nazaire	92	1867 – 2008	82	1867 – 1977	25	1941 – 1988	1	2007 – 2008
Saint Servan – Saint Malo	86	1829 – 2008	78	1829 – 1950	7	1941 – 1972	5	2003 – 2008
Socoa – Saint Jean de Luz	80	1875 – 2008	47	1875 – 1967	40	1942 – 1996	4	2004 – 2008
Toulon	75	1777 – 2008	55	1777 – 1975	26	1961 – 2004	10	1998 – 2008
Dieppe	72	1834 – 1989	37	1834 – 1876	35	1942 – 1989	<i>en prévision</i>	
Dunkerque	71	1701 – 2008	52	1701 – 1985	46	1942 – 2004	12	1996 – 2008
Port-Vendres	65	1895 – 2008	64	1895 – 1997	6	1978 – 1983	1	2007 – 2008
Calais	57	1836 – 2008	22	1836 – 1940	33	1941 – 2004	10	1998 – 2008
Nice	54	1896 – 2008	39	1896 – 1990	24	1978 – 2004	10	1998 – 2008
Cordouan	53	1812 – 2008	53	1812 – 2008	/	/	/	/
Fort Enet – Fort Boyard	51	1859 – 1909	51	1859 – 1909	/	/	/	/
La Rochelle – La Pallice	48	1865 – 2008	33	1865 – 1976	30	1942 – 2004	11	1997 – 2008
Le Conquet	38	1971 – 2008	/	/	34	1971 – 2004	16	1992 – 2008
Boulogne-sur-Mer	37	1835 – 2008	9	1835 – 1936	21	1942 – 2001	8	2000 – 2008
Lorient	36	1716 – 1951	36	1716 – 1951	1	1942 – 1942	/	/
La Rochelle – Vieux Port	35	1775 – 1893	35	1775 – 1893	/	/	/	/
Roscoff	34	1973 – 2008	/	/	30	1973 – 2002	4	2004 – 2008
Grau de la Dent	32	1960 – 1995	32	1960 – 1995	/	/	/	/
Martigues	30	1895 – 1983	30	1895 – 1983	10	1960 – 1983	/	/
Port Tudy	30	1969 – 2003	/	/	30	1969 – 2003	<i>en prévision</i>	

Tableau 1 : Inventaire des séries marégraphiques françaises dont le nombre d'années effectives de mesures est supérieur ou égal à 30 ans (source : Gouriou et al. 2008 ; Pouvreau 2008 ; PSMSL)

¹⁰ PSMSL : Permanent Service for Mean Sea Level (<http://www.pol.ac.uk/psmsl/>)

- ***Relations éventuelles avec les Observatoires Opérationnels et la « société civile »***
Un SOERE doit avoir une finalité recherche affichée dans son intitulé et dans son cahier des charges détaillé, ce qui le distingue des « Observatoires Opérationnels », à finalité de veille ou d'alerte. Dans certains cas, ces deux fonctions peuvent être étroitement liées. La nature de ces liens devra être clairement explicitée, et les objectifs « recherche » bien identifiés.

L'observation du niveau de la mer couvre un large spectre d'applications, chacune comprenant des spécificités propres en termes de précision relative, absolue, temporelle, de mesures annexes, de caractère opérationnel ou non, de délai de transmission, de durée des séries temporelles nécessaires, d'applications commerciales ou non. On note en particulier que la plupart des stations marégraphiques participent aujourd'hui à la vigilance météorologique ou contribuent aux centres d'alerte aux tsunamis. Les marégraphes considérés constituent donc dans le cadre de projets indépendants du SOERE proposé des *Observatoires Opérationnels*. La société civile utilise aussi les données de ces marégraphes (aménagement du territoire, reconnaissance de catastrophes, prédictions de marée pour de nombreuses activités littorales,...). Les réseaux marégraphiques sont donc par essence multi-usage et une mutualisation des réseaux par rapport aux multiples applications doit être recherchée résolument.

Ainsi, la labellisation recherchée comme SOERE du système SONEL vise à la prise en compte par le CIO-E des stations marégraphiques (complément géodésique compris), en considérant celles-ci vis-à-vis d'une application de recherche et en constituant autour de ces marégraphes un ensemble cohérent pour l'étude des variations à long terme du niveau de la mer. Une majorité des marégraphes français n'est pas gérée par des chercheurs mais utilisée par ceux-ci et seules les stations du réseau ROSAME sont aujourd'hui soutenues par l'INSU, avec cependant des difficultés importantes inhérentes à leur environnement naturellement hostile (Crozet, Dumont d'Urville, Kerguelen et Saint-Paul).

SONEL vise à permettre à davantage de stations françaises de remplir les critères du programme mondial GLOSS (IOC 2006, pp.52) en renforçant les moyens qui sont attribués aux organismes dans le cadre précis de l'étude à long terme des changements du niveau marin. SONEL doit en particulier permettre d'ajouter les compléments nécessaires à l'observation du niveau de la mer afin de répondre aux préoccupations des chercheurs sur les variations à long terme et maintenir les éléments des stations au niveau spécifié par les programmes internationaux.

Grandeur (s) mesurée (s). A documenter avec précision

La grandeur fondamentale est *le niveau de la mer* mesurée par les marégraphes et exprimée dans un repère local lié au socle côtier sur lequel reposent les marégraphes à l'aide de compléments de mesures hydrographiques et géodésiques (sonde lumineuse, échelle de marée, nivellement géométrique), et dans un repère de référence terrestre géocentrique tel que l'ITRF recommandé à plusieurs reprises (Carter et al. 1989 ; Neilan et al. 1998 ; Schoene et al. 2009) à l'aide de stations de géodésie spatiale (GPS, DORIS...). Les principaux éléments d'observation sont donc :

- des hauteurs du niveau de la mer observées par des marégraphes côtiers permanents, à des cadences variables (basses mers et/ou pleines mers pour les plus anciennes, horaires pendant très longtemps, 10 min. voire moins aujourd'hui), avec un délai également variable qui tend à se raccourcir vers le temps réel. Deux mois de données sont souvent nécessaires pour pouvoir valider complètement des observations.
- des mesures de stations GPS permanentes proches de marégraphes, mais aussi à l'intérieur des terres lorsque celles-ci contribuent à la réalisation du repère de référence terrestre géocentrique. Des fichiers journaliers cadencés à 30s et disponibles avec des délais de six mois sont largement suffisants pour les applications visées ici. Cependant, pour éviter des lacunes dans les données, il est souhaitable de tendre vers des délais courts de quelques jours, délais très réalistes aujourd'hui.
- des rattachements géodésiques entre repères de marée et repères GPS. Il s'agit souvent de différences de coordonnées ou de dénivelés issus de nivellements de précision ou de GPS.
- des mesures d'étalonnage et de contrôle des marégraphes, mesures indépendantes du marégraphe avec sondes étalons lumineuses ou acoustiques, bouée GPS (IOC 1985 ; Martin Miguez 2008).
- Autres : campagnes de gravimétrie absolue sur les marégraphes répétées tous les ans sur quelques jours (détails ci-dessous).

Ces éléments de mesure sont indispensables pour établir des séries temporelles de niveaux moyens de la mer exprimés à la fois par rapport à la côte et dans un système de référence terrestre géocentrique. Ils permettent d'étudier les variations relatives et absolues du niveau de la mer, d'évaluer les mouvements verticaux de la croûte terrestre sur laquelle reposent les marégraphes, et par suite de comprendre les processus en jeu et prépondérants dans chaque site : subsidence ou élévation réelle du niveau marin ? SONEL vise aussi une meilleure intégration et exploitation des données documentaires (descriptions des observatoires, des procédures d'élaboration, des incertitudes).

• Les protocoles de mesure

Description rigoureuse des protocoles de mesures conduisant à des précisions à même de répondre aux questionnements scientifiques (y compris les stratégies d'échantillonnage dans l'espace et le temps). La durée de fonctionnement du SOERE devra être explicitement accordée aux constantes de temps du phénomène étudié. L'adéquation des mesures et des protocoles utilisés avec d'autres Systèmes existant sur des sites proches ou d'autres réseaux de mesures devra être précisée. Résultats de la démarche qualité (cas particuliers des SOERE multi-sites : cohérence, complémentarité)

Les protocoles de mesure sont bien établis aussi bien pour les marégraphes (cf. manuels IOC 1985 ; IOC 2006) que pour les stations GPS à vocation géodésique ou géodynamique en co-localisation avec les marégraphes (Bevis et al. 2002, standards de l'IGS). Les procédures de contrôle des performances, ainsi que les procédures d'étalonnage des marégraphes, existent aussi (Martin Miguez et al. 2008). L'enjeu est aujourd'hui de spécifier les niveaux de contrôle ou d'étalonnage à appliquer aux stations françaises compte tenu du spectre d'applications de chacune, de faire appliquer ces recommandations ou de pallier aux manques par des moyens supplémentaires, ainsi que d'assurer l'exploitation et l'archivage des contrôles et étalonnages effectués. L'accent du SOERE devra être mis sur ce point, ainsi que dans la liaison physique entre marégraphe et antenne GNSS ou DORIS, un maillon qui fait cruellement défaut comme l'a souligné Mitchum and Woodworth (2009) lors du workshop qui s'est tenu en mai 2009 à l'Unesco en préambule de la réunion du groupe d'experts. Deux types de stations d'observation peuvent être distingués suivant l'objectif premier :

- (1) des stations axées sur l'évolution à long terme du niveau des mers (de type GLOSS-LTT). Il s'agit de marégraphes ayant déjà une longue histoire d'enregistrement du niveau de la mer (>30ans). La géodésie spatiale fournirait, en l'espace de 10-20 ans, des vitesses verticales avec une précision meilleure que le mm/an grâce à une surveillance continue (Wöppelmann et al. 2009). Le même ordre de durée est nécessaire avec la gravimétrie absolue (Van Camp et al. 2005).
- (2) des stations orientées vers la comparaison avec l'altimétrie spatiale. Elles requièrent des marégraphes modernes – acquisition haute fréquence (à 10 minutes ou plus) et échange des données – et des instruments de géodésie spatiale, en fonctionnement permanent durant les missions d'altimétrie spatiale (Mitchum and Woodworth 2009).

Dans les deux cas, l'originalité du protocole réside dans la synergie des observations de marégraphie et de géodésie spatiale. Cette synergie est réalisée par le rattachement géodésique local des repères matériels du marégraphe et de la station de géodésie spatiale co-localisée. L'accès au repère géocentrique se fait ensuite par mesures et analyses combinées des solutions de géodésie spatiale, constituées en réseaux de stations multi-techniques co-localisées (Wöppelmann et al. 2008 ; 2009).

La problématique de la mesure des mouvements verticaux du sol aux marégraphes à partir des méthodes de géodésie spatiale et, en particulier, du GPS, a fait l'objet de nombreuses rencontres et discussions internationales depuis près de vingt ans (Carter et al. 1989 ; Neilan et al. 1998 ; Schoene et al. 2009). La conclusion qui s'impose est que déterminer des vitesses verticales aux marégraphes avec une exactitude de l'ordre de 0,5 mm/an sur une durée de 10-15 ans, dans un repère terrestre géocentrique, stable et précis, est encore un enjeu majeur en Géodésie. Et l'idée qui prévaut est que la meilleure stratégie d'analyse pour y arriver est probablement une stratégie de traitement des mesures GPS en réseau global (King et al. 2009), en accord avec la dimension des enjeux : évolution générale du niveau de la mer, réalisation d'un repère de référence terrestre géocentrique, re-calcul des orbites des satellites. C'est dans ce contexte que le projet pilote TIGA (GPS Tide Gauge Benchmark Monitoring) du service international IGS est lancé en avril 2001, et que les centres de données et d'analyses de mesures GPS se développent à l'Université de la Rochelle (Wöppelmann et al. 2004).

• La durée d'observation

Durée minimale de 10 ans

Les premiers marégraphes numériques des réseaux RONIM et ROSAME ont été déployés dès 1992 respectivement au Conquet et à Kerguelen. Depuis lors les réseaux RONIM et ROSAME s'étendent et assurent des observations continues du niveau de la mer. Ces observatoires sont définis par les organismes qui les opèrent comme étant permanents. 14 observatoires RONIM produisent des données depuis plus de dix années.

L'acquisition de données d'observation est à la base de tout travail de recherche. Les progrès dans la connaissance des variations du niveau de la mer n'échappent pas à cette exigence (Woodworth 2006). SONEL vise à assurer un service reconnu et pérenne qui diffusera les observations des marégraphes français et les résultats de la surveillance géodésique de ceux-ci. La particularité est de prendre en compte dans la diffusion des données marégraphiques les besoins de la communauté scientifique et de développer spécifiquement la surveillance géodésique. Par ailleurs, il convient de remarquer que l'océan est un milieu turbulent avec des modes de fluctuations lents, de la dizaine d'années au siècle. Imparfaitement modélisé, une observation en continu sur une longue période est par conséquent indispensable pour décrire son état et prédire son comportement (Woodworth et al. 2009).

De même, une durée d'au moins dix ans est nécessaire par les mesures GPS en mode continu ou par des campagnes de gravimétrie absolue (cf. ci-dessus, Wöppelmann et al. 2009, Van Camp et al. 2005). Le workshop qui s'est tenu en avant première de la réunion du groupe d'experts GLOSS a rappelé les difficultés rencontrées actuellement pour estimer des mouvements verticaux du sol à partir des techniques de géodésie spatiale, et notamment du GPS (Schoene et al. 2009). Les mêmes mesures traitées par des équipes différentes, avec des logiciels différents, donnent des résultats sensiblement différents, même sur des séries temporelles de plusieurs années (~10 ans). Des études doivent encore être menées, aussi bien sur les phénomènes géophysiques (troposphère) que physiques (antenne) ou géodésiques (réalisation et stabilité à long terme du repère de référence par solutions GPS).

Dans le contexte d'incertitude mentionné ci-dessus, la constitution d'une banque de données et d'archivage de toutes les mesures et métadonnées est essentielle. Le système comprend bien sûr les mesures des marégraphes, mais également les mesures GPS ou les rattachements par nivellement, ainsi que toutes les données complémentaires qui permettraient de mieux comprendre les signaux géophysiques (cf. Fig. 2). L'idée est d'archiver les mesures brutes aussi rigoureusement que possible pour les traiter, ou garder la possibilité de les retraiter, par exemple dès que les phénomènes qui affectent la composante verticale du GPS seront mieux maîtrisés. Cette démarche n'est pas originale, mais s'est souvent révélée déterminante (Tycho Brahé, Lalande...). Elle est détaillée dans le livre du Bureau des longitudes (2009). La marégraphie y est explicitement mentionnée à plusieurs titres en raison de son côté exemplaire. La France dispose d'un patrimoine historique de marégraphie avéré le long de nombreuses côtes en France et dans le monde de par son passé (Pouvreau 2008) ; un patrimoine dont le sauvetage au format numérique et la valorisation scientifique doivent être poursuivis car constituant un témoin précieux dans le contexte de changement climatique. Le SHOM dispose en particulier d'une base de données nationale et a déjà procédé à la numérisation de nombreuses archives constituant des séries historiques pouvant encore largement être étendue et dont la validation doit se poursuivre. De nombreux observatoires disposant de plus de 30 années d'observations sont aujourd'hui en activité (Tableau 1). Certaines séries sont encore méconnues ou seront découvertes et devront être intégralement restaurées au format numérique.

- **L'existant**

Préciser si une partie ou la totalité du SO fonctionne déjà et dans quelles conditions

Marégraphes

Deux réseaux de marégraphes sont actuellement opérationnels, i.e. les observations sont enregistrées, collectées, contrôlées, archivées, et accessibles aux chercheurs via Internet moyennant le respect de règles d'utilisation établies dans la considération mutuelle des producteurs et des chercheurs¹¹. Il s'agit des deux réseaux que nous avons déjà mentionnés : **ROSAME** (LEGOS) et **RONIM** (SHOM).

Le premier¹² est sous responsabilité de chercheurs ; et des efforts sont mis en œuvre pour remplir les spécifications des programmes mondiaux (IOC 2006) malgré un environnement hostile antarctique et sub-antarctique. Il est constitué de quatre stations et est reconnu par ses labellisations SO/ORE.

Le second¹³ est un réseau moderne de 32 stations (40 à terme), en métropole et outre-mer. Il a historiquement été précurseur des technologies de marégraphie les plus performantes disponibles aujourd'hui (acoustique en 1992 et radar depuis 1998). Seules les initiatives conduites dans le cadre du projet Niveau de la mer et marégraphie (NMER) du GRGS visent cependant à compléter l'instrumentation pour atteindre les objectifs mentionnés dans cette proposition. Ainsi seuls 7 marégraphes sur 32 sont actuellement co-localisés avec des stations GPS.

D'autres réseaux se mettent en place généralement en partenariat avec le SHOM et afin de répondre en priorité à des problématiques d'alerte (Caraïbes, Polynésie française, Nouvelle-Calédonie, Wallis et Futuna). L'intégration nationale de ces réseaux émergents est prévue au travers de **la coordination de l'observation du niveau de la mer**, mise en place au SHOM (Fig. 2) et renforcée par un prochain décret interministériel. Ce SOERE soutiendra cette coordination et visera à inscrire ces réseaux dans la problématique des variations à long terme du niveau de la mer et à préciser les besoins relatifs à celle-ci dans les recommandations nationales, par ses moyens complémentaires ou expertises.

Sites Internet :

Depuis 2003, un portail (www.sonel.org) donne accès aux observations des réseaux de marégraphes RONIM et ROSAME, soit aux données par serveur FTP ([ftp.sonel.org](ftp://ftp.sonel.org)), soit pour visualisations d'images et de cartes par des outils implémentés en liaison avec le serveur web (MySQL, php, GoogleEarth)¹⁴. Ce système centralisé se verra distribué conformément à cette proposition, le SHOM diffusera à la fois ses données historiques, et les données RONIM ainsi que les données récentes et anciennes collectées via la coordination nationale de l'observation du niveau de la mer. Le système d'information des données du SOERE s'appuiera naturellement sur l'existant, et se développera en accord avec la structure et flux de données du SOERE prévus (Fig. 2), en prenant en compte les éléments du futur portail du SHOM et les produits synergiques qui restent à créer.

Centre de collectes GPS et centre d'analyses

Le centre de données GPS de SONEL hébergé par l'ULR collecte des observations au format standard RINEX pour près de 350 stations¹⁵. Six centres d'analyses mondiaux sont alimentés par ce centre via le serveur FTP ([ftp.sonel.org](ftp://ftp.sonel.org)). Le **centre de données GPS** et le **centre d'analyses** du consortium ULR (des laboratoires LIENSs et LAREG) sont reconnus par l'IGS dans le cadre du projet TIGA¹⁶. Les premières solutions GPS des stations co-localisées aux marégraphes sont publiées dans une revue spécialisée de rang international (Wöppelmann et al. 2009), et diffusées à travers le serveur web SONEL¹⁷. Dans sa session 2009, le groupe d'experts du programme mondial GLOSS reconnaît le

¹¹ Conditions d'accès : <http://www.sonel.org/Conditions-d-acces-aux-donnees-des.html>

¹² Détails sur le réseau ROSAME : <http://www.legos.obs-mip.fr/observations/rosame/>

¹³ Détails sur le réseau RONIM : http://www.shom.fr/fr_page/fr_act_oceano/maree/maree14_f.htm

¹⁴ Détails sur l'accès aux observations marégraphiques : <http://www.sonel.org/-Maregraphes-.html>

¹⁵ Détails sur l'accès aux observations GPS : <http://www.sonel.org/-GPS-.html>

¹⁶ TIGA : TIde GAuge benchmark monitoring project (http://adsc.gfz-potsdam.de/tiga/index_TIGA.html)

¹⁷ Détails sur la dernière solution GPS: <http://www.sonel.org/Surveillance-geodesique-des,129.html>

besoin de se doter d'un centre de données associé prenant en charge les données GPS co-localisées avec les marégraphes (King et al. 2009). La composante centre de données GPS de SONEL est proposée par les responsables (chair) de GLOSS (M. Merrifield) et de TIGA (T. Schoene) pour assurer officiellement ce rôle, à condition d'obtenir une garantie de service sur plusieurs années et de développer les fonctionnalités actuelles (structure du serveur web, interface vers les marégraphes, outils de visualisation et d'échange des données, SGBD, langue...).

Les réseaux GPS sur lesquels s'appuient les centres de données et d'analyses GPS sont nombreux (IGS, EPN, RENAG, RGP, GSI, BIGF...), et la couverture des stations utiles est mondiale, eu égard à l'application visée et aux connaissances actuelles. La surveillance géodésique des marégraphes est sans doute l'application la plus exigeante en termes de précision et de justesse (Wöppelmann et al. 2007). Elle représente encore un défi dans le domaine de la géodésie, en particulier, elle suppose la réalisation d'un repère terrestre géocentrique stable et précis dans lequel les mouvements verticaux des marégraphes peuvent être déterminés à quelques dixièmes de mm/an. Rappelons en effet que les variations générales du niveau de la mer sont estimées à 1-2 mm/an sur le dernier siècle à partir des observations de marégraphes (Bindoff et al. 2007). Or, pour tendre vers un tel repère, la meilleure stratégie d'analyse des mesures GPS est une stratégie en réseau global incluant des stations dites de référence, bien réparties autour du globe, et recalculant les orbites des satellites (King et al. 2009).

Seules les stations GPS qui suivent les standards de l'IGS, en particulier dans l'installation et la politique de diffusion des observations (libres d'accès sur Internet), sont considérées, en partie pour les raisons expliquées ci-dessus. Les **stations GPS françaises co-localisées avec les marégraphes** suivant ces standards sont au nombre de onze : Ajaccio (IGN), Brest (IGN), Dumont d'Urville (ENS), Kerguelen (CNES), La Rochelle (ULR), Marseille (IGN), Nouméa (DITTT), Papeete (Université de Hawaïi), Roscoff (GRGS/SHOM), Sète (GRGS/SHOM), Socoa (IGN). Fort-de-France (GRGS/SHOM), Saint-Malo (GRGS/SHOM) et Tubuai (Université de Polynésie française) devraient bientôt les rejoindre. L'acquisition des stations GPS co-localisées avec les marégraphes s'est faite sur des budgets divers, sans politique systématique vis-à-vis des besoins propres aux applications visées ici. Le SOERE contribuera donc à une telle politique avec des moyens dédiés pour assurer la liaison géodésique au marégraphe, et veiller à la continuité des mesures en assurant si besoin leur pérennité en cas d'abandon des acquisitions par les organismes historiquement à leur origine.

• L'archivage des données et leur mise à disposition

Données brutes et/ou élaborées, structure, support, validation, archivage,, métadonnées, statut juridique, accessibilité, modes de distribution, intégration internationale éventuelle, responsable technique.

La figure 2 montre la structuration des activités du SOERE en soulignant les flux de données. Le système d'information du SOERE fournit l'accès aux données brutes et élaborées dans un souci d'ensemble et de cohérence, en particulier via des liens lorsqu'il s'agira des données brutes qui seront collectées, archivées et distribuées par les centres spécialisés. Les modes de distribution privilégiés sont les serveurs web et ftp, en particulier ce dernier est très utilisé par la communauté GNSS pour qui des grandes quantités de données et de stations sont nécessaires en entrée de leurs traitements, mais les applications de contrôle des biais et dérives des altimètres radar privilégient aussi ce mode d'accès (communication personnelle G. Valladeau).

L'archivage des données marégraphiques nationales et des métadonnées associées sera réalisé au travers de la récente infrastructure géospatiale mise en service au SHOM en décembre 2009 et qui comprend notamment une base de données marégraphiques (CARIS-Chersoft TideDatabase). Cet archivage répond en particulier aux recommandations internationales dans le domaine (ICES, 2006).

Le système de distribution de l'observation du niveau de la mer associé à cette base sera quant à lui développé en 2010. Les délais de mise à disposition des données sont les plus courts possibles, et varient suivant la nature des données (calculs de moyennes annuelles pour le PSMSL) et des moyens disponibles (télécommunications de stations isolées...). Les observations de marégraphie peuvent être disponibles en temps réel lorsque la station a une application d'alerte. En revanche les données contrôlées sont souvent disponibles avec un délai de 2-3 mois. Quant aux observations de géodésie spatiale, les délais constatés varient entre 24h et 6 mois. Les tendances à long terme seront produites annuellement, en particulier les tendances géocentriques qui sont issues de traitements longs en réseau global de stations GPS. Ces délais ont été considérablement réduits de onze mois à quelques semaines

grâce aux investissements effectués par l'ULR¹⁸, qui a déjà programmé d'augmenter la puissance de calcul dans les prochaines années, en particulier avec des crédits CPER¹⁹. Les responsables techniques des différentes composantes du SOERE sont indiqués dans la partie II.

La politique des données a déjà été mentionnée, le principe général recherché est un libre accès aux chercheurs sous conditions définies dans une politique de diffusion. Concernant le portail marégraphique hébergé par le SHOM la politique de diffusion sera traitée dans le cadre de la coordination nationale de l'observation du niveau de la mer. Elle sera élaborée en accord avec les fournisseurs des données et dans le respect de la propriété intellectuelle de ceux-ci ainsi que dans le respect des textes en vigueur pour la diffusion des données publiques (INSPIRE, 2007).

Outre l'intégration internationale du SOERE déjà mentionnée dans le programme GLOSS et le service international IGS, il convient d'ajouter le PSMSL²⁰. D'autres intégrations possibles pourront apparaître avec l'évolution et la construction des programmes internationaux. La gouvernance veillera à faire les liaisons appropriées.

• Lien avec la modélisation

Indiquer si les données du S.O. sont susceptibles d'être utilisées par des modèles, et si oui pour quel objectif.

Est-il nécessaire de rappeler que le niveau de la mer est un paramètre important dans les études qui portent sur le changement climatique (e.g. Woodworth et al. 2004 ; Bindoff et al. 2007) ? Dans ce contexte, l'estimation de l'évolution à long terme du niveau de la mer à mieux que le millimètre par an est un enjeu. Il est important aussi bien pour valider les modèles climatiques et mieux comprendre les processus en jeu aux échelles globale et régionale, que pour étudier et anticiper les conséquences de son évolution. Les modèles échouent à prédire l'élévation générale du niveau de la mer : 6 cm au lieu des 18 cm observés au 20^{ème} siècle (Gregory et al. 2006). La situation est pire dans les détails spatio-temporels (variations géographiques, décennales et interdécennales). Les modèles de dilatation thermique des océans ou de fonte des glaces prédisent des empreintes géographiques (e.g. Mitrovica et al. 2001 ; Plag 2006) qui ne sont pas détectées à ce jour par les observations (Douglas 2008).

• L'ouverture et l'insertion du Système d'observation

Actions qui seront mises en œuvre pour ouvrir le SO à des équipes extérieures ; liens avec d'autres SOERE ; insertion dans le dispositif de recherche français (régional, national), européen et international (notamment GMES) ; appartenance à un Réseau national ou international d'observation ou d'expérimentation ; mise en place éventuelle d'un comité d'usagers.

Nous avons beaucoup insisté dans les sections précédentes à propos de l'insertion de ce SOERE dans les réseaux et programmes internationaux reconnus dans le domaine d'activité visé. La coordination et la gouvernance proposées veilleront à l'insertion du SOERE dans un panorama national et international par essence créatif et évolutif. L'intégration des stations GPS dédiées aux marégraphes du SOERE dans les réseaux existants à vocation géodésique de l'IGN et géodynamique du RENAG sera recherchée et privilégiée en métropole afin de garantir une diffusion plus large des données vers d'autres applications.

• La gouvernance

Organigramme de ou des équipe(s) scientifiques et techniques ayant la responsabilité du SOERE (partage des tâches). Fonctionnement des comités (pilotage, scientifique, utilisateurs). Stratégie de communication, programmes de formations associées.

La gouvernance prévoit deux organes: un comité de pilotage et un bureau exécutif réduit et chargé de mettre en œuvre les décisions du comité de pilotage. **Le bureau exécutif** se réduira à quatre personnes : le porteur du SOERE, le coordonnateur de la marégraphie, le responsable du centre d'analyse GPS et le responsable de l'élaboration des produits du SOERE et de leur diffusion. **Le**

¹⁸ Détails sur les moyens de calcul : <http://www.sonel.org/Surveillance-geodesique-des,129.html>

¹⁹ CPER : Contrat de Projets Etat Région

²⁰ PSMSL : Permanent Service for Mean Sea Level (<http://www.pol.ac.uk/psmsl/>)

comité de pilotage comprendra le bureau exécutif, un représentant désigné au lancement du SOERE par chaque organisme participant, les responsables des réseaux marégraphiques, les responsables des centres de données et des centres d'analyses spécialisés. Il accueillera à titre consultatif et sur invitation des experts qualifiés ou représentants des utilisateurs en particulier des représentants des programmes nationaux et internationaux utilisateurs des données du SOERE (GLOSS, Mercator, Coriolis, ANR, porteurs d'autres SOERE...). Sa composition pourra évoluer dans le cas où de nouveaux organismes intégreraient le SOERE. Ce comité se réunira au moins une fois par an, soit à l'occasion d'un colloque scientifique ou d'une rencontre dédiée au SOERE.

• Références citées

- Amalvict M., P. Willis, G. Wöppelmann, E. Ivins, M-N. Bouin, L. Testut, J. Hinderer, 2009. Isostatic stability of the East Antarctic station Dumont d'Urville from long-term geodetic observations and geophysical models. *Polar Research*, 28, 193-202.
- Antonov J.I., S. Levitus, T.P. Boyer, 2005. Thermosteric sea level rise: 1955–2003. *Geophys. Res. Lett.* 32, L12602, doi:10.1029/2005GL023112.
- Bevis M., W. Scherer, M. Merrifield, 2002. Technical issues and recommendations related to the installation of continuous GPS stations at tide gauges. *Marine Geodesy*, 25, 87-99.
- Bonnefond, P., B. Haines, G. Born, P. Exertier, S. Gill, G. Jan, E. Jansou, D. Kubitschek, O. Laurain, Y. Menard, A. Orsoni, 2003. Calibrating the Jason-1 measurement system: Initial results from the Corsica and Harvest verification experiments. *Symposium on Calibration, Characterization of Satellite Sensors, Physical Parameters Derived from Satellite Data*, 32, doi 10.1016/S0273-1177(03)00683-5
- Bureau des longitudes, 2009. Les Observatoires. Observer la Terre. Ed. Hermann, 309 pp.
- 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., and Unnikrishnan, A., 2007. Observations: Oceanic climate 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*, Solomon S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor & H.L. Miller (eds.), Cambridge University Press, Cambridge, UK, and New York, USA.
- Carter, W.E., D.G. Aubrey, T.F. Baker, C. Boucher, C. Le Provost, D.T. Pugh, W.R. Peltier, M. Zumberge, R.H. Rapp, R.E. Shutz, K.O. Emery, D.B. Enfield, 1989. Geodetic fixing of tide gauge benchmarks. In *Woods Hole Oceanographic Institution Technical Report*, WHOI-89-31.
- Cazenave A., A. Lombard, W. Llovel, 2008. Present-day sea level rise: a synthesis. *C.R. Geoscience*, 340, 761-770.
- INSPIRE : Directive 2007/2/CE du 14 mars 2007 établissant une infrastructure d'information géographique dans la Communauté européenne (INSPIRE) (transposition en cours).
- Douglas, B.C., 2008. Concerning evidence for fingerprints of glacial melting. *J. Coast. Res.*, 24 (2B), 218-227.
- Gregory J.M., J.A. Lowe, S.F.B. Tett, 2006. Simulated global-mean sea level changes over the last half-millennium. *Journal of Climate*, 19, 4576-4591.
- ICES, 2006. International Council for the Exploration of the Sea (ICES), Working Group on *Data Management, Guidelines for Water Level Data (revised May 2006)*.
- IHO, 2009. Circular Letter 48/2009 07 July 2009, IHB File n° S3/2705.
- IOC, 1985. Manual on sea-level measurement and interpretation. Volume I: Basic procedures. Intergovernmental Oceanographic Commission, Manuals & Guides, No. 14, 84 pp.
- IOC, 2006. Manual on sea-level measurement and interpretation. Volume 4: An Update to 2006. Intergovernmental Oceanographic Commission, Manuals & Guides, No. 14, 80pp
- King M., G. Wöppelmann., L. Rickards, 2009. Report from Session 6 "What processing and data centers are needed for GPS data and products". Workshop on Precision Observations of Vertical Land Motion at Tide Gauges, Paris, UNESCO, 11-12 May 2009.
- Marcos M., M. Tsimplis, 2007. Forcing of coastal sea level rise patterns in the North Atlantic and the Mediterranean Sea. *Geophys. Res. Lett.* 34, L18604, doi:10.1029/2007GL030641.
- Martin Miguez B., L. Testut, G. Wöppelmann, 2008. The van de Casteele test revisited: an efficient approach to tide gauge error characterization. *Journal of Atmospheric and Oceanic Technologies*, 25(7), 1238-1244.
- Merrifield, M., T. Aarup, A. Aman, P. Caldwell, R. M. S. Fernandes, H. Hayashibara, B. Kilonsky, B. Martin Miguez, G. Mitchum, B. Perez Gomez, L. Rickards, D. Rosen, T. Schöne, L. Testut, P. Woodworth, G. Wöppelmann, 2009. The Global Sea Level Observing System (GLOSS). In *OceanObs'09, Ocean Information for society: sustaining the benefits, organizing the potential*, Community White Papers, 21-25 September 2009, Venice, Italy.

- Mitrovica J. X., M. Tamisiea, J. L. Davis, G. A. Milne, 2001. Recent mass balance of polar ice sheets inferred from patterns of global sea-level change. *Nature*, 409, 1026-1029.
- Mitchum and Woodworth (2009). Motivation for the Workshop on Precision Observations of Vertical Land Motion at Tide Gauges, Paris, UNESCO, 11-12 May 2009.
- Neilan, R., Van Scoy, P.A., Woodworth, P.L., (Ed.) 1998. Proceedings of the Workshop on methods for monitoring sea level : GPS and tide gauge benchmark monitoring, GPS altimeter calibration. Workshop organised by the IGS and PSMSL, Jet Propulsion Laboratory, 17-18 March 1997, 202 pp.
- ONERC, 2009. Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (ONERC), Changement climatique, coûts des impacts et pistes d'adaptation, rapport au Premier Ministre et au Parlement, novembre 2009, La Documentation Française, ISBN : 978-2-11-007803-2.
- Plag H-P., 2006. Recent relative sea-level trends: an attempt to quantify the forcing factors. *Phil. Trans. R. Soc. A*, 364, 821-844.
- Pouvreau N., 2008. Trois cents ans de mesures marégraphiques en France : outils, méthodes et tendances des composantes du niveau de la mer au port de Brest. Thèse de doctorat de l'université de la Rochelle, soutenue le 26 septembre 2008, 466 pp.
- Schoene T., G. Wöppelmann., S. Mazzotti, 2009. Report from Session 4 "Geodetic issues". Workshop on Precision Observations of Vertical Land Motion at Tide Gauges, Paris, UNESCO, 11-12 May 2009.
- Secrétariat Général de la Mer, 2009. Livre bleu, Stratégie nationale pour la mer et les océans, décembre 2009.
- Testut L., G. Wöppelmann, B. Simon, P. Téchiné, 2006. The sea level at Port-aux-Français, Kerguelen Island, from 1949 to the present. *Ocean Dynamics*, 56(5-6), 464-472.
- Tréguer P., M. Lhuillery, F. Viard, 2009. Changement climatique et impacts sur les écosystèmes marins de l'Ouest de la France. Rapport du Conseil Scientifique de l'Environnement de Bretagne 32pp.
- Van Camp M., S.D.P. Williams, O. Francis, 2005. Uncertainty of absolute gravity measurements. *J. Geophys. Res.*, 110, B05406, doi:10.1029/2004JB003497.
- Williams S.D.P., T.F. Baker, G. Jeffries, 2001. Absolute gravity measurements at UK tide gauges. *Geophys. Res. Lett.*, 28 (12), 2317-2320.
- Woodworth, P.W., 2006. Some important issues to do with long-term sea level change. *Phil. Trans. R. Soc. A*, 364, 787-803.
- Woodworth P. L., J.M. Gregory, R.J. Nicholls, 2004. Long term sea level changes and their impacts. In Chapter 18 of volume 13 of the sea (ed. A. R. Robinson & K. H. Brink), pp. 715-753. Cambridge, MA: Harvard University Press.
- Woodworth P.L., L.J. Rickards, B. Pérez, 2009. A survey of European sea level infrastructure, *Nat. Hazards Earth Syst. Sci.*, 9, 927-934.
- Woodworth P.L., R. Player, 2003. The Permanent Service for Mean Sea Level: an update to the 21st century. *Journal of Coastal Research*, 19, 287-295.
- Wöppelmann G., C. Letetrel, A. Santamaria, M-N. Bouin, X. Collilieux, Z. Altamimi, S.D.P. Williams, B. Martin Miguez, 2009. Rates of sea-level change over the past century in a geocentric reference frame. *Geophysical Research Letters*, 36, L12607, doi:10.1029/2008GL038720.
- Wöppelmann G., M-N. Bouin, Z. Altamimi, 2008. Terrestrial reference frame implementation in global GPS analysis at TIGA ULR consortium. *Physics and Chemistry of the Earth*, 33, 217-224.
- Wöppelmann G., B. Martin Miguez, M-N. Bouin, Z. Altamimi, 2007. Geocentric sea-level trend estimates from GPS analyses at relevant tide gauges world-wide. *Global and Planetary Change*, 57 (3-4), 396-406.
- Wöppelmann G., B. Martin Miguez, M-N. Bouin, Z. Altamimi, 2006. An exercise of combining tide gauge and GPS results. World Climate Research Programme Workshop on *Understanding Sea-level Rise and Variability*, 6-9 June 2006, UNESCO/IOC, Paris, France.
- Wöppelmann G., M-N. Bouin, Z. Altamimi, L. Daniel, S. McLellan, 2004. Current GPS data analysis at CLDG for the IGS TIGA Pilot Project. In *Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie*, The state of GPS vertical positioning precision : Separation of earth processes by space geodesy, T. van Dam and O. Francis (Eds.), Vol. 23, 149-154.
- Zerbini S., B. Richter, M. Negusini, C. Romagnoli, D. Simon, F. Domenichini, W. Schwahn, 2001. Height and gravity variations by continuous GPS, gravity and environmental parameter observations in the southern Po Plain, near Bologna, Italy. *Earth and Planetary Science Letters*, 192 (3), 267-279.

II : LES MOYENS AFFECTES

A- MOYENS FINANCIERS

Moyens en infrastructure et équipement nécessaires, ainsi que l'origine prévu de ces crédits:

A.1.1. Présentation des moyens financiers (infrastructure) mis à disposition du SOERE :

Intitulé	Année	k€	Origine
35 Marégraphes	2005-09	670	SHOM-SCSP / CPER Bretagne
Base de données marégraphiques (infrastructure géospatiale)	2009	200	SHOM - SCSP
Développement portail internet marégraphes	2010	72	MEEDDM / MIOMCT
Serveurs	2010	10	MEEDDM / MIOMCT
5 marégraphes supplémentaires en Méditerranée	2010	115	MEEDDM / MIOMCT
Marégraphes supplémentaires Océan Indien/Méditerranée/Atlantique	2010	80	Météo France / MAEE / GPMM / SHOM-SCSP
Bouées GPS	2010	24	ANR / GRGS
Informatique, serveur, archivage, Centre de données	2001-04	89	Collectivités
Idem	->2013	16	CPER
Cluster	2008	130	CPER, FREDD, LEPTIAB
Centre d'analyse GPS	->2013	100	CPER
6 GPS	2008 -09	34	GRGS/SHOM
Bouées GPS	2010	12	CNES
Matériel Nivellement	2006	6	ULR
5 Marégraphes	1993-2009	100	INSU/IPEV/MESR/OMP
Station GPS +bouée GPS + matériel nivellement	2003-2009	90	MESR/INSU
TOTAL		1748	

Tableau 1 : Récapitulatif des moyens financiers (infrastructure et équipement) en k€ TTC (le SHOM sur fond gris, l'ULR sur fond saumon, et le LEGOS sur fond bleu)

A.1.2. Présentation des moyens financiers (infrastructure) demandés :

Intitulé	Année	k€	Origine
4 marégraphes (jouvence/spare)	2010-2013	86	SOERE
8 stations GNSS (soit 2 stations/an)	2010-2014	80	SOERE
Niveau optique de précision NA2 + mire invar + trépied	2010	6	SOERE
Petit matériel pour mission terrain	2010	3	SOERE
2 pc portables de terrain (jouvence)	2012	4	SOERE
Disques de stockage (7 To en FC 300G)	2011	28	SOERE
2 stations complètes (jouvence/spare) ²¹	2010-2013	40	SOERE
3 bouées GPS nouvelle génération	2010-2013	46	SOERE
TOTAL		293	

Tableau 2 : Récapitulatif des moyens financiers (infrastructure et équipement) en k€ TTC (le SHOM sur fond gris, l'ULR sur fond saumon, et le LEGOS sur fond bleu)

²¹ Correspond à la demande budgétaire du dossier de renouvellement ROSAME soumis à la CIO-E en 2009

Moyens financiers annuels récurrents nécessaires au fonctionnement du service (en TTC) en précisant l'origine prévue de ces crédits (INSU, organismes, Ministère, Université, etc.) :

A.2.1. Présentation des moyens financiers (fonctionnement) mis à disposition du SOERE :

Intitulé	k€/an	Origine
Maintenance RONIM (opérationnelle)	30	SHOM-SCSP
Complément MCO (instrumentation RONIM)	16	MEEDDM/MIOMCT
Télécommunications	8	SHOM-SCSP / MEEDDM / MIOMCT
Transport matériel MCO	10	SHOM-SCSP / MEEDDM / MIOMCT
Frais de mission MCO	15	SHOM-SCSP / MEEDDM / MIOMCT
Télécommunications 4-18 stations GPS (2010-2013)	4-18	RENAG-RESIF
Maintenance ROSAME (opérationnelle)	15	IPEV
Soutien quadriennal (dvp instrumentaux)	7	OMP
Soutien récurrent INSU (valorisation scientifique)	10	INSU
Frais de transmission ARGOS	10	IFREMER
TOTAL	125-143	

Tableau 3 : Récapitulatif des moyens financiers récurrent en fonctionnement en k€ TTC/an TTC (le SHOM sur fond gris, l'ULR sur fond saumon, et le LEGOS sur fond bleu)

A.2.2. Présentation des moyens financiers (fonctionnement) demandés :

Intitulé	k€/an	Origine
Participation GIP RENATER (accès internet)	5	SOERE
Frais de mission (réunions SOERE, MCO marégraphes)	10	SOERE
Prestation de service web SONEL (traduction)	2	SOERE
Soutien récurrent INSU (valorisation scientifique)	10	SOERE
Frais de transmission ARGOS ²²	14	SOERE
Frais de mission (bureau exécutif/comité pilotage)	6	SOERE
Frais organisations colloques / réunion annuelle	3	SOERE
Frais de mission géodésie (6-8 sites visités /an)	10	SOERE
TOTAL	60	

Tableau 4 : Tableau récapitulatif des moyens financiers récurrent en fonctionnement en k€ TTC/an (le SHOM sur fond gris, l'ULR sur fond saumon, et le LEGOS sur fond bleu)

²² Correspond à la demande budgétaire du dossier de renouvellement ROSAME soumis à la CIO-E en octobre 2009 où il est demandé à l'INSU de prendre en charge les frais d'émission ARGOS qui ne sont plus supportés par l'IFREMER (avec en prévision l'extension du réseau à 7 stations pour les 4 prochaines années. Demande d'extension en cours).

B- RESSOURCES HUMAINES

Liste des personnels (et ETP) qui seront affectés au fonctionnement du service (en dehors de l'exploitation scientifique), en indiquant pour chacun son titre, son organisme de rattachement, son pourcentage d'implication, ainsi que sa tâche spécifique

B.1.1. Personnels affectés au fonctionnement des composantes du SOERE :

	Statut	Organisme	Spécialité	Responsabilité	%
RONAN CREACH	Ing.	SHOM ²³	Marégr. (SCSP)	Responsable du réseau RONIM	30
NICOLAS POUVREAU	Dr.	SHOM	Marégraphie (MEEDDM/MIOMCT)	Coordination nationale marégraphie. Centre de données et portail	100
THIERRY LENGART	Ing	SHOM	Info. (MEEDDM/MIOMCT)	Centre de données et portail (+volet RONIM temps réel à 70%)	30
BRUNO TREGUIER	Ing	SHOM	Info. (SCSP)	Centre de données et portail	5
VIRGINIE GOIRAND	Tech	SHOM	Marégr. (SCSP)	Gestionnaire réseau RONIIM	100
PASCAL LE DU	Tech	SHOM	Marégr. (SCSP)	Contrôle qualité des données	20
RONAN LE GALL	Tech	SHOM	Marégr. (SCSP)	Gestion base données marégraphiques	100
JEAN-CLAUDE KERINEC	Ing.	SHOM	Instrum. (SCSP)	Installation et maintenance de RONIM	40
BERNARD CROGUENOC	Tech.	SHOM	Instrum. (SCSP)	Installation et maintenance de RONIM	50
CHRISTIAN KERVILLA	Tech.	SHOM	Instrum. (SCSP)	Installation et maintenance de RONIM	50
NEO POFFA	Ing.	SHOM	Instrum.(MEEDDM/MIOMCT)	Installation et maintenance de RONIM	100
LUCIA PINEAU	Ing.	SHOM	Marégr.(SCSP)	Expert marégraphie, resp. GRGS NMER	10
HYDROGRAPHES	Tech	SHOM	Hydro. (SCSP)	Travaux RONIM : Géod./marégr.	100
BUREAU PRESTATION	Tech	SHOM	Hydro. (SCSP)	Diffusion d'information et d'expertise	25
GUY WOPPELMANN	MdC	ULR/LIENSs	Géod./Marégr.	Resp.du centre d'analyses GPS	30
MIKAEL GUICHARD	IE	LIENSs	Informatique	Resp. tech. du centre de données GPS/SONEL	80
PASCAL TIPHANEAU	Tech. Adj.	LIENSs	Géod./Marégr.	Support informatique centre de calculs GPS	80
LAURENT TESTUT	Phys Adj	LEGOS	Océanographie	Responsable du SO ROSAME	70
PHILIPPE TECHINE	IE CNRS	LEGOS	Informatique	Temps réel & QCdes données	50
MICHEL CALZAS	IR CNRS	DT/INSU	Mécanique	Dvpt. Instrum. & missions	25
ANTOINE GUILLOT	IE CNRS	DT/INSU	Electronique	Dvpt. Instrum. & missions	25
LIONEL FICHEN	AI CNRS	DT/INSU	Instrumentation	Dvpt. Instrum. & missions	25
CHRISTOPHE GUILLERM	AI CNRS	DT/INSU	Instrumentation	Dvpt. Instrum. & missions	25
TOTAL Equivalent Temps Plein (ETP)					11,7

²³ Pour le SHOM, les pourcentages indiqués recouvrent les activités marégraphiques des personnels cités, étendues à l'ensemble des applications (dont le SOERE). La part spécifique liée au SOERE n'est pas différentiable à ce stade.

- SCSP : Subvention pour charge de service public (MINDEF)

- MEEDDM/MIOMCT : Financement mis en place au travers du projet CRATANEM (sept 2009-déc 2013)

Des recrutements supplémentaires sont-ils nécessaires pour le fonctionnement du SO dans les quatre années à venir?

B.1.2. Personnels affectés au fonctionnement demandés:

Les postes suivants sont identifiés pour permettre le fonctionnement du SOERE soumis. Ils permettent de réaliser les activités soulignées dans la partie A de la proposition. Parmi les postes nécessaires au SOERE, sont distingués ci-dessous une demande indispensable de recrutement pour le lancement du SOERE, les recrutements nécessaires pour son fonctionnement, ainsi que les ressources pouvant intervenir ultérieurement.

Poste demandé pour permettre le lancement du SOERE :

- ✓ **Recrutement en 2010** d'1 IR à l'ULR (dans la configuration actuelle) pour prendre la responsabilité du système d'information des données du SOERE, assurer l'élaboration des produits et leur diffusion. Par produit est comprise toute donnée qui n'est pas une observation délivrée par un instrument (marégraphe, GPS,...). Les produits les plus complexes proviennent aujourd'hui du volet GPS (leur élaboration relève encore de la recherche) et de leur synergie avec les produits des marégraphes dont les procédures de calculs sont stables et standards depuis longtemps. Sur les produits des marégraphes, des recherches seront cependant entreprises pour proposer des produits plus complexes issus de méthodes avancées d'analyses de données (tendances non linéaires, EOF, SSA,...), couplées ou pas avec l'altimétrie radar. Un recrutement est proposé d'abord en CDD sur les budgets du SOERE, dès 2010, soit 44 keuros/an pendant 4 ans, puis CNRS.

Postes demandés nécessaires au bon fonctionnement du SOERE

- ✓ **Recrutement en 2011-2012.** 1 poste d'IE à l'ULR (dans la configuration actuelle), pour les rattachements géodésiques (installations initiales de stations GPS permanentes incluses) : préparation administrative, élaboration des missions de terrain, exécution, traitement des données acquises, et alimentation des centres de données et du système d'information du SOERE. Il s'agit des missions visant à assurer la liaison physique entre marégraphes et stations géodésiques (rattachements et/ou contrôles réguliers). Un CDD est proposé, soit 35 keuros/an, à partir de 2011 ou 2012 pendant 2-3 ans suivant les budgets accordés 'in fine' par le CIO-E à cet SOERE. Les activités associées se feront au rythme correspondant aux moyens alloués (soit 6-8 installations/visites par an dans un cas favorable, sinon la moitié).
- ✓ **Recrutement en 2011.** 1 poste d'ingénieur au SHOM pour consolider le volet marégraphique du système d'information des données du SOERE et assurer l'élaboration des séries marégraphiques cohérentes et leur diffusion. Ce poste vise aussi à étudier les performances météorologiques des marégraphes en place et des nouvelles technologies, à élaborer des expériences d'étalonnage et de comparaisons, en particulier dans le site pilote du marégraphe de Brest et à les mettre en place et les exploiter. Un recrutement est proposé en CDD sur les budgets du SOERE, à partir de 2011, soit 50 keuros/an.

Les postes identifiés dès à présent mais pouvant intervenir ultérieurement :

- ✓ 1 responsable du SOERE au LEGOS (dans la configuration actuelle), soit physicien des observatoires CNAP, directeur de recherche CNRS, Professeur d'Université avec décharge, ou chaire CNRS à un Maître de conférences, dont les fonctions seront celles d'encadrement, de structuration des activités de recherche et d'animation scientifique. L. Testut (Phys. Adj.) assurera ces fonctions au lancement du SOERE, ce poste devenant indispensable lors de l'expansion du système.
- ✓ ¼ ETP d'IE à la DT/INSU pour la maintenance du réseau ROSAME en vue de l'augmentation de l'activité et du nombre de stations.

	Statut	Organisme envisagé	Spécialité	%
RESPONSABLE DE L'ELABORATION DES PRODUITS	IR	CDD sur crédits SOERE, puis CNRS	Compétences en méthodes avancées d'analyse de données (géodésie, marégraphie,...)	100
RESPONSABLE DES RATTACHEMENTS	IE	CNRS Université	Compétences en géodésie (GPS, Nivellement) Préparation missions, exécution, et traitement des données de rattachement géodésique acquises	100
Responsable métrologie marégraphes et données marégraphiques	Ing.	SHOM	Développements métrologiques de l'observation du niveau marin (comparaisons matérielles, tests de van de Casteele, bouée GPS,...) Etude, organisation, et mise en forme numérique des données cohérentes de hauteurs d'eau	100
RESPONSABLE SOERE	Niveau Dir Rech.	CNAP, CNRS ou Prof. avec décharge.	Niveau de la mer Structuration des activités de recherche du SOERE, encadrement et animation scientifiques	100
Soutien à la maintenance du réseau ROSAME	IE	CNRS (Mise en place à la DT/INSU)	Développements instrumentaux Préparation missions & missions ROSAME	25

Tableau récapitulatif des postes demandés pour le SOERE SONEL

A- LETTRE DE SOUTIEN

Lettre de soutien au projet de marégraphe SONEL (Système d'Observation des variations du Niveau de la mEr à Long terme) pour une labellisation SOERE

Par François Barlier

Bureau des longitudes, le 29 janvier 2010

Projet présenté par Laurent Testut (Réseau de marégraphie ROSAME/Legos, Laurent Testut, Toulouse), en partenariat avec le Service hydrographique de la marine (Réseau de marégraphie RONIM/SHOM, Ronan Creach, et coordination des réseaux, Nicolas Pouvreau, Brest), l'Université de La Rochelle (centre d'analyses GPS mondial ULR/Lienss, Guy Wöppelmann), et avec des collaborations existantes et envisagées (celles de l'Institut géographique national et des organismes en charge de la gravimétrie absolue).

Le projet est développé dans un cadre international, WRCP (World Research Climate Program) et GLOSS (Global Sea Level Observing System), aussi dans un cadre européen, GMES (Global Monitoring for Environment and Security) et enfin dans un cadre français SONEL (Système d'observation du niveau des eaux du littoral).

Le niveau des mers est quelque chose de très variable et l'observation du niveau de la mer que ce soit au niveau des côtes et du littoral, que ce soit en pleine mer est quelque chose de crucial et d'essentiel, surtout aujourd'hui dans le cadre de la surveillance de l'environnement terrestre, de son évolution, et bien entendu de ses aspects climatiques. Les origines des variations du niveau de la mer sont connues ; on peut citer notamment: les marées, la circulation océanique et ses variations, les phénomènes météorologiques, les variations temporelles des paramètres des océans, leurs températures et leurs salinités à titre d'exemples.

En revanche, l'analyse des différents phénomènes affectant le niveau des mers, leurs spectres temporelles, leurs amplitudes, leurs caractéristiques et leurs rôles spécifiques, la prévision de leur évolution, en liaison avec l'environnement terrestre reste quelque chose de très important, mais de très délicat et difficile à faire et qui doit toujours faire l'objet de nombreuses recherches. Certains effets sont très petits, un bon exemple étant l'augmentation du niveau des mers due au réchauffement climatique et à la fonte des glaces (aujourd'hui de l'ordre de 3 mm/an). Une chose est certaine, sans des observations continues, pérennes, de grande exactitude sur le très long terme, on ne peut rien espérer comprendre et prédire de façon précise sur le très long terme.

Il se trouve que c'est en France, que des observations ont été faites de façon remarquable sur le très long terme, plus de 300 ans à Brest pour ne citer qu'un seul exemple (aujourd'hui sous la responsabilité du SHOM, thèse de Nicolas Pouvreau). Il se trouve aussi que c'est en France et aux États-Unis dans le cadre du projet TOPEX/Poséidon qu'ont débuté les mesures les plus précises du niveau moyen des mers par altimétrie spatiale avec une précision meilleure que 0,5mm/an (À Toulouse au LEGOS et au CNES, travaux d'Anny Cazenave à titre d'exemple). Il faut noter la complémentarité des deux approches spatiales et in situ.

L'objectif du projet est donc très clair, poursuivre d'abord ce qui existe en marégraphie, en s'appuyant de plus en plus sur la meilleure métrologie possible en combinant des instruments de nouvelle technologie avec les mesures complémentaires telles le positionnement GPS, la gravimétrie absolue. Il est ensuite de développer les réseaux existants par de nouvelles installations, de mettre à disposition les données par les méthodes modernes (réseaux Internet par exemple), de les analyser par les meilleures méthodes mathématiques existantes.

Il ne serait pas acceptable que La France ne puisse poursuivre son effort séculaire dans ce domaine où elle a réussi de la façon la plus remarquable qui soit. Les chercheurs et les laboratoires qui sont à la base de ce projet sont pleinement compétents dans ce domaine comme on peut le constater par la bibliographie des auteurs. Ayant été le coordinateur d'un livre publié par le Bureau des longitudes (Les Observatoires : observer la Terre) qui est centré sur l'importance de la pérennité de longues séries temporelles dans les différents des domaines des sciences de la Terre, je mesure tout le côté catastrophique qu'aurait l'abandon de telles mesures. Je demande donc que la plus grande attention possible soit apporté à l'étude de ce projet et que ce projet soit étudié en détails pour assurer sa meilleure réussite possible. Je le soutiens avec une grande conviction.

François Barlier
Grasse le 29 janvier 2010



Lettre de soutien au projet SONEL (Système d'Observation des variations du Niveau de la mEr à Long terme) pour une labellisation SOERE

La Rochelle, le 31 Janvier 2010

Le projet présenté par Laurent Testut (LEGOS), en partenariat avec le Service Hydrographique de la Marine (RONIM/SHOM), et l'Université de La Rochelle (centre d'analyses GPS mondial), a retenu toute notre attention, et c'est pourquoi, par la présente, je souhaite y apporter tout mon soutien.

Après avoir hébergé au sein du CLDG d'abord (Centre Littoral De Géophysique) et aujourd'hui au sein de LIENSs (Littoral, ENvironnement et Sociétés) les activités du système d'observation SONEL (Système d'Observation du Niveau des Eaux Littorales), les récentes reconnaissances internationales de l'intérêt de ces travaux par le WRCP (World Research Climate Program) et le GLOSS (Global Sea Level Observing System) me poussent (ainsi que l'établissement de l'université de La Rochelle) à soutenir sans réserve le projet de SOERE, permettant de structurer définitivement et de façon pérenne, un système d'observation national à vocation internationale dédié au suivi du niveau de la mer .

Les objectifs affichés de ce SOERE, concernant l'acquisition, le traitement et la mise à disposition de données relatives à l'évolution du niveau marin pour la communauté scientifique internationale sont d'une importance capitale dans un contexte de changement climatique global. Considérant la pression anthropique existante sur les zones côtières, ainsi que ses évolutions à venir, les informations recueillies et/ou fournies par ce système d'observation apparaissent aujourd'hui capitales.

Considérant de surcroît que la France dispose des séries temporelles les plus longues (plus de 300 ans à Brest par exemple), il est aujourd'hui impérieux de faire reconnaître l'engagement des différents partenaires de ce projet de SOERE pour permettre à notre pays de se positionner et lui permettre de rester un acteur incontournable dans ce domaine.

La poursuite et la pérennisation d'observation en marégraphie, couplée au développement de méthodologies assurant une meilleure métrologie ainsi que

Université La Rochelle – UMR 6250 LIENSs
Bâtiment ILE – 2, rue Olympe de Gouges – 17000 LA ROCHELLE

le suivi et le maintien effectif d'un réseau international d'outils de surveillance du niveau des eaux littorales se doivent donc d'être soutenues au niveau national.

Ayant pleine confiance dans les compétences des chercheurs à l'initiative de ce projet, j'ose espérer qu'une attention particulière sera apportée lors de l'examen de ce projet, considérant que ne pas soutenir cette action anéantirait les efforts consentis par chacun depuis de nombreuses années et ferait régresser la France sur un sujet sur lequel elle est aujourd'hui identifiée comme un acteur principal.

Pr Sylvain. LAMARE
Directeur de l'UMR 6250

A handwritten signature in blue ink, consisting of a series of loops and horizontal strokes, positioned below the printed name and title.



Toulouse, le 1^{er} février 2010

Réf. : UMR5566/10.001/YdP/MM

Objet : Lettre de soutien SONEL

SONEL (Système d'Observation des variations du Niveau de la mEr à Long terme), proposé à une labellisation en tant que SOERE, est un projet qui aura notamment pour vocation de fournir à la communauté scientifique des données et des produits de haute qualité pour mener à bien les études liées à l'élévation du niveau de la mer. SONEL sera un soutien fort à la recherche dans ce domaine dont on connaît l'importance dans le contexte climatique actuel. Ce projet me semble essentiel car il va permettre de structurer l'activité marégraphique en France, ce qui faisait cruellement défaut jusqu'à présent. Il est l'aboutissement de plusieurs années d'étroites collaborations entre l'Université de la Rochelle (laboratoire LIENss), le SHOM et le LEGOS qui est le porteur de ce projet. Ce projet est également attendu au niveau international comme en témoigne la proposition M. Merrifield, Chairman de GLOSS (Global Sea Level Observing System) de faire de SONEL la composante « centre de données GPS » de GLOSS.

Je soutiens donc fortement ce projet en espérant que les moyens nécessaires au bon fonctionnement de ce SOERE lui soient attribués.

Yves du Penhoat
Directeur du LEGOS
(UMR5566)