

Programme de recherche du Ministère de l'Outre-Mer

## Étude du risque tsunami en Guadeloupe

Installation de marégraphes permanents pour l'analyse des effets  
liés à l'activité volcanique



RAPPORT FINAL – décembre 2006



## 1. Résumé du projet

Le tsunami du 13 juillet 2003 engendré par l'écroulement du dôme de lave du volcan de Montserrat, avait entraîné quelques dégâts matériels sur la côte-sous-le-vent de Guadeloupe. Cet événement, heureusement de faible ampleur, nous a rappelé que le risque tsunami existait aux Petites Antilles et nous a incité à lancer une étude locale du phénomène. Le présent projet a ainsi permis l'installation de 4 stations permanentes comprenant chacune un marégraphe enregistrant les variations de hauteur de la mer en continu. Les sites équipés sont le port de Deshaies, le club de plongée *Les Heures Saines* à Malendure, le ponton d'Anse-à-la-Barque et le club nautique de Basse-Terre à Rivière-Sens. Les premières données recueillies sont très satisfaisantes : la résolution des mesures filtrées est de l'ordre du millimètre, et les données sont parfaitement cohérentes entre elles et comparables à celles d'une station américaine des Îles Vierges (située à 350 km de la Guadeloupe). Ce nouveau réseau, qui n'est en aucun cas un système d'alerte, est opérationnel et permettra d'estimer les effets de sites et les temps de propagation d'un prochain tsunami sur les côtes de Guadeloupe. Il constitue également une nouvelle base de données marégraphiques originales.

**Auteurs du projet :** François BEAUDUCEL (OVSG-IPGP), Sara BAZIN (OVSM-IPGP), Anne LE FRIANT (IPGP)

**Équipe technique :** Christian ANTÉNOR-HABAZAC, Thierry KITOU, Christian LAMBERT, Pascal RIVAL (OVSG-IPGP)

**Collaborateurs scientifiques :** Georges BOUDON, Jean-Christophe KOMOROWSKI (IPGP), SIDPC Guadeloupe (Préfecture)

**Contact :** [beauducel@ovsg.univ-ag.fr](mailto:beauducel@ovsg.univ-ag.fr)

**Thématique :** Risques Naturels

**Début des travaux :** 11 août 2004

**Fin des travaux :** décembre 2006

## 2. Rappel des objectifs du projet

Si le risque tsunami (raz-de-marée) ne fait pas partie des risques généralement reconnus aux Antilles, il a déjà frappé la Guadeloupe à plusieurs reprises par le passé. Tout récemment, le 13 juillet 2003, une vague de 1 à 2 m de hauteur s'est abattue sur la Côte-sous-le-Vent de la Guadeloupe et a fait quelques dégâts matériels dans le port de Deshaies. Ce petit tsunami a été provoqué par un écroulement très important du dôme de lave du volcan Soufriere Hills de Montserrat, entraînant environ 120 Mm<sup>3</sup> de matériaux en mer jusqu'à 2 km des côtes. Ce phénomène s'est reproduit le 20 mai 2006, avec l'écroulement d'un nouveau dôme d'un volume d'environ 90 Mm<sup>3</sup> et un nouveau tsunami sur la Guadeloupe, observé à Deshaies.

Dans la littérature [ZAHIBO et PELINOVSKY, 2001], 24 tsunamis documentés ont été recensés aux Petites Antilles sur la période historique (400 ans). Certains sont d'origine sismique, générés par un séisme proche ou lointain, d'autres moins fréquents sont d'origine volcanique, liés à une éruption en cours [LE FRIANT, 2001]. Parmi les plus importants, on retiendra :

- Séisme de Lisbonne 1755 : vague de 4 m et victimes à Sainte-Anne, Guadeloupe ;
- Séisme d'Haïti 1842 : vague de 8 m à Deshaies, Guadeloupe ;
- Séisme des Îles Vierges 1867 : vague de 10 m à Sainte-Rose, Guadeloupe ;
- Éruption de la Montagne Pelée 1902 : vague de 4 à 5 m et nombreuses victimes à Saint-Pierre, Martinique;
- Séisme de Redonda 1985 : vague de 3 cm mesurée à Basse-Terre, Guadeloupe.
- Éruption de Montserrat 1997 : pas de tsunami documenté mais risque estimé important [MANGENEY ET AL., 2000 ; HEINRICH ET AL., 2001] ;
- Éruption de Montserrat 2003 : vague de 1 à 2 m et dégâts matériels à Deshaies, Guadeloupe ;
- Éruption de Kick'em Jenny actuelle : risque potentiel estimé important pour les Petites Antilles (SRU) ;

Les délais entre la source d'un tsunami (séisme sous marin ou éruption volcanique) et l'occurrence d'une vague destructrice sur les côtes de la Guadeloupe varient énormément : d'environ 7 heures pour un séisme à Lisbonne, il est de 2 heures pour un séisme à Haïti, et seulement 8 minutes pour une éruption à Montserrat. D'autre part la hauteur de la vague est totalement dépendante des effets de site liés à la topographie des fonds marin proches des côtes. La prévention de ce risque s'avère donc difficile et il paraît nécessaire de commencer par une étude instrumentale de l'aléa.

Lors de l'événement du 13 juillet 2003, une étude ponctuelle a été menée par l'OVSG-IPGP afin de recueillir témoignages et observations. Seules deux

mesures de run-up ont été possibles par observation de troncs d'arbres déplacés sur les plages (Marigot et Anse-à-la-Barque), et celles-ci ne donnent qu'une hauteur de 60 cm, en contradiction avec les témoignages oculaires à Deshaies.

L'obtention de mesures objectives de hauteur de vagues lors de tels événements apparaît ainsi nécessaire et indispensable, afin de répondre à plusieurs objectifs scientifiques et appliqués :

- 1) **Contraindre les modèles de genèse de tsunami**, en reliant les hauteurs de vagues mesurées aux paramètres de la source (volume de matériaux et vitesse d'immersion, par exemple à Montserrat) ;
- 2) **Estimer la variabilité de l'aléa tsunami en Guadeloupe**, en identifiant les zones côtières à effet de sites ;
- 3) **Obtenir des données objectives** pour les services de la Préfecture en cas de dégâts ;
- 4) **Réaliser une collecte de données marégraphiques originales**, afin d'aider à l'étude de la marée océanique, des effets de houle et de climatologie à moyen terme.

L'objectif du projet était d'installer dans un premier temps 4 marégraphes automatiques sur les principaux ports de la côte Ouest et Nord de la Guadeloupe. L'installation et la collecte régulière de ces données sont assurées par l'OVSG-IPGP. À terme, ce réseau pourrait être étendu sur les côtes Sud et Est de la Guadeloupe, ainsi que sur les côtes de la Martinique.

Le mesure de hauteur de vague est difficile car elle nécessite un capteur robuste à réponse rapide. En 1984-1985, l'OVSG-IPGP avait installé un marégraphe analogique dans la marina de Rivière-Sens (Gourbeyre) qui a enregistré le tsunami lié au séisme de Redonda (16 mars 1985, magnitude 6.2). Ce type d'instrument s'est avéré inapproprié car de réponse trop lente et trop fragile. Les instruments proposés dans ce projet sont numériques et conçus spécialement pour la mesure de tsunamis (fréquence d'échantillonnage élevée, robustesse par mesure de pression différentielle, stockage interne des données temporaires et connexions externes étanches pour récupération périodique par ordinateur ou télétransmission).

Parallèlement à ces installations, des recherches sur les dépôts de tsunami ont débuté sur plusieurs îles de l'arc des Petites Antilles (G. BOUDON, J.C. KOMOROWSKI, A. LE FRIANT) dans le cadre d'un projet de l'Institut de Physique du Globe de Paris. Nous nous intéressons particulièrement aux tsunamis générés par l'entrée en mer des avalanches de débris lors des grands événements de déstabilisation de flanc qui ont affecté les volcans antillais dans la période historique et préhistorique. La reconnaissance des zones qui ont pu être affectées par des tsunamis passés (localisation des dépôts et hauteurs

d'inondation) nous permettra ensuite de contraindre des simulations de tsunamis futures et de déterminer ensuite l'aléa causé par ce type d'événement.

Ces dépôts de tsunamis sont des dépôts très meubles constitués de sables, fragments de coraux, galets... Ils sont facilement érodables et demandent donc des conditions de conservation exceptionnelles (dépôts piégés dans des cavités ou recouverts rapidement). Leur reconnaissance est un travail délicat nécessitant une cartographie détaillée le long des côtes. A titre d'exemple, un premier dépôt a été identifié sur la côte ouest de l'île de Dominique. Situé à une altitude de 80 m, ce dépôt piégé dans une cavité est constitué de galets et fragments de coraux anguleux emballés dans une matrice sableuse. La localisation de ce dépôts et les datations par la méthode de déséquilibre Uranium-Thorium nous ont permis d'associer ce dépôt à un événement majeur de déstabilisation du flanc ouest de la Montagne Pelée en Martinique. Une recherche systématique doit être effectuée le long des côtes de deux îles de Guadeloupe et Martinique dont les volcans se sont déstabilisés plusieurs fois au cours de leur évolution, générant des avalanches de débris dont la plus grande partie s'est épanchée en mer [BOUDON ET AL., 2002, 2003; DEPLUS ET AL., 2001; LE FRIANT, 2001; LE FRIANT ET AL., 2002, 2003 a,b,c; KOMOROWSKI ET AL., 2002]. Cette recherche devra être élargie aux autres îles de la Caraïbe. Plusieurs missions de terrain sont nécessaires pour l'étude de ces dépôts. Des analyses chimiques et des datations U-Th devront être effectuées pour dater les dépôts retrouvés.

À partir des mesures de run-up effectuées après le tsunami du 13 juillet 2003, une modélisation numérique de propagation de tsunami a été proposée et présentée à la Conférence internationale des 10 ans de l'éruption de Montserrat en juillet 2005 [LE FRIANT ET AL., 2005].



*Figure 1. Dôme de lave de la Soufrière de Montserrat, peu avant l'écroulement du 20 mai 2006 qui a également déclenché un petit tsunami sur la Guadeloupe (photo <http://www.mvo.ms>)*

### 3. Choix des sites et réalisation

Cinq sites avaient été explorés en 2003 pour la mise en place potentielle des quatre stations : le ponton d'Anse-à-la-Barque à Vieux-Habitants, le ponton du Club de plongée *Les Heures Saines* à Malendure, le nouveau ponton du port de Deshaies, le port de Sainte-Rose et le ponton de Petit-Canal. Deux sites ont finalement été écartés :

- Petit-Canal reste un site potentiellement intéressant, mais en raison de sa situation derrière une barrière de corail et entourée de mangrove (ce qui atténue a priori les ondes du tsunami), nous avons préféré choisir les sites plus « exposés » ;
- Sainte-Rose avait une situation géographique plus intéressante mais le site a techniquement posé problème lors de la tentative d'installation du capteur. Il n'y avait en effet pas assez de fond autour des piliers pour recevoir le marégraphe.

Nous avons alors cherché un autre site et avons choisi la zone de Basse-Terre, au Club nautique départemental, à Rivière-Sens. Ci-dessous les cartes de localisation des sites.

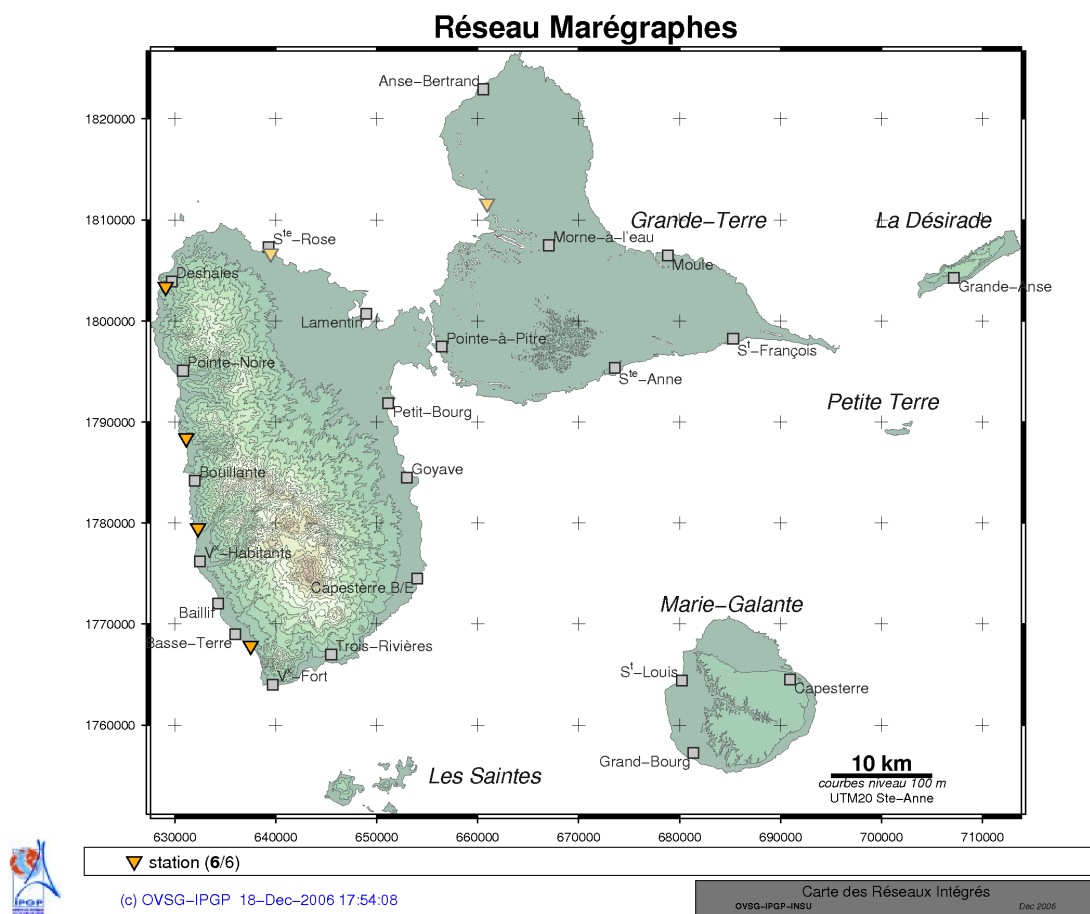


Figure 2. Carte des sites prévus pour les marégraphes. Symboles en filigrane = sites non retenus dans le cadre de ce projet (source : OVSG-IPGP).

Avant installation sur sites, le matériel a été entièrement testé à l'observatoire. Les capteurs, les câbles, l'alimentation solaire et le logiciel de programmation et de récupération des données ont ainsi été contrôlés de façon très approfondie. Pour cela, les capteurs ont été installés dans la citerne d'eau de pluie de l'observatoire (3000 l), et de longues séries temporelles ont été réalisées dans différentes configuration d'acquisition (Figure 3). Plusieurs défauts du logiciel et problèmes de transmission de données sur ordinateur ont pu être mis en évidence.



*Figure 3. Test du matériel à l'observatoire*

Pour l'installation des capteurs sur sites, à quelques mètres de profondeur, la réglementation nationale impose une habilitation spécifique au travail hyperbare. Pascal RIVAL, technicien à l'OVSIG-IPGP, a spécialement suivi une formation de plongée scientifique (du 13 au 24 novembre 2006), et a obtenu son Certificat d'Aptitude à l'Hyperbarie (classe 1-B).



*Figure 4. Pascal RIVAL, technicien à l'OVSIG-IPGP et plongeur CAH classe 1-B.*

Les quatre sites sont décrits en détails ci-après. Chacune des stations comporte les éléments suivants :

- un capteur (*FALMOUTH SCIENTIFIC* modèle EOPM2) attaché à une structure stable (un pied de pilier par exemple) à environ 2 mètres de profondeur ;
- un câble (alimentation et données) de 20 mètres de long, reliant le capteur et la station, gainé et fixé aux structures ;
- un coffret étanche avec grille de fond, comprenant le boîtier d'acquisition, le régulateur solaire et la batterie 12 V, et fixé soit sur une structure existante, soit sur poteaux enterrés ;
- un panneau solaire, généralement fixé sur le boîtier, et permettant l'alimentation électrique autonome de la station.

L'une des 4 stations (celle de Malendure) est équipée d'un capteur de pression atmosphérique (*VAISALA* modèle PTB-101B), de façon à pouvoir corriger finement les mesures des variations de pression de l'air, qui jouent pour l'équivalent de  $\pm 2$  cm de hauteur d'eau par jour. Sur les conseils du constructeur de marégraphes, une seule station a été équipée et la correction devait être appliquée a posteriori sur les données des 3 autres stations.

La mémoire interne des capteurs (128 Mo) autorise l'acquisition de données pendant plusieurs mois sans intervention. Il est cependant prévu de récupérer les données tous les mois, au moyen d'un PC de terrain étanche qui a été acquis sur le projet et qui permet également la programmation des capteurs. Actuellement c'est un logiciel constructeur qui est utilisé, mais nous étudions la possibilité de développer nos propres scripts autonomes (protocole simple via RS232).



Figure 5. Capteur *FALMOUTH SCIENTIFIC* EOPM  
« High accuracy self-contained tide recorder »  
(photo <http://www.falmouth.com>)



### 3.1 Site de Deshaies

**Localisation** : nouveau ponton du port de Deshaies.

**Matériel** : capteur s/n 1605, 1.8 m de profondeur, fixé sur pilier, coffret et panneau solaire fixés sur le béton à flanc de quai.



Figure 6. Carte IGN et photo aérienne du site



Figure 7. Site de Deshaies : vue de l'anse et du port, pose du coffret d'acquisition (Christian LAMBERT et Christian ANTÉNOR-HABAZAC), et passage du câble gainé vers le capteur

### 3.2 Site de Malendure

**Localisation** : ponton du club de plongée *Les Heures Saines*, Malendure, commune de Bouillante.

**Matériel** : capteur s/n 1602, 1.9 m de profondeur, fixé sur pilier, coffret fixé sur deck du club au dessus du ponton, panneaux solaires montés sur rocher surplombant coté sud.

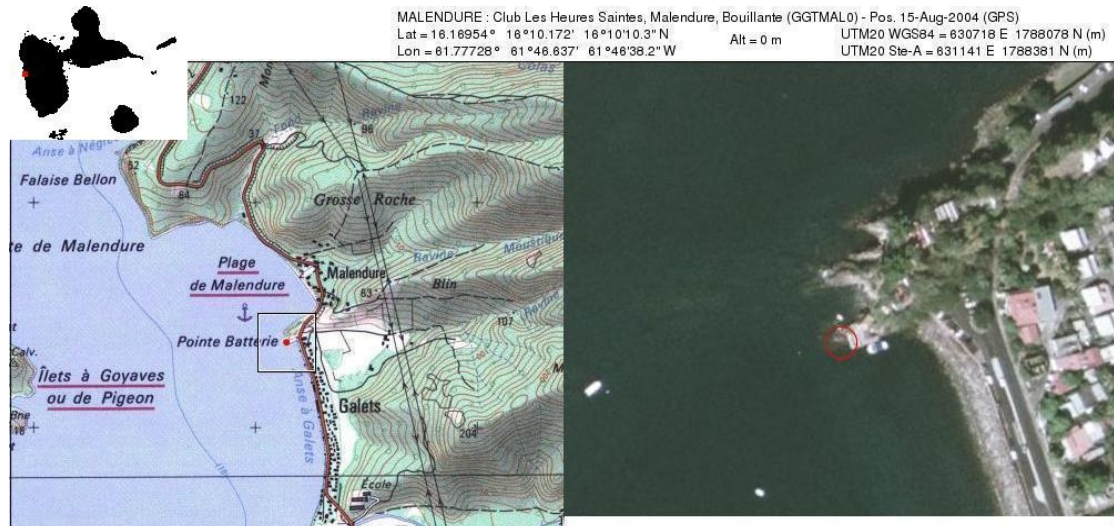


Figure 8. Carte IGN et photo aérienne du site



Figure 9. Site de Malendure : vue du ponton, récupération des données au moyen du PC portable, panneaux solaires installés sur un rocher distant et exposé plein sud.

### 3.3 Site d'Anse à la Barque

**Localisation** : ponton de l'Anse à la Barque, commune de Vieux-Habitants.

**Matériel** : capteur s/n 1603, 2.5 m de profondeur, fixé sur l'un des piliers du ponton, coffret et panneau solaire fixés le ponton, à l'entrée du quai.

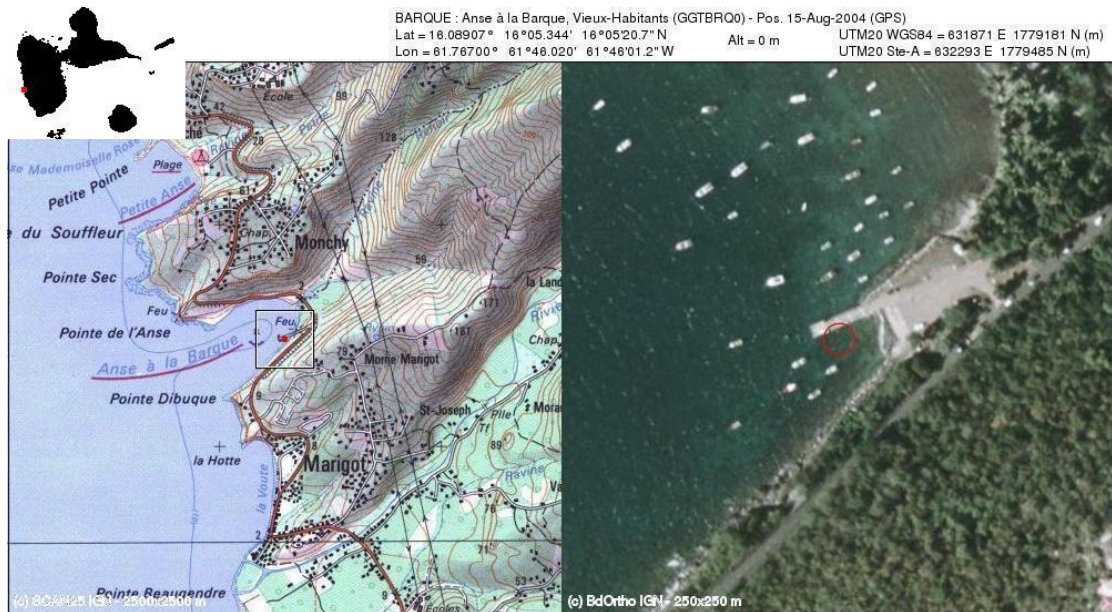


Figure 10. Carte IGN et photo aérienne du site



Figure 11. Site Anse à la Barque : vue générale du ponton, position du coffret, coffret d'acquisition

### 3.4 Site CNBT, Rivière-Sens

**Localisation** : ancien ponton, Centre Nautique de Basse-Terre à Rivières-Sens, commune de Gourbeyre.

**Matériel** : capteur s/n 1604, 2.0 m de profondeur, fixé au ferrailage du pilier d'un ancien ponton, coffret et panneau solaire fixés à terre. À vue de l'observatoire du Houëlmont, transmission radio-numérique prévue.



Figure 12. Cartes et photos aériennes des sites équipés.



Figure 13. Site CNBT : récupération des données (Pascal RIVAL), capteur placé à 20 m vers le large et relié à un câble gainé. En arrière plan, le Houëlmont avec une possibilité de transmission radio des données (mât prévu à cet effet)

## 4. Validation des premières données

Les 4 stations sont opérationnelles depuis mi-décembre 2006 et nous présentons dans ce rapport les premières semaines d'enregistrement. L'analyse des données permet de valider le bon fonctionnement des capteurs et leur capacité à enregistrer correctement les hauteurs de vagues.

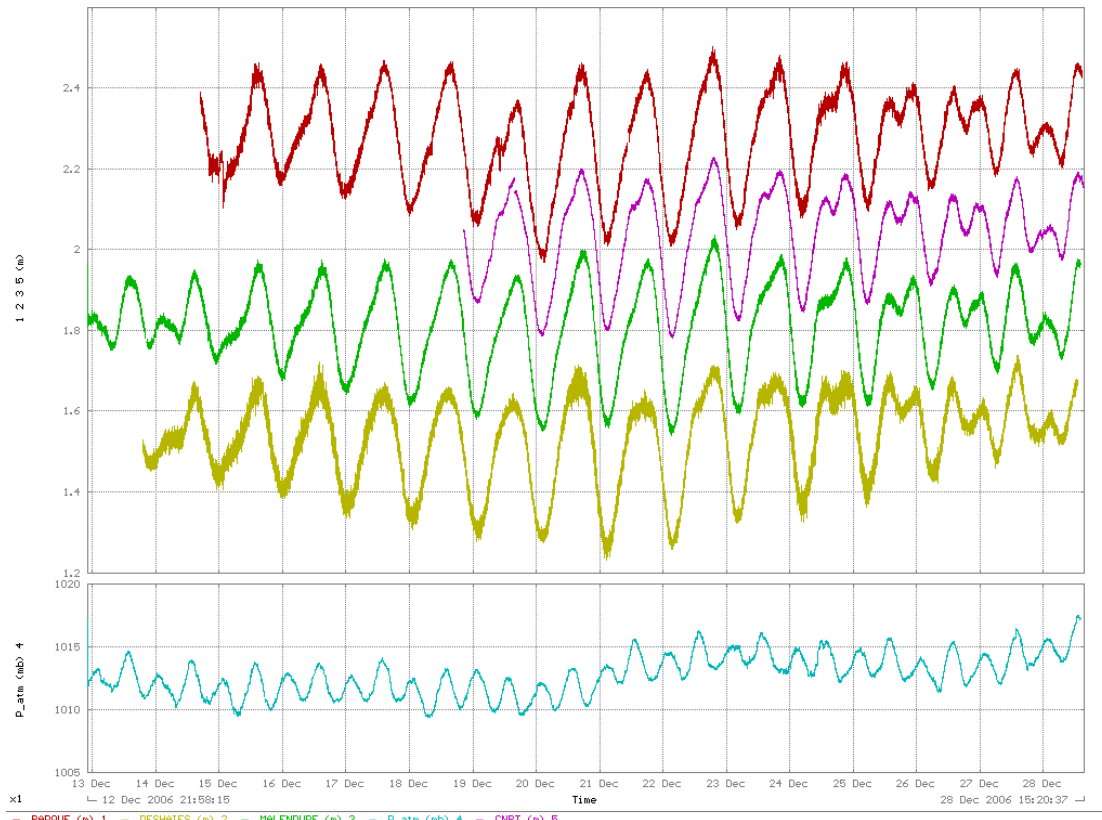


Figure 14. Ensemble des premières données recueillies : profondeurs sur les 4 stations (en mètres, rouge = Anse-à-la-Barque, mauve = CNBT, vert = Malendure, jaune = Deshaies) et pression atmosphérique à la station Malendure (en mb, bleu clair).

### 4.1 Mesures de hauteur d'eau

La Figure 14 présente les premières données de profondeurs sur les 4 stations simultanées (en mètres de hauteur d'eau), ainsi que les variations de pression atmosphérique (en mb). Les variations de hauteur d'eau montrent des signaux bien cohérents entre les différentes stations et une amplitude d'environ 50 cm et une périodicité dominante de 24 heures, caractéristiques de la marée océanique aux Petites Antilles. Les variations à court terme (bruit) correspondent au clapot et sont différentes suivant les stations car elles dépendent a priori de la profondeur d'installation, du bruit environnant (passage de bateaux par exemple) et des effets de site.

La Figure 15 présente la superposition des 4 signaux autour de leurs valeurs moyennes, c'est-à-dire en corrigeant les différences liées à la

profondeur d'installation des capteurs. On constate une parfaite cohérence de l'onde de marée régionale.

La Figure 16 montre les mêmes signaux filtrés par moyenne glissante (sur 50 minutes) ; le bruit est alors réduit de près de 2 ordres de grandeur, ce qui démontre que le clapot est un signal haute fréquence aléatoire de moyenne nulle qui se superpose aux variations longue période. La Figure 17 montre le résultat d'un filtrage plus léger (moyenne glissante sur 10 minutes), qui réduit déjà le bruit d'un facteur 10. Le Tableau 1 (page 16) synthétise les valeurs de bruits moyens bruts et filtrés pour les 4 stations. Cette technique de filtrage pourra ainsi être utilisée pour augmenter le pouvoir de détection d'une onde transitoire comme celle provoquée par un tsunami lointain par exemple.

Afin de valider complètement les signaux enregistrés, nous avons comparé nos données avec un enregistrement indépendant provenant du marégraphe américain situé à *Lime Tree Bay*, aux Îles Vierges (USA). Cette station est positionnée à 17°42 N et 64°45 W, soit à environ 350 km au nord-ouest de la Guadeloupe, coté Caraïbe, et l'échantillonnage est d'une mesure toutes les 6 minutes. La comparaison avec les mesures de Malendure est présentée à la Figure 18. On constate un très bon accord entre les deux stations, tant sur les amplitudes que sur les phases de l'onde 24 heures.

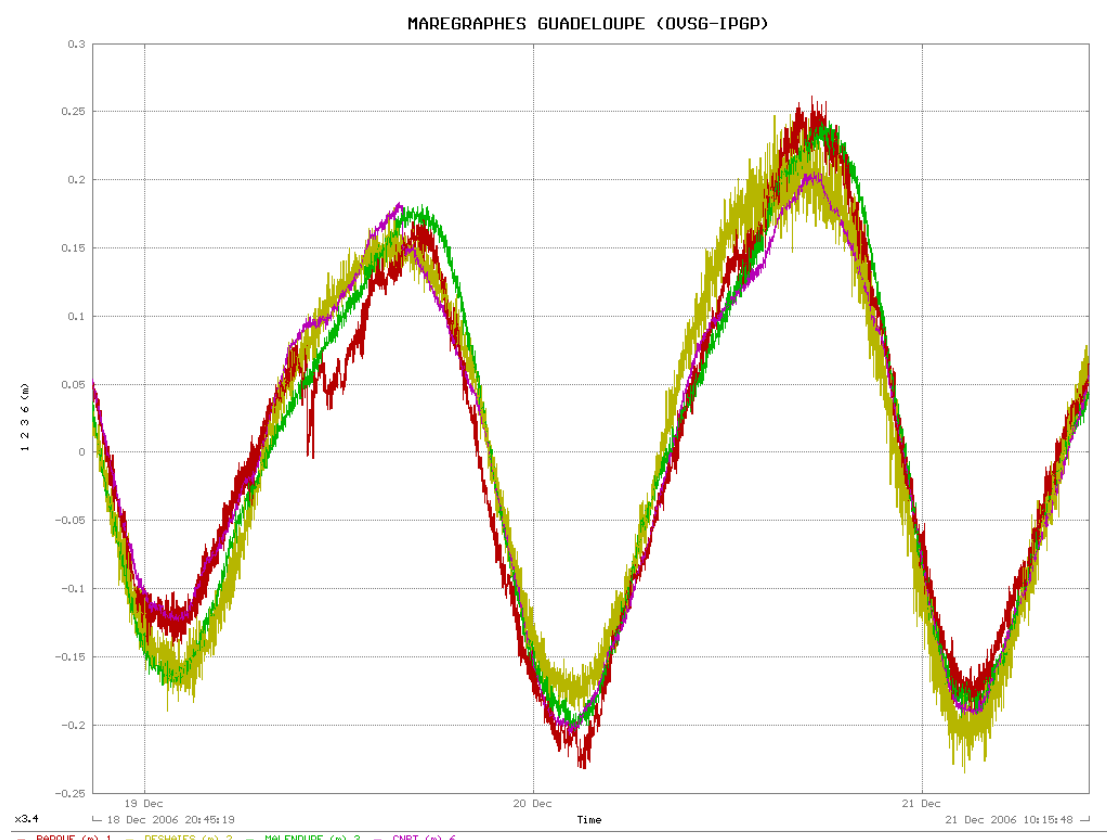


Figure 15. Superposition des 4 signaux autour de leurs valeurs moyennes : Anse-à-la-Barque (en rouge), CNBT (en mauve), Malendure (en vert) et Deshaies (en jaune)

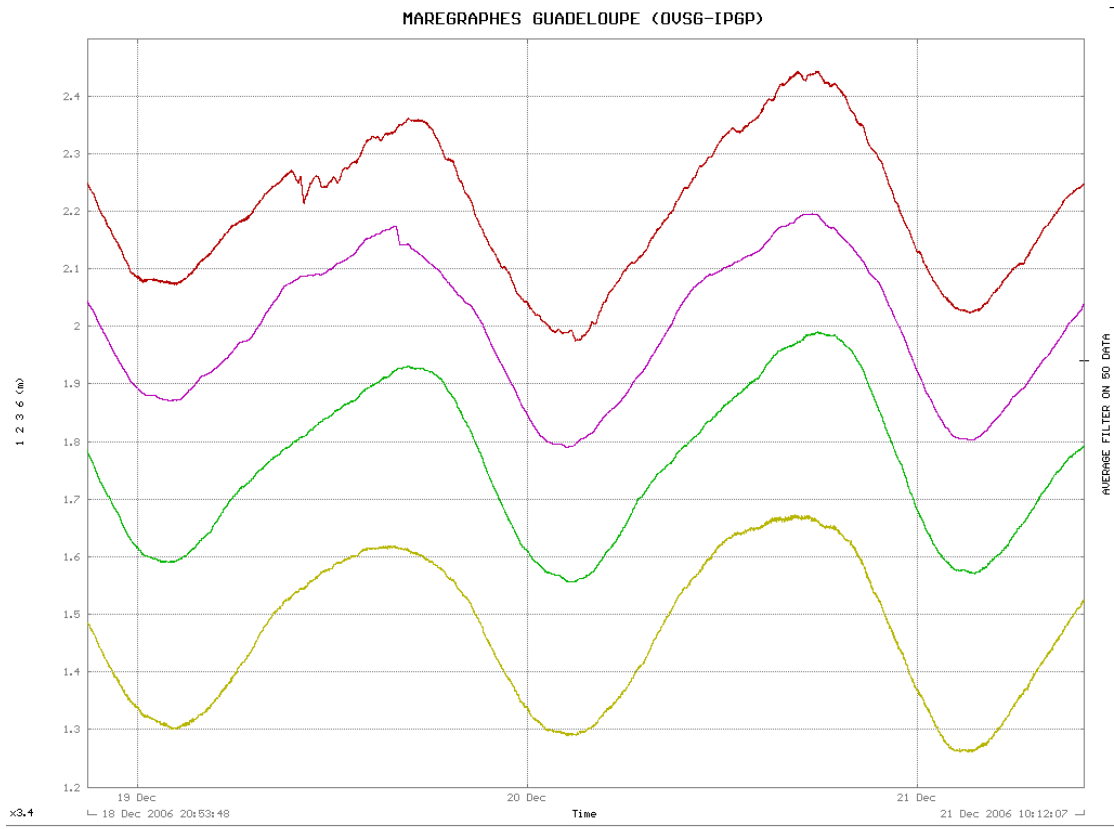


Figure 16. Signaux des 4 stations filtrés par moyenne glissante (50 minutes) : Anse-à-la-Barque (en rouge), CNBT (en mauve), Malendure (en vert) et Deshaies (en jaune)

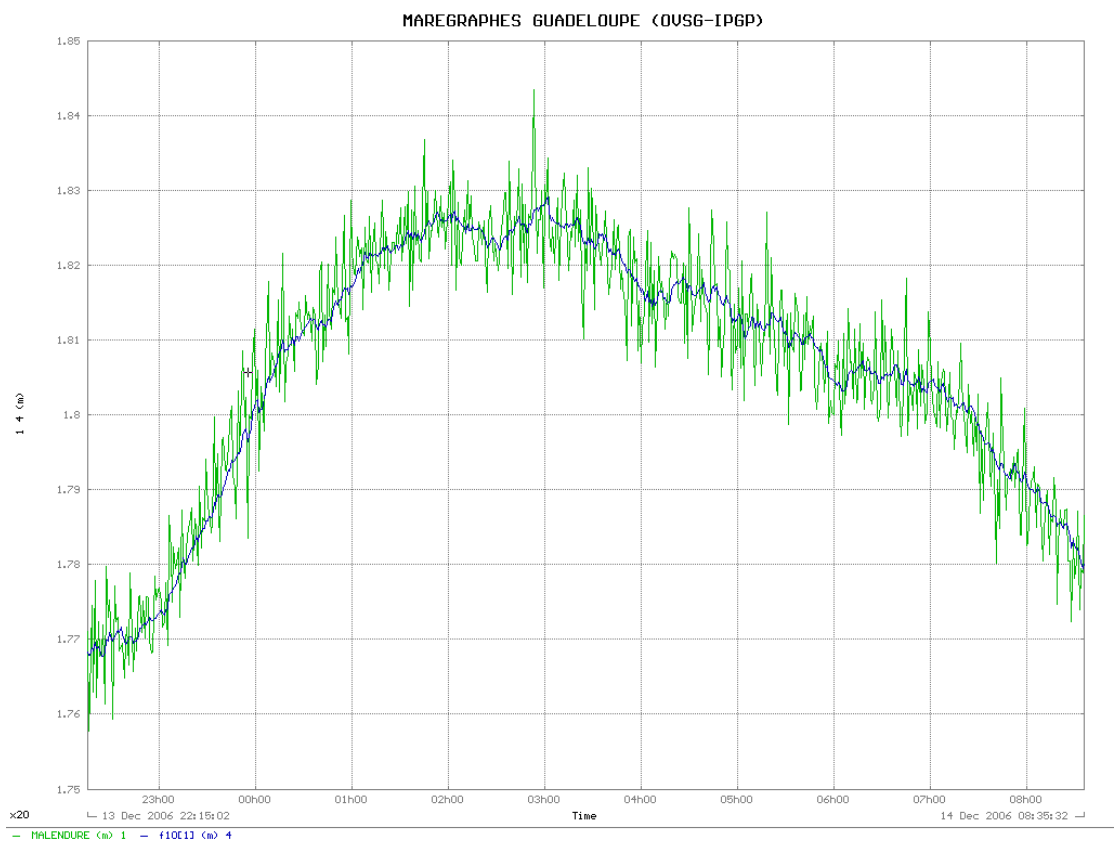


Figure 17. Signal de la station Malendure original (en vert) et filtré par moyenne glissante sur 10 minutes (en bleu)

Site	Profondeur moyenne	Bruit moyen sur 1 minute	Bruit moyen filtré sur 10 minutes
Deshaiès	1.53 m	18 mm	1.8 mm
Malendure	1.81 m	8 mm	0.9 mm
Anse-à-la-Barque	2.27 m	10 mm	1.2 mm
CNBT	2.04 m	5 mm	0.7 mm

Tableau 1. Caractéristiques des 4 sites installés : profondeur des capteurs (moyenne des mesures), bruit moyen sur 1 minute (calcul RMS sur données brutes) et bruit moyen filtré sur 10 minutes (moyenne glissante)

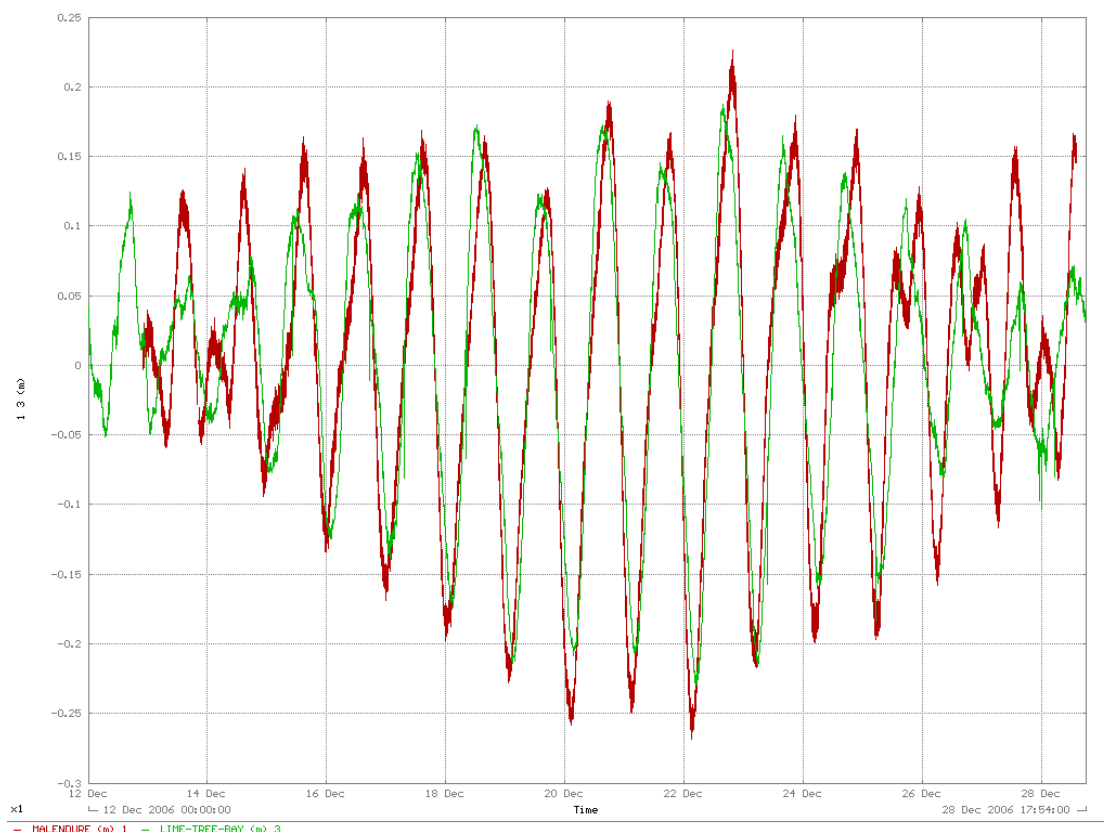


Figure 18. Comparaison du signal enregistré à la station de Malendure (en rouge), avec celui de la station américaine « Lime Tree Bay » située aux Îles Vierges (en vert, données NOAA disponibles sur <http://tidesandcurrents.noaa.gov>)

## 4.2 Mesures de pression atmosphérique

Les capteurs installés effectuent une mesure de pression absolue sous l'eau. Afin de calculer le niveau réel au dessus du capteur, il faut soustraire la valeur instantanée de pression atmosphérique. Celle-ci varie peu aux Antilles :  $\pm 2$  mb d'amplitude maximum sur la journée (période d'environ 12 heures), et seulement  $\pm 5$  mb sur toute l'année, ce qui correspond en équivalent de hauteur d'eau à respectivement  $\pm 2$  cm et  $\pm 5$  cm d'amplitude. Les variations courtes périodes (quelques minutes à quelques heures) sont de l'ordre de  $\pm 0.5$  mb, soit  $\pm 5$  mm dans l'eau. En cas de perturbation cyclonique bien



sûr, ces variations peuvent être momentanément beaucoup plus importantes, et de façon très localisée.

Nous avons ainsi cherché à valider la mesure de pression atmosphérique à Malendure par comparaison avec les mesures effectuées au sommet de la Soufrière à la station météorologique de l'OVSG-IPGP située à 1450 m d'altitude et 18 km de distance, et disposant du même modèle de capteur (VAISALA PTB-101B). Les résultats sont présentés Figure 19 : les données sont globalement cohérentes, malgré la forte différence d'altitude et la distance. On note cependant que les écarts entre les deux stations peuvent parfois dépasser  $\pm 2$  mb, et ce en quelques heures, ce qui correspond à l'équivalent de  $\pm 2$  cm de hauteur d'eau. Ces différences doivent également se retrouver entre les autres sites de marégraphes qui, pour certains, sont aussi éloignés en distance horizontale. La correction des pressions à partir d'une seule mesure barométrique pourrait ainsi être dégradée sur les autres stations.

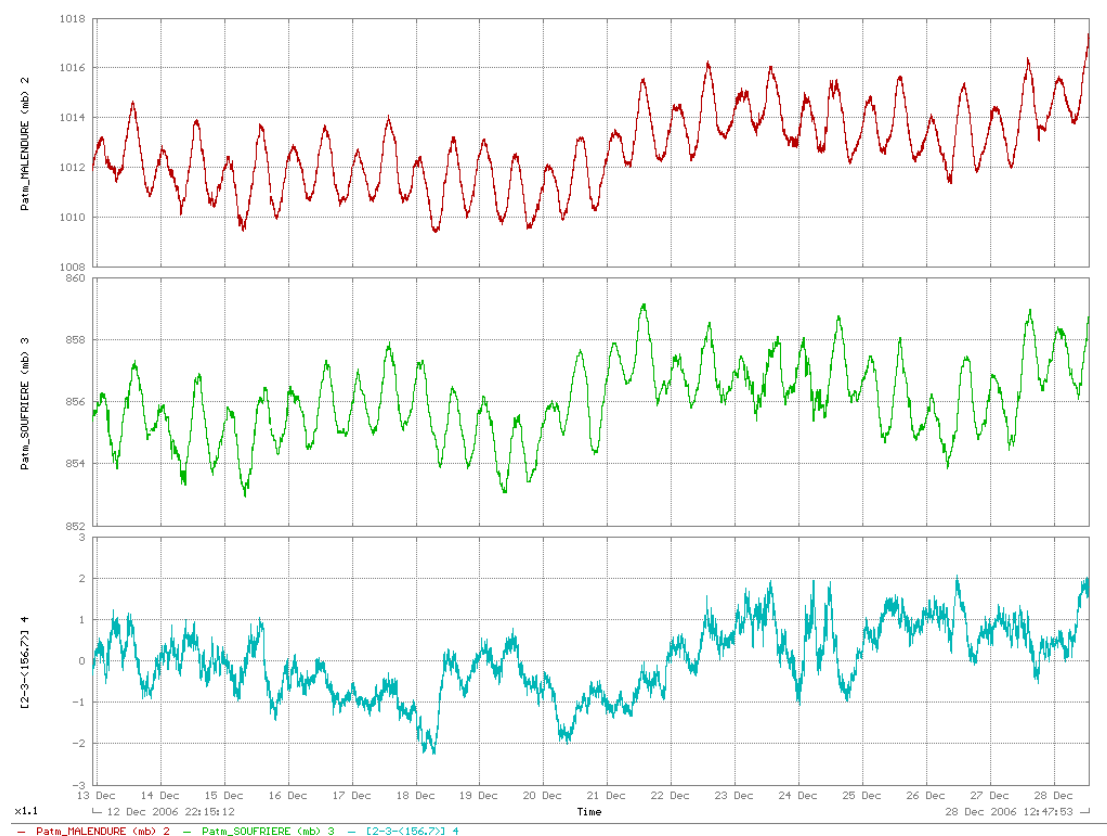


Figure 19. Comparaison des mesures de pression atmosphérique à la station Malendure (en rouge) et au sommet de la Soufrière (en vert, données OVSG-IPGP) et différence instantanée entre les deux mesures (en bleu clair), en mb.

A priori, ce problème n'affecte pas la qualité de détection pour les tsunamis qui concerne des variations très rapides du niveau de la mer. Mais si l'on souhaite améliorer la qualité de mesure des marées océaniques, et contrairement à ce que le constructeur nous avait recommandé en 2003, il est donc indispensable d'installer un capteur de pression atmosphérique sur chacune des stations marégraphiques. Ce constat a été fait grâce à l'existence

d'une station météorologique sur la Soufrière et par l'analyse fine des premières données qui n'intervient qu'en fin d'exécution du projet. Les capteurs de pression sont donc en cours de commande et devrait être installés début 2007.

### ***4.3 Échantillonnage temporel***

---

Dans un premier temps, les stations ont été configurées avec un pas d'échantillonnage de 4 Hz, et un stockage d'une moyenne des valeurs toutes les minutes. Nous allons tester quelques temps les stations avec cette période d'acquisition, en raison de difficultés rencontrées lors de la récupération des données (limitation de la vitesse de transfert à 9600 bauds). Nous souhaitons à terme programmer les stations à une moyenne toutes les 15 s, conformément aux conseils reçus par les organismes internationaux pour la détection des tsunamis.

### ***4.4 Télétransmission des données***

---

La transmission des données n'a pas été envisagée lors de la présentation du projet, pour des raisons de coût et de réalisation technique liée à la position géographique des sites retenus initialement. Le nouveau site du CNBT, proche et à vue de l'observatoire, nous a permis d'envisager la télétransmission au moins sur cette station, par radio-modem. Cette liaison sera mise en place tout début 2007. Elle permettra d'obtenir les données en temps quasi-réel, et de détecter un événement de façon automatique. Elle pourrait ainsi servir, en cas d'événement, à anticiper la récupération manuelle des données sur les autres stations.

## 5. Conclusions et perspectives

Ce projet a permis l'installation d'un réseau de marégraphes permanents en Guadeloupe, avec des mesures de qualité qui semblent prêtes à détecter et quantifier les effets d'un tsunami dont les perturbations atteindraient au moins quelques millimètres de hauteur au niveau de la Guadeloupe.

En raison de sa disposition délibérée sur la Côte-sous-le-Vent, ce réseau sera plus sensible aux tsunamis liés à l'activité volcanique de Montserrat, mais il pourra également détecter des événements liés à une activité plus lointaine comme un séisme aux Îles Vierges par exemple, ou encore une éruption du volcan sous-marin Kick'em Jenny.

Ces stations permettront la constitution d'une banque de données originales destinées à l'étude des tsunamis, mais aussi des marées océaniques. Si le réseau ne pourra en aucun cas servir de système d'alerte tsunami, il gagnerait cependant à être entièrement téléométré de façon à pouvoir obtenir immédiatement les mesures de hauteur de vagues en cas d'événement. Cet aspect n'avait pas été envisagé dans le projet initial pour des raisons budgétaires, mais l'avènement de liaisons satellites à faible coût pourrait le rendre envisageable dans le cadre d'un futur projet. Actuellement, les données des 3 stations éloignées sont collectées manuellement, tous les mois, par l'OVSIG-IPGP.

Nous savons que Météo France Guadeloupe est déjà utilisateur potentiel des données recueillies. La qualité des mesures obtenues nous incite à les mettre rapidement à disposition de toute la communauté scientifique. Il est ainsi envisagé l'ouverture d'une page web sur le site de l'IPGP, permettant à quiconque de récupérer les mesures brutes (non traitées).

Enfin, ce projet avait été exposé à la Région Guadeloupe qui a décidé de financer une cinquième station. Le choix du site d'installation n'est pas encore arrêté, mais il pourrait s'agir des Saintes (intérêt lié à un éventuel tsunami lors d'une forte réplique) ou de la Grande-Terre (afin d'avoir au moins une station coté Atlantique).

## 6. Remerciements

Les auteurs remercient la DRRT de Guadeloupe et les maires des communes concernées pour avoir soutenu ce projet. L'équipe technique de l'observatoire tient également à remercier tout spécialement le club de plongée *Les Heures Saines* et le CNBT pour leur accueil et leur soutien lors de l'installation des stations sur leurs sites respectifs.

## 7. Bibliographie

- BOUDON G., LE FRIANT A., KOMOROWSKI J.-C., SEMET M.P., DEPLUS C., 2003. Déstabilisations de flanc sur les volcans des petites Antilles. *Rapport quadriennal 1999-2002, CNFGG, XXIIIème Assemblée Générale de l'UGGI, Saporro (Japon), juillet 2003.*
- BOUDON G., LE FRIANT A., DEPLUS C., KOMOROWSKI J.-C., SEMET M.P., 2002. Volcano flanks of the Lesser Antilles Arc collapse, sometimes repeatedly : How and Why? *International Congress "Montagne Pelée 1902-2002", Martinique, May 12-16, 2002.*
- HEINRICH PH., G. BOUDON, J.C. KOMOROWSKI, R.S.J. SPARKS, R. HERD, B. VOIGHT, 2001. Numerical simulation of the December 1997 debris avalanche in Montserrat, Lesser Antilles. *Geophys. Res. Lett.*, 28:13, 2529-2532.
- HEINRICH PH., MANGENEY A., BOUDON G., ROCHE R., 1999. Modéliser un raz de marée créé par un volcan. *La Recherche*, 318, 66-71.
- KOMOROWSKI J.-C., BOUDON G., SEMET M.P., VILLEMANT B., HAMMOUYA G., 2002. Recurrent flank-collapses at Soufrière of Guadeloupe volcano: implications of acid hydrothermal fluids on edifice stability. *International Congress "Montagne Pelée 1902-2002", Martinique, May 12-16, 2002.*
- LE FRIANT A., 2001. Les déstabilisations de flanc des volcans actifs de l'arc des Petites Antilles: origines et conséquences, *Thèse de Doctorat Univ. Paris 7*, 378 pp.
- LE FRIANT, A., BOUDON, G., KOMOROWSKI J.-C., DEPLUS, C., 2002. L'île de la Dominique, à l'origine des avalanches de débris les plus volumineuses de l'arc des Petites Antilles. *C. R. Géosciences*, 334(4), 235-243.
- LE FRIANT A., BOUDON G., DEPLUS C., VILLEMANT B., 2003a. Large scale flank-collapse during the recent activity of Montagne Pelée, Martinique, FWI. *J. Geophys. Res.*, 108:B1, 2055.
- LE FRIANT A., HEINRICH P., DEPLUS C., BOUDON G., 2003b. Numerical simulation of the last flank-collapse event of Montagne Pelée, Martinique, Lesser Antilles. *Geophys. Res. Lett.*
- LE FRIANT A., HARFORD C., DEPLUS C., BOUDON G., SPARKS R.S.J., KOMOROWSKI J.-C., 2003c. Evolution of the volcanic island of Montserrat, W.I. *Geological Society of London*, in press.
- LE FRIANT A., G. BOUDON, J.-C. KOMOROWSKI, P. HEINRICH, S. BAZIN, F. BEAUDUCEL, 2005. Tsunami in the Lesser Antilles islands: Recent events and implications. *Soufriere Hills Volcano, Ten years on, workshop, Montserrat, 2005.*
- MANGENEY A., PH. HEINRICH, R. ROCHE, G. BOUDON, J.L. CHEMINÉE, 2000. Modeling of debris avalanche and generated water waves: Application to real and potential events in Montserrat, *Phys. Chem. Earth (A)*, 25:9-11, 741-745.
- ZAHIBO N., E.N. PELINOVSKY, 2001. Evaluation of tsunami risk in the Lesser Antilles, *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 1, 221-231.

## 8. Annexe financière

**Subvention MOM : 50 000 € TTC**

La subvention du Ministère Outre-Mer correspond à environ 80 % des moyens mis en oeuvre pour le projet, dont le budget total est de 65 000 € environ (cf. dossier de demande de financement).

<b>Postes</b>	<b>Dépenses (en €)</b>	<b>Factures</b>
4 marégraphes, transport et taxes ( <i>ACTHYD</i> ) TTC	32710	1
Transmission radio ( <i>GES</i> ) TTC	4107	1
1 ordinateur de terrain ( <i>PANASONIC</i> ) HT	3997	1
Frais de transport et taxes ordinateur ( <i>GEODIS</i> ) TTC	619	1
Alimentations et infrastructures (plusieurs fournisseurs) TTC	6053	6
4 baromètres ( <i>CAMPBELL</i> ) + estimation 20% taxes TTC	2922	<i>devis</i>
<b>Total</b>	<b>50408</b>	

Par rapport aux devis présentés dans le projet initial, le coût des marégraphes est légèrement inférieur (modèle différent et plus adapté), ce qui a permis d'une part l'installation d'une infrastructure des stations plus robuste (coffrets étanches et panneaux solaires), l'installation d'une transmission radio-numérique sur l'une des stations et enfin l'ajout de baromètres supplémentaires (devis). Voir les pièces justificatives jointes à ce document.