



61817

Document public

## Rapport d'expertise :

# Diagnostic structurel d'urgence sur le mur de soutènement de l'esplanade du front de mer de la plage des roches noires

**BRGM/RP-61817-FR**

Décembre, 2012

**Cadre de l'expertise : AMO commune de Saint Paul**

**Date de réalisation de l'expertise : 12/12/12**

**Localisation géographique du sujet de l'expertise : Commune de Saint Paul, Saint Gilles les Bains, esplanade du front de mer**

**Auteurs BRGM : E. Chateauminois**

**Demandeur : Commune de Saint Paul**



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**



3 5000 00108957 1

L'original du rapport muni des signatures des Vérificateurs et Approbateurs est disponible aux Archives du BRGM.

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

Ce rapport est le produit d'une expertise institutionnelle qui engage la responsabilité civile du BRGM.

Ce document a été vérifié et approuvé par :

Vérificateur :	
Nom : Y. De LA Torre	Date : 13 décembre 12
Approbateur :	
Nom : S. Bes de Berc	Date : 13 décembre 12

Le système de management de la qualité du BRGM est certifié AFAQ ISO 9001:2008.

**Mots clés** : érosion littorale, aménagement littoral, plage, mur soutènement, rupture, Saint Paul, Réunion (974), plage des Roches Noires.

En bibliographie, ce rapport sera cité de la façon suivante :

E.Chateuminois (2012) – Diagnostic structurel d'urgence sur le mur de soutènement de l'esplanade du front de mer de la plage des roches noires. Rapport final. Rapport BRGM/RP-61817-FR. 12 pages, 4 figures.

© BRGM, 2012, ce document ne peut être reproduit en totalité ou en partie sans l'autorisation expresse du BRGM.

## Sommaire

<b>1. Contexte</b> .....	<b>4</b>
<b>2. Observations et diagnostic</b> .....	<b>5</b>
2.1 CONTEXTE HISTORIQUE .....	5
2.2 FAITS CONSTATES .....	5
2.3 DIAGNOSTIC ET RISQUES RESIDUELS.....	8
<b>3. Recommandations</b> .....	<b>11</b>
3.1 PHASE 1 : MESURES IMMEDIATES.....	11
3.2 PHASE 2 : MESURES URGENTES .....	12
3.3 PHASE 3 : SUIVI ET CONFORTEMENT.....	13

## 1. Contexte

Le 12 décembre 2012, la commune de Saint Paul (département 974) a sollicité le BRGM pour réaliser un diagnostic d'urgence suite à la chute brutale d'un des promontoires de l'esplanade de Saint Gilles les Bains au niveau de la plage des roches noires. L'évènement est survenu le 11 décembre 2012. Cette expertise a été réalisée dans le cadre de la convention d'AMO à la mairie de Saint PAUL pour l'étude pré-opérationnelle d'aménagement de la plage des Roches Noires.

Les objectifs de l'intervention étaient les suivants :

- Identifier les causes du phénomène ;
- Evaluer les risques résiduels ;
- Etablir une stratégie de gestion du risque.

Le diagnostic a été réalisé le 12 décembre 2012, entre 9h30 et 10h30. Un examen visuel de l'ouvrage a été pratiqué depuis le sommet de l'ouvrage ainsi que depuis la plage.

L'expertise a été effectuée par M. Chateauminois du BRGM accompagné de M. Laurent Robert DGAST de la commune de Saint Paul, de personnels des services de la commune et de responsables de la DEAL.



Figure 1 - Localisation de la zone concernée (Geoportail©)

## 2. Observations et diagnostic

### 2.1 CONTEXTE HISTORIQUE

La plage des Roches Noires est située au droit du centre-ville urbain de Saint Gilles les Bains. Elle est délimitée au sud par les ouvrages du port de Saint Gilles où elle vient obstruer naturellement la ravine de Saint Gilles par un cordon sableux. Au Sud du port de Saint Gilles se trouve la plage des Brisans.

La plage des Roches Noires connaît une problématique d'érosion chronique depuis de nombreuses années.

En 2011 le mur de soutènement d'une terrasse a déjà cédé suite à des phénomènes d'affouillement au pied de l'ouvrage.

La plage montre aujourd'hui un profil très étroit et des pentes assez raides qui sont les caractéristiques d'un cordon sableux en déficit sédimentaire.

Des travaux de recalibrage de la ravine sont régulièrement menés par la mairie. Ils ont pour objectif le remodelage du cordon sableux obstruant la ravine de Saint Gilles, afin de préparer la saison cyclonique et limiter les risques d'inondation de la commune en amont. A cette occasion le sable prélevé au niveau de l'embouchure de la ravine est redéposé plus au nord sur la plage.

Les phénomènes d'érosion et leurs conséquences sur les problématiques d'urbanisme sont donc très prégnants sur ce secteur. La commune de Saint Paul a engagé une réflexion globale sur ces problématiques au travers de deux études en cours ou à venir :

-Le projet de réaménagement touristique depuis la plage des roches noires jusqu'à celle des brisants. Ce projet vise deux objectifs essentiels:

- Offrir un espace de loisir fonctionnel et animé, en prenant en compte le cachet du site et en valorisant les activités qui y sont développées ;
- Contribuer à la protection de cet espace contre les phénomènes d'érosion.

-L'étude pré-opérationnelle d'aménagement de la plage des Roches Noires. Cette étude a pour objectif l'émergence d'un projet de réaménagement de l'ensemble ravine/port/plage permettant une limitation des effets de l'érosion au travers d'un projet d'aménagement paysager et urbanistique de la zone.

Ces éléments sont importants et devront être pris en compte pour l'élaboration des préconisations d'intervention.

### 2.2 FAITS CONSTATES

#### Evénement :

Le lundi 11 décembre 2011, un promontoire arboré de l'esplanade du front de mer de Saint Gilles les Bains s'est brusquement désolidarisé de l'esplanade et est tombée sur la plage en contrebas. Ce promontoire est entouré de deux escaliers d'accès à la plage. Il accueille une jardinière dans laquelle est planté un arbre procurant de l'ombre aux promeneurs. Sa position et sa forme entraîne une avancée de l'esplanade sur la plage de quelques mètres. La Figure 2 illustre le phénomène.

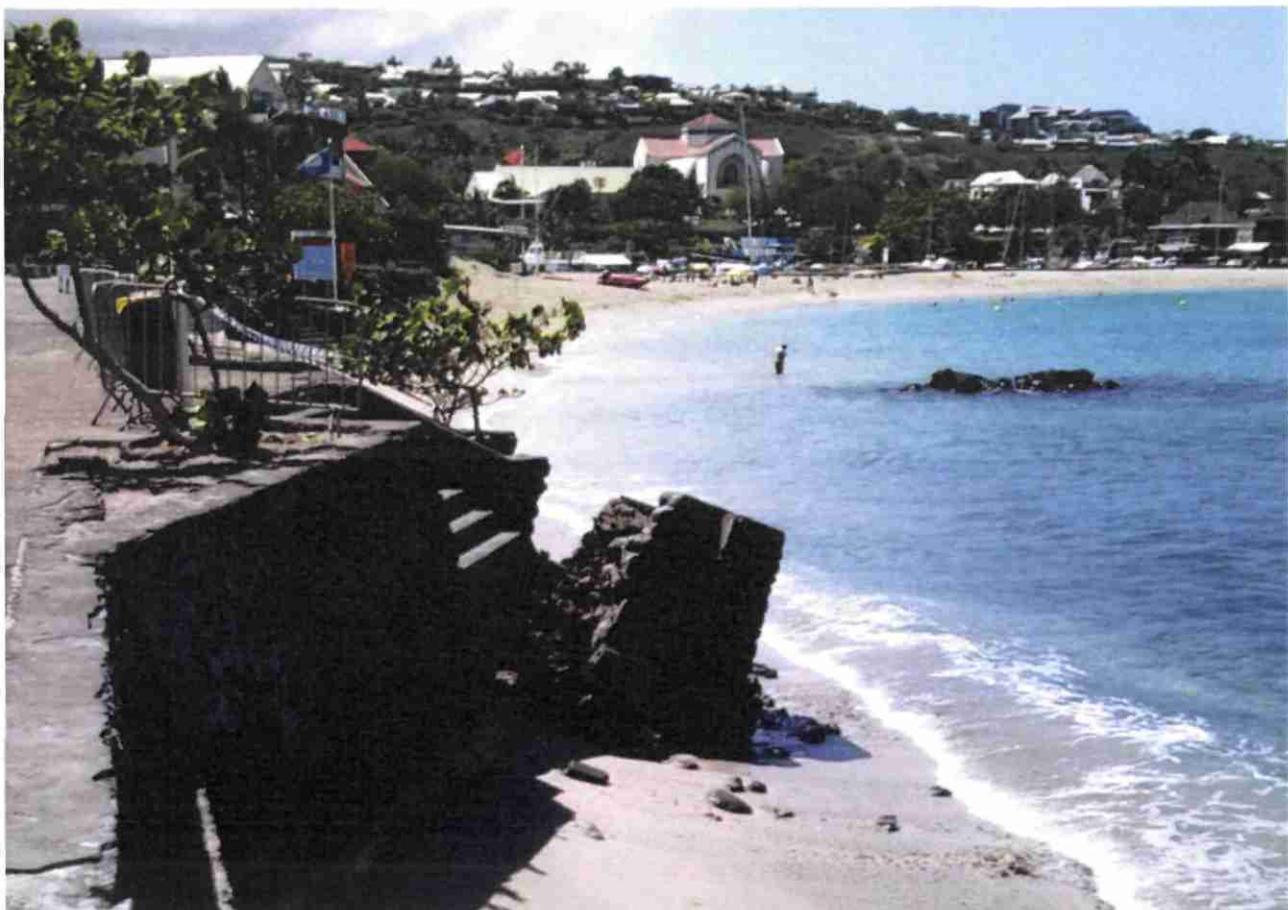


Figure 2 – Promontoire effondré le 11/12/12 vu du nord et du sud. Photos prises le 12/12/12.

Analyse des causes du phénomène :

Les causes de l'effondrement sont clairement un phénomène d'affouillement de l'ouvrage au niveau de son assise.

Cet affouillement est une des conséquences des phénomènes d'érosion de la plage des Roches Noires qui dans son ensemble était beaucoup plus large par le passé : de l'ordre de 15 m en 2008 ; de 25 m en 1978 après construction d'un ouvrage initial sans promontoire et de 30 m en 1966 avant la réalisation de l'ouvrage – source orthophotographies IGN).

Du fait du rétrécissement de la plage, il arrive régulièrement que les vagues viennent lécher le pied de l'ouvrage provoquant son affouillement, sans pour autant que les vagues soient très énergétiques. Il est d'ailleurs à noter qu'il n'y a pas eu d'évènement significatif de fortes houles les jours qui ont précédés la chute du mur. L'affouillement en pied de l'ouvrage qui était nettement visible avant l'effondrement et qui l'est toujours au niveau des escaliers de part et d'autre du promontoire, est donc le résultat d'un phénomène progressif d'érosion, et non pas de l'effet ponctuel d'un évènement énergétique.

La chute du mur a par contre été brutale. L'ouvrage n'ayant plus d'assise, les efforts de stabilité du promontoire se sont petit à petit reportés de l'assise vers l'interface entre le promontoire et l'esplanade, générant un effort de cisaillement/arrachement important que l'ouvrage n'est pas capable de supporter. Lorsque cet effort dépasse la limite admissible, l'ouvrage cède de façon brutale et instantanée.

**On assiste donc à une rupture brutale provoquée par un phénomène progressif et difficilement réversible naturellement dans le contexte hydrosédimentaire actuel.**

## 2.3 DIAGNOSTIC ET RISQUES RESIDUELS

### Evaluation du risque sur la zone effondrée :

Maintenant que le promontoire s'est désolidarisé de l'esplanade, celui-ci est posé sur le sable en place. Dans sa position actuelle, il est toujours soumis à des phénomènes d'affouillement et il est toujours exposé à l'action mécanique des vagues. Il n'a donc probablement pas trouvé de position d'équilibre et pourrait continuer à basculer vers la mer.

Par ailleurs suite à la chute, sa structure a été fragilisée et il existe un risque important de désolidarisation d'une partie de l'ouvrage (bloc isolé ou partie d'ouvrage). Ce risque est d'autant plus vrai que l'ouvrage présente une forte inclinaison.

Par ailleurs la matrice mise à nue de l'esplanade présente une forte déstructuration, et le risque de chute de nouveaux blocs de pierres ou parties d'ouvrage reste fort.

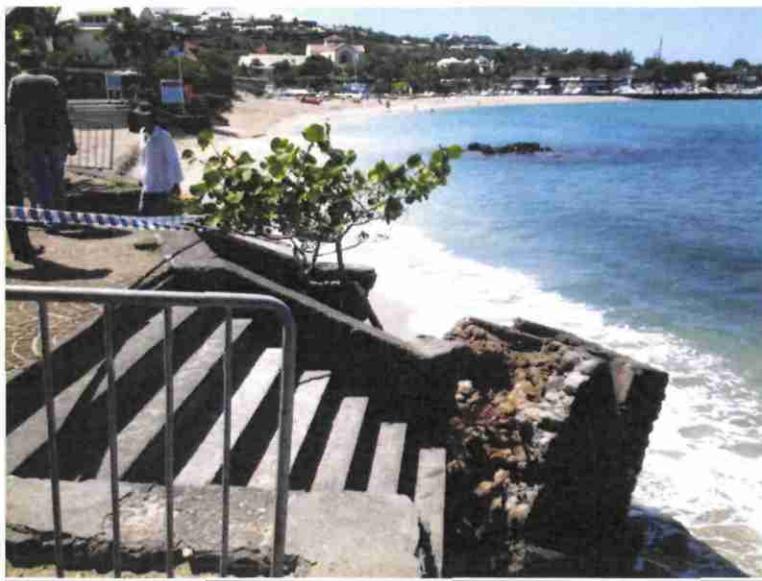


Figure 3 – Matrice déstructurée à l'interface esplanade/promontoire. Photo prise le 12/12/12.

### Evaluation du risque de rupture d'une autre partie de l'ouvrage :

L'analyse du mur de soutènement de l'esplanade situé de part et d'autre du promontoire montre des signes de dégradation importants et généralisés sur l'ensemble du mur (environ 150m). Ce mur est sub-vertical et est réalisé en pierres naturelles maçonnées. On peut constater :

- une dégradation quasi-systématique du jointement des pierres du parement ;
- un départ assez général de pierres notamment en pied d'ouvrage, ce qui est une conséquence du point précédent ;
- en certains endroits, les départs de pierres sont massifs et entraînent la présence de cavités de grande taille (jusqu'à 1m de hauteur par 2m de large).

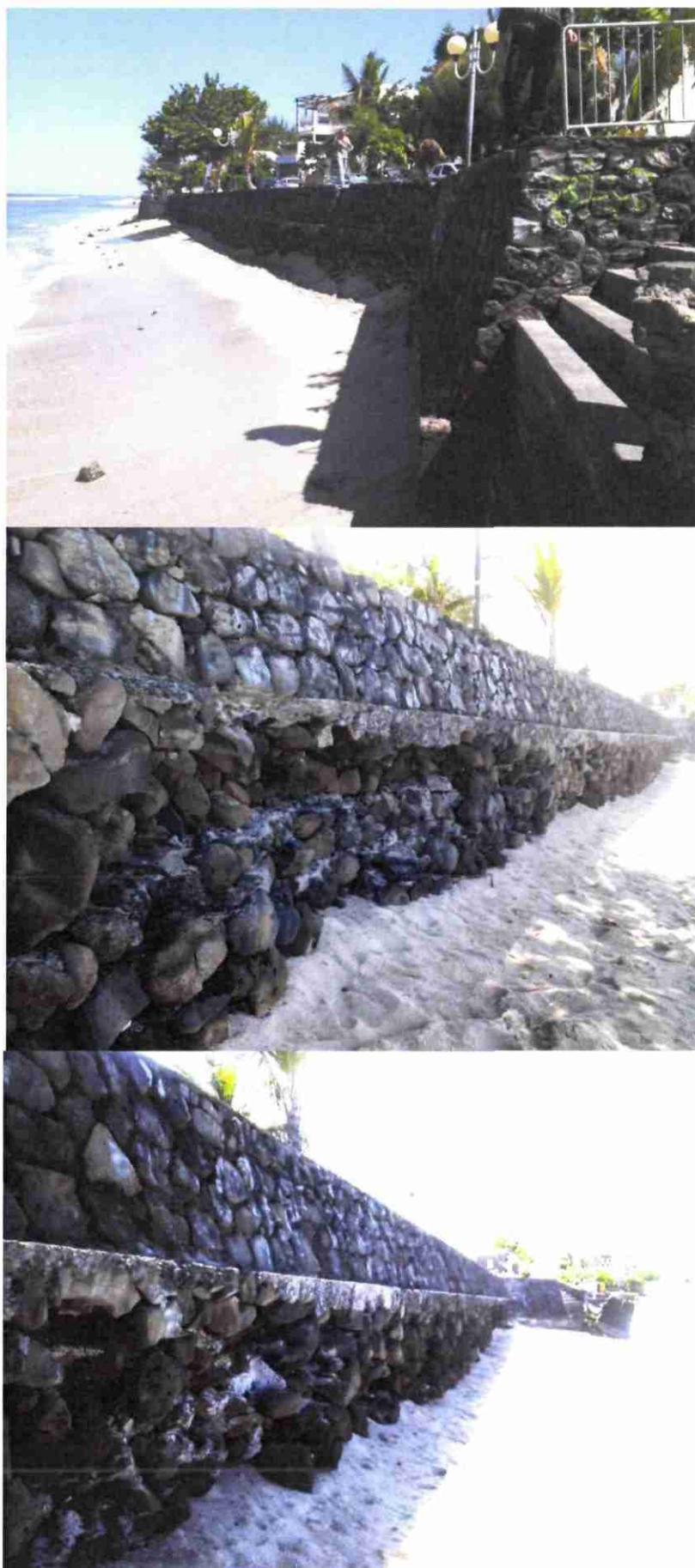


Figure 4 – Parement endommagé du mur de soutènement nord de l'esplanade

Les reconnaissances réalisées ne permettent pas de reconnaître la profondeur de la fondation du mur ainsi que son état pour la partie située sous le sable. Il faudrait pour cela réaliser un sondage pour dégager la fondation et ainsi constater sa structure et son état. Il serait également intéressant de désarchiver les plans de réalisation de l'ouvrage pour connaître son mode de fondation.

Concernant la partie visible de l'ouvrage, le diagnostic visuel montre un risque important de rupture partielle de l'ouvrage. Même si l'affouillement est moins important que ce qu'il ne l'était au niveau du promontoire du fait de sa position moins avancée sur la plage, le type de rupture encouru est du même type que celui advenu sur la partie effondrée (rupture brutale et instantanée), comportant donc un risque non négligeable pour les usagers du site (baigneurs et surfeurs sur la plage et promeneurs sur l'esplanade).

### 3. Recommandations

Les risques encourus peuvent être résumés de la manière suivante :

1. Risque de déstabilisations et de basculement du promontoire déjà effondré par affouillement en pied ou désolidarisation de morceaux d'ouvrages du promontoire ou de l'esplanade.
2. Risque de déstabilisation et de rupture brutale du mur de soutènement de l'esplanade

**Les points 1 et 2 entraînent donc un risque important d'accident corporel sur les personnes et usagers du site. La première recommandation à réaliser en urgence sera donc de baliser et réglementer l'accès du site afin d'éviter au public toute exposition à ces risques. Ce balisage pourra être réalisé à l'aide de barrières physique ou de rubalise.**

Par la suite, sur la base du diagnostic précédemment établi, nous recommandons une intervention suivant trois échéances complémentaires.

1. Phase 1 : mesures immédiates à mettre en œuvre immédiatement avec les moyens propres de la commune ;
2. Phase 2 : mesures urgentes à mettre en œuvre rapidement avant la période cyclonique et la période de congé des entreprises du BTP ;
3. Phase 3 : suivi et confortement à mettre en œuvre pendant et après la période cyclonique en fonction d'un diagnostic post-cyclonique de l'ouvrage et en fonction des plannings d'intervention des projets d'aménagement en cours.

#### 3.1 PHASE 1 : MESURES IMMEDIATES

Les mesures immédiates potentielles regroupent toutes celles réalisables par les moyens propres de la commune. Parmi celles-ci, on peut noter :

- les travaux de mise en sécurité de la zone par un balisage adapté
- la mise en place d'une surveillance et d'un suivi de l'évolution de l'état des ouvrages.
- les travaux de rechargement en sable que la commune réalise régulièrement par ailleurs.

Afin de sécuriser le mur de soutènement de l'esplanade nous préconisons la réalisation d'un rechargement en sable de la plage au droit du mur.

Un premier gisement de sable se trouve à proximité du site au niveau de l'embouchure de la ravine. Ce gisement présente l'avantage et le désavantage de se trouver dans la même cellule sédimentaire. C'est un avantage d'un point de vue économique et logistique, mais ce rechargement ne permet pas d'injecter de nouveaux volumes de sable sur la plage des roches noires.

Un autre gisement pourrait être la plage se trouvant au Sud du port sur la plage des Brisants. Cette plage se trouve en amont du transit sédimentaire de la zone et montre une accumulation de sable contre les ouvrages Sud du Port de Saint Gilles. Il serait donc possible d'y prélever une certaine quantité de sable sans déstabiliser son équilibre. L'avantage de cette solution serait une injection fraîche de sable dans le système de la plage des Roches Noires. **Ce gisement est donc à privilégier si la réglementation le permet.**

Chacun des gisements présentent une granulométrie compatible avec la plage des roches noires.

L'objectif de ce rechargement sera le rehaussement du niveau de la plage au pied du mur de sorte que les jets de rive n'atteignent plus le pied du mur, ce qui est le cas actuellement.

**Sauf à être très massif, ce qui n'est probablement pas le cas du fait de la faible puissance des gisements en sable, il faut noter que les effets de ce rechargement ne seront que très temporaires, ce qui permet de souligner l'importance de la phase 2.**

### 3.2 PHASE 2 : MESURES URGENTES

Cette phase devra s'enclencher le plus rapidement possible. **L'objectif sera de conforter l'ouvrage de soutènement de l'esplanade de façon temporaire** avant la période cyclonique et avant la période de congé des entreprises du BTP, ce qui ne laisse que très peu de temps d'intervention.

On peut imaginer une intervention suivant deux objectifs :

1. Conforter le parement du mur
2. Préserver le mur des phénomènes d'affouillement

Pour conforter le parement du mur, nous préconisons

- le rejointement de l'ensemble du parement du mur
- le comblement des cavités et des affouillements par maçonnerie de pierres et injection de béton sous pression dans les cavités
- ce travail de confortement devra également se réaliser autant que possible sur la partie enfouie de l'ouvrage.

Pour préserver le mur des phénomènes d'affouillement, on peut imaginer plusieurs familles de solutions :

- la réalisation d'une semelle en béton. Dans ce cas, celle-ci devra être fondée suffisamment profondément pour être à l'abri d'un affouillement. En effet, cette solution est à double tranchant : si la semelle se trouve elle-même déchaussée elle n'a plus d'effet et alourdit la structure. En cas de descente de la semelle, celle-ci pourrait entraîner à son tour un arrachement d'une partie du mur existant. Cette solution nécessite donc un travail en sous-œuvre permettant d'atteindre une fondation suffisante pour sécuriser l'ouvrage.
- La protection du pied du mur par une solution à base de gabions ou de matelas réno disposés devant le mur. Ces structures n'étant pas solidaires du mur existant, en cas d'affouillement, elle peuvent glisser et accompagner une descente du niveau du sable sans pour autant entraîner le mur avec elles.
- La protection du pied du mur par une solution de type stabiplage. Il s'agit de géotubes qui, une fois remplis de sable proposent une résistance mécanique importante aux assauts des vagues. Un géotube pourrait être déployé en pied du mur existant. Le sable pourrait être prélevé au niveau de l'embouchure de la ravine. De la même façon que pour les gabions ou les matelas réno, si le géotube vient à descendre ou à s'affouiller, il conserve sa fonction de protection mécanique à l'arrière.

D'un point de vue technique, la solution stabiplage semble être le meilleur compromis compte tenu du caractère temporaire de la solution préconisée. En effet les géotubes présentent l'avantage d'une solution plus aisément réversible que les deux autres solutions.

Une fois le confortement du mur réalisé, il sera nécessaire d'évacuer le promontoire effondré sur la plage et de reconstituer un mur de soutènement en lieu et place de l'ancien promontoire.

### **3.3 PHASE 3 : SUIVI ET CONFORTEMENT**

Un suivi et une surveillance du mur de soutènement devra être mis en place pendant la période cyclonique. En première approche une surveillance visuelle du mur devrait permettre de constater des désordres éventuels pour éventuellement enclencher un diagnostic plus approfondi si des désordres étaient constatés. Des photographies prises du même point et sous un angle constant à interval régulier (1 série de photo tous les 15 jours par exemple) serait une bonne base pour surveiller l'évolution de l'ouvrage.

Une fois la période cyclonique et la période de congé des entreprises du BTP passées, une réflexion devra être menée pour définir la stratégie à adopter en fonction :

- De l'état du dispositif de confortement temporaire réalisé lors de la phase 2. Un diagnostic post-cyclonique devra être réalisé.
- Des plannings concernant les projets de réaménagement du site.

Le choix devra alors être fait soit de conforter l'ouvrage de manière pérenne soit d'envisager la destruction de l'ouvrage au profit d'un réaménagement global du front de mer.



Géosciences pour une Terre durable

**brgm**

Centre scientifique et technique BRGM Réunion  
3, avenue Claude-Guillemain 5, rue Sainte Anne - CS51016  
BP 36009 - 45060 Orléans Cedex 2 - France 97400 SAINT DENIS – France  
Tel. 02 38 64 34 34 Tél. : 02 62 21 22 14