



Atelier EUC-France à La Réunion

Du 13 au 16 novembre 2012

LIVRET GUIDE

Coordination : Ywenn De La Torre (BRGM)



St Paul, mars 2007 - BRGM

Risques côtiers, aménagement et gestion du littoral

Avec le soutien du BRGM, de la Région Réunion et de la DEAL Réunion
En lien avec :



Avant-propos

L'érosion et la submersion du littoral sont des phénomènes globaux d'origine naturelle qui concernent aussi bien les littoraux tempérés que tropicaux. Depuis le XX^{ème} siècle, la concentration de la population sur la frange littorale a conduit à une forte vulnérabilité vis-à-vis de ces aléas côtiers. N'échappant pas à ce constat, l'île de La Réunion connaît une situation particulièrement critique compte-tenu de l'intensité des cyclones et de la forte contrainte imposée par le relief pour le développement de l'urbanisation.

Dans ce contexte, la gestion des risques côtiers requiert au préalable une bonne compréhension de la dynamique côtière et des processus en action aux échelles régionale et locale. Cette compréhension passe en particulier par une démarche d'observation et de suivi au moyen de réseaux d'observation tels que ceux mis en œuvre par l'Université, le BRGM et plus récemment l'OSUR¹, en partenariat avec l'Etat et la Région Réunion. L'Etat et la Région collaborent à ce titre par la mise en œuvre d'un Observatoire des Risques Naturels (ORN) animé par l'Agorah et couvrant le champ des risques côtiers. Les connaissances acquises par ces démarches permettent d'asseoir une expertise au service de la prévention des risques et de la gestion du littoral. Des recommandations sur la gestion de l'érosion côtière ont notamment pu être formulées au sein d'un guide didactique².

Aujourd'hui se pose la question de la diffusion de cette expertise auprès des décideurs et gestionnaires du littoral réunionnais. C'est pourquoi, un évènement favorisant les échanges entre la communauté scientifique et technique d'un part et les élus et gestionnaires d'autre part est organisé.

L'association EUCC-France a été à ce titre sollicitée du fait de son expérience dans ce type d'initiative. Branche française d'une ONG européenne, elle organise depuis une dizaine d'année des ateliers sur la gestion intégrée des zones côtières. Se déroulant sur le terrain, ces ateliers permettent de se confronter directement aux problématiques locales et facilitent le dialogue entre les acteurs du littoral. Ce dialogue bénéficiera de la vision « extérieure » de l'EUCC, dont c'est la première intervention sur l'île, et de son riche retour d'expérience en la matière.

Cet atelier s'attachera donc à visiter plusieurs contextes littoraux sur les communes de St André, Le Port, St Paul, Etang-Salé et St Pierre (cordons de galets, plages coralliennes, dunes, falaises, à différents stade d'artificialisation). Seront appréhendés les outils et méthodes d'observation (mesures *in situ*, images satellites, etc.), l'exposition aux aléas côtiers (impact des tempêtes), les techniques de remédiations locales (ouvrages de défense, solutions douces) ainsi que les problématiques d'aménagement du territoire qui y sont liés (gestion du DPM/DPP, urbanisation en front de mer, dispositifs de protection). Il sera également l'occasion d'appréhender des questions connexes sur la gestion du littoral comme la restauration des plages de ponte de tortue ou l'énergie houlomotrice.

¹ OSUR : Observatoire des Sciences de l'Univers de La Réunion

² Guide de gestion de l'érosion du littoral de La Réunion, 2012.

Plan

Avant-propos.....	3
Plan.....	5
Programme de l’atelier.....	7
Présentation de l’Observatoire des Risques Naturels (Agorah)	11
Le réseau d’observation de la morphodynamique côtière – le site de St André (BRGM)	13
Etude de la définition d'une gestion globale des stocks sédimentaires dans le secteur du Port-Ouest de La Réunion.....	16
Aménagement du littoral Nord de la Ville du Port.....	23
Dynamique sédimentaire de la baie de St Paul – étude de cas du cyclone Gamède (Université de La Réunion).....	23
Présentation de la Réserve Naturelle Marine de La Réunion en lien avec l’érosion (vitalité récifale, nettoyage des plages – Réserve Marine).....	28
Présentation du SOERE TC à l’Hermitage (OSU Réunion - IRD).....	31
La fréquentation des plages de la RNMR (IRD-UMR Espace-Dev).....	33
La restauration des plages de ponte de tortue (Kélonia)	34
Réhabilitation d’un ancien site de ponte de tortue dans la forêt littorale de l’Etang-Salé (ONF).....	37
Les falaises à recul rapide – le cas de la Pointe du Diable (Mascareignes Géologie)	41
L’énergie houlomotrice à La Réunion (ARER)	43
La dynamique sédimentaire en milieu corallien urbanisé – le cas de St Pierre (Université de La Réunion).....	46
Présentation de la station de réception SEASOI et l’application aux risques naturels (Région Réunion)	49

Programme de l'atelier

Durée de l'atelier : 3,5 j. dont 3 j. de terrain et 0,5 j. de restitution en salle.

	Planning / Lieux	Problématique	Intervenants possibles
13 nov.	De 9 à 10 h : Rdv St Denis / Barachois	Introduction atelier Présentation du contexte général de l'île + bref descriptif du front de mer	Région DEAL Agorah (ORN) EUCC BRGM
	De 10 à 12h : Trajet de 30 min vers St André - Champ Borne	Impact des cyclones Artificialisation du littoral Méthodes de remédiations (Sentier littoral)	Mairie de St André BRGM DEAL
Déjeuner de 12h30 à 14h (lieu à déterminer entre St André et le Port)			
	Après-midi : 14h30 – 17h30 Trajet vers Le Port Visite en bus du Port Est et du Port Ouest (présentation des installations) + Arrêt à la jetée sud du Port ouest	Le Domaine Public Portuaire et le projet de grand port maritime de La Réunion Erosion de la partie entre les deux ports	Mairie du Port Préfecture – GPMDLR SPR Artelia
14 nov.	<u>Matin (9 à 12h) : Baie de Saint Paul</u> Rdv sur la place du marché (marche jusqu'au cimetière marin)	Impact du cyclone Gamède ; Aménagement et planification (PPR et PLU) Techniques de remédiation	Mairie de St Paul DEAL/BRGM Université (R. Troadec)
Déjeuner (dont 20 min trajet) de 12 à 14h sur la commune de St Paul (St Paul ville ou Hermitage)			
	AM (14-17h): L'Hermitage (déjeuner sur place) et marche depuis la passe vers le Nord	Impact tempête en milieu corallien La gestion de la fréquentation Le DPM et les AOT La vitalité récifale et la qualité de l'eau (relation avec le bv)	Mairie St Paul Réserve marine OSUR (SOERE) IRD- UMR Espace Dev
15 nov.	Matin : Etang Salé de 9h à 10h30 – rdv parking Etang Salé les bains	Restauration des plages et ponte des tortues	Mairie d'Etang-Salé ONF Kelsonia
	St Pierre (trajet 30 min) Falaise Pic du Diable de 11h à 12h30	Falaise à recul rapide Planification (ancienne voie chemin de fer) Sécurité public Projet d'énergie houlomotrice	Mascareignes Géologie Mairie St Pierre ARER DEAL
Déjeuner à St Pierre de 12h30 à 14h (dont 5 min de trajet)			

	<p>AM : St Pierre Plage Centre-ville de 14 à 15h30</p> <p>Station de réception d'images satellitaires SEAS-OI de 16 à 17h (trajet de 20 min)</p>	<p>Impact des habitations Remaniements anthropiques</p> <p>Applications aux risques côtiers et environnement littoral</p>	<p>Mairie St Pierre R. Troadec</p> <p>Région +IRD</p>
16 nov.	<p>Matin : Saint-Denis, hôtel de Région</p> <p>Exercice de vision partagée de 08h30 à 10h30</p> <p>Restitution de 10h30 à 12h30</p>	<p>Stratégie future de GIZC</p> <p>Synthèse et clôture</p>	<p>Partners Consulting</p> <p>EUCC-France Région DEAL ORN/Agorah BRGM</p>
Collation à l'hôtel de Région			

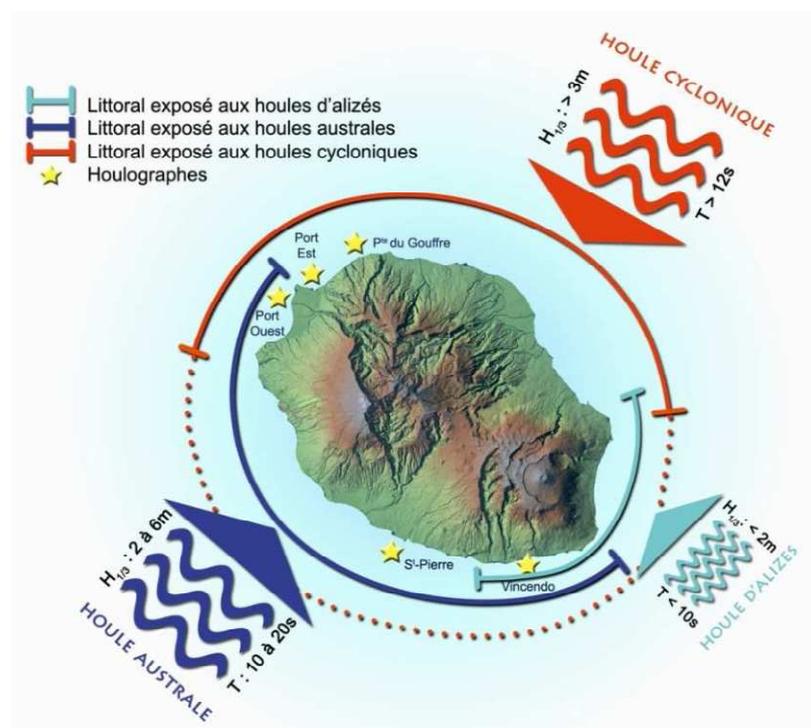
Présentation du contexte général des risques côtiers à La Réunion (BRGM)

Contact : Ywenn De la Torre (y.delatorre@brgm.fr) ; Eric Chateauminois (e.chateauminois@brgm.fr)

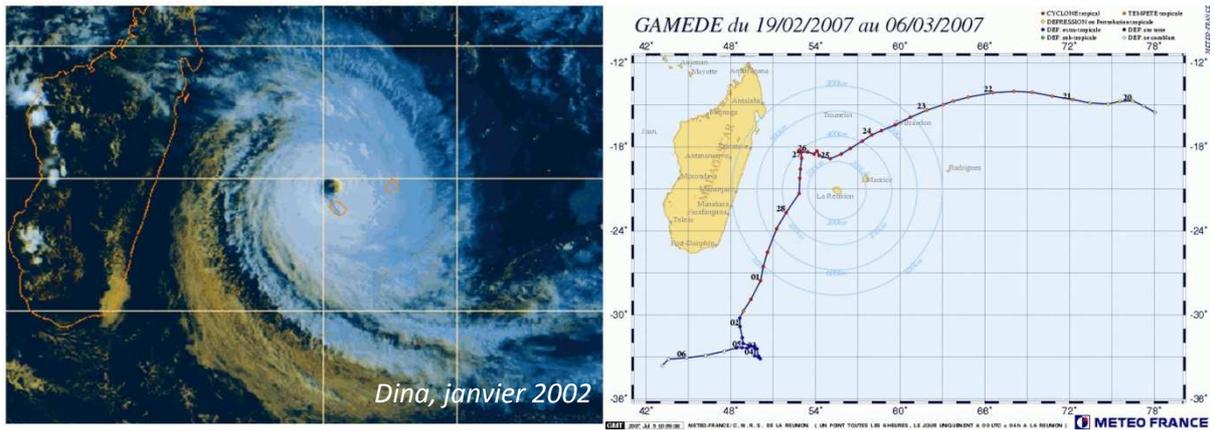
Cadre physique du littoral de l'île

La Réunion est une île tropicale d'origine volcanique jeune (5 millions d'années). Il en résulte un relief très vif (massif du Piton de Neige culminant à plus de 3000m et Piton de la Fournaise à 2600m) et une morphologie d'ensemble relativement ovoïde avec un littoral très exposé à l'océan Indien. Dans ce contexte, l'île possède de nombreuses falaises basaltiques et accumulations alluviales (plages, dunes, cordons de galets) d'origine volcanoclastique. La côte sous le vent des régimes d'alizé (côte ou est) permet le développement récent d'un récif corallien discontinu et frangeant à la côte. En arrière de ces formations, des plages constituées de sédiments biodétritiques se sont formées.

En termes de conditions météo-marines, La Réunion se trouve sur la trajectoire de nombreux cyclones qui traversent le bassin Sud-Ouest de l'océan Indien depuis globalement le Nord-Est et génèrent des houles cycloniques de novembre à mars. Le reste de l'année, les houles australes (ou polaires) sont prépondérantes et se renforcent particulièrement pendant la saison sèche (« hiver austral »). Le régime de marée est microtidal et semi-diurne à inégalités diurnes, c'est-à-dire une faible amplitude générale (moins d'1m de marnage) avec deux cycles inégaux en amplitude par jours.



Régimes de houle à La Réunion (Météo-France)



Les risques côtiers associés

L'île de La Réunion présente sur son littoral une forte conjonction entre des aléas particulièrement intenses (houle cyclonique notamment) et les enjeux qui y sont concentrés. En effet, sur les 24 communes que compte l'île, 19 sont littorales et le fort relief de l'île contraint le développement dans les « hauts ».



Tache urbaine, 2010 (Agorah)

Les aléas considérés sont l'érosion côtière et les submersions marines. Ces aléas peuvent interagir entre eux (leur origine est commune) ainsi qu'avec d'autres aléas, par exemple avec les mouvements de terrain ou les inondations d'origine terrestre (issues des précipitations). Bien que plus faible, le

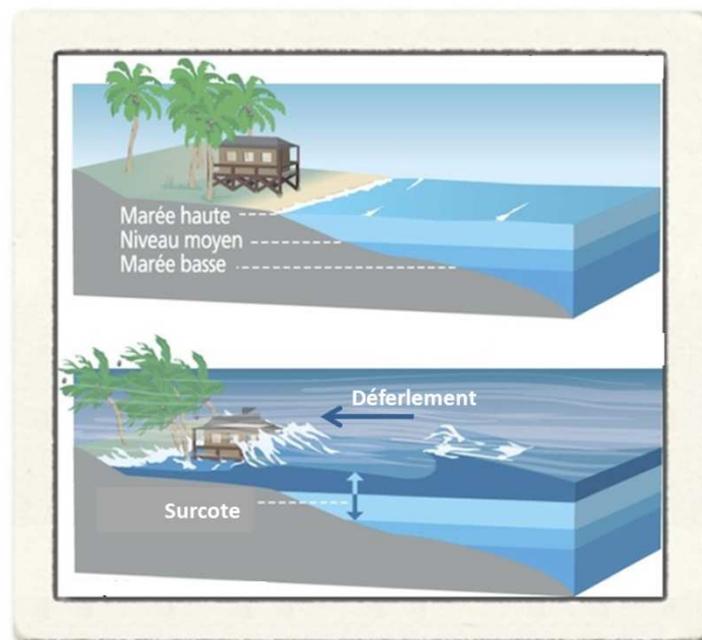
risque tsunami existe à La Réunion avec potentiellement des phénomènes d'origine sismique (faille indo-australienne) ou gravitaire (effondrement sous-marin notamment).

Il est considéré que l'érosion côtière est active sur 50% du linéaire côtier de La Réunion. Les événements récents de 2007 (cyclones Gamède et houles australes) ont causé des dégâts importants dans la partie ouest de l'île, généralement moins exposée que la partie Nord-Est. En cas de cyclone, il n'est pas rare de constater un recul local du trait de côte de l'ordre d'une vingtaine de mètres.



Houle cyclonique déferlant à la côte et érosion post-tempête à l'Etang Salé les bains

Les submersions marines sont dues, d'une part, à une surélévation du niveau de la mer (surcote) due la marée astronomique, la surcote atmosphérique (baisse de la pression barométrique et vent de mer) et, d'autre part, au déferlement de la houle qui génère également une surcote (*setup*) et un jet de rive. L'altitude maximale atteinte par la mer à l'intérieur des terres constitue le *runup*.



Présentation de l'Observatoire des Risques Naturels (Agorah)

Contact : Clency Henriette (henriette@agorah.com) ; Marion Ovize (ovize@agorah.com)

1. Rappel du contexte de création et de la démarche partenariale ayant donné naissance au projet d'ORN

Les avancées technologiques et techniques ont tendance à entraîner une baisse de la vigilance et de l'acceptabilité du risque, c'est pourquoi « *l'entretien de la mémoire collective du risque* » s'impose comme l'un des piliers fondamentaux de la stratégie internationale, nationale et locale de réduction des vulnérabilités associées aux risques naturels. Et c'est dans ce contexte de développement/renforcement d'une « *culture commune du risque* » à l'échelle locale, adaptée aux spécificités réunionnaises, que le projet d'Observatoire des Risques Naturels (ORN) à l'échelle régionale a vu le jour.

Une mission exploratoire en métropole (avril 2011) et des réunions de concertation ont été engagées, afin d'affiner les objectifs généraux et les missions opérationnelles spécifiquement dévolus à l'Observatoire des Risques Naturels, avec pour point d'orgue les premières « Assises Régionales des Risques Naturels » en octobre 2011, acte fondateur de l'observatoire. Cet événement majeur a ainsi permis de mettre en lumière les enjeux et besoins en matière de gestion des risques naturels à La Réunion, et notamment la nécessité de disposer d'un outil partenarial au service de la structuration de l'observation des risques naturels, d'une mobilisation concertée des acteurs concernés, et de la mutualisation des moyens pour se prémunir des aléas considérés et de leurs impacts (fig.1). La mise en œuvre de l'Observatoire des Risques Naturels a quant à elle été confiée à l'Agence pour l'Observation de la Réunion, l'Aménagement et l'Habitat (AGORAH), par décision de son Conseil d'Administration successivement en juin et décembre 2011.

2. Objectifs, actions et résultats attendus

- **1. Améliorer la connaissance sur l'état du risque, et observer son évolution** : collecte, centralisation, mise en cohérence et mutualisation de données
- **2. Intégrer les risques naturels au sein des politiques publiques d'aménagement territorial** : appui/assistance aux collectivités (propositions d'orientations stratégiques et d'actions à prioriser, élaboration d'argumentaires en vue de mobiliser des financements etc.)
- **3. Evaluer et suivre l'évolution des risques naturels et les actions mises en œuvre par les acteurs en charge de la gestion des risques naturels** : expertises diverses (états des lieux, grilles d'évaluation/d'analyse, diagnostics etc.)
- **4. Informer sur les risques naturels** : création d'un centre de ressources, contribution à la conscientisation locale du risque (actions de sensibilisation etc.)

Les objectifs généraux de l'Observatoire des Risques Naturels se déclinent en quatre axes majeurs, auxquels sont associées des actions spécifiques :

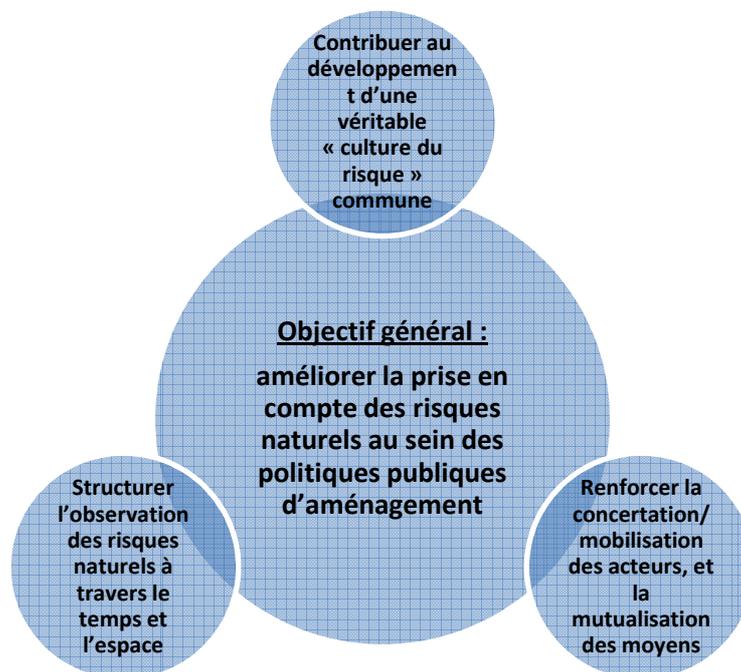


Figure 1 : Mission fondamentale de l'ORN : concilier aménagement du territoire et gestion des risques naturels

3. Instances de gouvernance

Deux instances de gouvernance ont été créées afin de suivre et d'appuyer cet outil partenarial au sein de ses activités :

- **Un Comité de Pilotage** en tant qu'organe décisionnel, mobilisable deux fois par an et composé des principaux partenaires de l'Observatoire : acteurs institutionnels et techniques (services de l'Etat, collectivités territoriales), mais aussi scientifiques.
- **Un Comité Technique de Suivi « élargi »**, niveau d'appui opérationnel mobilisable quatre fois par an et auquel sont associés les collectivités territoriales et les établissements publics compétents dans le champ des risques naturels, ainsi que les services de l'Etat et les acteurs scientifiques et techniques concernés par cette problématique. Sa mobilisation est à géométrie variable, en fonction de l'actualité des risques naturels à La Réunion, les études thématiques/dossiers en cours etc.

Le réseau d'observation de la morphodynamique côtière – le site de St André (BRGM)

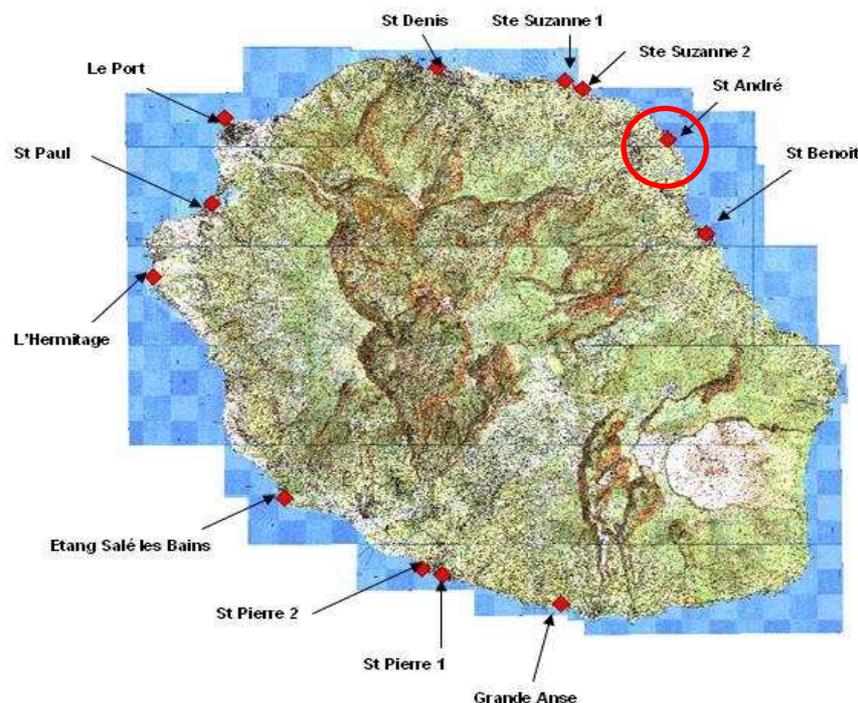
Contact : Ywenn De la Torre (y.delatorre@brgm.fr) ; Eric Chateauminois (e.chateauminois@brgm.fr)

Le réseau d'observation

Le BRGM réalise en partenariat avec la Région et l'État un suivi de la morphodynamique des littoraux de La Réunion depuis 2004 dans le cadre de la gestion intégrée des zones côtières, du suivi des indicateurs de l'impact du changement climatique et plus récemment de la mise en œuvre d'un Observatoire des Risques Naturels de l'île.

Objectifs :

- > Mieux appréhender les mécanismes de la morphodynamique côtière à La Réunion ;
- > Mettre en œuvre une démarche de surveillance des indicateurs d'évolution du littoral ;
- > Proposer une aide à la gestion en formulant des recommandations adaptées.



Protocole mis en œuvre :

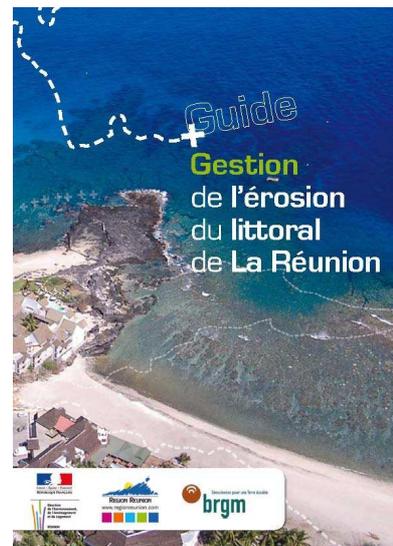
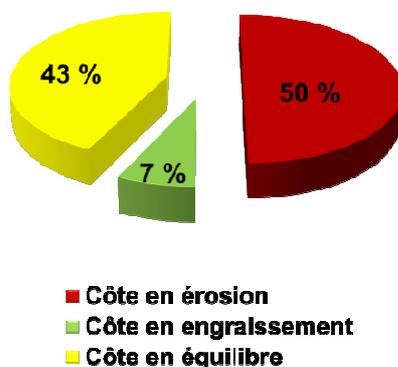
- > Synthèse qualitative des tendances d'évolution à l'échelle de l'île et identification de 12 sites sensibles sur tout type de littoral ;
- > Suivi quantitatif à l'échelle décennale à partir de l'évolution du trait de côte (BD Ortho IGN et levés DGPS) ;

> Suivi quantitatif annuel et évènementiel par profils topo-bathymétriques de plage (DGPS et sondeur monofaisceau).



Résultats :

- > Scientifiques : quantification de l'évolution des sites sensibles ;
- > Appliqués : formulation de recommandations de gestion sur les sites sensibles et rédaction d'un guide de gestion

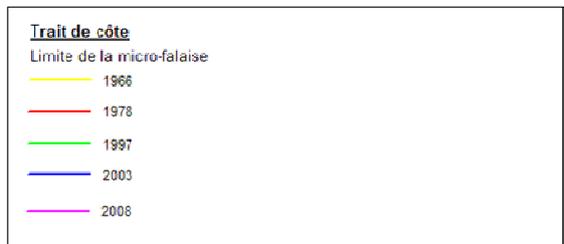


Site de Champ Borne à St André

Evolution pluri-décennale

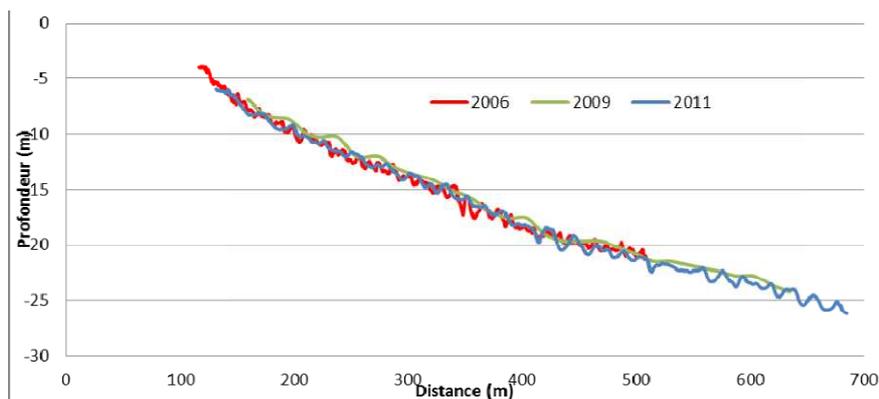
L'étude a mis en évidence des épisodes de recul et d'avancée correspondant aux différents événements historiques qu'à pu connaître cette côte. Ainsi, il avait pu être observé sur le secteur du restaurant « Beau rivage » une avancée de 33 m entre 1978 et 1997, à mettre en rapport avec les importants aménagements du front de mer (remblais et plantations) qui ont suivi les cyclones Clotilda (1987) et Firinga (1989). Entre 1997 et 2003, le trait de côte subit un recul important de -20 m en relation avec Dina (2002).

Entre 2003 et 2008, le trait de côte connaît une progradation de 35m. Cette avancée correspond à une nouvelle phase de remblaiement. Il est à noter que ce remblai est réalisé directement sur le cordon de galets, qui ne remplit plus son rôle de protection (diminution de l'énergie de la houle) et de compensation des pertes sédimentaires (stock compensateur). La falaise est donc d'autant plus vulnérable qu'elle n'est plus protégée par le cordon et qu'elle est composée de tout venant (matériel inadapté au rechargement).



Evolution interannuelle

Le profil bathymétrique montre une certaine stabilité dans son ensemble. Dans les petits-fonds jusqu'à -15m de profondeur, une tendance similaire à celle de Ste Suzanne est observée avec un retour vers un profil d'équilibre proche de la situation de 2006 après un engraissement qui serait lié à l'érosion de la falaise pendant le cyclone Gamède en 2007.



Profil bathymétrique au droit de Champ Borne

Etude de la définition d'une gestion globale des stocks sédimentaires dans le secteur du Port-Ouest de La Réunion

Contacts : Yves Simon (Yves.simon@developpement-durable.gouv.fr) ; Stéphane Raison (stephane.raison@developpement-durable.gouv.fr)

Conclusions de l'étude hydrosédimentaire des scénarii (Artelia)

Le fonctionnement hydrosédimentaire du secteur situé au Sud de la passe d'entrée et celui du secteur situé au Nord de cette passe sont découplés ; les conclusions qui suivent sont présentées également en différenciant les deux secteurs.



LITTORAL AU SUD DE LA PASSE DU PORT OUEST

L'étude du **scénario 1**, basé sur un déplacement de la zone d'extraction (zone privilégiée entre la jetée portuaire Sud et l'épi Sud, dans une configuration épi Sud « saturé »³), a montré, d'une part, que les impacts sur la propagation de la houle et sur les courants associés étaient faibles et n'affectaient que la zone d'extraction, et, d'autre part, la nécessité d'extraire des volumes de l'ordre de 80 000 m³/an, ce qui permet de maintenir le trait de côte en retrait dans l'alvéole délimitée par la jetée Sud et l'épi Sud (-10 m à -20 m par rapport à la ligne de rivage « actuelle ») et de n'observer ni contournement de la jetée Sud, ni dépôts sédimentaires significatifs dans la passe sur l'ensemble de la période simulée (12 années).

L'étude du **scénario 2** a permis, d'une part, de vérifier l'impact limité de l'allongement de 50 m de l'épi Sud et du retrait de la ligne de rivage dans l'alvéole délimitée par la jetée Sud et l'épi Sud (alvéole Nord) sur la houle et les courants de houle et, d'autre part, de préciser le temps de saturation de l'épi Sud allongé (environ 2 ans, correspondant à un volume d'accumulation de sédiments d'environ 170 000 m³).

Les principaux enseignements des différents calculs menés dans l'étude du scénario 2 sont que, pour limiter les risques de contournement de la jetée Sud, il est nécessaire d'extraire des matériaux dans l'alvéole Nord, et ce dès la construction de l'extension de l'épi 1. La gestion « optimale » qui ressort des différents calculs pourrait s'articuler comme suit (les extractions sont considérées être faites dans l'alvéole Nord) :

- extractions de l'ordre de 80 000 m³ les deux premières années pendant la période de saturation de l'épi Sud, les 2/3 de ce volume devant être enlevés dès la première année pour éviter des dépôts trop importants dans la passe (l'alvéole va se vider partiellement de ses matériaux si le rivage n'est pas suffisamment en retrait de sa position actuelle), le 1/3 restant étant enlevé la seconde année pour que le rivage soit dans une position présentant un bon compromis entre les risques de débordement de la jetée Sud et les risques pour la protection longitudinale de haut de plage en bordure de la route littorale (menace d'attaque par les vagues si la réduction du « matelas » de galets situé à son pied est trop nette),
- extractions d'en moyenne 50 000 m³ les années suivantes, ces volumes étant à adapter en fonction de la position du rivage dans l'alvéole Nord.

La possibilité de procéder aux extractions préférentiellement au Sud de l'épi Sud a été examinée dans le cadre du **scénario 2bis** ; on retiendra de ce dernier⁴ que si les préconisations données ci-dessus (scénario 2) pour les deux premières années suivant la réalisation de l'allongement de l'épi Sud devaient être maintenus, il serait envisageable à partir de la troisième année (une fois l'épi saturé) de procéder à des extractions moyennes annuelles de 40 000 à 50 000 m³/an dans la zone d'accumulation au Sud immédiat de l'épi Sud allongé et des extractions complémentaires de 10 000 à 20 000 m³/an dans l'alvéole délimitée par l'épi Sud et la jetée portuaire Sud.

³ C'est-à-dire que la quasi-totalité du transit littoral, généré par les houles australes, contourne l'épi.

⁴ Avec toujours comme objectifs de réduire les risques de contournement de la jetée Sud et les dépôts dans la passe et d'assurer une protection suffisante en régime moyen annuel de la défense longitudinale de la route littorale.

Les **scénarii 3 et 3bis** sont basés sur la réalisation d'une batterie de plusieurs épis : épi Sud allongé de 50 m (idem scénario 2) et deux nouveaux épis de 90 à 100 m de longueur unitaire, les trois épis étant espacés de 260 à 330 m.

En termes d'ouvrages, au regard des temps de saturation des différents épis, un échelonnement des travaux au Sud de la passe du Port Ouest sur 4 ans (réalisation des épis tous les deux ans) est à envisager.

En termes d'extractions, s'il est « acquis » que pendant les deux premières années un volume de 80 000 m³ environ est à prélever dans l'alvéole Nord (épi Sud 1 – jetée Sud), dans ce scénario les extractions nécessaires présentent des volumes relativement plus faibles que ce que l'on connaît aujourd'hui ; ainsi, des extractions d'en moyenne 15 000 m³/an (sur des sites d'extraction déplacés dans le temps vers le Sud en relation avec le phasage de réalisation des épis (extraction dans l'alvéole Nord les deux années après la réalisation de l'épi 2, puis dans l'alvéole centrale pendant les deux années suivant la réalisation de l'épi 3, extraction dans l'alvéole Sud par la suite, une fois l'épi 3 saturé)) permettent de réduire fortement les risques de contournement de la jetée Sud et donc les dépôts dans la passe d'entrée et les opérations d'entretien onéreuses en résultant.

Les besoins de rechargements au Nord de la passe pourront contribuer à augmenter les volumes de prélèvements, ceux-ci pouvant être faits dans les alvéoles centre ou Sud, et au Sud de l'épi 3.

LITTORAL AU NORD DE LA PASSE

L'étude du régime du littoral de Port Ouest au Nord de la passe a montré l'effet bénéfique des rechargements moyens annuels de l'ordre de 50 000 m³ effectués au droit et au Nord du magasin 10. Ces pratiques seront également considérées dans le cadre des différents scénarii étudiés. De même, pour ces derniers, la protection longitudinale de 400 m s'étendant entre la jetée Nord et le magasin 10 (et fixant le trait de côte) est considérée comme achevée et faisant partie intégrante de la « configuration actuelle ».

L'étude du **scénario 1**, s'articulant autour de l'implantation d'un brise-lames (ou plus exactement d'un épi en « T »), a mis en évidence les modifications morphologiques locales dues à l'ouvrage et l'intérêt de procéder à des pré-chargements en sédiments derrière la structure (apports à réaliser pendant la construction de l'ouvrage) ; ces apports, répartis pour 1/3 au Sud et 2/3 au Nord, représenterait un volume de 75 000 m³ environ.

Dans ce scénario 1, il a été également examiné l'influence d'un apport de matériaux devant la nouvelle protection longitudinale⁵, en considérant que le brise-lames n'était pas encore construit. Les différents calculs réalisés ont confirmé l'intérêt de ces apports (apports moyens considérés équivalents à 20 000 m³/an), qui contribuent à stabiliser l'ensemble du secteur, et ont montré que des risques de contournement de la jetée Nord par les matériaux sont réels pour autant que des houles cycloniques particulièrement sévères provenant du secteur NW interviennent pendant plusieurs années de suite.

⁵ La protection fixant le trait de côte, le pouvoir érosif des vagues devrait se traduire par un lent abaissement des fonds devant la structure, qui pourrait être compensé par des rechargements d'entretien.

Ce dernier point nous a conduit à envisager l'implantation d'un tenon ancré sur la face Nord de la jetée Nord pour contenir ces matériaux et limiter les risques de contournement de la jetée et des atterrissements de matériaux dans la passe ; cet ouvrage a été testé dans le cadre des scénarii suivants.

Un tenon de 30 m, comme étudié dans le cadre du scénario 2, présente un effet limité en termes de capacité à retenir les sédiments et n'empêche pas le contournement de la jetée Nord.

Le tenon de 60 m, examiné dans le scénario 2bis, permet de limiter les risques de contournement de la jetée Nord et ce d'autant plus que l'étude de la réduction à 10 000 m³/an des apports d'entretien dans l'Anse de la Folette a permis de vérifier que de tels apports devraient permettre de stabiliser les fonds dans l'Anse, les volumes et fréquence des entretiens étant à adapter aux évolutions réellement constatées (en termes d'abaissement des petits fonds devant la nouvelle protection). Si ces volumes d'entretien devaient être réduits davantage, l'implantation du tenon ne devrait plus se justifier.

L'arasement du banc de la Folette sur une hauteur moyenne de 2 m (correspondant à l'enlèvement d'un volume de l'ordre de 230 000 m³), étudié dans le cadre du scénario 3, ne modifie pas le processus de diffraction des houles australes autour des musoirs des jetées du port. Par contre l'arasement du banc entraîne une légère modification d'orientation du trait de côte au niveau de l'actuelle « Anse de la Folette », liée aux processus de réfraction de la houle sur le banc, et contribue à majorer significativement la hauteur et les courants de houle à terre du banc : de 1,0 m (en condition de houle annuelle) à 1,75 m (en condition de houle décennale ou de houle cinquantennale) pour les hauteurs, et jusqu'à 0,2 m/s pour les courants de déferlement.

Les phénomènes observés avec un arasement du banc de la Folette de 2 m (scénario 3) sont amplifiés si l'on considère un arasement plus important du banc, comme celui qui a fait l'objet du scénario 3bis (arasement sur une hauteur moyenne de 5 m, correspondant à l'enlèvement d'un volume de l'ordre de 560 000 m³) : renforcement des hauteurs de la houle de 2 à 4 m et accroissement des courants de 0,2 à 0,3 m/s dans l'Anse de la Folette selon la magnitude des houles du large (annuelle ou cinquantennale). A noter également, sous régime de houles du NW, un renforcement significatif des hauteurs de la houle dans la passe d'entrée.

Ces phénomènes vont contribuer à augmenter :

- significativement l'énergie de la houle atteignant les ouvrages et/ou le rivage de l'Anse de la Folette,
- la capacité de la houle à déplacer des matériaux (vers le Nord ou vers le Sud selon la direction de provenance de la houle).

Les conséquences risquent d'être dommageables pour la tenue des structures existantes (jetée Nord et nouvelle protection longitudinale de front de mer) et d'accroître les processus érosifs soit en pied des ouvrages bordant la côte, soit sur le trait de côte proprement dit.

Etude de la définition d'une gestion globale des stocks sédimentaires dans le secteur du Port-Ouest de La Réunion

PHASE 3 - ETUDE HYDROSEDIMENTAIRE DETAILLEE DES SCENARI

Bilan des volumes d'extractions au Sud et de rechargements au Nord du Port Ouest - Comparaison des scénarii

Scénario	Principales caractéristiques	Littoral Sud : extractions				Littoral Nord : rechargements			Total littoral Nord	
		épi 3- épi 2	épi 2- épi 1	épi 1 - jettée Sud	Total littoral Sud	passe d'entrée	jettée Nord - magasin 10	Total littoral Nord		
								magasin 10 - début protection BCR		70 000
1	Littoral Sud : extractions réalisées dans l'alcôve jettée Sud - épi Sud Littoral Nord : poursuite des apports d'en moyenne 50 000 m ³ /an au droit et au Nord du magasin 10 plus apports de 20 000 m ³ /an pendant les 4 premières années devant la nouvelle protection longitudinale ; implantation à T4 ans d'un épi en "T" (brise-lames) dans l'Anse de la Folette ; pré-chargement de 75 000 m ³ lors de la réalisation du brise-lames	80 000	80 000	quelques milliers m ³ les premières années et lors d'événements particulièrement sévères	20 000	50 000	70 000	70 000	70 000	
		960 000	960 000	quelques milliers m ³ lors d'événements particulièrement sévères	155 000	600 000	600 000	755 000	755 000	
2	Littoral Sud : allongement de 50 m de l'épi Sud ; extractions réalisées dans l'alcôve jettée Sud - épi Sud Littoral Nord : poursuite des apports d'en moyenne 50 000 m ³ /an au droit et au Nord du magasin 10 ; apport de 20 000 m ³ /an dans l'Anse de la Folette	50 000	30 000	quelques milliers m ³ lors d'événements particulièrement sévères	20 000	50 000	70 000	70 000	70 000	
		580 000	580 000	quelques milliers m ³ lors d'événements particulièrement sévères	240 000	600 000	600 000	840 000	840 000	
2bis	Littoral Sud : allongement de 50 m de l'épi Sud ; extractions réalisées dans l'alcôve jettée Sud - épi Sud et au Sud de l'épi Sud Littoral Nord : poursuite des apports d'en moyenne 50 000 m ³ /an au droit et au Nord du magasin 10 ; apport de 10 000 m ³ /an dans l'Anse de la Folette	45 000 m ³ /an après T2	450 000	quelques milliers m ³ lors d'événements particulièrement sévères	10 000	50 000	60 000	60 000	60 000	
		230 000	230 000	quelques milliers m ³ lors d'événements particulièrement sévères	130 000	600 000	600 000	720 000	720 000	
3	Littoral Sud : allongement de 50 m de l'épi Sud à T0 ; réalisation d'un épi 2 (50 m) à T2 ; réalisation d'un épi 3 (100 m) à T4 ; extractions réalisées dans l'alcôve jettée Sud - épi Sud ; puis au Sud de l'épi 1, puis au Sud de l'épi 2 Littoral Nord : poursuite des apports d'en moyenne 50 000 m ³ /an au droit et au Nord du magasin 10 ; apport de 10 000 m ³ /an dans l'Anse de la Folette ; arasement sur 2 m du banc de la Folette	15 000 m ³ /an après T6	15 000 m ³ /an après T6	quelques milliers m ³ lors d'événements particulièrement sévères	10 000	50 000	60 000	60 000	60 000	
		90 000	90 000	quelques milliers m ³ lors d'événements particulièrement sévères	120 000	600 000	600 000	490 000*	490 000*	
3bis	Littoral Sud : idem scénario 3 Littoral Nord : poursuite des apports d'en moyenne 50 000 m ³ /an au droit et au Nord du magasin 10 ; apport de 10 000 m ³ /an dans l'Anse de la Folette ; arasement sur 5 m du banc de la Folette	15 000 m ³ /an après T6	15 000 m ³ /an après T6	quelques milliers m ³ lors d'événements particulièrement sévères	10 000	50 000	60 000	60 000	60 000	
		90 000	90 000	quelques milliers m ³ lors d'événements particulièrement sévères	130 000	600 000	600 000	160 000*	160 000*	

épi 1 = épi Sud actuel, épis 2 & 3 : prévus dans les scénarii 3 et 3 bis

année 1 : de T0 à T0+1 an
année 2 : de T0+1 à T0+2 ans (T1 à T2)
année 1 : de T0+1 à T0+1 (T1 à T1)

* déduction faite des volumes d'extractions sur le banc de la Folette

Le Port

PROTECTION DU LITTORAL NORD CONTRE LA HOULE



NOTE DE SYNTHÈSE

Juillet 2010

SOMMAIRE

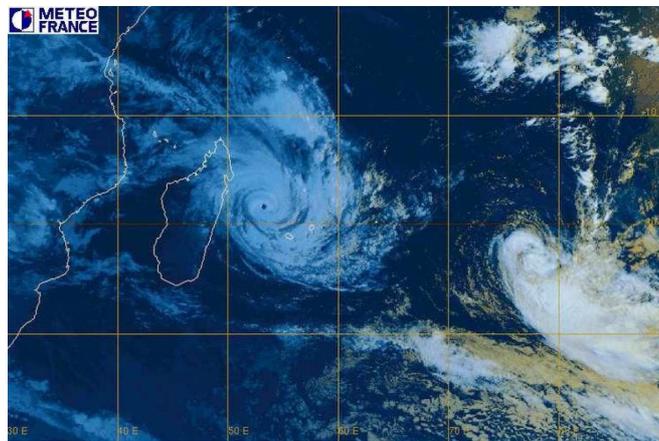
1. PRÉSENTATION DE LA ZONE D'ÉTUDE.
2. DÉFINITION DES SECTEURS.
3. CONTEXTE DU PROGRAMME.
4. MODIFICATIONS DU CONTEXTE DU PROGRAMME.
5. ÉLÉMENTS DE STABILITÉ ET DE DURABILITÉ.
6. UNE SOLUTION RETENUE POUR LES TROIS SECTEURS
7. SOLUTION RETENUE : PRINCIPE GÉNÉRAL.
8. DÉTAIL PAR SECTEUR
9. ENTRETIEN ANNUEL.

Le document complet sera distribué aux participants lors de la visite du Port

Dynamique sédimentaire de la baie de St Paul – étude de cas du cyclone Gamède (Université de La Réunion)

Contact : Roland Troadec (Roland.Troadec@univ-reunion.fr)

Le cyclone Gamède, un cyclone exceptionnel : responsable d'**impacts conséquents** sur le littoral de la baie de Saint-Paul : en zone urbaine (lotissement « La Baie ») et en zone considérée comme « naturelle » (parcours de santé).



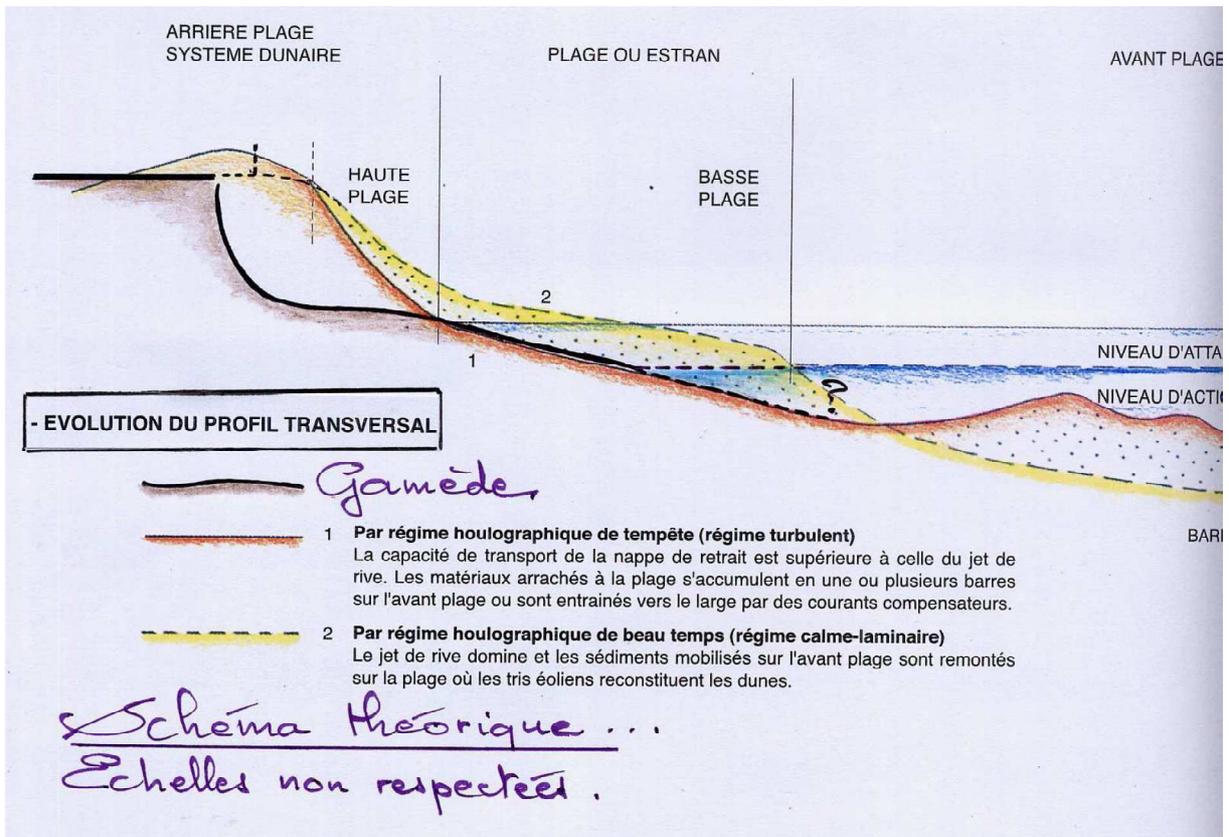
Des impacts mineurs sur certains secteurs.



Historique urbain : construction d'un lotissement sur le système dunaire (années 1950).



Schéma explicatif : les conséquences d'une entrave aux échanges sédimentaires.



Circulation hydrosédimentaire des baies de Saint-Paul et de La Possession (Thèse 1991)

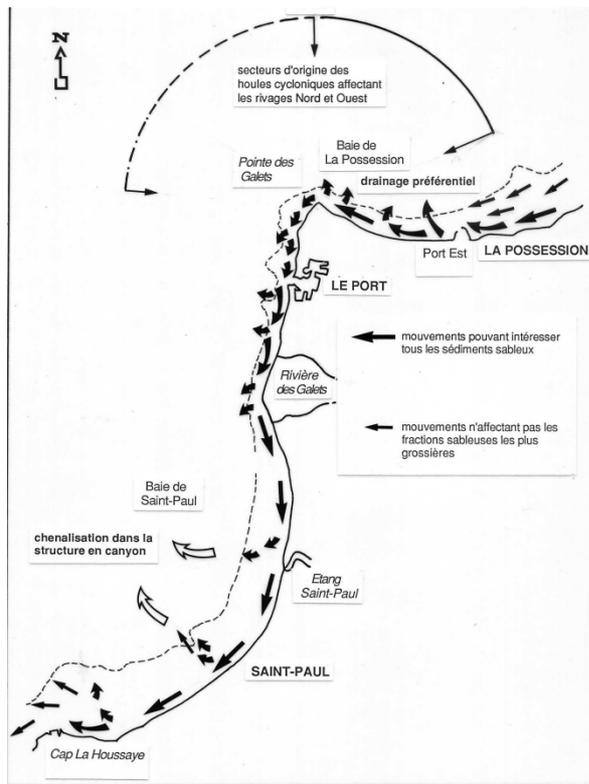


fig. 71 - Les mouvements sédimentaires résultants mis en évidence en régime cyclonique (cyclone et dépression tropicale).

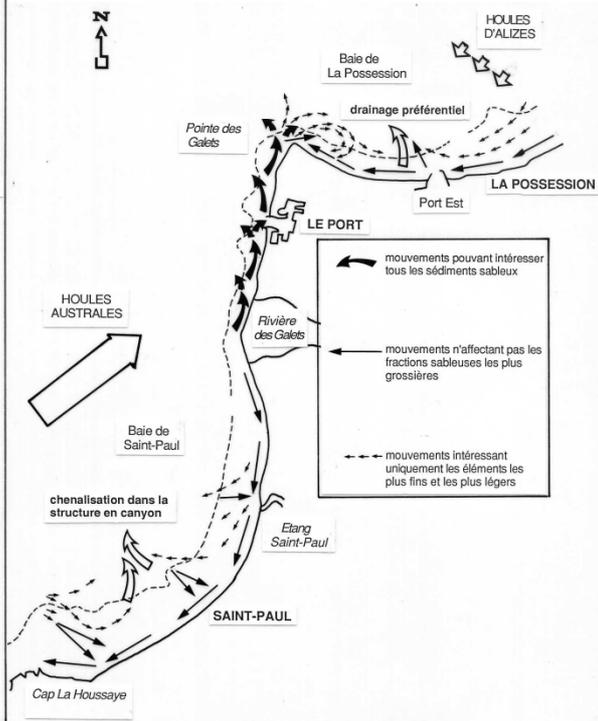


fig. 70 - Les mouvements sédimentaires résultants mis en évidence en régime général (houles australes et d'alizés).

Bases pour discussion

La sensibilité fonctionnelle du littoral de la baie de Saint-Paul.

DEFOS du RAU (1959), POUL (1969), ROBERT (1978) se sont accordés pour penser qu'avant l'édification du cône de déjection de la rivière des Galets, la mer s'avancé dans la région de Saint-Paul jusqu'aux falaises « mortes » surplombant le marais de Saint-Paul. Quelques témoins géomorphologiques de cette avancée demeurent sous la forme de grottes : des « *sea-caves* » sculptées par l'érosion marine au pied d'une ligne de falaises en continuité avec les précédentes à la sortie Sud de la ville de Saint-Paul. Nous avons personnellement confirmé (Thèse, 1991) que l'édification progressive du cône de déjection et la mise en place de la puissante formation du lahar dans l'axe des gorges de la rivière, étaient à l'origine de l'individualisation de la région de Saint-Paul au Sud. Nous avons cependant précisé que ce secteur géographique, protégé au nord par l'avancée en mer du lahar et au sud par les reliefs volcaniques du Cap la Houssaye, s'est distingué par sa propre évolution. Un cordon littoral ancré sur les alluvions du cône de déjection s'est individualisé pour faire jonction avec les falaises du cap La Houssaye. Son élaboration progressive est l'héritage d'une répartition sédimentaire distribuée par une dynamique littorale de dominance nord-sud. Une baie de comblement, soumise aux actions combinées de la mer et du réseau hydrographique local, a ainsi été isolée en arrière du cordon littoral.

On réalisera que la bande côtière sur laquelle s'est édifiée la ville de Saint-Paul représente la partie émergée de ce cordon littoral. On soulignera que sa pérennité est entièrement liée au maintien de son équilibre sédimentaire ; lui-même conditionné à la fois par l'arrivée d'apports suffisants en matériaux pour compenser les pertes et le « libre-cours » des modalités d'action des vecteurs de la dynamique littorale.

Le risque « érosion côtière ». Il est bien présent sur les littoraux bas de la ville de Saint-Paul : soit dans une chronicité propre à une remontée du niveau marin (mal connue localement) ; soit en réponse aux rythmes brutaux et aléatoires des ondes de tempêtes. A cela nous ferons remarquer que le site dispose d'apports sédimentaires limités et qu'il est soumis à une pression anthropique de plus en plus vive affectant son potentiel de résilience.

Présentation de la Réserve Naturelle Marine de La Réunion en lien avec l'érosion (vitalité récifale, nettoyage des plages – Réserve Marine)

Contact : Soraya Issop Mamode (soraya.issopmamode@reservemarinereunion.fr) et Karine Pothin (karine.pothin@reservemarinereunion.fr)

Généralités :

La Réserve Naturelle Nationale Marine de la Réunion (citée dans le reste du texte par RNMR) a été créée par décret n°2007-236 du 23 février 2007. Englobant les $\frac{3}{4}$ des récifs coralliens de l'île, sa gestion a été confiée au Groupement d'Intérêt Public de la Réserve Nationale marine (ci après GIP RNMR).

La création de la RNMR avait pour objet de protéger et de conserver les récifs coralliens de l'île de La Réunion. Cette protection s'avérait indispensable pour ces écosystèmes d'une grande biodiversité et de plus en plus fragilisés par une pression anthropique croissante. En effet, les premières études relatives aux récifs coralliens de la Réunion datent de presque 30ans. Elles rapportent l'existence de peuplements diversifiés et luxuriants, en pleine croissance (Saint-Gilles, La Saline). Mais les récifs de la Réunion sont d'autant plus vulnérables qu'ils sont jeunes et proches de la côte.

Les premiers signes de dégradation de l'écosystème ont toutefois été signalés dès la fin des années 70 par C. Bouchon (Université). Depuis, des études réalisées régulièrement ont témoigné d'une amplification de ces manifestations.

En effet, l'urbanisation littorale a fortement progressé avec le développement de la démographie et le développement de l'île dû au tourisme. Il est constaté que cette urbanisation et ces aménagements ont été opérés d'une manière non coordonnée, bien souvent au détriment de la préservation du patrimoine naturel. L'intérieur des terres est marqué par un relief montagneux cantonnant ainsi l'urbanisation aux zones côtières. La majorité de la population occupe donc la bande côtière de l'île. L'exiguïté du territoire, le contexte géomorphologique et économique, ont **entraîné une très forte pression anthropique sur tout le linéaire côtier.**

De plus, le **relief volcanique** de l'île est caractérisé par de fortes pentes qui s'étendent jusqu'au rivage. L'érosion des **bassins versants** lors des fortes pluies est inévitable. Elle constitue une contrainte majeure dans la gestion de l'espace protégé. A cela s'ajoutent des apports de pollution fragilisant en aval les récifs coralliens.

De plus, une des spécificités des côtes et sud-ouest, relève **de l'importance et de la diversité des usages** faits du milieu marin dans le petit périmètre de la Réserve.

Instances de gouvernance

Trois instances de gouvernance existent :

- un conseil d'administration **qui prend les grandes décisions relatives à la gestion de la réserve : approbation des budgets, recrutement du directeur, approbation des orientations stratégiques à mettre en œuvre...ce conseil se réunit plusieurs fois par an, sous présidence du Préfet ou de son représentant.**

- **un Conseil Scientifique** qui a pour but « *d'assister le gestionnaire de la réserve naturelle et le comité consultatif* ». « *[Il] est consulté sur le plan de gestion mentionné à l'article R. 332-21 et peut être sollicité sur toute question à caractère scientifique touchant la réserve* ». Il se prononce notamment sur les multiples demandes d'autorisation de prélèvements dans la RNMR, de modification de l'aspect ou de l'état de la RNMR, d'autorisations exceptionnelles pour certaines études scientifiques (= collège de experts)

-un comité consultatif (= « parlement » de La réserve) qui « *donne son avis sur le fonctionnement de la réserve, sur sa gestion et sur les conditions d'application des mesures prévues par la décision de classement. Il est consulté sur le projet de plan de gestion. Il peut demander au gestionnaire de la réserve naturelle la réalisation d'études scientifiques et recueillir tout avis en vue d'assurer la conservation, la protection et l'amélioration du milieu naturel de la réserve* »

Missions du gestionnaire

Les différentes missions de gestion de la Réserve Naturelle Marine de la Réunion (RNMR) sont assumées par le GIP Réserve Naturelle Marine de La Réunion (GIP RNMR). Ces missions se regroupent en huit domaines d'activités prioritaires qui sont:

A) la surveillance du territoire et la police de l'environnement :

- information par les écogardes et mission de suivi des activités dans la RNMR (statistique comportements déviants)
- compte-rendu des infractions quotidiennes observées
- compte-rendu semestriel à la DMSOI, à la DEAL, aux services de polices partenaires et aux deux Parquets concernés

B) le développement des outils de gestion de la RNMR :

- élaboration du plan de gestion
- partenariat avec la DMSOI et la DEAL dans le cadre de concertations relatives à l'élaboration des mesures réglementaires locales
- mise en place du suivi de la pêche de loisir soumise à l'arrêté préfectoral 4038 du 26 novembre 2007

C) la connaissance et le suivi du patrimoine naturel : surveillance des événements exceptionnels (blanchissement, pollution, recrutement, mortalités de poissons)

D) les prestations de conseil, études et ingénierie : montage et suivi des différentes opérations en cours

E) la création et l'entretien des infrastructures d'accueil et de balisage de la RNMR : gestion des dispositifs d'amarrage et entretien des stations de suivi de l'état de santé

F) le management et le soutien

G) l'animation des instances réglementaires

H) la sensibilisation et l'éducation à l'environnement

État de santé des récifs

L'état de santé des récifs coralliens, suivi depuis 10 ans, met en évidence une dégradation progressive et constante des formations coralliennes et des formations bio constructrices en général. Elle est généralisée à toutes les stations sentinelles à une exception près, La Corne St Leu en pente externe. Ce suivi montre aussi une hétérogénéité entre des stations qui évoluent de manière différente. La dégradation des récifs se traduit par augmentation progressive et significative des taux de recouvrements en algues (assemblages algaux, macro algues) au cours du temps qui s'accompagne d'une diminution des recouvrements coralliens de plus de 25 à 35 % en 10 ans. Ce phénomène est symptomatique d'une situation d'eutrophisation.

Les peuplements ichtyologiques, quant à eux, révèlent une déstructuration des réseaux trophiques :

- **les peuplements sont dominés par les poissons omnivores sur les platiers, et par les herbivores sur la pente externe**
- Sur les pentes externes l'abondance globale augmente fortement après le recrutement massif de 2002 et se stabilise ensuite
- **les abondances moyennes sont deux fois plus importantes sur les platiers que sur les pentes externes**
- **le nombre de prédateurs diminue**, caractéristique des milieux fortement exploités par les activités halieutiques
- **les platiers sont des zones de nurserie**

Nettoyage des plages

Les premières études datant des années 1980 soulignent la grande vulnérabilité des plages coralliennes de l'ouest réunionnais. Effectivement, ces plages sont relativement jeunes et disposent d'un stock sédimentaire très limité.

Durant cette même période, des pratiques d'extraction légale des débris coralliens eurent pour conséquence directe de déstructurer les plages, favorisant ainsi la mobilité du sable et donc la vulnérabilité des plages face au phénomène érosif. Pendant cette période de nettoyage mécanique, les plages concernées auraient perdu environ deux cm d'épaisseur chaque année.

De manière plus générale, les pratiques liées aux plages depuis les années 1970 se sont considérablement renforcées (fréquentation, activités de tourisme et de loisirs, aménagements urbains, extractions illégales...), augmentant l'érosion des plages. Les dernières études réalisées dans ce domaine confirment une tendance marquée de l'érosion des plages de l'ouest.

De même, une partie des pollutions associées aux activités humaines atteignent, par ruissellement, le lagon de Saint-Paul, et met ainsi en péril la vitalité des récifs coralliens qui sont à l'origine des plages coralliennes. Par conséquent, la barrière corallienne est elle-même fragilisée et ne peut plus assurer correctement son rôle de protection du trait de côte face aux houles, aggravant le phénomène d'érosion.

Un travail est en cours avec la commune de St Paul pour réfléchir au nettoyage des plages de la commune (voir intervention de M. Troadec)

Présentation du SOERE TC à l'Hermitage (OSU Réunion - IRD)

Contact : Jean-Lambert Join (jean-lambert.join@univ-reunion.fr) ; Gwenaëlle Pennober (gwenaelle.pennober@univ-reunion.fr)

Les plages sont soumises à des pressions (naturelles et anthropiques) et à des enjeux socio-économiques. Elles montrent un recul à l'échelle de la planète depuis les années 80. L'évaluation de la réponse de ces entités face aux changements globaux est nécessaire pour gérer à moyen et long terme les risques côtiers.

La caractérisation des dynamiques du système à différentes échelles spatio-temporelles, que l'on résume souvent par « suivi du trait de côte », a mobilisé les recherches dans de nombreuses disciplines : géomorphologie, télédétection,... En France, afin d'harmoniser les observations, un Système d'Observation et d'Expérimentation au long terme dédié à la Recherche en Environnement (SOERE) «trait de côte » a été labellisé en 2011 par l'AllEnvi. Il est actuellement porté par l'UMR 6143 CNRS-Universités de Caen et de Rouen «Morphodynamique Continentale et Côtière» (M2C) , l'OSU – IUEM Université de Bretagne Occidentale-Laboratoire Domaines Océaniques (LDO) UMR 6538 et l'OSU OREME UMS 3282 CNRS.

A la Réunion, un consortium s'est mis en place entre l'UMR 228 ESPACE-DEV, le LGSR parties intégrantes de l'OSU-Réunion, l'association Vie Océane et l'OSU-IUEM avec le soutien de la DEAL-Réunion afin de préparer l'intégration des mesures réalisées localement.

Une évaluation de la fiabilité et des protocoles de mesures des données historiques a été réalisée. De nouveaux protocoles d'acquisition ont été mis en place (lidar, DGPS). L'ensemble de ces données constitue un jeu de données sans précédent dans l'océan Indien et dans les DOM-TOM.



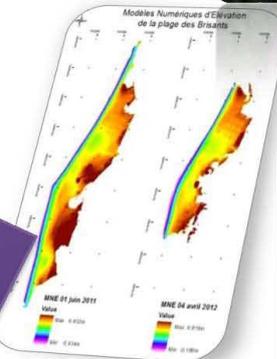
Scanner Laser Terrestre



Acquisition au DGPS et à la mire coulissante pour une évaluation des données historiques

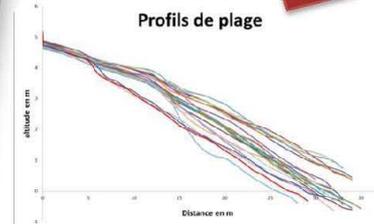


Nuage de points en 3D



Modèle Numérique de Terrain

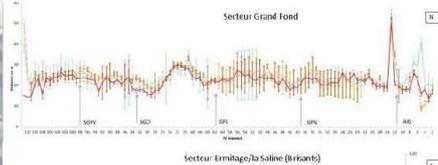
Archivage



Calcul des bilans volumiques



Analyse diachronique du trait de côte



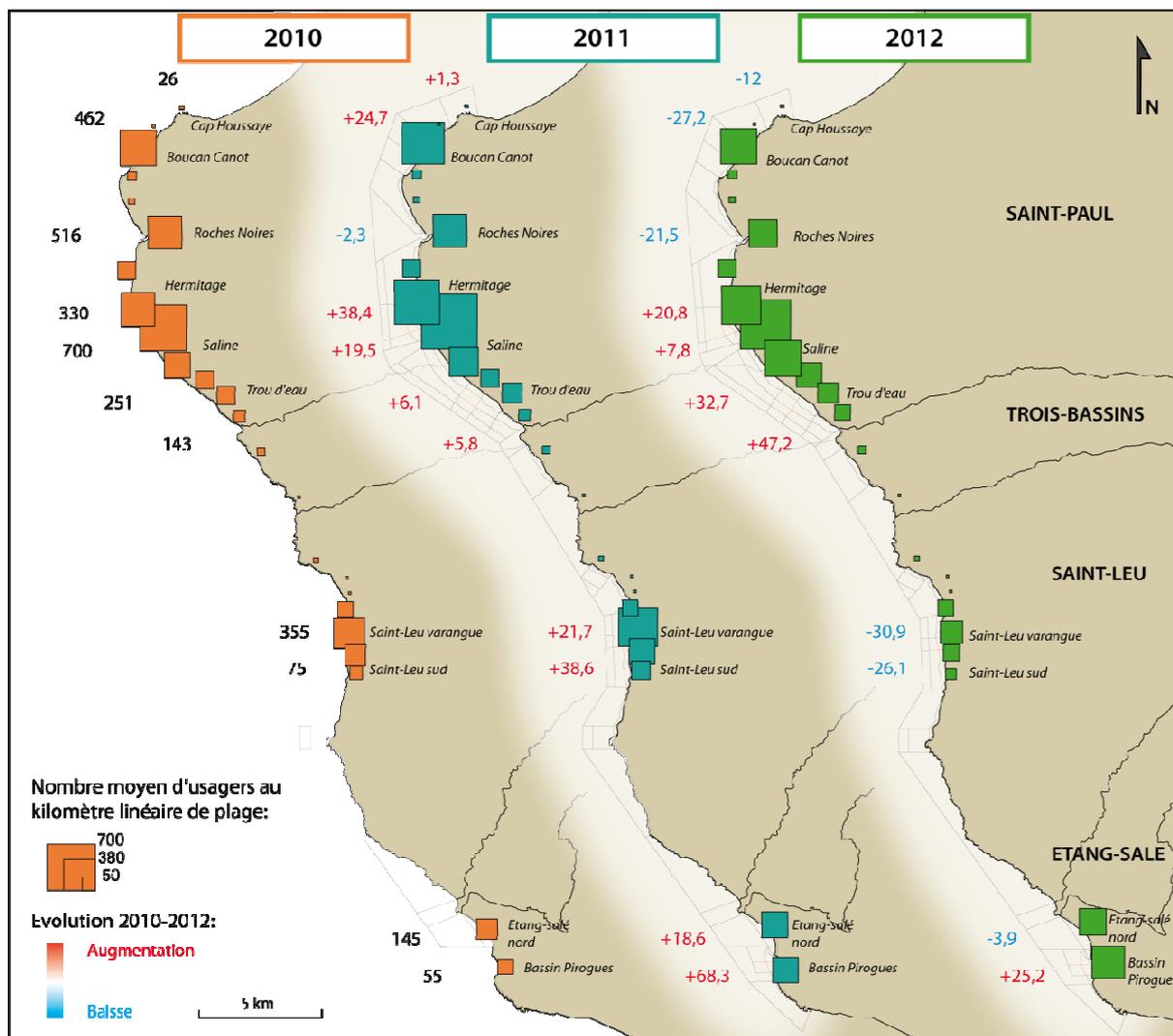
La fréquentation des plages de la RNMR (IRD-UMR Espace-Dev)

Contact : Anne Lemahieu (anne.lemahieu@ird.fr)

Suivi de la fréquentation des plages

La Réserve Marine de La Réunion (RNMR) vise à préserver et à valoriser un récif frangeant fortement exposé aux pressions anthropiques. Dans ce contexte, les gestionnaires de la RNMR doivent faire face à de nouveaux challenges consistant à rendre les usages compatibles avec les objectifs de protection de la biodiversité marine pour une utilisation durable des ressources et des activités. Elaboré en 2010 par l'UMR Espace-Dev en collaboration avec la Réserve Marine, un protocole de suivi de la pression anthropique directe sur le territoire de la Réserve a été déployé en 2010, 2011 et 2012 à raison de 48 survols en ULM par an et selon un échantillonnage temporel représentatif du calendrier scolaire (semaine/week-end, vacances/hors vacances). Les enjeux consistent à identifier, quantifier et spatialiser chaque usage (activités de pêche, plongée, surf, baignade, etc.) pratiqué au sein de la réserve marine, puis de caractériser la/les période(s) privilégiées de forte fréquentation des différents sites de la réserve marine en fréquence d'individus par unité de surface. Le protocole de suivi de la fréquentation pourvoit de par sa haute résolution spatiale et temporelle, une base de données utile à la fois aux gestionnaires (optimisation de la gestion, communication, etc.) et aux scientifiques (étude des relations entre pressions et impacts). Dans le cadre du développement d'une série d'indicateurs de pressions, il doit faire l'objet en 2013 d'un échantillonnage plus réduit et ciblé en fonction des besoins. Il a par ailleurs été adapté à d'autres programmes (CHARC- Connaissance de l'Habitat des Requins Côtiers, Août 2012-Août 2013) nécessitant des données sur les usages.

La cartographie évolutive 2010-2012 de la fréquentation estivale des plages (Janvier-Avril) de la réserve met en évidence un schéma de répartition hétérogène dans l'espace (Figure 1). Les sites enregistrant les plus grands nombres moyens d'usagers au kilomètre linéaire sont ceux de l'Hermitage, Saline Nord, Boucan-Canot, Roches Noire Saint-Leu l'Etang-Salé: ils rassemblent 50% des usagers des plages sur un linéaire côtier égal à 8% de la côte en 2010. En 2011 est observée une hausse généralisée de la fréquentation (+44% par rapport à 2010 à l'échelle de la réserve) alors qu'en 2012 cette fréquentation se maintient (+ 0,5% par rapport à 2011) mais le schéma de distribution est modifié (figure 1). Les récents évènements relatifs aux attaques de requins qui ont débuté au second semestre 2011 et les épisodes de pollution ayant fait suite aux fortes pluies à Saint-Leu peuvent en partie expliquer ce changement de comportement des usagers.



Comparaison de la fréquentation estivale des plages pour les années 2010, 2011 et 2012 réalisée à partir du nombre moyen de « plageurs » par kilomètre linéaire sur la période Janvier-Avril. Les variations sont exprimées en %. Les dynamiques observées semblent refléter l'actualité du second semestre 2001 et du début d'année 2012 à savoir les attaques de requins au nord et la pollution du lagon à Saint-Leu. Ces deux régions ont vu leur fréquentation baisser considérablement.

La restauration des plages de ponte de tortue (**Kélonia**)

Contact : Stéphane Ciccione (stephaneciccione@kelonia.org)

L'île de La Réunion était un site de ponte important jusqu'à l'arrivée de l'homme au XVII^e siècle (A. Lougnon, *Sous le signe de la tortue* ; Azalées éditions). Mais la sur-chasse, l'introduction de prédateurs des œufs (rats, chiens et cochons) ajoutées à l'urbanisation du littoral ont entraîné la quasi disparition des pontes à La Réunion.



Chelonia mydas rebouchant son nid St Leu Ile de La Réunion.

En 1999, lors d'un séminaire international sur les tortues marines organisé à St Leu par Ifremer et Kélonia, une équipe de chercheurs italiens présente ses travaux montrant que les tortues marines utiliseraient au cours de leur migration les odeurs générées par la végétation littorale pour retrouver les plages favorables à la reproduction.

Sur cette base et dès 1999, Kélonia décide de lancer une opération de réhabilitation de plage de ponte en reconstituant la végétation littorale sur une plage pilote de St Leu alors envahie par les

peste végétales. Les pestes sont progressivement remplacées par des espèces indigènes dont une liste a été établie par la Conservatoire Botanique des Mascariens.

En 2004, 2005, 2007 et 2011, des tortues marines sont venues pondre sur ces plages qui n'avaient plus été fréquentée par les tortues depuis plus de 60 ans. Depuis ce programme a été étendu par l'ONF sur 10 hectares de littoral à Etang-Salé, et pourrait dans l'avenir concerner d'autres sites sur l'île.

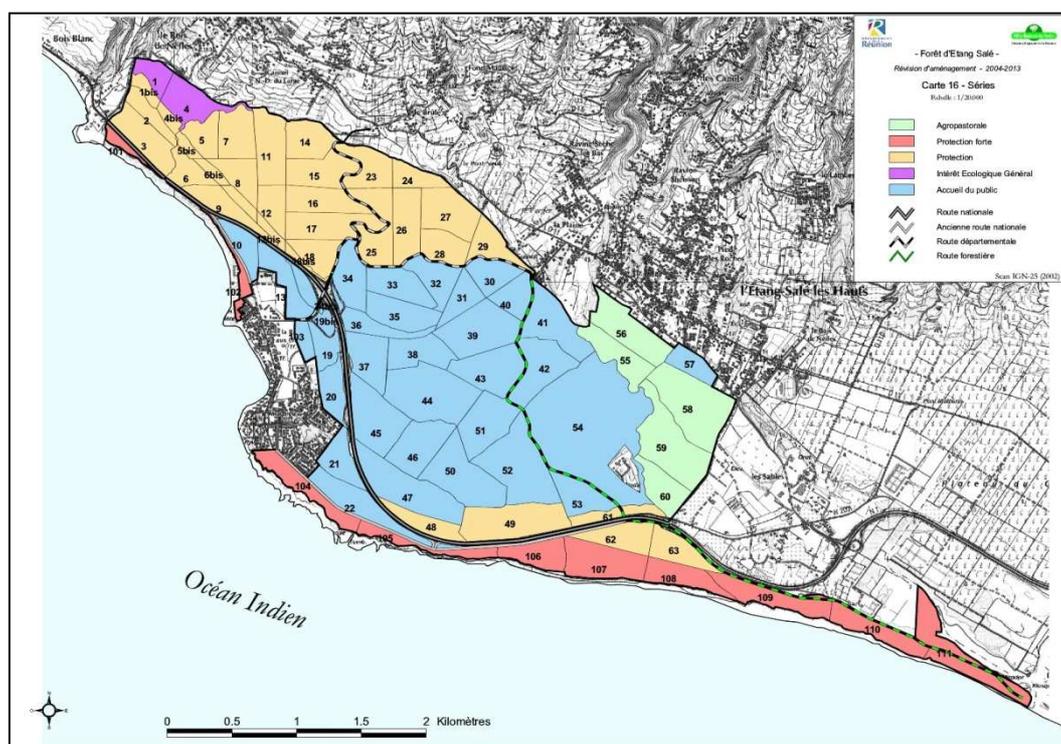
Il s'agit d'un programme innovant, montrant l'intérêt de la restauration des habitats pour préserver des espèces protégées. Ici la végétation littorale indigène crée un écran contre les nuisances sonores et lumineuses, lutte contre l'érosion des plages, favorise la ponte et l'incubation des nids en reconstituant un couvert végétal, enfin les odeurs générées par les plantes et entraînées en mer par les vents seraient utilisées par les tortues à courte ou moyenne distance pour retrouver les plages favorables à la ponte.

Réhabilitation d'un ancien site de pont de tortue dans la forêt littorale de l'Etang-Salé (ONF)

Contact : Hervé Houin (herve.houin@onf.fr)

ONF Réunion en collaboration avec Kélonia

Si la majeure partie de la forêt périurbaine de l'Etang Salé est aménagée pour répondre aux différents besoins de l'Homme (équipements d'accueil du public et sportifs, zone pastorale ...), une petite partie est dédiée à la préservation de la nature sur le littoral (zone indiquée en rouge sur la carte suivante).



Cette portion littorale, qui occupe une surface d'environ 290 hectares, est affectée principalement à la protection des milieux et des paysages littoraux, ainsi qu'à la stabilisation des dunes. Cet objectif n'exclut pas pour autant l'accueil du public puisqu'un sentier littoral est spécialement aménagé pour permettre aux visiteurs de découvrir cette portion littorale encore « sauvage ».

Le plan de gestion de la forêt de l'Etang Salé prévoyait également des opérations de reconstitution écologique, en utilisant des espèces indigènes adaptées afin de tenter de reconstituer le paysage et le milieu originel sur ce littoral.

Grâce à un partenariat avec Kelonia, cet objectif de reconstituer la végétation originelle s'est rapidement doublé d'un objectif de favoriser le retour des pontes de tortues sur cette portion littorale, où elles étaient jadis abondantes. Il s'agit, par un travail de génie végétal de rétablir les conditions physiques favorables à la ponte des tortues, en reconstituant la structure et la composition de la végétation des sites de pontes de l'Etang Salé. Ces travaux de reconstitution de la végétation visent : en bordure du rivage à favoriser l'accès des tortues aux zones sableuses propices à la ponte, et en arrière plage à créer un écran végétal dense contre les pollutions lumineuses.

Un premier reboisement expérimental pour favoriser le retour des pontes de tortues a été initié sur plus de 10 hectares en 2009 grâce à un financement de l'Europe, de la DEAL et de l'ONF (Subvention FEDER Biodiversité), au niveau du cordon littoral cité précédemment (parcelle 106 et 107).

En 2012, grâce à un partenariat avec un mécène privé (Groupe EDENA), ce travail de génie végétal en faveur des tortues a été étendu à la parcelle attenante (parcelle 108) à celle où a été réalisé le programme FEDER Biodiversité.

En parallèle du travail de génie végétal, trois portions de plages ont fait l'objet d'un léger aplanissement, car en raison d'une érosion intense due à des prélèvements de sable dans le passé, des corniches s'étaient formées empêchant l'accès des tortues aux zones non submersibles. Le profil de ces trois portions de plages aplanies est suivi par Kelonia et Vie Océane.

Illustration du travail de génie végétal



Elimination des espèces invasives épineuses ou favorisant l'érosion dans la zone supralittorale

Arrosage des plants



Plantation réalisée dans la zone adlittorale



Plantation réalisée dans la zone supralittorale : plantation des Veloutier bord de mer

Illustration du travail d'aplanissement de la plage



**Avant
intervention**



Photos 6 : Aplanissement mécanique de la plage



**Après
intervention**

Les falaises à recul rapide – le cas de la Pointe du Diable (Mascareignes Géologie)

Contact : Marc Cruchet (cruchet.marc@orange.fr)

La falaise bordant le littoral à hauteur de la pointe du Diable, sur le territoire de la commune de Saint-Pierre, est soumise à des phénomènes d'érosion actifs. Des fissures ouvertes sont visibles sur le bord de la falaise. Dans le cadre de la sécurisation de l'espace de promenade en sommet de falaise, la Mairie de Saint Pierre a délimité la zone dangereuse de 10 à 25 m de largeur, par une barrière. Une signalisation par pancartes accompagne le dispositif de sécurisation.

La falaise dont la hauteur est comprise entre 5 m et 15 m recule progressivement. Des pans se détachent régulièrement et, plus particulièrement, lors de conditions climatiques exceptionnelles, lors du passage de Hyacinthe en 1980, après le passage des cyclones Connie et Eline en 2000.

Elle est constituée de pyroclastites cendreuses riches en ponces et de coulées de lave basaltique. Les coulées de basaltes sont récentes, attribuées au volcanisme du Piton de la Fournaise, émises depuis les pitons de la plaine des Cafres il y a 10 000 ans. Elles se sont épanchées jusqu'à l'océan dans les talwegs creusés par l'érosion continentale au toit d'un plateau littoral constitué de pyroclastites anciennes du Piton des Neiges, datées de 180 000 ans.



La pointe du Diable est la relique d'une coulée de lave ayant emprunté un « fond de talweg ». Le basalte, lave dure et saine, résiste à l'érosion marine. La houle sape la semelle de la coulée et la déstabilise peu à peu.

Plus à l'Est, la ville de Saint-Pierre est construite sur un entablement de coulées basaltiques semblables qui avancent vers l'océan.

Entre la pointe du Diable et la ville de Saint Pierre, l'érosion a progressé plus rapidement dans les terres du fait de l'absence de coulées de basalte.



Dans cette petite Baie, les pyroclastites, tendres sont facilement érodées. Le mécanisme d'érosion résulte du sapement du pied de l'escarpement sous l'action des houles. Une encoche basale apparaît dans un premier temps, puis surviennent les éboulements dans un deuxième temps.

Les pyroclastites éboulées se désagrègent très rapidement sous l'action de la houle et sont évacuées par la mer. En revanche, les dièdres de basalte forment un chaos protecteur temporaire au pied des falaises basaltiques.

L'énergie houlomotrice à La Réunion (ARER)

Contact : Gildas Delencre (gildas.delencre@arer.org)

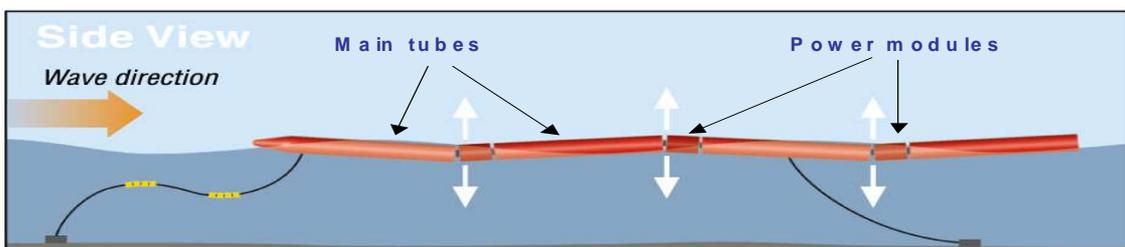
Projet SEAWATT (offshore)

Principe de la technologie PELAMIS

La technologie PELAMIS, d'origine écossaise, est expérimentée et commercialisée depuis maintenant plusieurs années. Les développeurs en sont d'ailleurs au PELAMIS 2^{ème} génération (P2). Le concept est basé sur un assemblage de cylindres reliés entre eux par des vérins hydrauliques. Ainsi, le mouvement mécanique des vagues met en mouvements l'ensemble de cylindres et l'énergie mécanique est convertie en électricité grâce au système hydraulique.



Le projet réunionnais possède cependant une spécificité novatrice puisque les cylindres sont composés de dispositifs de stockage, faisant l'objet d'un programme de R&D national, afin de répondre au mieux à la problématique insulaire. En effet, cela permet un apport plus lisse au réseau et on parle alors d'énergie « semi-base ». Par ailleurs, l'énergie houlomotrice n'est pas qualifiée d'« intermittente » comme l'éolien ou le photovoltaïque en raison de son caractère prédictible.



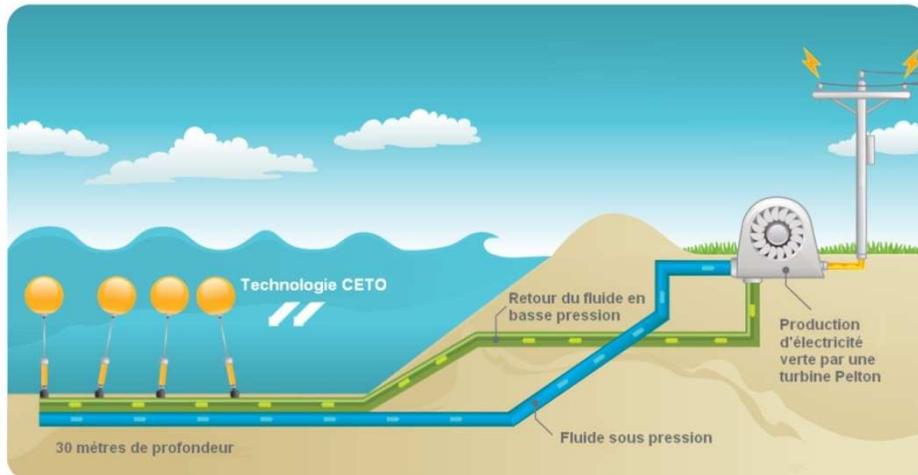
Descriptif projet

- Maître d'Ouvrage : COREX / SEAWATT
- 140 M€ d'investissement
- Feuille de route projet :
 - Phase pilote : mise à l'eau en 2013 de 5 machines connectées au réseau (3 MW)
 - Phase de production industrielle : 30 MW connectés au réseau à l'horizon 2016. Alimentation en électricité de 20 000 foyers.

- Activité locale générée :
 - 1 000 000 d'heures directes de travail local
 - Construction : 50 emplois générés (3 ans)
 - Maintenance (20 ans)

Projet EDF EN (nearshore)

Principe de la technologie CETO



Un flotteur immergé à 1m sous la surface est mis en mouvement grâce à l'énergie des vagues et transmet son énergie à une pompe qui met un fluide sous pression. Le fluide est alors transporté à terre où une turbine produit l'électricité.

Descriptif du projet



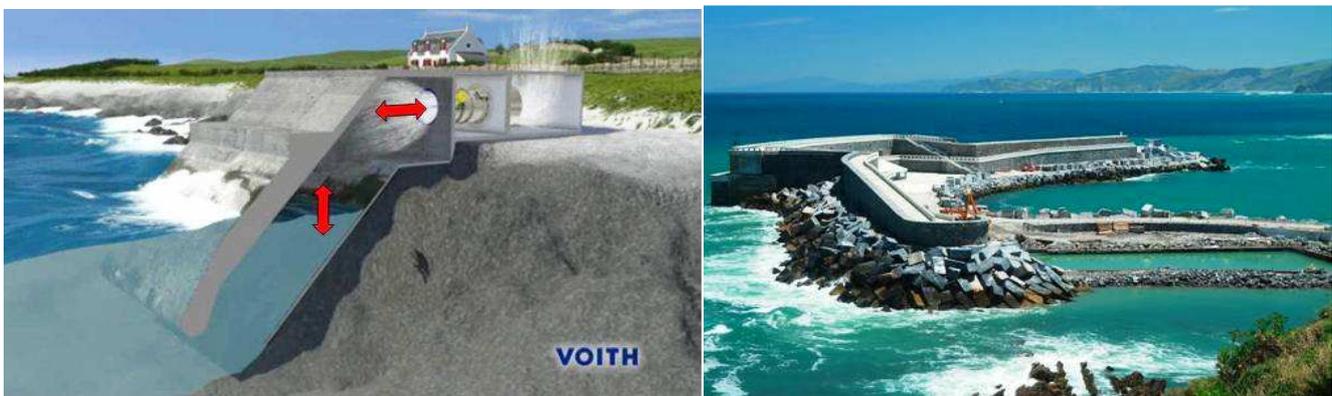
- Maître d'ouvrage : EDF EN (rachat d'un brevet de la technologie australienne)
- Maître d'œuvre industriel : DCNS
- Financements Région et Etat (plan de relance) : 3 M€
- Feuille de route projet :
 - Phase prototype : 1 machine non connectée au réseau
 - Phase pilote : plusieurs machines connectées au réseau
 - Phase industrielle : \approx 15 MW (10 000 foyers)
- Objectifs phase prototype : 1 an d'exploitation

- Suivi de performance : système hydraulique bardé de capteurs simulant un réseau à terre
- Suivi environnemental : suivi acoustique des mammifères marins

Projet WAVEGEN (onshore)

Principe de la technologie LIMPET

Le WAVEGEN est basé sur le principe de la colonne d'eau oscillante (OWC). En effet, le système est composé d'un important réservoir d'air soumis à la pression de la vague entrant dans la structure. Cet air sous pression est donc expulsé à l'extérieur de la structure via une conduite constituée d'une turbine ainsi actionnée quand l'air sort. A l'inverse, quand la vague se retire de la structure, une dépression se crée à l'intérieur du réservoir, générant ainsi un flux d'air entrant qui actionne à son tour la turbine.



Outre le fait que cette technologie est déjà commercialisée, elle possède la particularité d'avoir déjà été intégrée dans une digue. En effet, depuis 2011, le WAVEGEN produit de l'électricité à Mutriku (Espagne) en étant intégré dans une digue. Il s'agit du premier projet commercial de ce type dans le monde.

Descriptif du projet

Plusieurs opportunités de développement de cette technologie existent à La Réunion, il n'y a donc pas véritablement de projets qui sont déjà lancés mais des études de faisabilité sur plusieurs sites : Saint-Philippe, Sainte-Marie et la future route du littoral.



La dynamique sédimentaire en milieu corallien urbanisé – le cas de St Pierre (Université de La Réunion)

Contact : Roland Troadec (Roland.Troadec@univ-reunion.fr)

Cadre et contexte

La plage concernée est une plage corallienne qui doit son origine et son maintien à la construction et à la pérennité du récif frangeant auquel elle est associée. Ce type d'écosystème est reconnu comme **un milieu naturel d'une très haute sensibilité**. A La Réunion, le littoral sableux de Saint Pierre situé en limite d'une composante urbaine dense révèle une évidente vulnérabilité face à l'érosion marine. Face aux objectifs communaux de développement et de structuration urbaine, **un objectif majeur** de la mise en valeur est de **défendre l'intégrité physique du littoral face à l'érosion marine**. Le choix des aménagements récents de défense dite « légère » (gradins et fascines), décidés en remplacement d'une défense longitudinale « lourde » (mur de moellons) ancienne, relève de cette prise de conscience. Suite aux travaux : « opération Jardins de la Plage », une étude confiée par la **commune de Saint-Pierre** au LGSR (ex LSTUR) a consisté à **observer le comportement physique de ce littoral aménagé (plage dite « du centre-ville »), sur une période d'un an**. Au rythme d'une intervention sur site tous les mois, un suivi de l'évolution morpho- et hydrosédimentaire de la plage (6 radiales) a été mis en œuvre. Une reconnaissance d'éventuels impacts des aménagements sur la dynamique sédimentaire pouvait ainsi conduire à des propositions de préconisations ou de remèdes si nécessaire.

Bilan (Novembre 2006)

La reconnaissance des impacts éventuels des aménagements ou de l'entretien.

A la fin de l'étude de terrain, les nouveaux aménagements ne présentent **aucun aspect défavorable**. Des *variations dans l'épaisseur de l'estran* sont toutefois notables sur la totalité d'un profil médian (SPR3) dont le secteur pourrait être un point « clef » de la dynamique de la plage (mais il reste à mieux évaluer la responsabilité des actions anthropiques sur ce secteur : *rechargements de débris grossiers et des travaux sur les fascines ; remaniements sableux artificiels par place*). On peut cependant s'interroger sur la **tendance de la sédimentation à devenir de plus en plus grossière** ; tendance qui s'affirme dès le mois de février 2006 **en relation avec les diminutions d'épaisseur des profils topographiques**. Il est encore trop tôt pour y voir : soit la *marque d'un nouvel équilibre sédimentaire pour les estrans (enrichis par des apports plus fins issus des décaissements sableux du chantier)*, soit la *marque temporaire d'un hydrodynamisme particulier lié à la période saisonnière*.

Des points fondamentaux à retenir.

- **le caractère « limite » de l'équilibre sédimentaire de la plage** qui :
 - ne peut plus compter sur l'effet compensateur de ses stocks « réservoirs » prisonniers des aménagements littoraux ;
 - ne semble que peu bénéficier d'apports sédimentaires nouveaux en provenance de la construction corallienne ;

- ne se joue que sur une faible largeur d'estran ; déterminant de ce fait un faible caractère dissipatif face à l'énergie des fortes houles ; en particulier dans le secteur oriental de la plage où la proximité et la verticalité des aménagements, tout en les rendant vulnérables aux chocs des fortes vagues, contribuera à redresser les profils et à entretenir la sédimentation grossière.

• **le caractère exposé de la plage** soumise dans son ensemble à une **dominance de remaniements multidirectionnels** dans un **contexte dynamique de haute énergie (houles et vents)**.

Des préconisations

Dans le contexte reconnu de **dynamisme à haute énergie**, il faut absolument considérer que la plage du Centre-Ville, par son caractère urbain, nouvellement aménagé et sous la pression d'une intense fréquentation, prend les **caractères d'une plage artificielle** qu'il conviendra de surveiller et de soigner durablement.

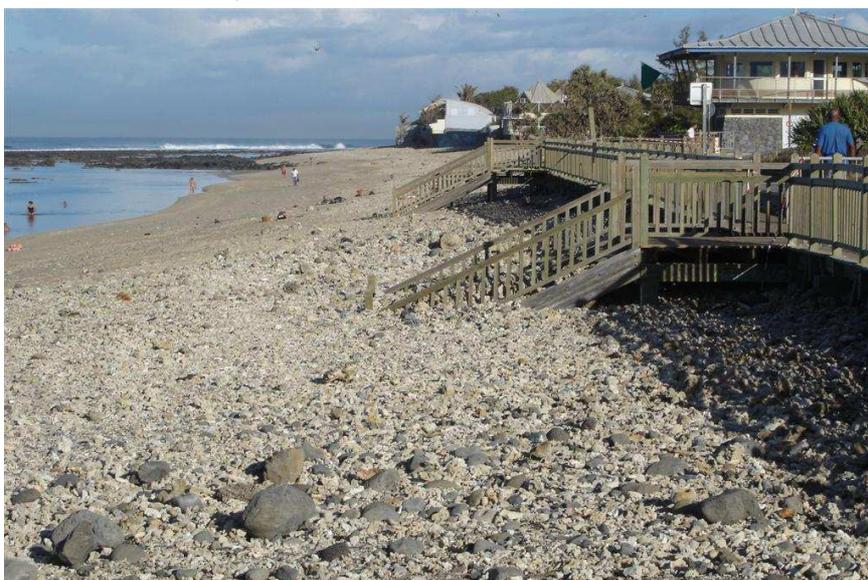
En matière de surveillance, **une opération de suivi morpho-sédimentaire annuelle et réalisée à même date, ne peut qu'être conseillée**. Avec une telle périodicité et dans le respect d'un protocole choisi et suivi scientifiquement, cette opération-terrain pourrait être réalisée par les techniciens topographes communaux ou associés ; charge serait donnée au monde scientifique de les interpréter.

En matière d'entretien et en cas d'apparition d'aspects négatifs affectant ou les aménagements ou la topographie des estrans, un principe général s'impose d'emblée : « **s'il est possible de faire participer les constituants sédimentaires présents, provenant d'apports actuels et anciens, à des réarrangements intelligents dans l'espace plage, il va de soi qu'aucun d'entre eux ne doit être soustrait et ne doit quitter artificiellement ce même espace** ».

Sur la base des suivis annuels et en cas d'évolution négative, le protocole scientifique aura à être affiné pour mieux comprendre et discerner les événements modificateurs de l'équilibre mais aussi d'aider à l'émergence d'une gestion environnementale cohérente dans le nouveau contexte.

En guise d'épilogue...

Mai 2007 (Après « Gamède » et une forte houle australe).





Juillet 2009



Août 2012



Années sans cyclone

« Rien n'est jamais acquis... »

Présentation de la station de réception SEASOI et l'application aux risques naturels (Région Réunion)

Contact : Pierre Tessier (pierre.tessier@cr-reunion.fr)



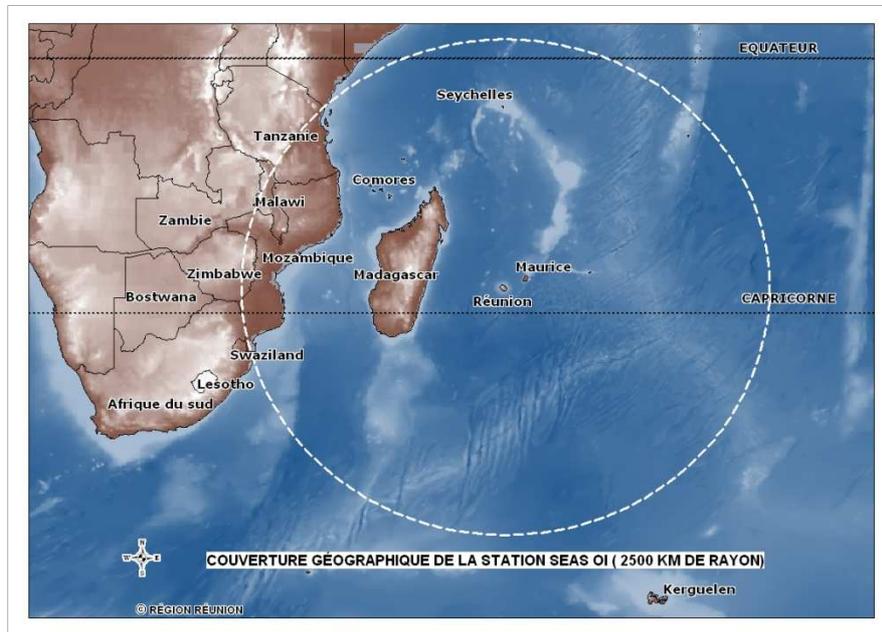
SEASOI vise à mettre en œuvre à La Réunion un **pôle d'excellence en télédétection** autour et à partir de la station de réception et de traitement d'images satellites implantée sur le site de l'IUT de Saint Pierre dans le sud de l'île.

Cette station permet de réceptionner les images satellites hautes résolutions d'observation de la terre (Optique, SPOT4/5 et Radar, RADARSAT 2) dans un **rayon d'environ 2500 Km autour de La Réunion** couvrant ainsi l'ensemble des Zones Economiques et Exclusives (ZEE) des pays de la Commission de l'Océan Indien et au moins en partie certains pays d'Afrique australe et orientale et notamment le Mozambique, la Tanzanie, le Malawi et le Zimbabwe.

SEASOI constitue un atout majeur pour le rayonnement de La Réunion au titre de la coopération régionale avec pour objectifs :

- le développement des **formations et de la recherche** dans le domaine de l'observation de la terre et la télédétection,
- le développement d'**outils d'aide à la décision**,
- et le **transfert « vers l'opérationnel »** des technologies spatiales pour faire émerger un

- nouveau secteur d'activité à forte valeur ajoutée,
- le développement des actions de valorisation au bénéfice de la **coopération régionale** dans l'océan Indien.



Les **principaux axes de valorisation** jugés prioritaires intéressent tout aussi bien :

- l'aménagement du territoire,
- la surveillance maritime,
- la gestion des ressources halieutiques,
- le suivi des catastrophes et la gestion des risques,
- la biodiversité,
- la surveillance épidémiologique,
- ou encore la définition et le suivi d'indicateurs climatiques.

SEAS OI associe dans sa mise en œuvre les services de l'Etat, de la Direction Régionale de la Recherche et de la Technologie, du Rectorat, de l'Université de La Réunion, de l'Institut de Recherche pour le Développement et de la Région Réunion.

La **mise en service opérationnelle** de la station satellite a démarré en juillet 2012.