

ASSISES 3^e édition RÉGIONALES DES RISQUES NATURELS

La Réunion 2023

Quand l'océan se déchaîne

ATELIER

DEAL, Météo France, BRGM, Université de La Réunion



Trois temps d'échanges

Connaissance et prévisions de l'aléa submersion marine à La Réunion

- État actuel des connaissances / Pistes d'amélioration (Météo France, BRGM)

Impact du changement climatique sur l'aléa submersion marine à La Réunion

- A quoi s'attendre demain ? Incertitudes : cyclones, récif, houles australes... (BRGM, Météo France et Université de La Réunion)

Organisation de la gestion de crise vis-à-vis de l'aléa submersion marine à La Réunion

- Appui technique à la gestion de crise d'inondation par submersion marine (DEAL)
- Gestion post-crise / capitalisation des données : réseau tempête / observatoire du littoral (DEAL, BRGM, Université de La Réunion)

La Réunion 2023

Connaissance et prévisions de l'aléa submersion marine à La Réunion

État actuel des connaissances / Pistes d'amélioration / Vigilance Vagues Submersion



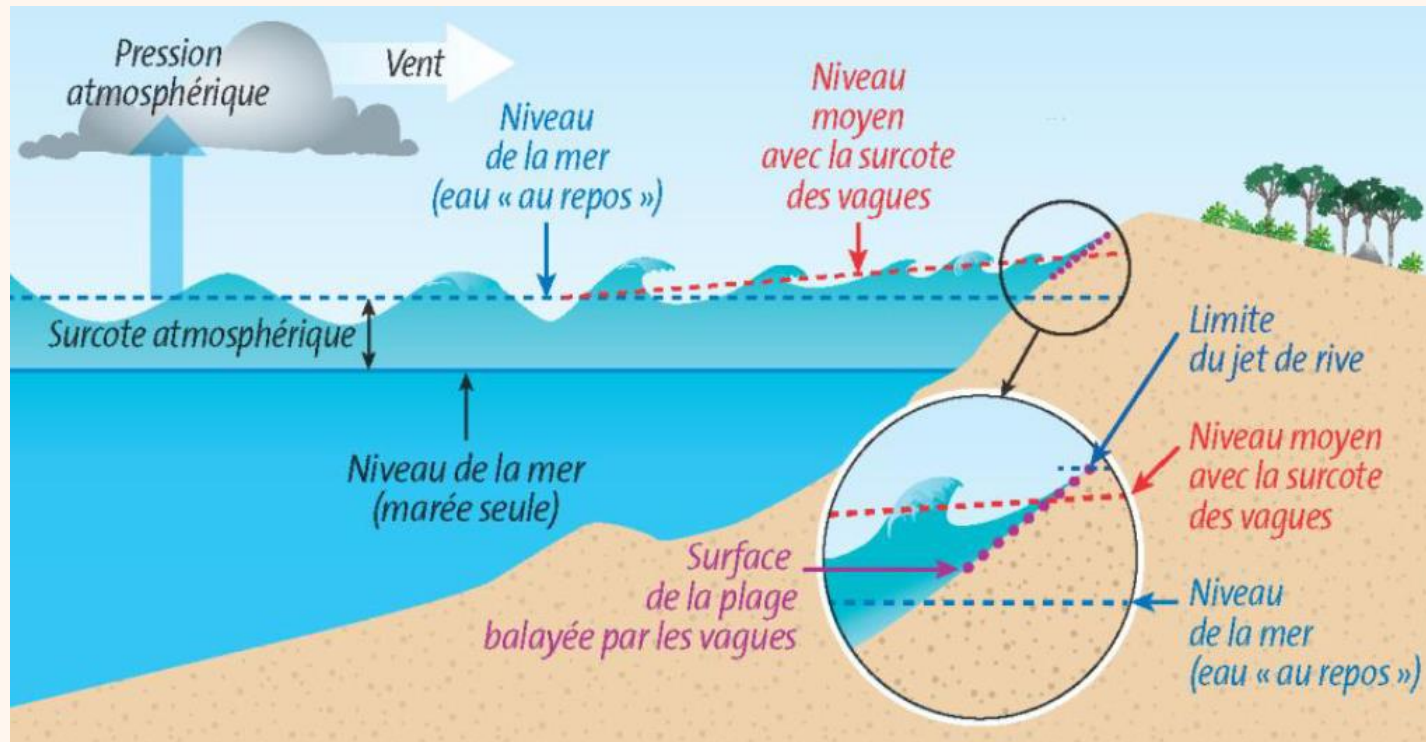
Facteurs hydrodynamiques à prendre en compte dans le phénomène de submersion marine

Marée astronomique

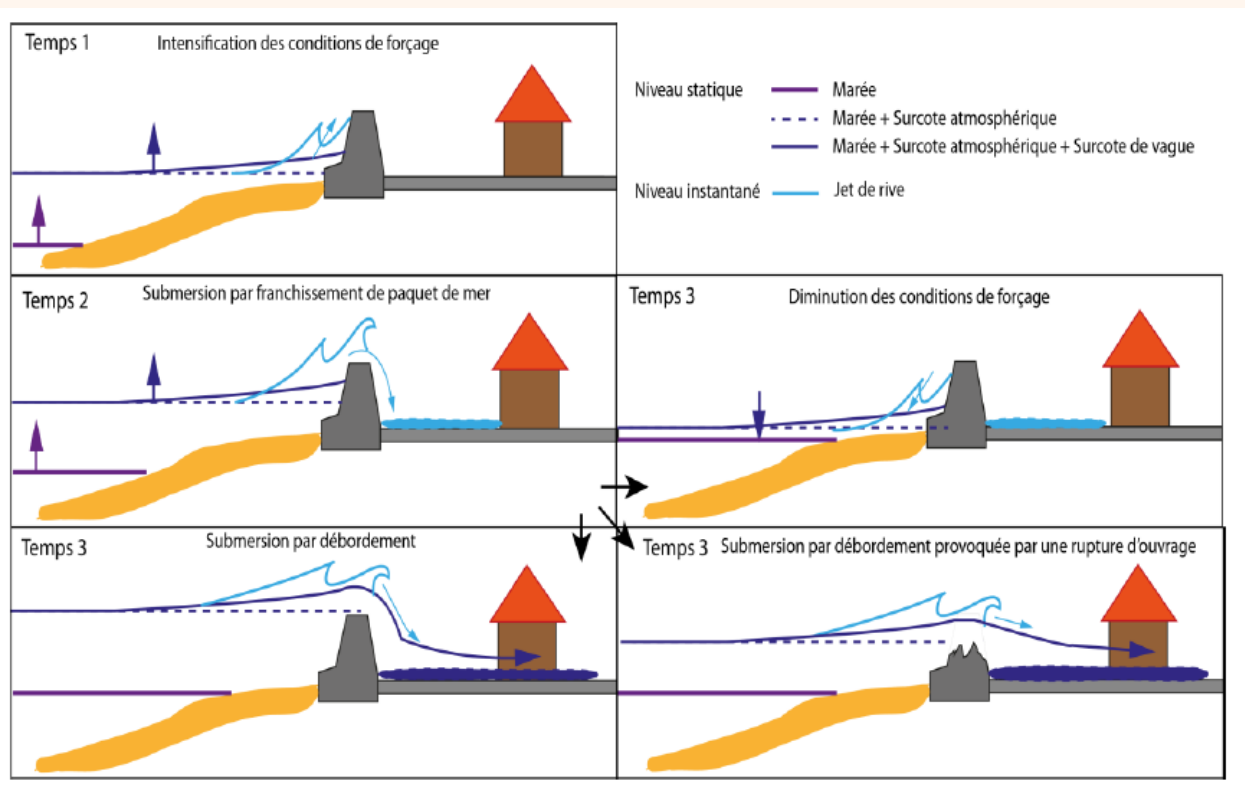
Surcote atmosphérique (effets du vent et de la pression atmosphérique)

Surélévation du niveau de la mer lié au déferlement des vagues à la côte

Battement des vagues le long du littoral (« jet de rive »)



Il existe différents types de submersions marines :



- Franchissements des paquets de mer
- Débordement
- Rupture des ouvrages de Protection

A La Réunion, on subit principalement des phénomènes de franchissement par paquets de mer

A Mayotte, on peut observer des phénomènes de débordement sur l'ensemble de l'île et des effets de franchissements principalement sur la façade ouest de l'île



Etat actuel des connaissances :

Cartographie des phénomènes de submersion marine pour des périodes de retour données :

- * Plans de Prévention des Risques Littoraux (PPRL) : période de retour 100 ans
 - Sur l'ensemble du littoral réunionnais excepté les communes de St Philippe et Sainte Rose
 - Sur l'ensemble de Mayotte
- * Territoire à Risque important d'inondation (TRI): période de retour 20 ans, 100 ans et supérieur à 100 ans
 - Sur les communes de Saint Benoît, Sainte Suzanne, Saint Denis, Saint Paul, Saint Pierre et Saint Joseph
 - Sur l'ensemble de Mayotte

Manque de connaissances sur la dynamique de submersion des secteurs les plus exposés :

- * A partir de quelles conditions nous pouvons nous attendre à des problématiques de submersion marine?
 - Exemple du projet ANR SPICY : Mise en place d'un Plan d'intervention gradué sur Sainte Suzanne
- * Travail de Météo France sur la mise en place de la Vigilance Vague Submersion
- * Travail complémentaire en cours du BRGM sur la constitution de base de données de submersion marine pour déterminer différents niveaux de seuils sur des sites pilotes et constituer d'outils de calcul en temps réel du phénomène de submersion marine



La Vigilance Vagues Submersion

Opérationnelle dans l'Hexagone depuis 2011 et depuis mars 2021 à La Réunion et Mayotte.

Englobe 2 aléas :

-- Aléa submersion marine

- par débordement.
- par franchissements de «paquets de mer»
- par rupture de digue ou cordon dunaire.

-- Aléa Fortes vagues

- Dégâts sur les infrastructures (digue, jetée)
- Transport de matériaux (galets)



Réunion, route littorale 2013



Reunion : LePort promenade cyclone Gamede mars 2007



Méthodologie

Étude croisée du niveau marin (marée astronomique + surcote) et de l'état de la mer (direction et hauteur des vagues, type de vagues, période).

Approche conséquences

- Qualification du niveau de risque en fonction de l'impact attendu à la côte
- Établissement de tableaux de seuils pour nous aider à la prise de décision.



Méthodologie

Pour chaque tronçon de littoral

- Inventaire des évènements de référence et de leurs impacts
- Mise en correspondance avec les caractéristiques de la houle et du niveau marin
- Établissement de grilles de décision
- Possibilité de faire des prévisions pour des points de référence identifiés en raison de leur criticité avec enjeux particuliers (Saint-Louis).
- Travail collaboratif avec La Préfecture, la DEAL, le BRGM, les communes et intercommunalités, le SHOM.
- Mise en commun avec la CVH d'une base QGIS sur les impacts des épisodes, régulièrement mise à jour

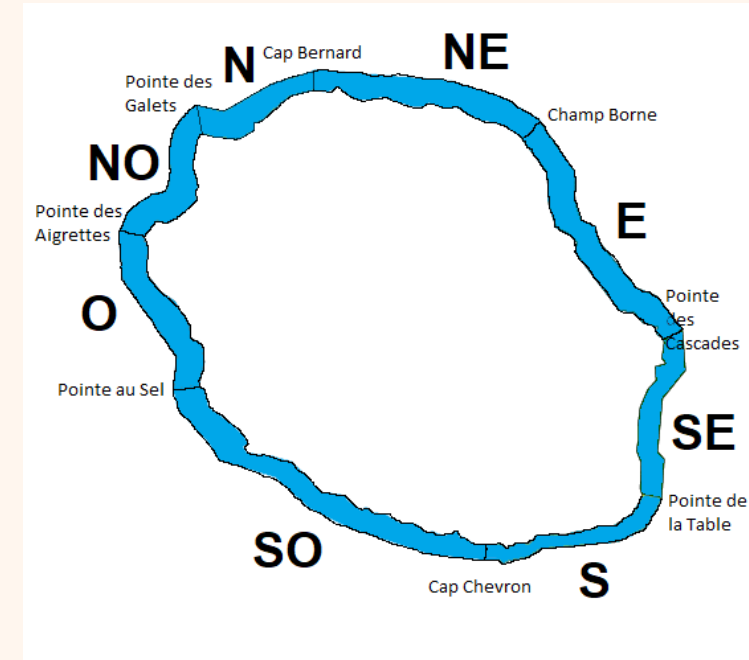


La VVS en opérationnel

8 zones littorales à la Réunion, 3 à Mayotte

Plusieurs tableaux seuils basés sur

- La houle + période
- Le niveau marin : Marée astronomique + Surcote
- Prise en compte de la direction et force du vent au large comme facteur aggravant



		hauteur de la houle (m)							
		[2,5 3,0[[3,0 3,5[[3,5 4,0[[4,0 4,5[[4,5 5,0[[5,0 5,5[[5,5 6,0[≥ 6m
niveau d'eau (m)	≥ 1,2								
	[1,0 / 1,2[
	[0,8 / 1,0[<14s						
	[0,6 / 0,8[≥17s						
		≥17s	≥17s	≥17s	≥17s	≥17s	≥17s	≥17s	≥17s
		<0,6		≥17s					
		<0,6		≥17s					



Perspectives

- Ajustement en continu des tableaux en fonction des nouveaux épisodes et en prenant en compte les nouvelles infrastructures littorales (ex la piscine du Baril, la NRL).
- A Mayotte, réflexion sur le découpage des zones et la modulation en fonction du vent.
- Étude en cours avec la CVH pour la mise en place d'un bulletin RDI-Littoral à la Réunion.



Impact du changement climatique sur l'aléa submersion marine à La Réunion

A quoi s'attendre demain ? Incertitudes : cyclones, récif, houles australes...



Modélisations climatiques régionales haute résolution pour de projections adaptées aux enjeux des territoires insulaires

Projet RenovRisk-Cyclones : financement Région Réunion (Interreg V), coordination LACy

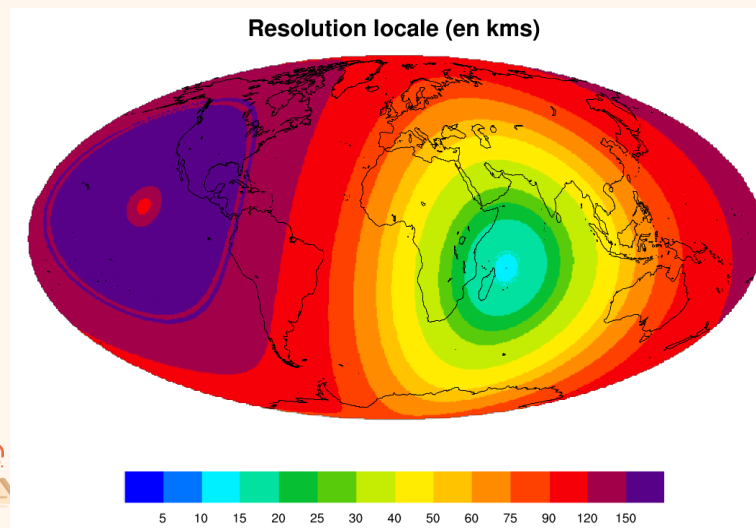
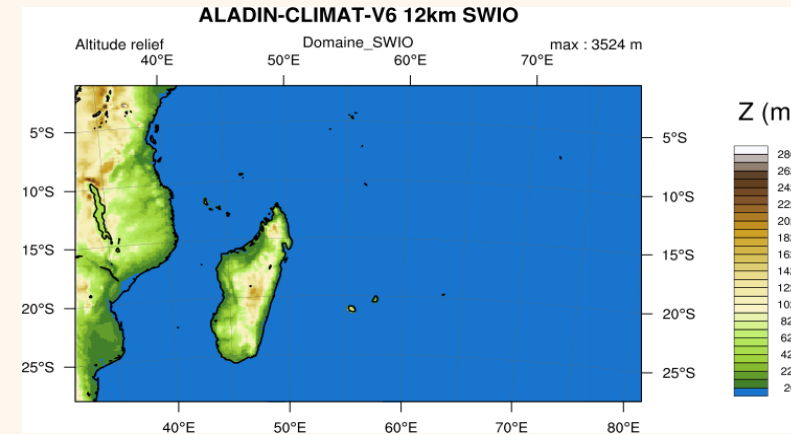
Simulation ARPEGE-climat v6 (maille étirée, pôle sur l'Océan Indien) mise en œuvre par le CNRM (F. Chauvin)

Résolution autour de 15 km sur le bassin SWIO ; SST prescrites (CMIP5, corrigées QQ)

Climat présent : 1965 – 2014

Climat futur : 2046-2094

scénario RCP8.5



Projet BRIO : financement AFD/Adapt'Action, coordination Météo-France DIROI / Commission de l'Océan Indien

Simulation ALADIN Climat (12 km), forçage sur les bords CNRM-ESM2-1 (CMIP6)

Climat présent : 1979-2014

Climat futur : 2015-2100 (scénarios SSP126, SSP245, SSP585)

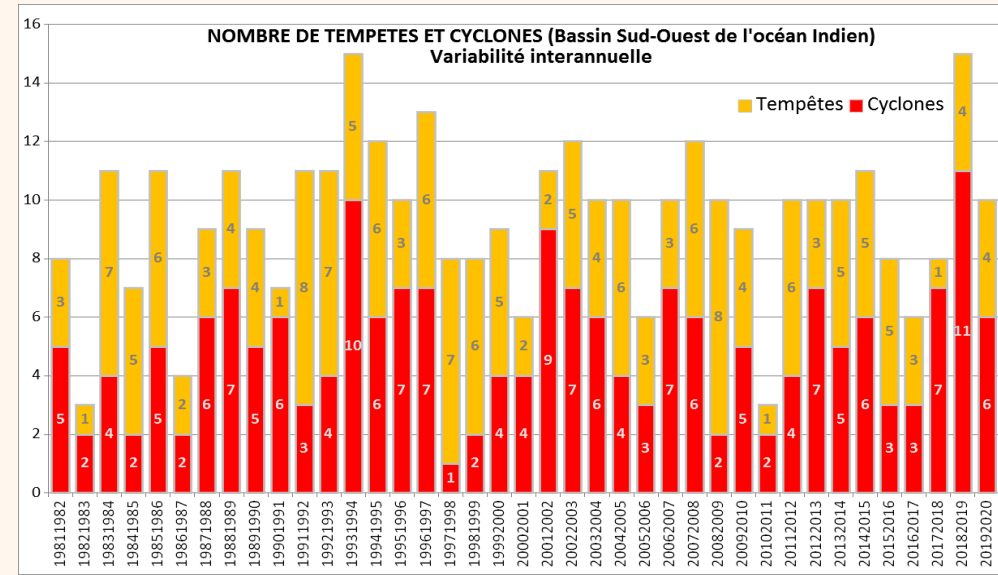
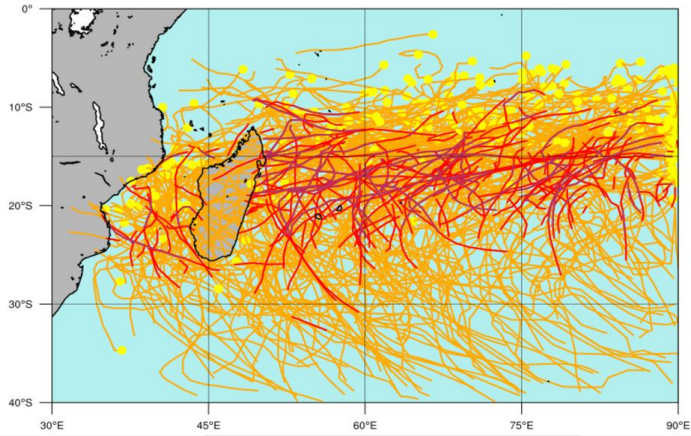
<http://regionalclimate-change.sc/actions/BRIO/>



Aléa cyclonique : projection climatique pour le bassin SOI

	Tempête-Cyclone >34kt	Cyclones > 64kt	Cyclones Intenses >90kt	Cyclones très intenses >115kt
Nombre annuel	9,8	4,9	2,7	0,5
Ratio	100 %	50 %	27 %	5 %

Trajectoires BT-CMRS (1986-2018)

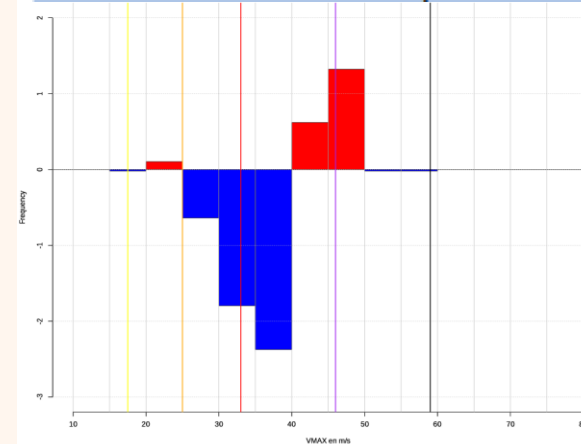


Evolution nombre tempêtes-cyclones par saison selon les deux jeux de simulations : ARPEGE-v6 (à gauche) – ALADIN (à droite)

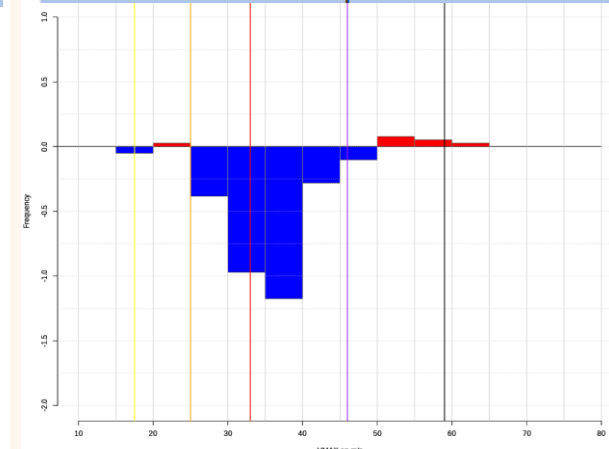
Messages clés

- Probable diminution du nombre total de systèmes dépressionnaires
- Nombre de systèmes intenses ou très intenses en hausse
- Augmentation des précipitations au sein des systèmes dépressionnaires tropicaux
- Probable poursuite de la migration vers les pôles du maximum d'intensité des cyclones

Horizon 2047-2093 - rcp85



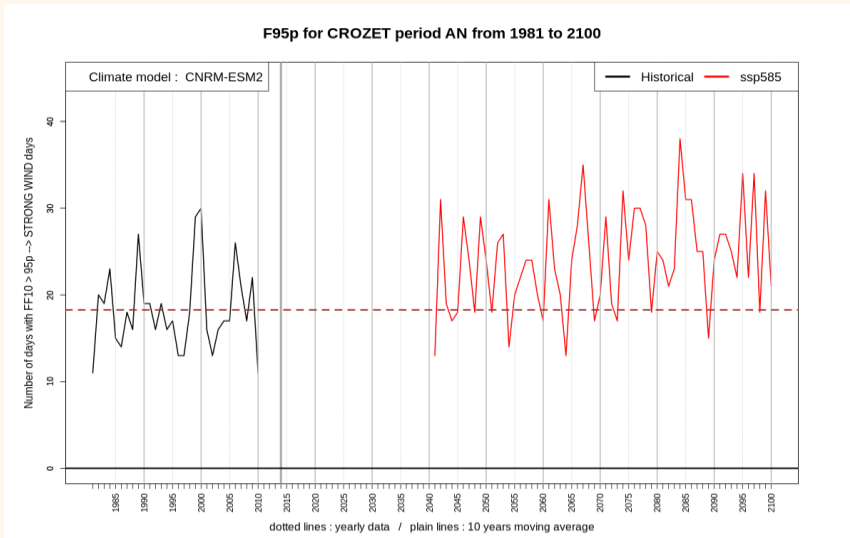
Horizon 2066-2099 - ssp126/245/585



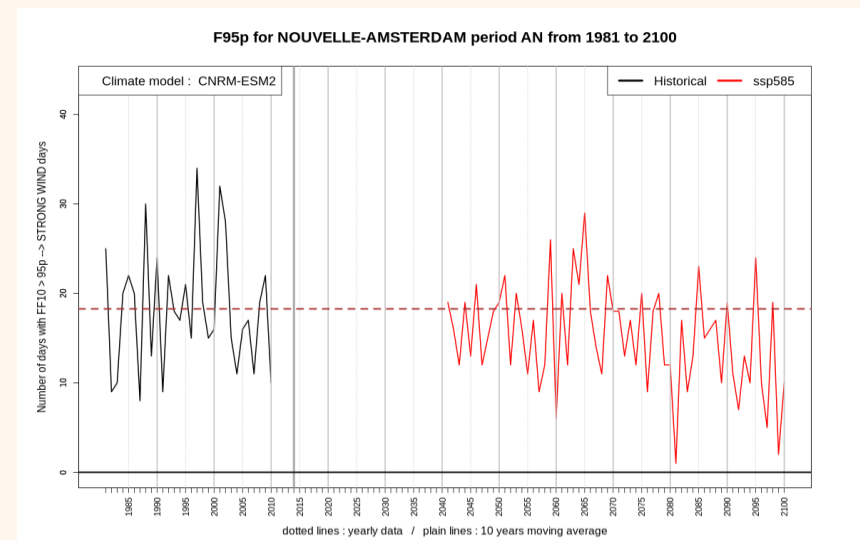
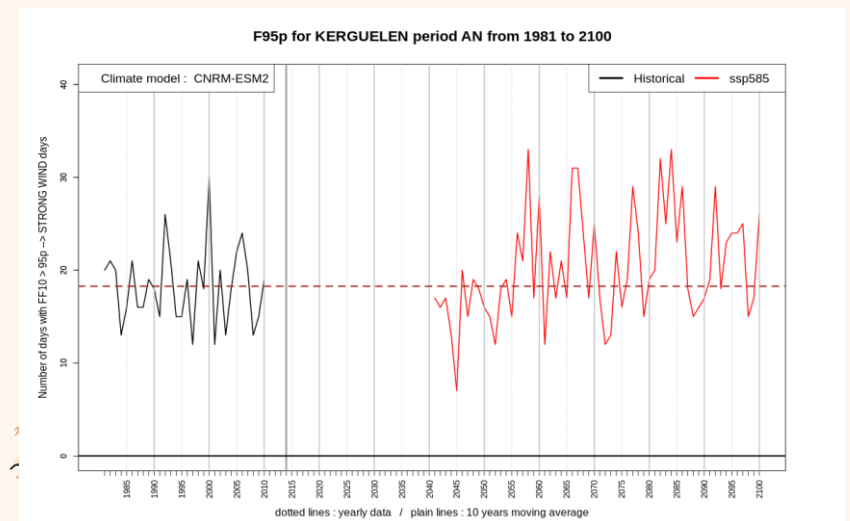
Terres Australes

Evolution du nombre de jour de vents forts (défini par le seuil correspondant au 95ème quantile de la distribution du vent)

Données issues du modèle CNRM-ESM2 de Météo-France (contributeur CMIP6) pour le scénario **ssp585**



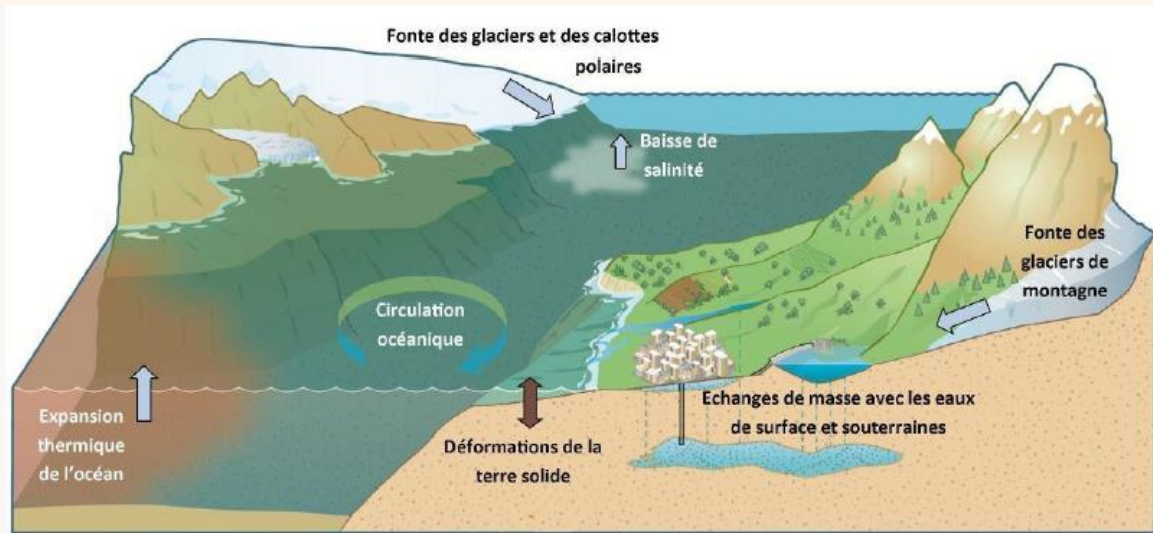
Vers une augmentation du nombre de jours de vent forts pour KERGUELEN et CROZET
 Plutôt une diminution pour AMSTERDAM
 → renforcement du flux perturbé dans lequel les dépressions et tempêtes australes circulent



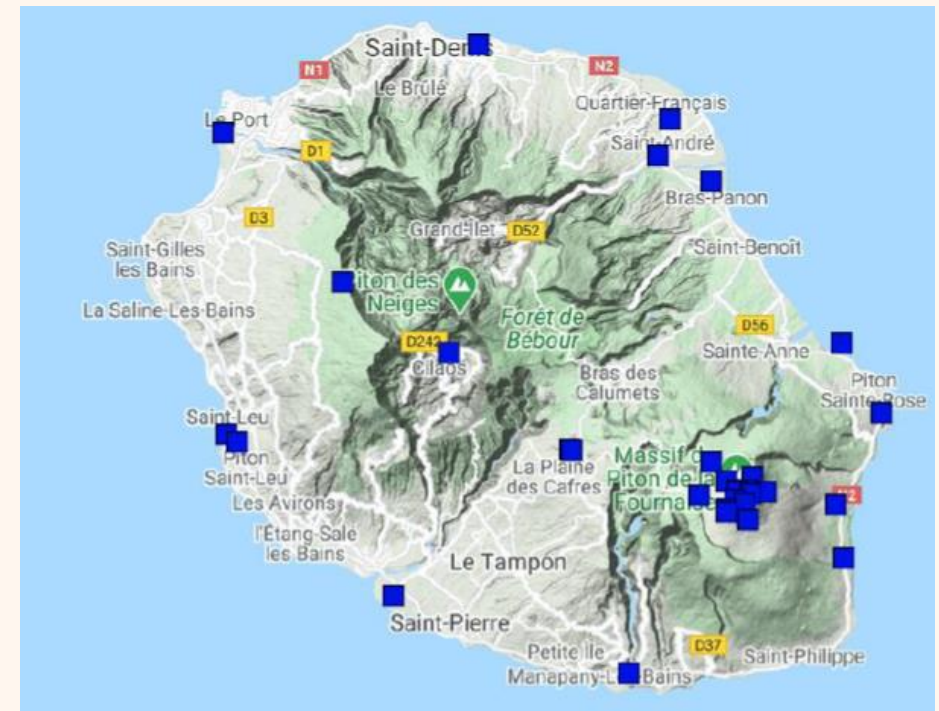
Influence du changement climatique sur la dynamique littorale à La Réunion

Scénarios d'élévation du niveau de la mer régionalisés (RenovRisk Transferts)

- Prise en compte des différentes contributions à l'élévation du niveau de la mer
- Evaluation des mouvements verticaux du sol

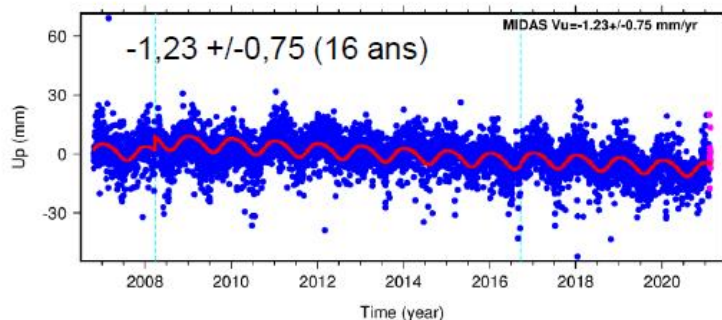


Localisation des stations GPS analysées

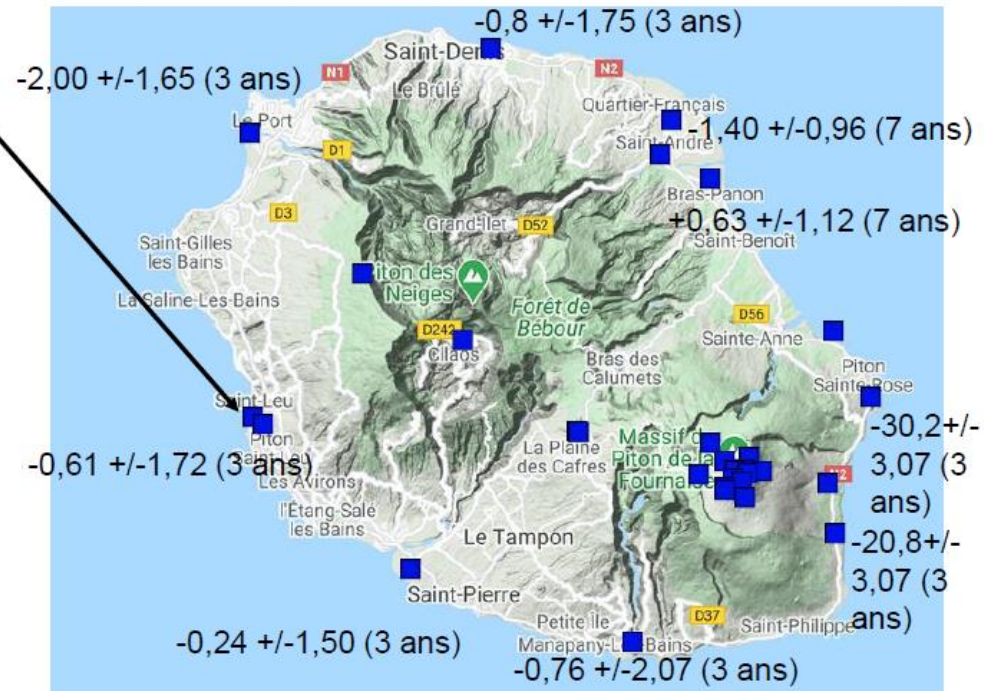


Mouvements verticaux du sol

Analyse de données GPS (Nevada Geodetic Laboratory)



Localisation des stations GPS analysées au NGL et tendances mesurées en mm/an



- Les résultats NGL indiquent une tendance générale à la stabilité/subsidence de l'ordre de 0 à 2 mm/an.
- Le sud est révèle d'important taux de subsidence (20 à 30 mm/an)
- La plupart des séries temporelles sont cependant très courte (~3 ans)



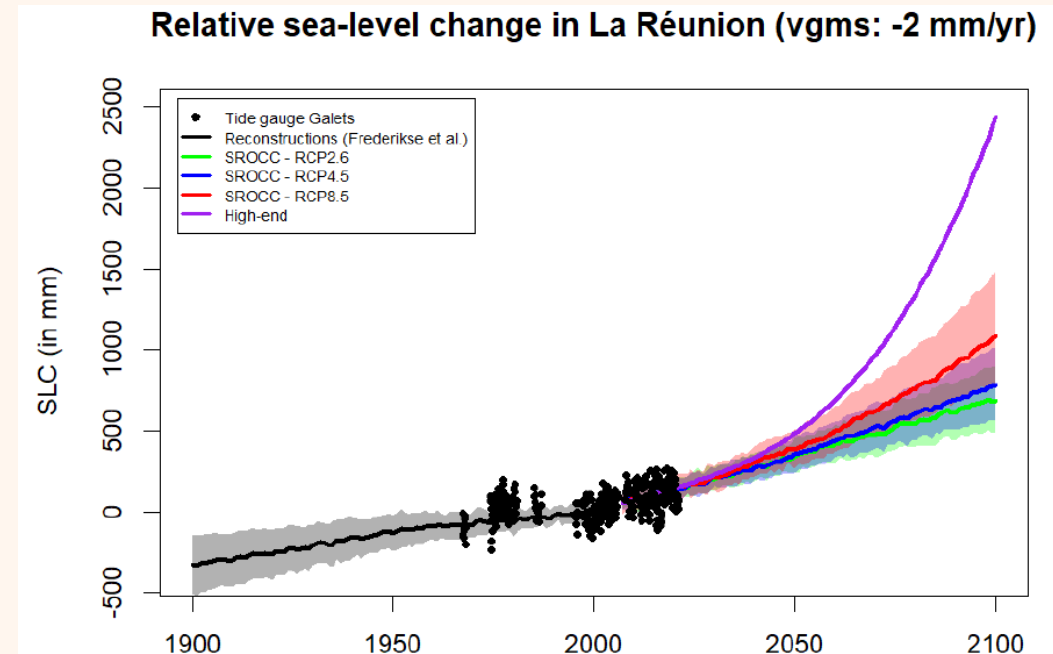
Projections du niveau de la mer

Projections SROCC (2)

Reconstruction historique & projections en considérant une subsidence de 2 mm/an (période de référence 1986-2005)

Meilleur accord avec les observations sur la période historique qu'en l'absence de mouvements verticaux du sol.

Un élévation de 2.5 m est fortement improbable mais non exclue



Valeurs médianes (en gras) et intervalles probables des projections de l'ENM à la réunion en 2050 & 2100 (unité: cm)

Scénario	RCP2.6	RCP4.5	RCP8.5	High-end
2050	25/ 34 /45	24/ 36 /48	27/ 38 /50	48
2100	49/ 69 /90	57/ 78 /101	79/ 108 /148	244



- Ce que l'on connaît :

Hausse du niveau de la mer

Intensification des cyclones

Pluies plus rares mais plus intenses

Dégradation attendue des récifs coralliens

- Ce qui reste à quantifier :

Impact de l'intensification des cyclones sur la houle et la surcote atmosphérique autour de La Réunion?

- augmentation de la proportion des systèmes intenses ou très intenses
- migration vers le sud de la zone de maximum d'intensité des cyclones → rapproche La Réunion de l'aire de jeu des systèmes les plus intenses → impacts littoraux en augmentation notamment sur les côtes nord pendant l'été austral

Evolution des houles australes (houles d'alizés ?) en lien avec le changement climatique?

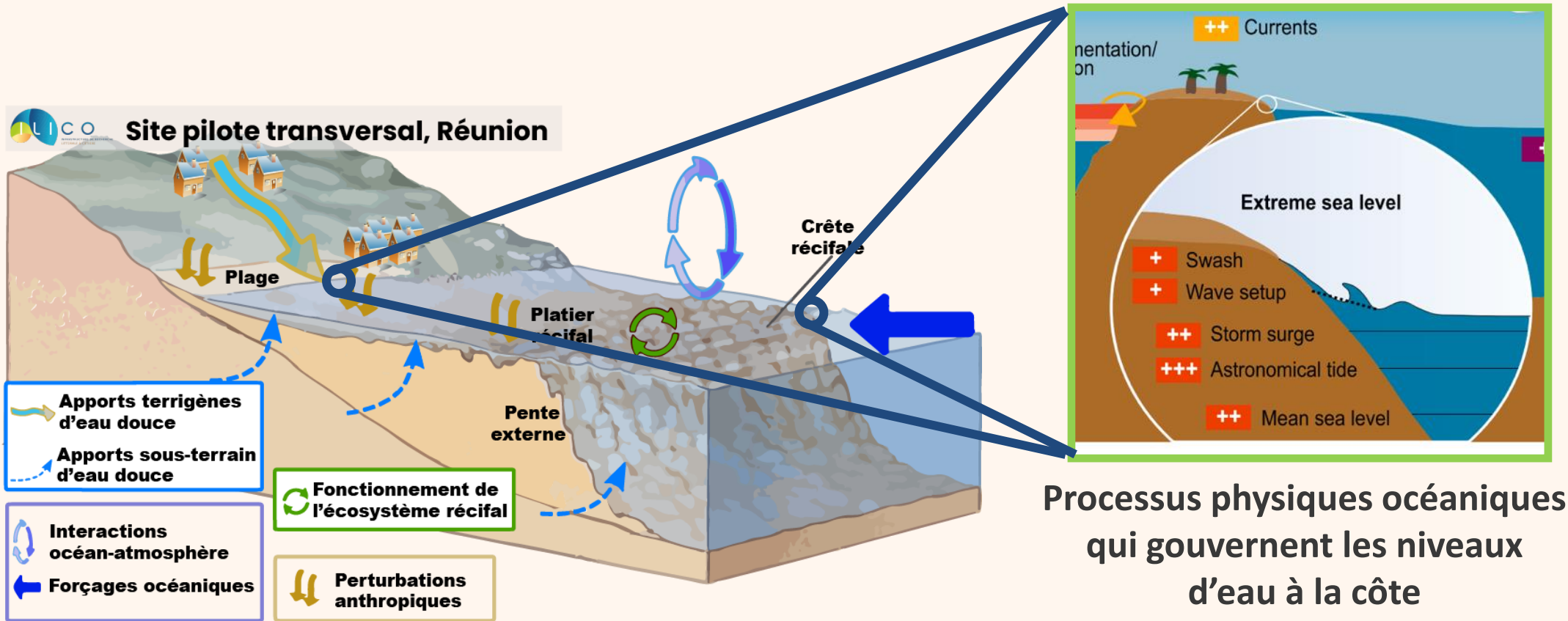
- en lien avec des tempêtes australes plus fréquentes et/ou plus puissantes, probable augmentation de l'intensité des épisodes de houle australe → impacts littoraux en hausse sur le littoral sud-ouest pendant l'hiver austral

Perte du rôle d'atténuation de la houle des récifs coralliens ?

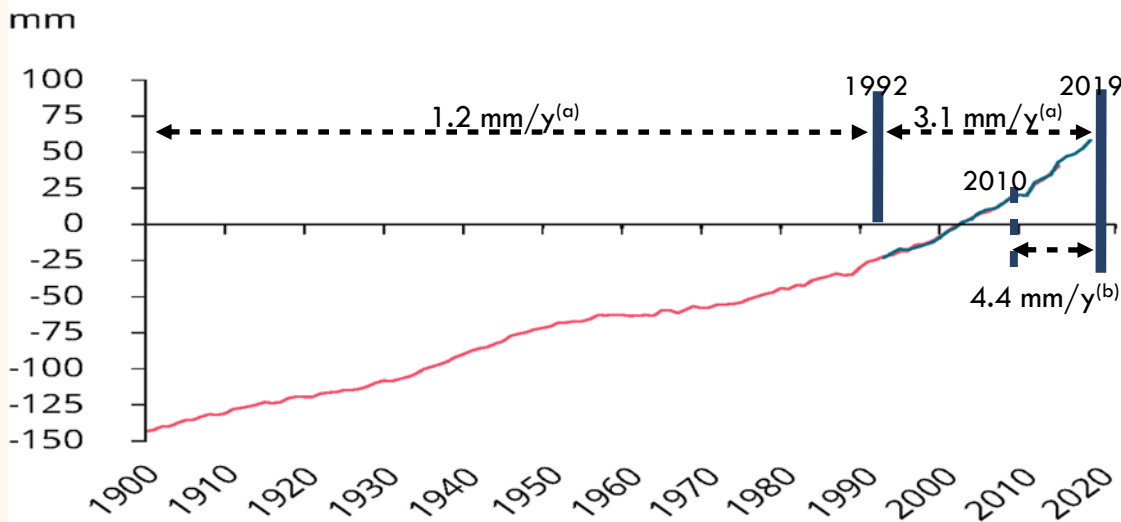
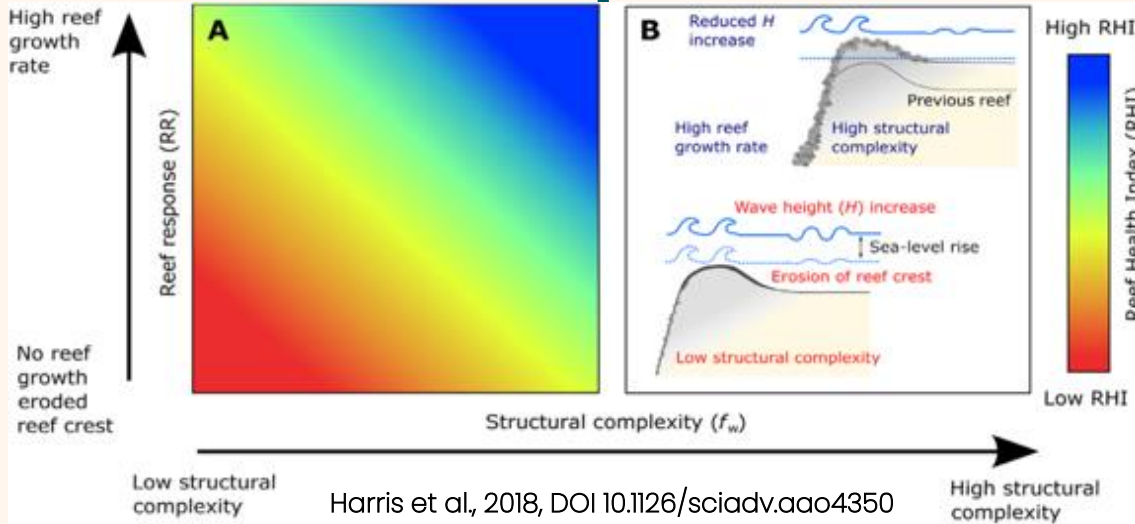
Evolution de l'apport sédimentaire des rivières et des récifs coralliens



Le récif corallien, une barrière naturelle efficace ? Son rôle dans le phénomène de submersion marine



Le récif corallien, une barrière naturelle efficace ? Son rôle dans le phénomène de submersion marine



LE CORAIL

- une croissance de 1 à 7 mm/an
- une structure complexe, une biodiversité riche
- une vitalité menacée (état de santé en lien avec changement climatique)

LE NIVEAU MARIN

- une montée de quelques mm/an
- une accélération de la montée sur les 10 dernières années (environ +40% de la vitesse de ces 30 dernières années)



Le récif corallien, une barrière naturelle efficace ? Son rôle dans le phénomène de submersion marine A LA REUNION

JGR Oceans

RESEARCH ARTICLE
10.1029/2022JC018570

Water Level Modulation of Wave Transformation, Setup and Runup Over La Saline Fringing Reef

William Bruch^{1,2}, Emmanuel Cordier³, France Floe'h¹, and Stuart G. Pearson^{4,5}

Key Points:

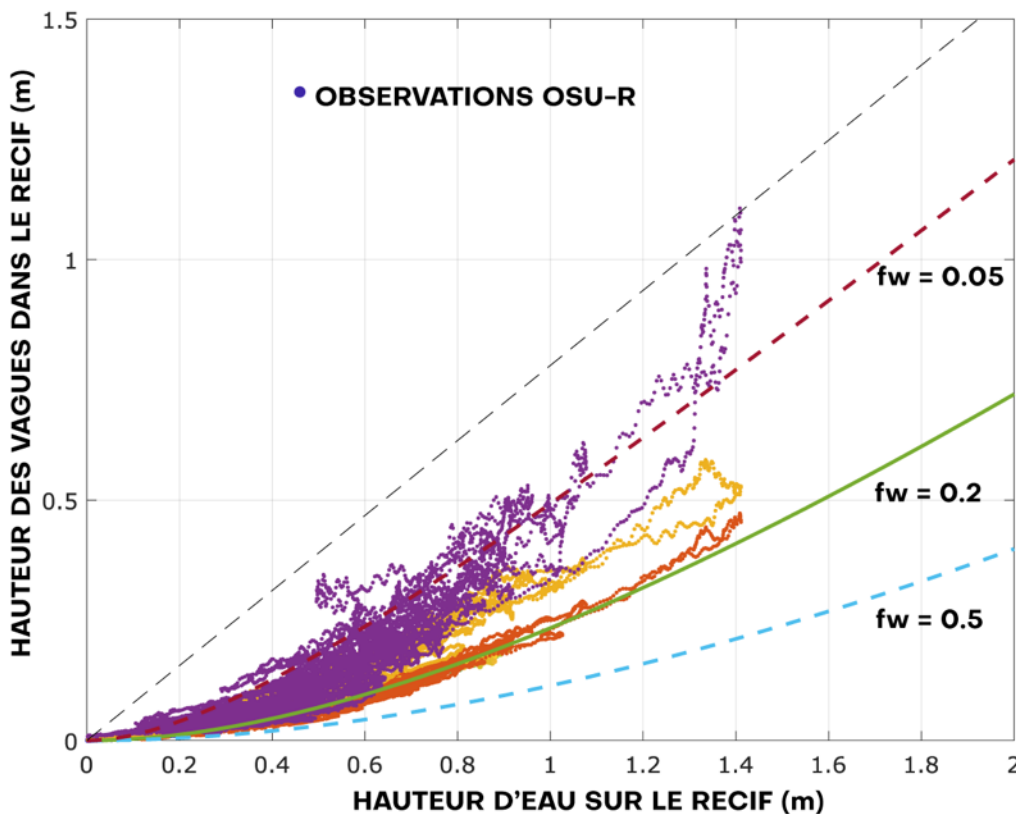
- Study of wave transformation over La Saline fringing reef, a natural coastal defense against Southern Ocean swell and cyclonic events
- As gravity waves dissipate over the fringing reef, significant energy transfer to infragravity and very low frequency bands occurs

¹Univ Brest, CNRS, Géo-Océan, UMR6538, Plouzané, France, ²Ecole Centrale de Nantes, CNRS, LHEEA, UMR6598, Nantes, France, ³Observatoire des Sciences de l'Université de La Réunion (OSU-R), UAR3365, Saint Denis, France, ⁴Faculty of Civil Engineering and Geosciences, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands, ⁵Department of Applied Morphodynamics, Deltare, Delft, The Netherlands

RECIF HERMITAGE / LA SALINE

- des suivis hydrodynamiques (SNO ReefTEMPS, SONEL)
- des suivis morphodynamiques des plages (SNO Dynalit, Observatoire du Littoral)
- des suivis coralliens, estimations de fw par rugosité (stéréophoto)

➔ des « runup » de l'ordre de 3m lors d'épisodes extrêmes



Organisation de la gestion de crise vis-à-vis de l'aléa submersion marine à La Réunion

Appui technique à la gestion de crise d'inondation par submersion marine

Gestion post-crise / capitalisation des données : réseau tempête / observatoire du littoral



L'État s'organise sur le risque littoral

Le précédent : la tempête Xynthia (2010) et ses conséquences à la côte

Un sujet nouveau pour les services de l'État, encore peu d'antériorité

Extension au littoral de la mission RDI par circulaire du 29 octobre 2018

30 départements littoraux en France (**dont 5 outre-mer**) concernés par la mission RDIL, avec des organisations diversifiées

Une montée en puissance progressive :

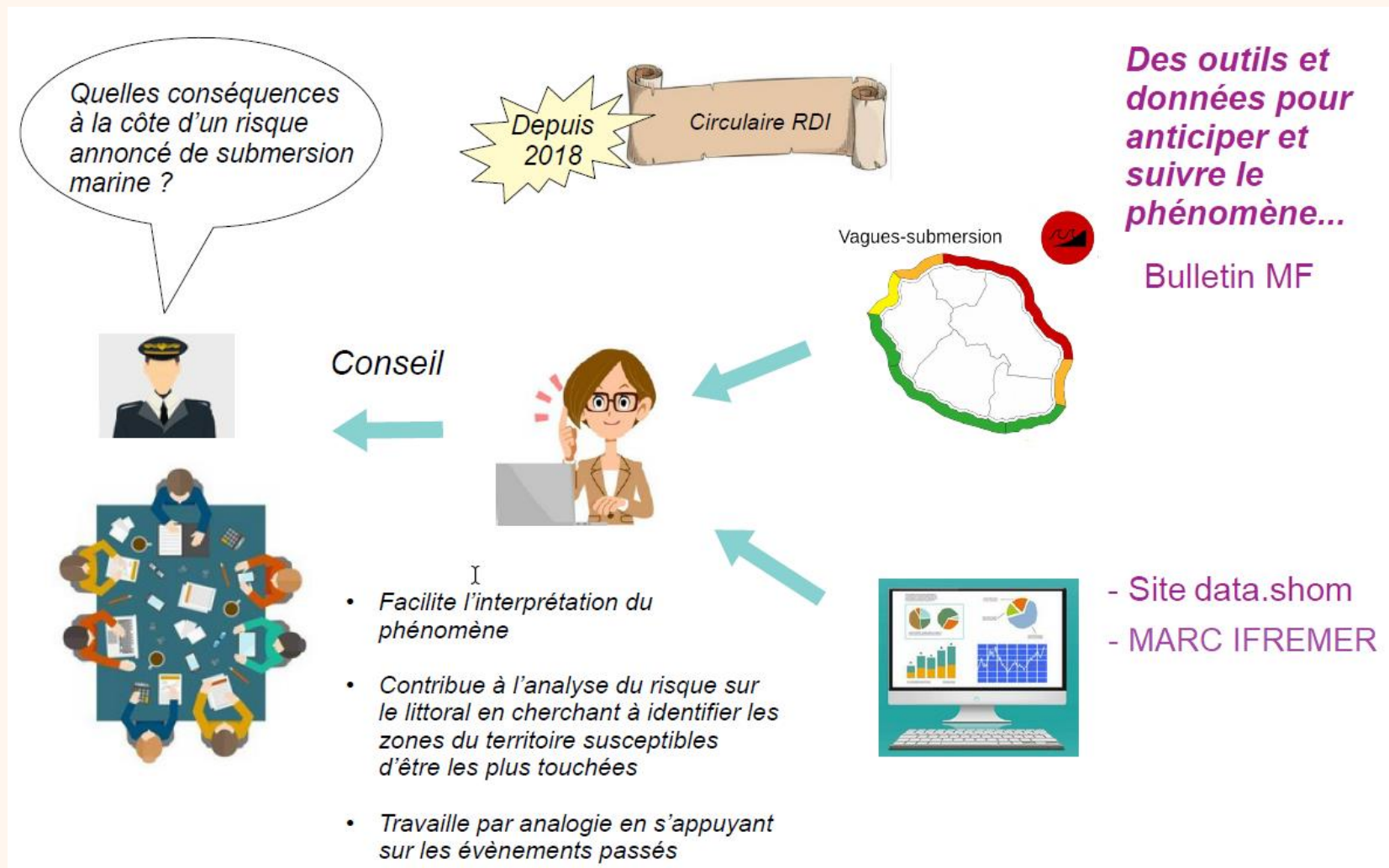
Approche pragmatique par la méthode des niveaux de connaissance (« écrire ce qu'on sait et ce qu'on ne sait pas »)

Pas de modélisation attendue dans le socle d'outils (même si des études R&D ou plus opérationnelles sont lancées et suivies avec intérêt)

Le choix d'une méthode de **Collecte / Synthèse / Bancarisation**, qui s'inscrit dans la durée



En crise : le rôle du RDI



ASSISES 3^e édition RÉGIONALES DES RISQUES NATURELS

La Réunion 2023

Merci

