



Pacific  
Community  
Communauté  
du Pacifique

RESCCUE

**VULNERABILITE DES SITES PILOTES DES GAMBIER ET DE MOOREA AUX  
EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE**



FONDS FRANÇAIS POUR  
L'ENVIRONNEMENT MONDIAL

L'opérateur en charge de la mise en œuvre du projet RESCCUE en Polynésie française, sous le double contrôle de la CPS et du gouvernement de la Polynésie française, représentée par sa Direction de l'Environnement, est :



**L'Agence des aires marines protégées** avec principalement l'IRCP-EPHE, l'Université de la Polynésie française, Créocéan, le GIE Océanide, PTPU, Vertigo Lab, l'association SOP Manu et plusieurs consultants individuels.

**Agence des aires marines protégées**

Mahé CHARLES

[mahe.charles@aires-marines.fr](mailto:mahe.charles@aires-marines.fr)

**Créocéan**

Julien GUILLET

[guillet@creocean.fr](mailto:guillet@creocean.fr)

**SOP Manu**

Thomas GHESTEMME

[tghestemme@manu.pf](mailto:tghestemme@manu.pf)

**PTPU**

Charles EGRETAUD

[charles.egretau@ptpu.pf](mailto:charles.egretau@ptpu.pf)

**Commune des Gambier**

Firmin PAEMARA

[mairiederikitea@mail.pf](mailto:mairiederikitea@mail.pf)

**Jean-François BUTAUD**

[jfbutaud@hotmail.com](mailto:jfbutaud@hotmail.com)

**GIE Océanide**

Jean-Brice HERRENSCHMIDT

[ddatpacific@gmail.com](mailto:ddatpacific@gmail.com)

**IRCP-EPHE**

Serge PLANES

[planes@univ-perp.fr](mailto:planes@univ-perp.fr)

**Vertigo Lab**

Thomas BINET

[thomasbinet@vertigolab.eu](mailto:thomasbinet@vertigolab.eu)

**Université de Polynésie française (UPF)**

Nabila GAERTNER-MAZOUNI

[nabila.gaertner-mazouni@upf.pf](mailto:nabila.gaertner-mazouni@upf.pf)

**Hervé LALLEMANT**

[lallemant.herve@gmail.com](mailto:lallemant.herve@gmail.com)

**Annie AUBANEL**

[annie.aubanel.3@gmail.com](mailto:annie.aubanel.3@gmail.com)

Rédacteur Principal/Contributeur (s)	Date de publication
Fany SEGUIN et Julien GUILLET, Créocéan/ Mahé CHARLES, Agence des aires marines protégées/Thibaut RODRIGUEZ (UPF)	Juillet 2016

Le projet RESCCUE vise à contribuer à accroître la résilience des pays et territoires insulaires du Pacifique face aux changements globaux par la mise en œuvre de la gestion intégrée des zones côtières (GIZC). Il prévoit notamment de développer des mécanismes de financement innovants pour assurer la pérennité économique et financière des activités entreprises. Ce projet régional opère sur un à deux sites pilotes dans chacun des pays et territoires suivants : Fidji, Nouvelle-Calédonie, Polynésie française et Vanuatu.

RESCCUE est financé principalement par l'Agence française de développement (AFD) et le Fonds français pour l'environnement mondial (FFEM), pour une durée de cinq ans (01/01/2014 - 31/12/2018). Le montant global du projet est estimé à 13 millions d'Euros. La CPS bénéficie d'un financement total de 6,5 millions d'euros : une subvention de l'AFD octroyée en deux tranches (2013 et 2016 à hauteur de 2 et 2,5 millions d'Euros respectivement), et une subvention du FFEM de 2 millions d'Euros. Le projet RESCCUE fait en complément l'objet de cofinancements. Sa maîtrise d'ouvrage est assurée par la CPS, assistée par les gouvernements et administrations des pays et territoires concernés. La Polynésie française assure donc le rôle d'assistant à maîtrise d'ouvrage aux côtés de la Communauté du Pacifique (CPS).

RESCCUE est structuré en cinq composantes :

**Composante 1 - Gestion intégrée des zones côtières :** Il s'agit de soutenir la mise en œuvre de la GIZC « de la crête au tombant » à travers l'élaboration de plans de GIZC, la mise en place de comités ad hoc, le déploiement d'activités concrètes de terrain tant dans les domaines terrestres que marins, le renforcement des capacités et le développement d'activités alternatives génératrices de revenus.

**Composante 2 - Analyses économiques :** Cette composante soutient l'utilisation d'une large variété d'analyses économiques visant d'une part à quantifier les coûts et bénéfices économiques liés aux activités de GIZC, d'autre part à appuyer diverses mesures de gestion, politiques publiques et mises en place de mécanismes économiques et financiers.

**Composante 3 - Mécanismes économiques et financiers :** Il s'agit de soutenir la mise en place de mécanismes économiques et financiers pérennes et additionnels pour la mise en œuvre de la GIZC : identification des options possibles (paiements pour services écosystémiques, redevances, taxes, fonds fiduciaires, marchés de quotas, compensation, certification...) ; études de faisabilité ; mise en place ; suivi.

**Composante 4 - Communication, capitalisation et dissémination des résultats du projet dans le Pacifique :** Cette composante permet de dépasser le cadre des sites pilotes pour avoir des impacts aux niveaux national et régional, en favorisant les échanges d'expérience entre sites du projet, les expertises transversales, la dissémination des résultats en particulier au cours d'événements à destination des décideurs régionaux, etc.

**Composante 5 - Gestion du projet :** Cette composante fournit les moyens d'assurer la maîtrise d'ouvrage et la maîtrise d'œuvre du projet, l'organisation des réunions des comités de pilotage, des évaluations et audits, etc.

# SOMMAIRE

<b>RESUME DU RAPPORT .....</b>	<b>1</b>
<b>ANALYSE SYNTHETIQUE DE LA VULNERABILITE DES SITES PILOTES AUX EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE.....</b>	<b>3</b>
1. RISQUES ET CHANGEMENT CLIMATIQUE .....	3
1.1 <i>Le contexte mondial</i> .....	3
1.2 <i>Le contexte des petites îles du Pacifique</i> .....	4
1.2.1 Le climat du Pacifique tropical .....	4
1.2.2 Changement climatique : les prévisions pour le Pacifique tropical .....	5
1.3 <i>le contexte polynésien</i> .....	7
1.3.1 Fragilités géomorphologiques .....	8
1.3.2 Fragilités du patrimoine naturel et culturel .....	8
1.3.3 Fragilités de l'économie .....	8
1.3.4 Fragilités du tissu social .....	8
1.3.5 Actions et initiatives .....	9
1.4 <i>Le climat de Polynésie française-synthèse</i> .....	9
1.5 <i>Effets du changement climatique (CC) en Polynésie française</i> .....	10
1.5.1 Perturbations climatiques et saisonnières .....	11
1.5.2 Augmentation de la température.....	12
1.5.3 L'élévation du niveau des mers.....	14
1.6 <i>Zoom sur les sites pilotes RESCCUE</i> .....	14
1.6.1 MOOREA – BASSIN VERSANT ET BAIE DE 'OPUNOHU .....	14
1.6.2 LES GAMBIE .....	16
1.7 <i>Zoom sur les îles basses</i> .....	16
2. IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT, LES ACTIVITES ET LES POPULATIONS .....	17
2.1 <i>Impacts sur les milieux (l'environnement)</i> .....	19
2.1.1 L'augmentation de la température atmosphérique .....	19
2.1.2 L'augmentation de la température de la mer .....	19
2.1.3 L'élévation du niveau des mers.....	20
2.1.4 L'intensification des perturbations climatiques .....	20
2.1.5 L'acidification des océans.....	21
2.2 <i>Impacts sur les usages (activités)</i> .....	21
2.2.1 CC et perliculture.....	21
2.2.2 CC et pêche .....	23
2.2.3 CC et agriculture .....	23
2.2.4 Tourisme.....	24
2.3 <i>Impacts sur la population</i> .....	24
2.3.1 Santé .....	24
2.3.2 Foncier / infrastructures.....	24
2.4 <i>Impacts prévisibles et vulnérabilité des sites pilotes RESCCUE</i> .....	25
2.4.1 Impacts prévisibles et vulnérabilité sur le site de 'Opunohu.....	25
2.4.2 Impacts et vulnérabilité du site des Gambier .....	32
<b>ETUDE SUR LA CONTRIBUTION DES ACTIONS DE GIZC PREVUES DU PROJET RESCCUE VIS A VIS DE L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE.....</b>	<b>35</b>
3. CONTRIBUTION DES ACTIONS DE GIZC PROPOSEES DANS LE CADRE DU PROJET RESCCUE EN PF.....	35
3.1 <i>Synthèse des actions de GIZC et de leur contribution à l'adaptation au changement climatique</i> ..	35
3.2 <i>analyse par thème</i> .....	38
3.2.1 contribution des actions de protection et de gestion (aires protégées) .....	38
3.2.2 contribution des actions d'organisation des zones de mouillages .....	38

3.2.3	contribution des actions de lutte contre l'érosion .....	38
3.2.4	contribution des actions de conservation/réhabilitation écologique .....	39
3.2.5	contribution des actions de sensibilisation et de renforcement des capacités.....	40
<b>BIBLIOGRAPHIE .....</b>		<b>41</b>

## TABLE DES FIGURES

Figure 1 : Les changements chimiques et physiques de l'océan et leurs impacts sur les organismes et les écosystèmes selon les scénarios de plus faibles (RCP2.6) et de plus fortes (RCP8.5) émissions du GIEC (Gattuso et al, 2015) .....	10
Figure 2 : Changement des précipitations moyennes basés sur des moyennes de projections multi modèles pour 2081-2100 par rapport à 1986-2005 pour les scénarios RCP2.6 (à gauche) et RCP8.5 (à droite). GIEC 2014. ....	12
Figure 3 : Evolution annuelle de la température moyenne de l'air à Tahiti (Météo France, 2014).....	15
Figure 4 : Niveau moyen de la mer mesuré au marégraphe de Papeete (NOAA, PSMSL, 2013).....	15
Figure 5 : Niveau moyen de la mer mesuré au marégraphe de Rikitea (NOAA, PSMSL, 2013).....	16
Figure 6 : Risques et impacts des différents scénarios d'acidification des océans et d'augmentation de la température sur les organismes marins et côtiers et les écosystèmes, avec niveaux de confiance (Gattuso <i>et al</i> , 2015).....	18
Figure 7 : Temps d'exposition annuel des nacres supérieur à leur optimum thermique en fonction des différents scénarios d'augmentation de la température (issu de Le Moullac <i>et al</i> , 2015, article soumis) .....	22
Figure 8 : Carte de l'aléa submersion marine de la baie de 'Opunohu (PPR de Moorea, BRGM 2006)	26
Figure 9 : Carte simplifiée des problématiques de gestion et de l'état de conservation de la baie de 'Opunohu (Besson, 2011).....	27
Figure 10 : Représentation de la caractérisation de la ligne de rivage de la baie de 'Opunohu en 2009 (Benêt, 2010) .....	28
Figure 11 : Variation de la richesse spécifique et de l'abondance des groupes macrobenthiques le long de la baie de 'Opunohu. Les stations a1, a2, a3 et a4 se situent du sud au nord soit du fond de baie à l'entrée de baie, côté Est. Adjroud, 2000. ....	29
Figure 12 : Etat et genres de coraux présents dans la baie de 'Opunohu sur le récif frangeant (Benêt 2010).....	30
Figure 13 : Carte de l'aléa Inondation (gauche) et Mouvement de terrain (droite) de la baie de 'Opunohu (PPR Moorea, BRGM 2006) .....	31

## INDEX DES TABLEAUX

Tableau 1 : Evolution projetée de la température moyenne à la surface du globe et de l'évolution du niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale pour le milieu et la fin du XXIe siècle par rapport à la période 1986-2005 (GIEC 2014) .....	3
Tableau 2 : Projections de températures et de précipitations établies pour le scénario RCP4.5 sur un ensemble de 42 modèles globaux, relatives à la période 1986-2005. Le tableau indique les réponses minimales et maximales des 42 modèles pour la température (en degrés Celsius) et les précipitations (en pourcentage de variation). En gris lorsqu'il est prévu une diminution des précipitations moyennes, en vert lorsqu'il est prévu une augmentation des précipitations moyennes (Christensen <i>et al</i> , 2013).....	6
Tableau 3 : Résumé des changements projetés concernant les phénomènes climatiques majeurs affectant la région des petites îles du Pacifique (Christensen <i>et al</i> , 2013) .....	7
Tableau 4 : Actions de la PF dans le cadre de la lutte contre le changement climatique (PCE de Polynésie, 2015) .....	9

## RESUME DU RAPPORT

### ANALYSE SYNTHETIQUE DE LA VULNERABILITE DES SITES PILOTES AUX EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) sont difficiles à adapter au contexte polynésien en raison des multiples spécificités de ce territoire isolé au milieu du Pacifique et soumis à l'influence de phénomènes climatiques de type El Niño. Ce territoire présente des fragilités géomorphologiques (espace géographique très éclaté avec des îles hautes et des atolls), du patrimoine naturel et culturel (forte biodiversité et nombreuses espèces endémiques, manque de connaissances), de l'économie (dépendance aux énergies fossiles et à la qualité des milieux) et une fragilité du tissu social (inégalités).

Les effets du changement climatique (CC) sur les sites pilotes RESCCUE sont déjà observés au niveau de l'augmentation de la température de l'air et de l'eau ou de l'élévation du niveau des mers qui contribue notamment au phénomène d'érosion côtière. En revanche, les données sur les phénomènes météorologiques (précipitations, cyclones...) ne permettent pas d'établir une tendance particulière d'évolution.

Les impacts qui s'ensuivent concernent les milieux avec le risque de modification de la répartition des espèces endémiques terrestres ayant une aire de répartition limitée et très dépendantes de la température, provoquant la libération de niches écologiques favorisant le développement des espèces envahissantes. Le même phénomène se produit au niveau marin avec la fragilisation des récifs et la possible disparition de zones récifales (acidification des eaux marines, blanchissement corallien), le déplacement des espèces de poissons pêchées, des zones de nurseries et leur remplacement par des espèces d'algues ou de poissons envahissants, les efflorescences algales et le risque accru de développement de la ciguatera.

L'érosion et la modification du trait de côte sont d'autres types d'impacts affectant les sites, engendrant des conséquences tant sur les ressources (touristiques, agricoles) que sur les populations (infrastructures).

Enfin, l'acidification de l'océan pourrait avoir des conséquences dramatiques pour les populations des sites pilotes RESCCUE, particulièrement des Gambier dont la ressource principale est constituée par la perliculture.

Les sites pilotes sont vulnérables aux effets du changement climatique, en raison de la fragilité de leurs milieux et de la dépendance des populations à la qualité de leur environnement. En effet, ce sont des zones sur lesquelles différentes pressions s'exercent et se cumulent, les activités humaines amplifiant les phénomènes naturels. De plus, ces sites sont d'ores et déjà soumis aux phénomènes que les effets du changement climatique sont susceptibles d'amplifier.

## CONTRIBUTION DES ACTIONS DU PROJET RESCCUE A L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les actions proposées dans le cadre du projet RESCCUE contribuent à maintenir ou restaurer la résilience des écosystèmes présents dans les deux sites pilotes. C'est particulièrement le cas avec les actions de conservation de la biodiversité (faune et flore) mais également avec les actions de protection et de gestion de site (aires protégées, mise en place de zones de mouillage organisées...) ou de lutte contre l'érosion.

Des écosystèmes côtiers en bon état fournissent de nombreux services utiles aux populations dans la lutte contre les effets du changement climatique. Ainsi la protection d'espaces tant terrestres que marins permet la préservation des récifs coralliens abritant les communautés de poissons et d'invertébrés assurant une ressource aux populations locales et réduisant les risques d'érosion à la côte.

La lutte contre l'érosion des côtes et la préservation des zones littorales servant de tampon entre la mer et la terre permettront d'amortir les effets du changement climatique. Cette lutte se joue par la végétalisation ou revégétalisation des côtes, la protection des récifs ou la mise en place de zones de mouillages organisées évitant la destruction des herbiers de phanérogames ou des récifs.

Les actions de conservation et de réhabilitation écologiques réduisent la vulnérabilité des écosystèmes et augmentent leur résilience. En encourageant le développement des populations endémiques, le développement des espèces envahissantes est limité, la tenue et la fertilité des sols sont favorisées, réduisant les impacts sur les écosystèmes marins situés en aval.

Les actions transversales de sensibilisation et de formation axées sur le transfert des connaissances favorisent la prise de conscience et la compréhension du changement climatique. Elles permettent d'acquérir des comportements protecteurs et durables, favorisant l'adaptation des populations et la résilience des milieux.



# ANALYSE SYNTHETIQUE DE LA VULNERABILITE DES SITES PILOTES AUX EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE

## 1. RISQUES ET CHANGEMENT CLIMATIQUE

### 1.1 LE CONTEXTE MONDIAL

Les rapports du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC) compilent un très grand nombre d'études de centaines de chercheurs. Il a publié en novembre 2014, la synthèse de son 5<sup>ème</sup> rapport après ceux de 1990, 1995, 2001 et 2007. Quelques chiffres (non exhaustifs) mondiaux tirés de ce 5<sup>ème</sup> rapport :

**Tableau 1 : Evolution projetée de la température moyenne à la surface du globe et de l'évolution du niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale pour le milieu et la fin du XXI<sup>e</sup> siècle par rapport à la période 1986-2005 (GIEC 2014)**

		2046–2065		2081–2100	
		Moyenne	Plage probable <sup>c</sup>	Moyenne	Plage probable <sup>c</sup>
Évolution de la température moyenne à la surface du globe ( °C) <sup>a</sup>	RCP2,6	1,0	0,4 à 1,6	1,0	0,3 à 1,7
	RCP4,5	1,4	0,9 à 2,0	1,8	1,1 à 2,6
	RCP6,0	1,3	0,8 à 1,8	2,2	1,4 à 3,1
	RCP8,5	2,0	1,4 à 2,6	3,7	2,6 à 4,8
		Moyenne	Plage probable <sup>d</sup>	Moyenne	Plage probable <sup>d</sup>
Élévation du niveau moyen de la mer à l'échelle mondiale (m) <sup>b</sup>	RCP2,6	0,24	0,17 à 0,32	0,40	0,26 à 0,55
	RCP4,5	0,26	0,19 à 0,33	0,47	0,32 à 0,63
	RCP6,0	0,25	0,18 à 0,32	0,48	0,33 à 0,63
	RCP8,5	0,30	0,22 à 0,38	0,63	0,45 à 0,82

#### ***Des contraintes climatiques dues aux émissions de Gaz à Effet de Serre (GES)...***

Les émissions de GES sont en forte augmentation depuis le début de l'ère industrielle au XIX<sup>ème</sup> siècle: les concentrations atmosphériques de CO<sub>2</sub> sont passées d'une valeur préindustrielle d'environ 280 ppm (parties par million) à 379 ppm en 2005, le seuil des 400 ppm a été franchi à la station d'observation de Hawaï en mai 2013. Cette augmentation de la concentration des GES, majoritairement liée à la combustion des énergies fossiles, a été mise en relation avec une augmentation mondiale moyenne de la température de l'air près de la surface de la Terre de 0,85°C sur un siècle, de 1880 à 2012 (GIEC, 2014).

#### ***Des zones plus sensibles que d'autres et des impacts divers...***

Une forte vulnérabilité des zones basses littorales à l'élévation du niveau marin, en particulier pour les atolls, avec des conséquences pour la sécurité des biens et des personnes, pour les milieux et pour l'économie locale (tourisme notamment), souvent directement liée aux services écosystémiques fournis par ces milieux.

Des impacts sur les milieux marins: le déplacement de l'aire de répartition des espèces et l'acidification de l'océan touchant directement les récifs coralliens ont et auront des conséquences sur les activités de pêche et de perliculture.

## **1.2 LE CONTEXTE DES PETITES ILES DU PACIFIQUE**

Le rapport du GIEC 2014 synthétise les impacts observés des changements climatiques à l'échelle mondiale. Le réchauffement de l'atmosphère attendu à la fin du XXI<sup>e</sup> siècle sera plus prononcé sur les surfaces continentales que sur l'océan. De même, l'élévation du niveau des mers ne sera pas uniforme, certaines régions étant sujettes à d'importantes fluctuations autour de la moyenne globale (Hopuare, 2014).

Le zoom du rapport du GIEC sur les petites îles, qui s'adapte en partie au contexte de la Polynésie française, met en évidence les principaux risques régionaux induits par le changement climatique et les perspectives d'adaptation.

Ainsi, l'élévation du niveau moyen de la mer au cours du XXI<sup>e</sup> siècle menacera les zones côtières de faible élévation (degré de confiance élevé). Les incidences négatives sur les moyens de subsistance, les établissements côtiers, les infrastructures, les services écosystémiques et la stabilité économique sont également mises en évidence.

Cependant les îles disposent d'un potentiel important d'adaptation, même s'il constitue un défi important sur le plan du financement et de l'utilisation des ressources. Il nécessitera le maintien et le renforcement des fonctions et services écosystémiques, des ressources en eau et de la sécurité alimentaire. Cela comprend la remise en état des territoires et des écosystèmes côtiers, la gestion améliorée des sols et des ressources en eau douce, la mise en œuvre de codes du bâtiment et de modèles d'établissements humains appropriés...

### **1.2.1 LE CLIMAT DU PACIFIQUE TROPICAL**

Le climat du Pacifique tropical montre des variations naturelles importantes spatiales et temporelles, influencées par les phénomènes d'oscillations australes El Niño et La Niña (son opposé) regroupés sous le terme d'ENSO. El Niño, en déplaçant les masses d'eau chaudes de surface normalement maintenues à l'ouest par les alizés, vers l'est, entraîne de fortes précipitations et la disparition de la zone d'upwelling le long des côtes chiliennes. De plus, des phénomènes climatiques particuliers interagissent dans cette partie du Pacifique et sont extrêmement difficiles à modéliser :

- La Zone de Convergence du Pacifique Sud (ZCPS) : bande de forte nébulosité et de fortes précipitations convectives localisée du Pacifique ouest à la Polynésie française. Cette zone a tendance à remonter vers l'équateur en période de El Niño.
- La Zone de Convergence inter-tropicale (ZCIT) : ceinture de basses pressions située près de l'équateur caractérisée par des mouvements convectifs et des précipitations importantes. Elle oscille de l'hémisphère nord à l'hémisphère sud selon un rythme annuel. Elle est généralement placée au nord de l'équateur dans la partie est du Pacifique, et a tendance à descendre vers le sud en période de El Niño.

Les phénomènes ENSO ont une influence importante sur le niveau de la mer et le risque de cyclones tropicaux dans la région. Les températures de l'air et de l'eau sont également affectées, comme les précipitations. La modification de la position des zones de convergence lors des phénomènes El Niño provoque une augmentation des précipitations vers l'équateur et une diminution des précipitations dans le Pacifique nord-ouest et sud-ouest (CSIRO *et al*, 2015).

La **température moyenne de l'air** a augmenté depuis la moitié du XXe siècle (+0.9°C en moyenne pour le Pacifique entre 1961 et 2011, avec un maximum de 1.70°C pour Tahiti), la dernière décennie ayant été la plus chaude jamais enregistrée. Les jours les plus chauds de l'année deviennent plus chauds qu'auparavant et ces températures vont continuer à augmenter. Ce réchauffement est légèrement moindre dans les régions du Pacifique tropical nord-ouest et du Pacifique subtropical sud.

D'autre part, le nombre de jours et de nuits anormalement chauds dans l'année a augmenté tandis que le nombre de jours et de nuits plus frais a diminué.

**Précipitations** : Le Pacifique tropical sud-ouest est devenu plus humide les 30 dernières années tandis que les régions centrales sont devenues plus sèches, essentiellement dus aux variations naturelles du climat. Les précipitations étant extrêmement variables d'une région à l'autre et d'une saison à l'autre, ainsi que d'une année à l'autre, il est très difficile de mettre en évidence une tendance particulière. La plupart de ces variations sont directement attribuables à la présence des zones de convergence ou aux phénomènes de mousson et d'El Niño.

La **température moyenne de la mer** est soumise à des variabilités naturelles annuelles dues aux phénomènes ENSO (El Niño et La Niña). Ces phénomènes influent également sur le niveau de la mer qui varie durant l'année de 0.2m. Le long de l'équateur, le niveau est 0.5m plus haut à l'ouest (iles Salomon) qu'à l'est (Galapagos). Le niveau moyen du Pacifique tropical mesuré par satellite a toutefois augmenté depuis les années 1990 à aujourd'hui, de 3,2mm/an (+/-0,4mm). La température moyenne de la mer influe également sur l'acidification de l'océan, qui varie à un rythme saisonnier et annuel ainsi que selon les régions. Ainsi, les régions équatoriales du centre et du sud de l'équateur montrent le plus de variabilités tandis que celles du Pacifique tropical ouest et du nord de l'équateur en présentent moins. Les phénomènes ENSO influencent ces variations, l'acidité étant plus faible en conditions El Niño que La Niña, ce qui tendrait à compenser l'augmentation du risque de blanchissement corallien survenant lors des épisodes El Niño.

Les **cyclones** tropicaux sont largement influencés par les phénomènes ENSO, qui modifient les vents et les températures de surface des eaux. Ainsi pendant les phases La Niña, lorsque le bassin équatorial Pacifique ouest est plus chaud que l'est, les cyclones se forment plus fréquemment dans l'ouest. L'inverse se produit en conditions El Niño. Les tendances sont délicates à établir et bien que l'on ne dispose pas encore du recul nécessaire, il semble que les cyclones aient diminué en nombre durant les dernières décennies dans le Pacifique ouest.

### 1.2.2 CHANGEMENT CLIMATIQUE : LES PREVISIONS POUR LE PACIFIQUE TROPICAL

Dans l'Océan Pacifique, la crainte de l'aléa climatique est particulièrement justifiée pour les habitants des nombreuses îles qui le parsèment. Les phénomènes El Niño et La Niña sont difficilement modélisables. Cependant, tous les modèles de prédictions climatiques indiquent qu'ils auront un impact significatif et que les phénomènes extrêmes seront plus fréquents dans le futur. Ils entraîneront alors des précipitations plus intenses dans le Pacifique équatorial, notamment les régions du centre-est et de l'ouest.

Les **températures** vont continuer à augmenter, les modèles de prédictions climatiques indiquent une augmentation de 0,5 à 1°C pour le Pacifique tropical ouest (relatif à la période 1986-2005) à l’horizon 2030, pour tous les scénarios.

Les **précipitations** moyennes devraient augmenter dans le futur dans la plupart des régions du Pacifique tropical ouest, avec des événements extrêmes plus intenses et plus fréquents. Par exemple, des événements extrêmes survenant tous les 20 ans en moyenne pourraient survenir tous les 7 à 10 ans en moyenne d’ici 2090, dans le scénario le plus optimiste, tous les 4 à 6 ans dans le scénario le plus pessimiste. Mais les modèles présentent de fortes incertitudes sur le long terme en raison des variabilités naturelles.

**Tableau 2 : Projections de températures et de précipitations établies pour le scénario RCP4.5 sur un ensemble de 42 modèles globaux, relatives à la période 1986-2005. Le tableau indique les réponses minimales et maximales des 42 modèles pour la température (en degrés Celsius) et les précipitations (en pourcentage de variation). En gris lorsqu’il est prévu une diminution des précipitations moyennes, en vert lorsqu’il est prévu une augmentation des précipitations moyennes (Christensen *et al*, 2013).**

RCP4.5			Temperature (°C)					Precipitation (%)				
REGION	MONTH <sup>a</sup>	Year	min	25%	50%	75%	max	min	25%	50%	75%	max
<b>The Pacific</b>												
Northern Tropical Pacific	DJF	2035	0.2	0.5	0.6	0.7	0.9	-7	-2	0	3	11
		2065	0.7	1.0	1.1	1.4	1.9	-4	-2	1	6	12
		2100	0.9	1.2	1.4	1.7	2.4	-6	-1	1	5	20
	JJA	2035	0.3	0.5	0.6	0.7	1.0	-11	-2	1	3	8
		2065	0.6	0.9	1.0	1.3	2.0	-9	-2	2	5	9
		2100	0.8	1.1	1.4	1.8	2.6	-11	-1	2	4	16
	Annual	2035	0.3	0.5	0.6	0.7	1.0	-8	-2	1	3	7
		2065	0.6	1.0	1.1	1.3	1.9	-7	-1	1	4	9
		2100	0.9	1.2	1.4	1.7	2.4	-8	0	1	4	18
Equatorial Pacific	DJF	2035	0.1	0.5	0.6	0.7	1.2	-9	-1	7	11	44
		2065	0.5	1.0	1.2	1.4	2.5	-4	5	12	19	226
		2100	0.4	1.2	1.5	1.8	3.3	-27	7	16	29	309
	JJA	2035	0.1	0.5	0.6	0.7	1.1	-18	5	10	14	40
		2065	0.7	1.0	1.1	1.4	2.3	0	11	15	25	143
		2100	0.5	1.2	1.5	1.8	2.9	-19	13	23	33	125
	Annual	2035	0.1	0.5	0.7	0.7	1.1	-11	3	7	12	40
		2065	0.7	1.0	1.2	1.4	2.3	-1	7	12	24	194
		2100	0.5	1.2	1.4	1.8	2.9	-23	13	19	29	225
Southern Pacific	DJF	2035	0.3	0.4	0.5	0.6	0.9	-7	-1	1	2	6
		2065	0.6	0.8	1.0	1.2	1.5	-22	0	2	4	6
		2100	0.8	1.0	1.3	1.5	2.0	-24	-1	3	5	8
	JJA	2035	0.3	0.4	0.5	0.6	0.9	-10	0	1	3	8
		2065	0.6	0.8	1.0	1.1	1.6	-18	-1	1	4	7
		2100	0.8	1.0	1.2	1.5	2.1	-17	-2	2	4	10
	Annual	2035	0.3	0.4	0.5	0.6	0.9	-8	0	1	2	7
		2065	0.6	0.8	1.0	1.1	1.6	-21	0	2	3	5
		2100	0.8	1.1	1.2	1.5	2.0	-21	0	2	4	6

Les **températures moyennes de la mer** devraient continuer d’augmenter, avec des périodes à risque pour le blanchissement des coraux plus longues, survenant plus souvent. D’autre part, l’augmentation de la température de la mer induit une élévation du niveau de la mer due à la dilatation des eaux. L’élévation du niveau moyen de la mer dans le Pacifique tropical est estimée à l’horizon 2100 entre 0.26 et 0.82m, selon le niveau des émissions. L’augmentation des températures provoque une acidification des océans (diminution du pH) qui va également se poursuivre dans le futur. Les conditions vont devenir critiques pour la survie des coraux dans le Pacifique équatorial du

centre dans les décennies à venir, s'étendant progressivement à tous les récifs selon les scénarios d'émissions.

Les modèles de prédiction du climat suggèrent une diminution (non significative) de la fréquence des **cyclones** tropicaux dans le sud-ouest du Pacifique et une augmentation (non significative) dans les régions nord. Les cyclones seraient moins fréquents dans l'ensemble mais les phénomènes plus intenses surviendraient plus souvent.

**Tableau 3 : Résumé des changements projetés concernant les phénomènes climatiques majeurs affectant la région des petites îles du Pacifique (Christensen *et al*, 2013)**

Région	Phénomènes tropicaux	El Niño	Cyclones tropicaux
Iles du Pacifique	Intensification des précipitations moyennes le long de l'équateur avec intensification de la ZCIT. Episodes de la ZPCS plus fréquents réduisant les précipitations dans le sud-ouest et les augmentant à l'est <i>Pertinence forte</i> <i>Degré de confiance fort</i> <i>Impact du phénomène dans la région faible</i>	Intensification des précipitations moyennes dans le centre et l'est Pacifique si les phénomènes El Niño deviennent plus fréquents ou plus intenses <i>Pertinence moyenne</i> <i>Degré de confiance fort</i> <i>Impact du phénomène dans la région faible</i>	Intensification des précipitations extrêmes au niveau du centre des cyclones tropicaux passant sur ou près des îles du Pacifique <i>Pertinence forte</i> <i>Degré de confiance fort</i> <i>Impact du phénomène dans la région fort</i>

### **1.3 LE CONTEXTE POLYNESIEN**

La Polynésie française est extrêmement vulnérable face au changement climatique. D'une part, l'augmentation du niveau de l'océan réduit les zones terrestres habitables, accroît les risques liés aux phénomènes extrêmes de marée et contamine les nappes d'eau souterraine. D'autre part, le réchauffement accéléré de l'atmosphère et de l'océan s'accompagne de changements de grande échelle qui peuvent affecter la saison des pluies, causant par exemple une diminution ou une augmentation à long terme des cumuls saisonniers, et donc la ressource en eau potable. Ce réchauffement peut également augmenter la fréquence d'événements extrêmes de précipitations telles que sécheresses et inondations. Même si aucun consensus n'est admis dans le dernier rapport du GIEC sur la fréquence des cyclones tropicaux, un accord semble émerger en ce qui concerne la proportion croissante des cyclones tropicaux de forte intensité. L'évolution des caractéristiques de ces phénomènes extrêmes figure parmi les conséquences potentielles du changement climatique les plus redoutées. Tous ces éléments vont engendrer des impacts sur la sécurité et la santé des populations, sur la biodiversité (récifs coralliens, flore et faune terrestre endémique,...) et sur l'économie (agriculture, pêche, tourisme) (Hopuare, 2014).

En résumé, les vulnérabilités multiples de la Polynésie française dues aux spécificités propres à ce territoire, isolé au milieu de l'océan Pacifique, concernent les aspects géomorphologiques, le patrimoine naturel et culturel, l'économie ou le tissu social...

### 1.3.1 FRAGILITES GEOMORPHOLOGIQUES

La Polynésie française présente un espace géographique morcelé, très éclaté et étalé dans l'espace avec des terres aux caractéristiques très différentes :

- Atolls (îles basses) accueillant des activités humaines, menacés par l'élévation de température de l'océan conduisant à l'élévation du niveau marin, engendrant de nombreux risques (des problèmes d'érosion côtière aux phénomènes de salinisation des lentilles d'eau douce) et par l'acidification des océans ; la Polynésie française détient 85 des 425 atolls du monde (Bellard *et al*, 2013).
- Iles hautes et atolls accueillant des activités humaines, menacés par la disparition des coraux : perte de leur rôle protecteur contre les houles.

### 1.3.2 FRAGILITES DU PATRIMOINE NATUREL ET CULTUREL

La Polynésie possède une très grande biodiversité avec de nombreuses espèces endémiques, des ressources naturelles peu ou pas connues pour certains groupes et une diversité et un étalement du patrimoine culturel méconnu. Les espèces endémiques vivant sur des territoires très limités dans l'espace sont très vulnérables et peu adaptables donc particulièrement sensibles aux phénomènes d'intrusion saline, de submersion, d'érosion du sol ou des changements climatiques (Bellard *et al*, 2013).

### 1.3.3 FRAGILITES DE L'ECONOMIE

L'économie polynésienne est fortement dépendante du capital naturel. L'isolement du territoire engendre une dépendance aux énergies fossiles importées.

Les principaux secteurs économiques sont dépendants des produits pétroliers (activités de transports, production d'énergie) mais également du bon état écologique des milieux (pêche, perliculture, éco-tourisme etc...) et notamment de la qualité physico-chimique des eaux marines. En effet, la perliculture, activité à haute valeur ajoutée, pourrait être fortement impactée par le risque d'acidification des eaux ou encore par l'apparition de blooms phytoplanctoniques (détail dans la section 2.2.1).

Le secteur de la pêche est également fragilisé, il en est de même du tourisme qui est fortement basé sur la qualité du patrimoine naturel et culturel. Détails dans les sections 2.2.2 et 2.2.4.

### 1.3.4 FRAGILITES DU TISSU SOCIAL

Les conséquences du CC risquent d'amplifier la fracture sociale car de grandes inégalités sociales sont présentes en Polynésie, avec une société en mutation montrant un phénomène de décohérence.

### 1.3.5 ACTIONS ET INITIATIVES

Depuis 2005, de nombreuses actions et initiatives ont été portées par la Polynésie française dans le cadre de la lutte contre le CC :

Tableau 4 : Actions de la PF dans le cadre de la lutte contre le changement climatique (PCE de Polynésie, 2015)

<b>2005</b>	<b>1<sup>ère</sup> participation</b> de la Polynésie française à la réunion <b>des parties de la Convention Cadre des Nations Unies</b>
<b>2008</b>	<b>Résolution n°2008-5 R/APF</b> demandant l'inscription, au titre des priorités de la Nation française, <b>de la montée des eaux, du réchauffement climatique et leurs impacts sur les atolls, les littoraux et les îles hautes de Polynésie française</b>
<b>2009</b>	Etude sur l'état des lieux sur les enjeux du changement climatique en Polynésie française initiée et financée par le Pays
<b>2011</b>	Organisation d'un colloque régional sur l'aménagement du littoral dans la perspective du changement climatique à Tahiti
<b>2012</b>	<b>1<sup>ère</sup> phase d'instauration du Plan Climat Stratégique (PCS)</b> de la Polynésie française initiée par le ministère en charge de l'énergie
<b>Mai 2015</b>	Lancement du <b>Plan Climat Énergie (PCE) de la Polynésie française</b>
<b>Juillet 2015</b>	<b>Signature du PACT</b> (Polynesia Against Climate Threats <sup>1</sup> ) pris par le Polynesian Leaders Group <sup>2</sup>
<b>Juillet 2015</b>	Organisation du <b>Symposium sur la vulnérabilité des îles basses polynésiennes et du Pacifiques aux effets du CC</b>
<b>Septembre 2015</b>	<b>Validation</b> des travaux du PCE en <b>Conseil des Ministres</b>
<b>Décembre 2015</b>	<b>Portage du projet à la COP 21<sup>3</sup> à Paris</b>

### 1.4 LE CLIMAT DE POLYNESIE FRANÇAISE-SYNTHESE

Bien que jouissant d'un climat tropical, la forte extension méridionale de la Polynésie française se traduit par quelques spécificités régionales dans le cycle saisonnier des archipels. L'archipel des Marquises, tout au nord (9°S), bénéficie d'un climat de type tropical aride en raison de sa proximité à l'équateur. Il est caractérisé par des pluies modérées, des températures élevées et un bon ensoleillement relativement distinct du climat des îles Australes et des îles Gambier (où se situe l'un des sites RESCCUE), les plus au sud (23°S). Ces dernières connaissent à la fois l'influence d'un climat tropical pendant la saison chaude et celle d'un climat tempéré au cours de la saison fraîche. Les précipitations sont abondantes toute l'année et les températures sont les plus fraîches de Polynésie française. Entre ces deux groupes d'îles aux climats les plus contrastés on trouve les archipels de la

<sup>1</sup> Polynésie contre les menaces climatiques

<sup>2</sup> Groupe des dirigeants polynésiens. Ce dernier regroupe dirigeants de la Polynésie française, de Niue, des îles Cook, de Samoa, de Tonga, de Tokelau et de Tuvalu

<sup>3</sup> 21<sup>ème</sup> conférence des parties (COP-21) à la Convention-cadre des Nations Unies sur les changements climatiques

Société (où se situe l'un des sites RESCCUE) et des Tuamotu. Le premier est constitué d'îles hautes au relief bien marqué. L'archipel des Tuamotu est formé d'une multitude d'îles coralliennes basses constituées d'un récif barrière enfermant un lagon (les atolls). Le climat de ces deux archipels est très similaire, de type tropical humide avec des pluies abondantes en saison chaude (novembre à avril) qui se raréfient en saison fraîche (mai à octobre). (Hopuare, 2014).

### 1.5 EFFETS DU CHANGEMENT CLIMATIQUE (CC) EN POLYNÉSIE FRANÇAISE

La Polynésie française est donc concernée par diverses facettes du changement climatique. Le niveau de la mer est étudié par les chercheurs du LEGOS (Laboratoire d'Etudes en Géophysique et Océanographie Spatiale), les phénomènes cycloniques par Météo France, les précipitations par Météo France et l'Université de Polynésie française, notamment pour Tahiti. Les effets du CC dépendent d'une combinaison de facteurs, dont l'assemblage et les interactions varient dans l'espace et auxquels s'ajoutent les pressions d'origine anthropique (dégradation des écosystèmes côtiers, urbanisation incontrôlée...).

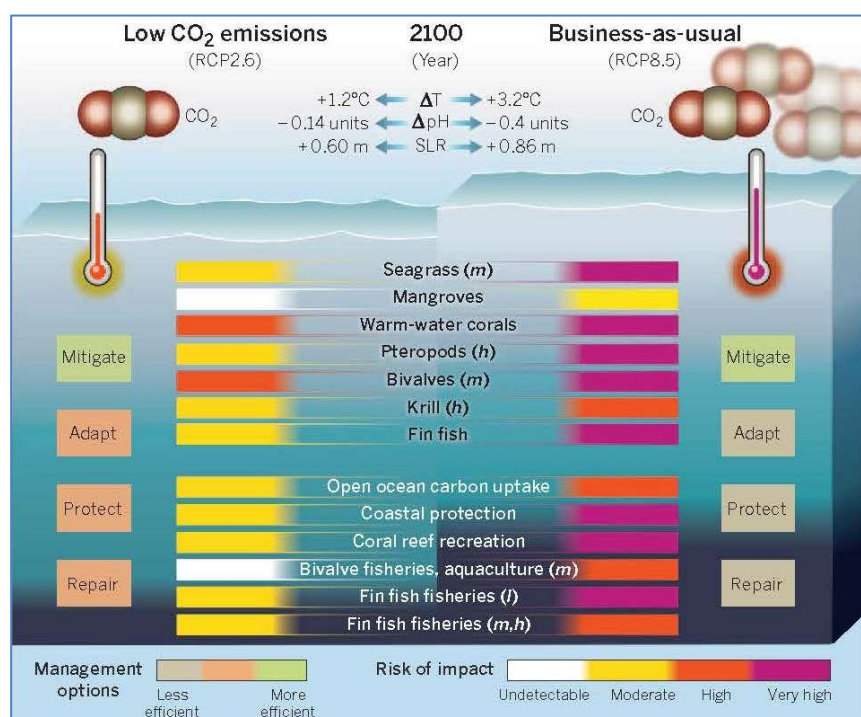
D'autre part, les connaissances sur les capacités d'adaptation des coraux par exemple aux changements de leurs conditions de vie sont très insuffisantes et généralement cantonnées aux expériences de laboratoire.

Les prévisions du GIEC selon les différents scénarios d'émissions, à l'horizon 2100 indiquent :

- Température de l'eau : +1.2 à +3.2°C
- Variation du niveau de la mer : +60 à +86cm
- Acidification des océans : diminution du pH de 0.14 à 0.4 unités.

Avec un risque d'impact très fort pour les récifs coralliens notamment.

Figure 1: Les changements chimiques et physiques de l'océan et leurs impacts sur les organismes et les écosystèmes selon les scénarios de plus faibles (RCP2.6) et de plus fortes (RCP8.5) émissions du GIEC (Gattuso et al, 2015)





### 1.5.1 PERTURBATIONS CLIMATIQUES ET SAISONNIERES

Il est important de préciser qu'il faut un jeu de données de 50 ans pour pouvoir mettre statistiquement en évidence un effet du changement climatique, ce qui n'est pas le cas pour la plupart des stations météo de Polynésie française. Ceci est valable pour tous les paramètres, des précipitations au suivi des cyclones, de la mesure du niveau marin à l'observation des houles. Le travail d'homogénéisation des données sur le long terme est extrêmement long et est en cours de réalisation actuellement uniquement sur les archipels des Marquises et de la Société (où se situe le site pilote de Moorea). La Polynésie française, de par son éclatement géographique, présente de grandes variations de climat entre ses archipels. Ces variations sont encore amplifiées par les 2 phénomènes qui impactent fortement le climat localement : la zone de convergence du Pacifique Sud (ZCPS) et l'oscillation Australe El Niño.

Le **réchauffement de l'air** est de l'ordre de +1°C en Polynésie française sur les 30 dernières années (Météo France Polynésie française). Le GIEC prévoit jusqu'en 2050, une élévation de 0.5 à 1°C de la température de l'air (tous les scénarios), puis pour 2100, une augmentation de 0.5 à 1°C pour le scénario de plus faible émissions, de 2 à 4°C pour le scénario de plus fortes émissions (indice de confiance moyen).

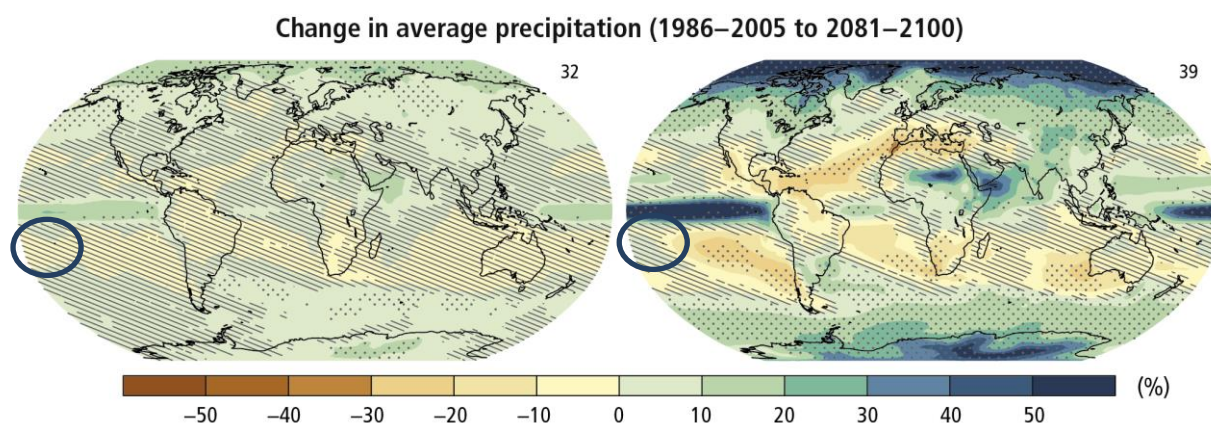
D'après les météorologues, et bien que n'ayant pas un jeu de données suffisant pour établir une réelle tendance (inférieur à 50 ans), les **cyclones** ne seraient **pas plus fréquents, mais plus violents** avec le réchauffement climatique (GIEC, 2014, indice de confiance moyen) jusqu'en 2050. En effet, par la suite, les modèles indiquent un décalage des centres d'activités vers le sud. On constate depuis les années 1970 que le nombre d'évènements cycloniques de catégories 4 et 5 a augmenté. Cette intensification est en partie liée à l'augmentation de la température de surface de la mer, avec une influence du phénomène El Niño qui tend à accroître de 40% l'intensité des cyclones. Cependant, les modèles du GIEC sont dans l'incapacité de reproduire le phénomène de la ZCPS et de El Niño, qui ont pourtant une très forte influence sur le climat du Pacifique Sud.

Une **diminution significative des précipitations** est observée à l'échelle du Pacifique depuis les années 1970, associée à la récurrence d'évènements de type El Niño (pendant lesquels les précipitations augmentent). Localement, au niveau de la Polynésie française, aucune tendance de variation des précipitations n'a été mise en évidence, excepté pour une station des Marquises pour laquelle on observe une tendance inverse avec une **augmentation des précipitations**. On constate une augmentation de la fréquence des évènements pluvieux intenses mais ponctuels, dus à la ZCPS pour les Iles du Vent (archipel dans lequel se situe le site pilote de Moorea) et aux phénomènes El Niño, donc non directement liés au CC. D'autre part, la variabilité annuelle des précipitations est trop importante sur les îles hautes pour conclure de manière satisfaisante (Météo France Polynésie française).

D'après les expertises du GIEC en 2014, Les changements de précipitations ne seront pas uniformes. Les hautes latitudes et le Pacifique équatorial sont susceptibles de connaître une augmentation des moyennes annuelles de précipitations dans le scénario d'émissions les plus fortes (RCP8.5). Dans beaucoup de régions sèches des latitudes moyennes et subtropicales, la moyenne des précipitations diminuera probablement, alors que dans de nombreuses régions humides aux latitudes moyennes,

les moyennes des précipitations augmenteront probablement pour RCP8.5. Les événements de très fortes précipitations deviendront probablement plus intenses et plus fréquents sur la plupart des régions continentales aux moyennes latitudes et dans les régions tropicales humides. Une diminution modérée des précipitations pendant la saison sèche dans les îles de la Société et les Tuamotu, avec augmentation d'environ 10% des précipitations pendant les événements El Niño jusqu'en 2050, puis 15 à 20% jusqu'en 2100 (scénario intermédiaire RCP4.5). D'autre part, il semble qu'avec le réchauffement induit par l'augmentation des gaz à effet de serre, les côtes au vent de l'île (de Tahiti ou de Moorea) soient de plus en plus arrosées au fil du 21ème siècle.

Superposé au changement climatique, le phénomène ENSO influence les précipitations à des intervalles de temps interannuels. Les événements El Niño accentuent ponctuellement les anomalies positives des stations au vent. Au contraire, les événements La Niña inversent la tendance à long terme de l'augmentation des pluies induite par le changement climatique en générant des anomalies négatives. On note une réduction de l'impact des événements El Niño sur les pluies à la fin du 21ème siècle dans le cas du scénario RCP8.5 (Hopuare *et al*, 2014).



**Figure 2 : Changement des précipitations moyennes basés sur des moyennes de projections multi modèles pour 2081-2100 par rapport à 1986-2005 pour les scénarios RCP2.6 (à gauche) et RCP8.5 (à droite). GIEC 2014.**

*Le nombre de modèles utilisés pour calculer la moyenne multi modèle est indiqué dans le coin supérieur droit de chaque panneau. Les pointillés indiquent les régions où le changement prévu est important par rapport à la variabilité naturelle interne et où au moins 90% de modèles sont d'accord sur le signe de changement. Le hachurage indique les régions où le changement projeté est à moins d'un écart type de la variabilité naturelle interne.*

### 1.5.2 AUGMENTATION DE LA TEMPERATURE

Le **réchauffement des eaux** a été mesuré dans les lagons de Polynésie française, il est de 0.25°C sur les 20 dernières années.

L'augmentation du CO<sub>2</sub> dans l'atmosphère implique une augmentation du CO<sub>2</sub> dans les océans qui jouent un rôle de réservoir, entraînant une diminution du pH de l'eau de mer prévue de 0.3 à 0.4 unités (d'ici 2100), c'est l'**acidification des océans**. C'est un phénomène qui a de lourdes répercussions sur la chimie de base de l'océan, puis par effet domino sur les organismes (diminution de la calcification chez les organismes à squelette ou coquille calcaire) et les écosystèmes. Ainsi les coraux,

les huîtres perlières sont particulièrement concernés. Les spécialistes ont montré que les conséquences deviendront très importantes pour les coraux au-dessus d'une concentration en CO<sub>2</sub> atmosphérique de 500ppm (Hoegh-Guldberg *et al*, 2014). Il est à noter qu'aujourd'hui, l'acidification des océans n'est pas encore mesurable et qu'aucune variation du pH des lagons de Polynésie n'a été mise en évidence. Ce dernier est stable, à 8.2 unités en moyenne.

Un changement du pH des océans pourrait également avoir un effet sur les poissons pélagiques, notamment en provoquant une diminution du pH du sang des thons (acidose), ou en altérant la formation des otolithes constitués d'aragonite (augmentation de la taille des otolithes, peu de recherches sur le sujet) et jouant un rôle prépondérant dans l'orientation des poissons et leur ouïe, essentiellement aux stades larvaires. L'influence du pH sur l'acoustique des océans ou sur la diminution de la disponibilité en phytoplancton et zooplancton calcifié, à la base de la chaîne alimentaire des thons sont encore peu renseignés mais à prendre en compte (Lehodey *et al*, 2011).

L'augmentation de la température des mers est source de stress pour les récifs coralliens, pouvant conduire à des phénomènes de **blanchissement des coraux** entraînant leur mortalité lorsque le stress est de longue durée ou trop important. Le mécanisme du phénomène consiste en l'expulsion des microalgues symbiotiques vivant dans les coraux entraînant un ralentissement ou un arrêt des fonctions primaires de la colonie corallienne c'est à dire sa croissance, sa capacité de reproduction etc. Si le stress perdure, il y a mort totale ou partielle des colonies coralliennes, lesquelles sont rapidement recouvertes par des gazons algaux.

Le suivi des anomalies de température de surface de la mer par satellites révèle une corrélation forte entre les épisodes de blanchissement corallien et les périodes où la température de surface de la mer excède la température maximale d'été de 1 à 2°C durant 3 à 4 semaines, spécialement durant les épisodes El Niño forts. Les modèles développés pour la PF sur la période 1860-2100 montrent que les températures de surface sont restées inférieures au seuil critique jusqu'en 1970, aucun épisode de blanchissement ne s'est produit jusque-là. Mais depuis, l'augmentation des températures de surface liée au CC est avérée, le seuil étant dépassé pendant les épisodes El Niño, produisant un phénomène de blanchissement (ex 1998). Les modèles prévoient une fréquence de blanchissement corallien annuelle à partir de 2050, qui pourrait remettre en cause la capacité des coraux à se maintenir (Hoegh-Guldberg *et al*, 2011). Ceci reste toutefois hypothétique et dépendant de la résilience des coraux, selon les espèces, leur lieu de vie, leur capacité d'adaptation, leur degré d'affaiblissement.

Il a été mis en évidence que la **dynamique des stocks de nombreux poissons pélagiques** est liée à la variabilité du climat, notamment aux variations de températures de surface des océans. Cela affecte la répartition et les zones de migration des espèces marines, la survie des larves et le recrutement des juvéniles. Dans le Pacifique équatorial, les déplacements est-ouest des bonites sont corrélés aux phénomènes El Niño et à la localisation des zones d'eaux chaudes de surface. Ainsi, en conditions normales, les bonites se concentrent préférentiellement dans la partie ouest du Pacifique tropical alors qu'en période d'El Niño, elles se répartissent entre l'est et l'ouest du bassin (Lehodey *et al*, 2011).

**L'augmentation du pompage d'eau par les cocotiers** et le reste de la végétation avec l'augmentation de la température de l'air, augmente la pression sur les ressources en eau, notamment les lentilles dans les atolls.

### 1.5.3 L'ÉLEVATION DU NIVEAU DES MERS

Le niveau de la mer dans le Pacifique s'élève 3 à 4 fois plus vite qu'ailleurs, sous l'effet combiné de la subsidence des îles volcaniques et des paramètres océanographiques, ainsi qu'à la variabilité naturelle du niveau marin en réponse aux phénomènes ENSO. Cependant en moyenne sur la Polynésie française, le niveau moyen mesuré sur tous les marégraphes en place montre une élévation relative plus restreinte, de 7.5cm en 31 ans, soit moins de 0.25cm/an.

Les effets de l'élévation du niveau des mers seront particulièrement dangereux pour la Polynésie française en raison de l'importante contribution de ce territoire (et de celui de la Nouvelle Calédonie) à la biodiversité globale, particulièrement pour les atolls. L'étude de Bellard (2013) s'est attachée à montrer les effets de l'augmentation du niveau marin sur les îles françaises du monde, notamment la Polynésie française et la Nouvelle-Calédonie. Dans le scénario le plus pessimiste, avec une hausse de 3m du niveau de la mer, ce sont plus de 30% de la surface des îles polynésiennes qui disparaîtraient (Bellard *et al*, 2013).

Avec la montée du niveau marin, le **risque de submersion** du bord de mer est accru, notamment lors des phénomènes de fortes houles, de marées de tempête ou de passage de dépressions tropicales (houle amplifiée par le vent). Ce risque dépend de la morphologie du littoral et des aménagements qui y ont été apportés. Il provoque une érosion des côtes et un recul du trait de côte.

L'élévation du niveau de la mer et la submersion marine ont un effet mécanique de réduction des aquifères entraînant des phénomènes de **salinisation de la nappe** phréatique, notamment dans les îles basses et les atolls, qui en sont fortement dépendant. Peu d'espèces végétales comestibles tolèrent le sel, mis à part le cocotier.

## 1.6 ZOOM SUR LES SITES PILOTES RESCCUE

### 1.6.1 MOOREA – BASSIN VERSANT ET BAIE DE 'OPUNOHU

#### 1.6.1.1 Climat :

- Augmentation de la température moyenne de l'air (station voisine de Tahiti Faa'a) de 1985 à 2014 de +1°C (Météo France, 2014). La tendance linéaire de la température moyenne à la station de Faa'a a été estimée sur la période 1962-2010, elle correspond à un réchauffement de 3°C/siècle. Ce résultat n'est qu'indicatif car il provient de données brutes dont le degré de confiance est faible (Hopuare, 2014).

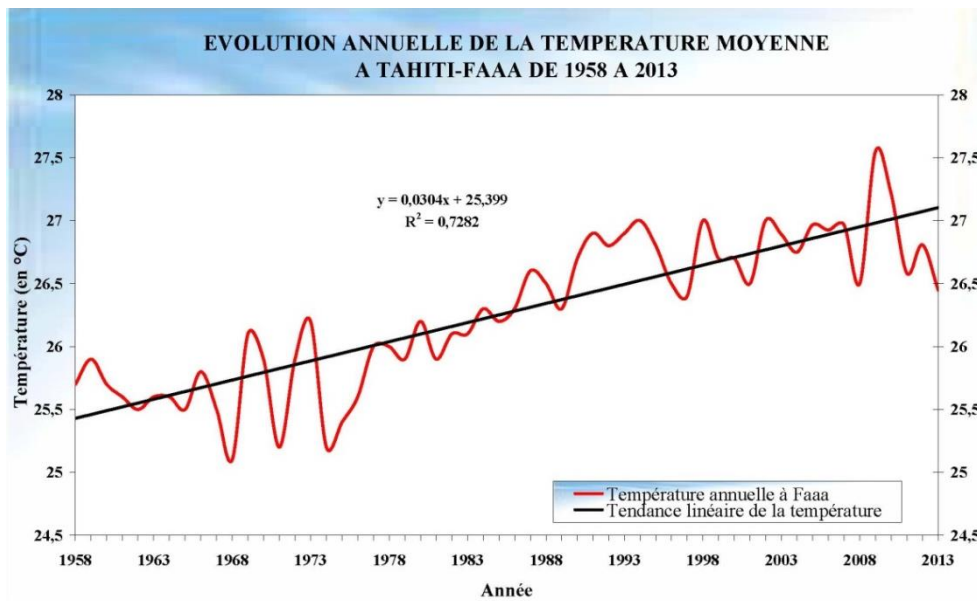


Figure 3 : Evolution annuelle de la température moyenne de l'air à Tahiti (Météo France, 2014)

- Variation des précipitations : aucun changement dans les précipitations observées n'est détecté sur la période 1961-2011 (Hopuare *et al*, 2014 et Météo France).
- Parmi toutes les dépressions et cyclones qui ont touché la Polynésie depuis les enregistrements de Météo France, seuls 4 sont passés proches de Moorea : Veena et Reva en 1983 au stade de cyclone, puis Osea en 1997 et Oli en 2010 qui sont passés un peu plus à l'ouest.
- Légère augmentation de la hauteur des houles, sur l'ensemble des trains de houle des Iles Du Vent, toutes directions confondues (Météo France, indice de confiance moyen à faible car les modèles sont réalisés sur moins de 50 ans de données).
- Elévation du niveau moyen de la mer mesurée au marégraphe de Papeete entre 1975 et 2009 : +2.51mm/an +/-0.94mm (intervalle de confiance de 95%) (NOAA). Il s'agit du niveau moyen relatif (niveau des mers et subsidence de l'île). Une subsidence lente de l'île de Tahiti a été estimée à -0.5mm/an, ce qui est à peine significatif (Fadil *et al*, 2011).

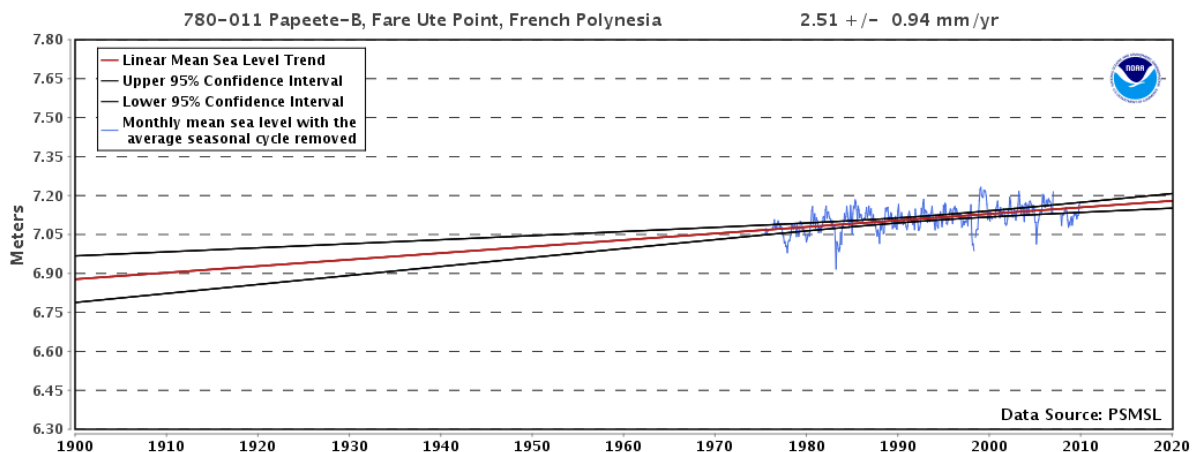


Figure 4 : Niveau moyen de la mer mesuré au marégraphe de Papeete (NOAA, PSMSL, 2013)

## 1.6.2 LES GAMBIER

### 1.6.2.1 Climat :

(2 postes de mesure météo depuis 1980)

- Augmentation de la température de l'air de 1985 à 2014 à Rikitea +0.5°C (Météo France).
- Variation dans le régime des précipitations : trop de variabilité pour être mis en évidence (Météo France).
- Cyclone Rita en 2001 passé sur les Gambier au stade dépression, Cliff en 1992, Nano et William en 1983 sont passés près de l'archipel, eux aussi alors rétrogradés au stade de dépression.
- Elévation du niveau moyen de la mer mesurée au marégraphe de Rikitea entre 1969 et 2003 : +1.72mm/an +/-0.97mm (intervalle de confiance de 95%) (NOAA). Il s'agit du niveau moyen relatif (cependant la subsidence de l'île n'est pas connue précisément).

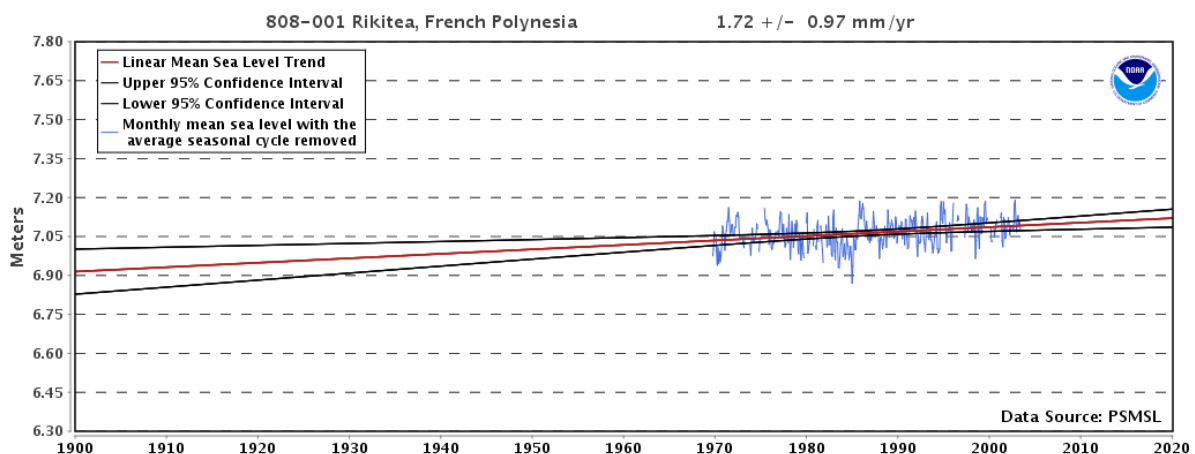


Figure 5 : Niveau moyen de la mer mesuré au marégraphe de Rikitea (NOAA, PSMSL, 2013)

## 1.7 ZOOM SUR LES ILES BASSES

### Conclusions du Symposium sur la vulnérabilité des îles basses polynésiennes et du Pacifique face aux effets du CC

Organisé conjointement par le Pays, l'Etat, l'Institut des Récifs Coralliens du Pacifique (IRCP) en partenariat avec la plateforme « Océan-Climat », l'École Pratique des Hautes Etudes et l'IFRECOR, ce symposium organisé en juillet 2015 avait pour finalité de délivrer une synthèse présentant les enjeux des effets du CC sur les atolls et les îles basses polynésiennes, et d'en produire des recommandations concrètes à transmettre aux participants de la réunion du Polynesian Leaders Group.

Les principales conclusions de ce symposium ont été les suivantes :

- Les atolls sont résilients à la montée des eaux par rechargement sédimentaires tant que le système reste naturel : le corail produit les matériaux, les vagues transportent les sédiments, rechargent les îles, et compensent ainsi la montée des eaux. En milieu non anthropisé,

l'élévation du niveau de la mer des dernières décennies, bien qu'elle ait été relativement rapide et qu'elle se soit accélérée, n'a pas engendré la contraction de toutes les îles. Ces résultats montrent que certaines îles coralliennes ont une capacité d'adaptation aux pressions climatiques (Duvat, 2015).

- Les données scientifiques récentes montrent que les atolls polynésiens n'ont pas perdu de surface dans les systèmes non perturbés par l'homme. Les réductions de surface observées résultent de l'activité humaine.
- La salinisation et la contamination des nappes phréatiques (lentille d'eau douce) signalées par les populations sont des problèmes majeurs dans les atolls.
- Aucun indicateur ne prévoit une augmentation significative des cyclones aux vues des modèles de climat actuels dans le bassin polynésien.
- Il faut prévoir une augmentation des températures. Il est déjà observé une augmentation de +0,3°C par décennie pour l'air et de +0,25°C sur 20 ans pour l'eau.
- Les perspectives météorologiques prédisent une diminution des précipitations qui, cumulées à la salinisation des sols, engendreront des problèmes majeurs pour les cocoteraies (arbre de vie).
- Les ressources lagunaires (notamment la perliculture) seront directement affectées par l'augmentation des températures et l'acidification (dystrophie, anoxies, désoxygénation océanique...).
- L'extension géographique de la ciguatera et le renforcement du risque toxique sont constatés avec l'augmentation de la température des eaux de surface.

## **2. IMPACTS SUR L'ENVIRONNEMENT, LES ACTIVITES ET LES POPULATIONS**

Comme développé précédemment, il est important de souligner que les impacts du changement climatique sur les différents compartiments de l'environnement et sur les populations sont interconnectés et dépendent les uns des autres. Les effets se cumulent de plus à l'activité humaine et ses multiples impacts associés.

Les impacts du changement climatique sont de natures diverses et variées selon les compartiments. En 2015, une étude a analysé les différents scénarios de niveaux d'émissions de CO<sub>2</sub> et leur impact sur des organismes marins clés et les services écosystémiques (Gattuso *et al*, 2015). La figure 4 présente une synthèse des risques d'impacts et le niveau de confiance associé aux prédictions.

Les organismes et les services écosystémiques présents dans cette synthèse qui concernent le plus les sites du projet RESCCUE de Polynésie française comme les coraux et leur importance pour le tourisme montrent des degrés divers d'impact. Les coraux des eaux chaudes apparaissent comme les organismes les plus sensibles aux changements climatiques. Quel que soit le niveau de concentration atmosphérique en CO<sub>2</sub> ou les changements de températures prévus, ils seront impactés. Au niveau des services écosystémiques, ce sont les pêcheries qui seront le plus impactées, quel que soit le scénario. La protection côtière et le tourisme en général subiront un impact modéré à fort selon les scénarios.

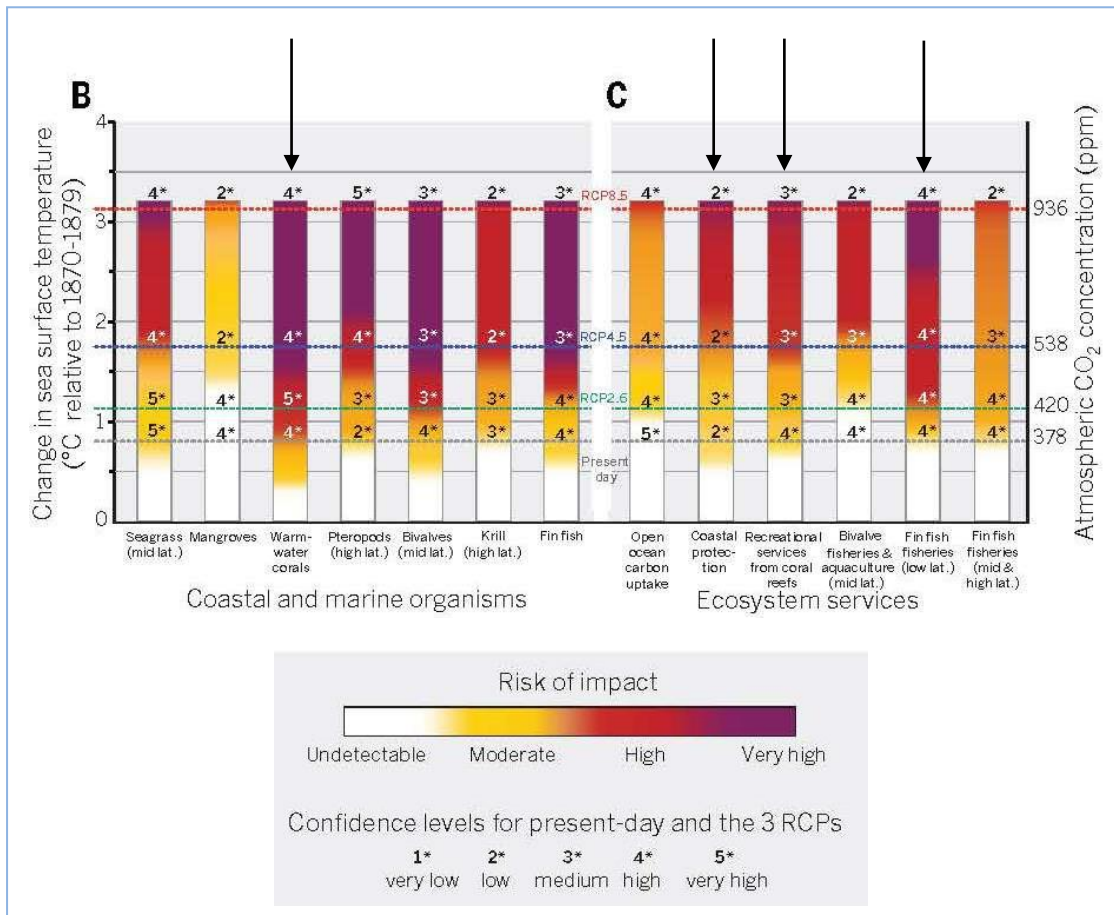


Figure 6 : Risques et impacts des différents scénarios d'acidification des océans et d'augmentation de la température sur les organismes marins et côtiers et les écosystèmes, avec niveaux de confiance (Gattuso *et al*, 2015).

Les caractéristiques physiques des petites îles dont font partie les sites pilotes RESCCUE (surface émergée limitée, plaines réduites, forte exposition aux aléas météorologiques et marins) et humaines (forte dépendance vis-à-vis des activités de subsistance et des écosystèmes) expliquent leur vulnérabilité aux changements environnementaux. Elles sont devenues des figures emblématiques des processus associés au changement climatique : élévation du niveau de la mer, intensification des cyclones, réchauffement des eaux océaniques, et acidification de l'océan. De grandes menaces pèsent donc sur les systèmes insulaires, bien que ceux-ci y répondront de manière très diversifiée : réduction de la surface des îles, recul du trait de côte, dégradation des récifs coralliens et des mangroves, etc. Les répercussions sur les ressources terrestres (sols, eau, faune et flore) et marines (ressources récifales et halieutiques) auront des impacts majeurs sur les moyens de survie des sociétés insulaires. Celles-ci vont donc devoir relever un défi considérable (Duvat *et al*, 2015).



## **2.1 IMPACTS SUR LES MILIEUX (L'ENVIRONNEMENT)**

### **2.1.1 L'AUGMENTATION DE LA TEMPERATURE ATMOSPHERIQUE**

Ce phénomène joue sur la **répartition des espèces**, en modifiant les aires de répartition d'espèces endémiques adaptées à des conditions de température et de pluviométrie particulières, notamment les forêts d'altitude qui ont une aire de répartition limitée. De plus ces espèces sont plus fragiles car elles n'ont jamais eu besoin de s'adapter ni de se protéger contre des envahisseurs ou des prédateurs puisqu'elles n'en avaient pas (absence de défense de type épines ou venin...). A l'inverse, la place est alors libre pour le développement d'espèces invasives qui trouvent des niches écologiques vides, les écosystèmes indigènes sont fragilisés.

La **propagation des espèces exotiques**, animales ou végétales qui étaient jusqu'alors limitées par les conditions de température non favorables permet à de **nouvelles pestes envahissantes** de s'établir.

L'augmentation de la fréquence des perturbations favorise le développement des espèces envahissantes, qui poussent plus vite et s'adaptent plus facilement. Elles ont un impact sur la **stabilité des pentes en favorisant l'érosion**. La prolifération des espèces de flore envahissantes est intimement liée à celle des espèces de faune envahissante car les espèces animales introduites disséminent plus facilement les graines d'espèces végétales introduites (Butaud, comm. pers.).

### **2.1.2 L'AUGMENTATION DE LA TEMPERATURE DE LA MER**

Les changements de température de l'eau, des teneurs en oxygène, de l'acidification, de la sévérité des événements extrêmes et des propriétés biogéochimiques océaniques influent sur la vie des organismes marins. Ils ont des effets directs ou indirects sur le métabolisme des individus (croissance, respiration, etc.), sur les cycles de vie des espèces, sur les relations entre les proies et les prédateurs et sur les modifications des habitats. Ces modifications qui se produisent à la fois au niveau de l'individu, des interactions entre les espèces et des habitats engendrent des changements dans les assemblages d'espèces mais également dans la productivité et la résilience des écosystèmes (Gouletquer *et al*, 2013).

Avec la **réduction du taux d'oxygène dissous** induit par l'augmentation de température, notamment dans les zones de faible renouvellement d'eau comme les baies profondes, les écosystèmes coralliens et la vie marine en générale est altérée. Le **milieu est alors plus fragile** donc plus propice aux **proliférations d'espèces invasives** (déjà présentes ou à venir).

L'augmentation de la température a également un impact sur la **reproduction des poissons** et le développement des larves induisant un déplacement des populations.

Les coraux sont soumis au phénomène de **blanchissement**, réversible ou irréversible selon la température et la durée, pouvant conduire à leur mort. Il peut également y avoir un développement des maladies coralliennes, de type bactériennes ou virales, favorisées par la chaleur. Lorsque le stress thermique est de courte durée ou de faible intensité, les coraux peuvent récupérer mais ils ont peu de chance de pouvoir s'adapter si ces phénomènes deviennent récurrents (Gattuso *et al*, 2015).

Les récifs coralliens jouent un rôle prépondérant dans la stabilité des îles, ils permettent les mécanismes d'ajustement vertical des côtes au niveau marin. Il y a un juste équilibre entre calcification des récifs et érosion. La mort des récifs réduit l'alimentation des îles en débris coralliens et engendre une augmentation de l'énergie à la côte en supprimant la protection naturelle des récifs barrière (Duvat, 2015).

Des blooms d'algues peuvent apparaître, avec le déplacement des espèces.

L'augmentation de la température de la mer a un impact sur la **ciguatera**, par la prolifération des algues support et des microalgues toxiques, la production des toxines, l'expansion des zones d'endémisme des microalgues toxiques. La destruction des coraux a également pour conséquence un accroissement du risque d'apparition de la ciguatera (puisque celle-ci trouve son origine dans la création massive de surfaces nécrosées colonisées par des gazons algaux puis par *Gambierdiscus toxicus* (Bigot et al, 2000).

### 2.1.3 L'ELEVATION DU NIVEAU DES MERS

**L'impact sur les coraux** n'est pas encore bien défini car très dépendant de l'espèce de corail, de sa capacité d'adaptation, de sa localisation comme pour les **herbiers de phanérogames**.

Un autre risque concerne la disparition d'habitat pour les **espèces côtières terrestres** qui ne pourront pas s'adapter, cas particulier des atolls où il n'y a pas de migration possible pour les espèces.

**Erosion et modification du trait de côte**, inondation d'eau salée atteignant les peuplements botaniques littoraux protégeant de l'érosion. **Disparition des plages**, lieux de ponte de certaines espèces.

### 2.1.4 L'INTENSIFICATION DES PERTURBATIONS CLIMATIQUES

Les cyclones et tempêtes tropicales fortes ont des effets physiques avec les vagues, provoquant des inondations, l'érosion des côtes, la destruction de milieux, diminuant la résilience de la biodiversité. Perte d'habitat pour la faune côtière et diminution de l'abondance et la diversité des poissons, des coraux.

Leur intensification exacerbe les risques naturels déjà existants.

La modification du régime des précipitations provoque l'érosion des terres et l'augmentation de la sédimentation dans les lagons, réduisant la qualité de l'eau, provoquant des désalinisations, avec un impact important pour les poissons et les peuplements benthiques fixés, très sensibles à ces phénomènes.

### 2.1.5 L'ACIDIFICATION DES OCEANS

Ses effets sur l'environnement concernent la diminution de la croissance des organismes calcaires, la diminution de l'abondance et la diversité due aux pertes d'habitats, l'affaiblissement du squelette des coraux les rendant plus fragiles et vulnérables aux tempêtes.

## 2.2 IMPACTS SUR LES USAGES (ACTIVITES)

### 2.2.1 CC ET PERLICULTURE

Une partie des recherches menées par l'UMR-EIO (UPF), partenaire du groupement RESCCUE, est dédiée à l'étude des effets du changement climatique sur les écosystèmes et les organismes (variations de température et d'acidité) et les mécanismes d'adaptation. Les travaux menés dans le cadre du projet POLYPERL (IFREMER-UPF-IRD) depuis 2012 s'attachent à montrer l'influence des facteurs de l'environnement et de leur évolution dans le contexte du changement climatique, sur la fonctionnalité de la ressource *Pinctada margaritifera* et les risques pour la perliculture. Des premiers résultats obtenus en laboratoire montrent que la physiologie des huîtres perlières serait directement affectée par les variations de température, à la fois au niveau des fonctions de nutrition (du fait notamment de l'évolution des proies disponibles) et de reproduction (modification du sex-ratio).

#### ***Acidification des océans***

Le changement dans la qualité chimique des eaux a des conséquences sur la couleur de la coquille des nacres. Dans les premières expériences réalisées, un blanchissement est observé avec une diminution du pH de 0.4 unités. Un ralentissement de la vitesse de croissance est également observé, avec une perte de 20% à un pH de 7.8. Enfin, une dissolution chimique de l'aragonite (nacre) de la face interne des coquilles est très visible après un temps d'exposition assez court.

Cependant, aucun effet sur la croissance des perles n'a encore été mis en évidence. Ce résultat peut être expliqué par une possible capacité de régulation du milieu intérieur de l'huître perlière. La perle pourrait donc être à l'abri dans la double enveloppe sac perlier-poche perlière. Malgré cette absence d'effet direct, le ralentissement de la vitesse de croissance des nacres pourrait impliquer des temps d'élevage plus long et la dérégulation des capacités biominéralisatrices du manteau et ainsi influencer sur la capacité des greffons à constituer le sac perlier. Enfin, la dissolution de la nacre entraîne quant à elle une fragilité de l'organisme (Le Moullac *et al*, soumis 2015).

#### ***Augmentation de la température de l'eau***

Avec l'augmentation de la température, les besoins en énergie et en oxygène des nacres augmentent dans un premier temps. Au-delà de 30°C, la filtration des nacres diminue, ainsi que leur respiration, épuisant les animaux. A 34°C, le bilan énergétique est négatif et entraîne un risque pour l'espèce. Il n'y aurait alors plus de reproduction, de collectage, ni de croissance. Actuellement, les connaissances disponibles montrent que l'optimum thermique (croissance, reproduction) pour la perle est de 28.67°C. En revanche, l'optimum thermique pour les fonctions de biominéralisation n'est pas le

même et se situe à des températures inférieures (entre 21.5 et 26.5°C). La récupération des huîtres dépend du temps d'exposition des animaux à ces températures supérieures à leurs optimums (Le Moullac *et al*, soumis 2015).

Aux températures actuelles, l'huître perlière passe 121 jours de l'année au-dessus de son optimum thermique. Dans le scénario RCP 2.6 de l'IPCC de +1°C, cette durée serait quasiment doublée (210 jours). Cela correspondant aux prévisions de la fin du siècle. Avec +1.5°C d'augmentation de la température (RCP 4.5) ce temps augmenterait à 252 jours. Finalement, l'année entière présenterait des conditions supérieures à l'optimum thermique des nacres dans le cas d'une augmentation de 2.5°C correspondant au scénario le plus pessimiste RCP 8.5.

En conclusion, les connaissances actuelles tendent à montrer que les huîtres perlières ne seraient pas capables de survivre et de se développer si les conditions de température et de pH deviennent extrêmes. Ce résultat montre donc la nécessité de poursuivre les investigations dans le domaine de la compréhension des processus physiologiques non seulement en conditions contrôlées mais également dans le milieu naturel. En effet, selon les conditions, les communautés planctoniques seront amenées elles aussi à évoluer. Or, cette évolution probable des sources de nourriture pour les cheptels est susceptible d'intervenir dans des délais très réduits, du fait du temps de régénération de ces populations. D'autre part, la capacité d'adaptation des huîtres perlières est encore méconnue et pourrait permettre aux cheptels de se maintenir.

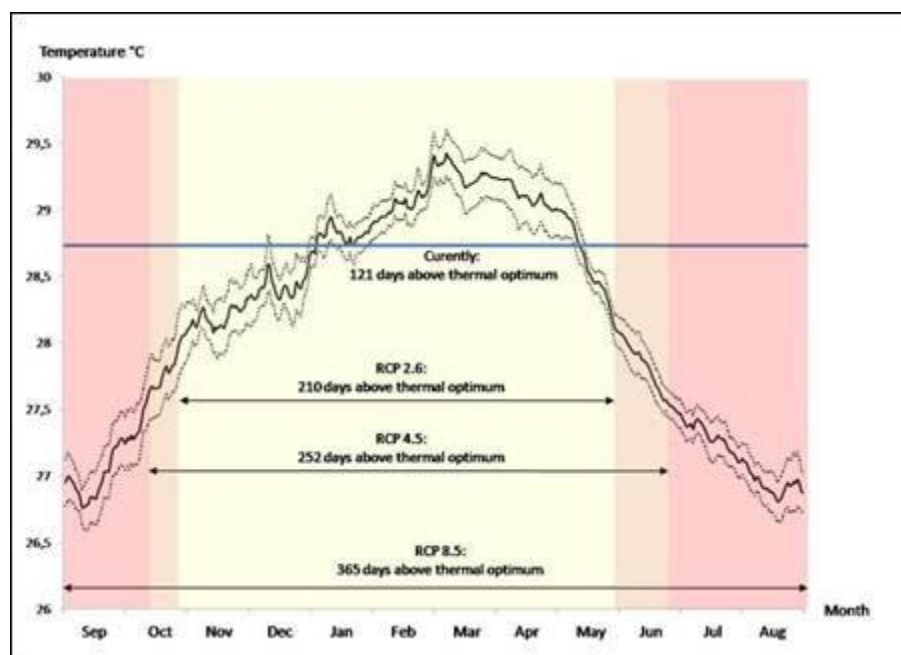


Figure 7 : Temps d'exposition annuel des nacrés supérieur à leur optimum thermique en fonction des différents scénarios d'augmentation de la température (issu de Le Moullac *et al*, 2015, article soumis)

D'autre part, l'augmentation de la température de l'eau favorise le développement de maladies, de bactéries ou de blooms algaux pouvant entrer en compétition avec les nacrés.

### ***Intensification des cyclones***

L'augmentation de la puissance des phénomènes climatiques comme les cyclones peut entraîner la destruction des infrastructures des fermes perlières.

#### **2.2.2 CC ET PECHE**

La disparition des récifs coralliens a pour conséquences la destruction des peuplements de poissons associés aux coraux au profit des poissons herbivores, donc un appauvrissement de la biodiversité ichtyologique entraînant une baisse des captures par les pêcheurs (Bigot *et al*, 2000). En effet, la pêche côtière constitue une ressource importante pour les habitants de Polynésie, et sur les sites pilotes RESCCUE. Selon les scénarios d'augmentation de la température des mers, les projections indiquent une **diminution probable des captures de poissons associés aux récifs coralliens** de 20 à 40% à l'horizon 2100, pour le scénario le plus optimiste (degré de confiance fort). Cette diminution est liée à la disparition de leur habitat mais également à l'impact de la température sur le recrutement, le développement et la survie larvaire (Pratchett *et al*, 2011).

Le développement de la **ciguatera** avec l'augmentation des températures et la destruction des récifs par les cyclones et l'augmentation de la concentration en toxine dans les poissons aura un impact important pour les pêcheries.

**Changement dans le comportement des poissons, modification de leurs lieux de vie** (déplacement plus loin des côtes) sont également des conséquences du CC. Ainsi la modification des températures, des courants marins et de la chaîne alimentaire affectent les zones de vie et l'abondance des espèces pélagiques comme le thon. En particulier, les concentrations de bonites et de thon rouge (bigeye) se décalent plus loin vers l'est du Pacifique qu'auparavant (Bell *et al*, 2011). Cependant, les simulations préliminaires de l'impact du CC sur les stocks et la biomasse de bonites et de thon rouge du Pacifique tropical ouest indiquent une vulnérabilité faible de ces espèces à l'horizon 2035, les changements étant difficiles à différencier des variabilités naturelles de stocks liées aux effets de El Niño. Par la suite, à l'horizon 2100, ces populations montrent une vulnérabilité moyenne à forte selon les scénarios. Les projections du modèle concernant les captures tendraient à indiquer une diminution de ces dernières dans la partie ouest du Pacifique et une augmentation dans la partie est (Lehodey *et al*, 2011).

Enfin, la dégradation des habitats marins côtiers et l'augmentation de l'acidification des océans aura probablement un impact significatif sur de nombreux **invertébrés** marins pêchés, réduisant la calcification des coquilles conduisant à une prédation plus importante sur les juvéniles (trocas, *maua*/burgots...) (Pratchett *et al*, 2011).

#### **2.2.3 CC ET AGRICULTURE**

L'augmentation de la température modifie les **cycles de cultures** et peut entraîner la prolifération de **pestes animales et végétales**.

La montée du niveau marin est cause de **salinisation de la nappe**, avec réduction des possibilités de mise en culture, baisse de la production, et une diminution des surfaces arables.

L'intensification des perturbations climatiques provoque des dégâts matériels, destruction des réserves et a un impact sur la production agricole. L'érosion augmente avec l'intensification des pluies, les rendements agricoles sont autant affectés par les épisodes de sécheresse plus fréquents.

#### 2.2.4 TOURISME

L'impact du CC sur les écosystèmes, la faune et la flore induit une **perte d'attrait** de la destination Polynésie, dont l'image est basée en grande partie sur l'environnement. Diminution pour l'attrait de la plongée sous-marine, impact sur les espèces emblématiques, engendrant des pertes financières et une diminution de la ressource principale d'une grande partie de la population. Le tourisme est en effet la principale ressource propre de la Polynésie française.

La montée du niveau marin, avec les dégâts sur les côtes, les infrastructures et la disparition des plages a un impact sur la sécurité humaine et l'économie.

Le changement dans le rythme des saisons peut également être un facteur de réduction du potentiel touristique.

### 2.3 IMPACTS SUR LA POPULATION

#### 2.3.1 SANTE

Avec la modification des conditions de température et d'humidité, il y a risque de **multiplication des vecteurs** et donc des **risques d'épidémie**. La **contamination des eaux douces superficielles** peut provoquer des maladies.

Le développement de la **ciguatera** et des **cyanobactéries** provoque une réduction des ressources.

Avec la montée du niveau marin, l'aggravation de la **mauvaise épuration des eaux** induit un risque de contamination et de pollution due aux inondations. Ressource en eau moins disponible, saturation des réseaux d'eaux pluviales et usées.

**Destruction des infrastructures** de santé avec l'intensification des cyclones, risque d'augmentation du nombre de victimes et difficulté d'accès aux blessés.

#### 2.3.2 FONCIER / INFRASTRUCTURES

L'urbanisation est concentrée sur les faibles surfaces de terrain plat en bord de mer, risque de **destruction des infrastructures, des habitats** avec la montée des eaux, entraînant une **migration** des

populations vers des zones plus hautes, posant des problèmes de la disponibilité du foncier, de l'augmentation de la pression foncière et donc des prix sur certaines zones.

Dommages aux biens, coûts économiques important en cas d'intempéries plus intenses, enjeux de sécurité. Destruction possible des infrastructures éducatives (écoles, cantines) ou de production d'électricité pouvant avoir un impact très important sur les populations.

Augmentation des risques de glissements de terrain et d'inondation mettant en péril les habitations en zones exposées, notamment avec la modification du régime des précipitations.

Perte des capacités de protection des côtes sous l'effet conjugué de l'acidification des océans qui fragilise les coraux, de la destruction mécanique par les cyclones, de l'augmentation de la sédimentation...En effet, les récifs et écosystèmes associés (mangroves et herbiers) sont des barrières naturelles agissant pour la protection des côtes. Ils limitent le phénomène d'érosion en absorbant 70 à 90% de l'énergie des vagues et diminuent les dommages engendrés lors d'évènements climatiques extrêmes comme les inondations lors des cyclones (un grand nombre de ménages, d'infrastructures hôtelières, d'équipements ainsi que de kilomètres de routes bénéficient de ce service de protection). Il a été estimé sur Moorea que le service écosystémique de protection contre les inondations côtières des récifs coralliens représente approximativement 65% du total des services rendus par les récifs coralliens et écosystèmes associés (Pascal et Leport, 2014).

## **2.4 IMPACTS PREVISIBLES ET VULNERABILITE DES SITES PILOTES RESCCUE**

### **2.4.1 IMPACTS PREVISIBLES ET VULNERABILITE SUR LE SITE DE 'OPUNOHU**

Le site de la baie de 'Opunohu présente une vulnérabilité importante aux effets du changement climatique. C'est un site déjà soumis aux phénomènes d'érosion et sensible à la submersion marine, présentant des risques d'inondations et de mouvements de terrain localisés. Les biocénoses marines et terrestres sont fragiles et montrent une importance écologique majeure.

#### **2.4.1.1 Erosion côtière, submersion**

La baie de 'Opunohu (3km de long) est protégée par un lagon large d'environ 700m et d'un récif barrière extrêmement développé (front de récif large) renforcé par une petite bande de récif frangeant accolé au littoral, qui apportent à la zone une protection côtière maximale (indice de protection côtière très fort, avec un pourcentage de participation des récifs à la protection côtière estimé à 50%) (Pascal et Leport, 2014).

Cependant, le Plan de Prévention des Risques (PPR / BRGM, 2006) établi pour Moorea indique que la zone de 'Opunohu est soumise à différents aléas dont l'aléa **surcote marine** sur tout le pourtour de la baie classé en aléa fort. Le fond de la baie et quelques zones restreintes sont en aléa moyen à fort. En effet, l'aléa cyclonique induit un risque lié à la mer (houle et marée) non négligeable. L'augmentation du niveau du lagon lié à une marée de tempête ou la propagation rapide d'une houle cyclonique particulièrement destructrice représente un danger pour les personnes ou les biens

implantés sur le littoral à très basse altitude, dans les zones situées en face des passes particulièrement (baie de 'Opunohu).

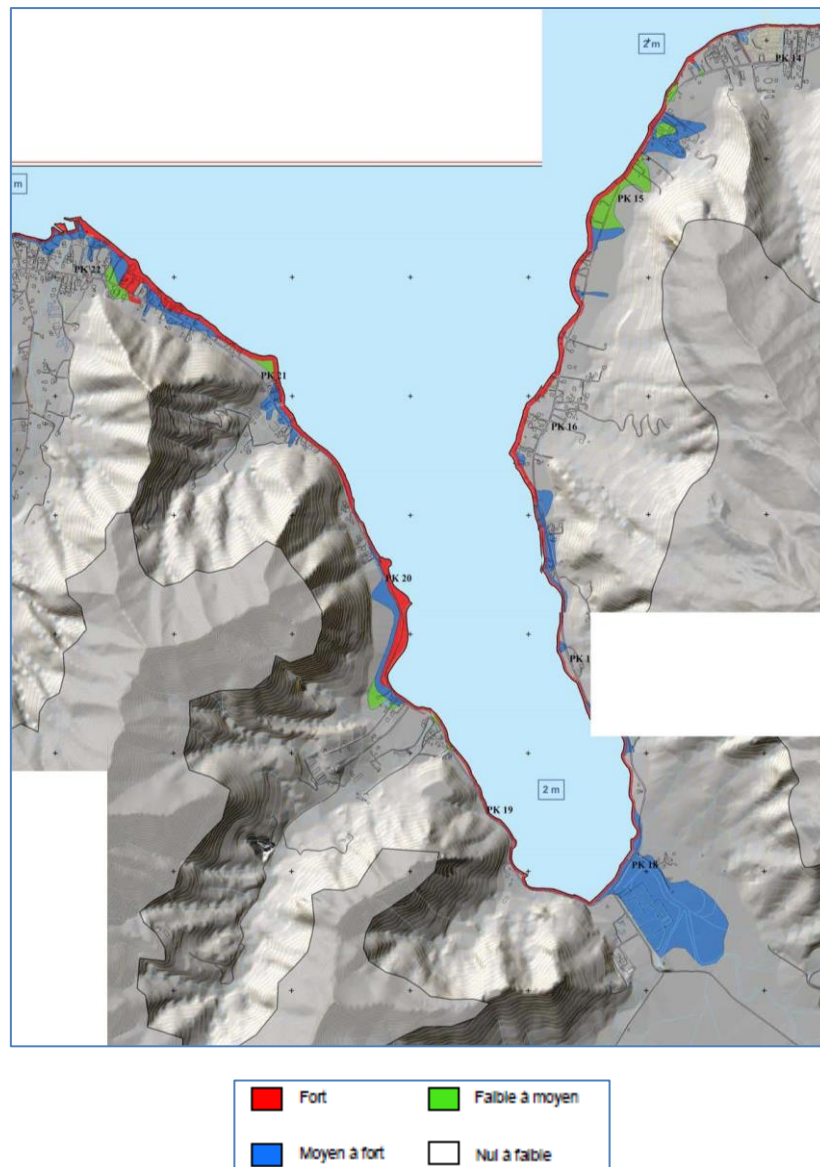


Figure 8 : Carte de l'aléa submersion marine de la baie de 'Opunohu (PPR de Moorea, BRGM 2006)

D'autre part, l'étude réalisée en vue de la proposition d'un plan de gestion intégrée de la baie et de la vallée de 'Opunohu (Besson, 2011) met en avant les menaces naturelles abiotiques telles l'érosion marine et l'hypersédimentation ou les événements météorologiques rares dont les effets sont amplifiés par le CC. Besson (2011) indique que l'érosion marine est observée sur l'intégralité du site avec des zones plus ou moins exposées. La plage sableuse au fond de l'anse souffrirait ponctuellement de phénomènes d'érosion ponctuels liés à de fortes houles de nord notamment liées au passage de cyclone. Les bords de routes sont des zones pouvant potentiellement être exposées aux fortes houles comme il est indiqué sur la carte du PPR. Ces mêmes zones ont été prises en compte dans le Plan Général d'Aménagement (PGA) et classées inconstructibles (NDd). Les zones qui souffrent le plus de l'érosion sont celles qui ont subi les remblais les plus importants. Ces zones remblayées modifient les courants marins, ce qui affecte les conditions de recharge sédimentaire des zones voisines et contribue à leur érosion. Les actions prévues dans le projet RESCCUE permettront



de mieux comprendre les causes des phénomènes d'érosion dans la baie, afin de pouvoir proposer des dispositifs de lutte adaptés.

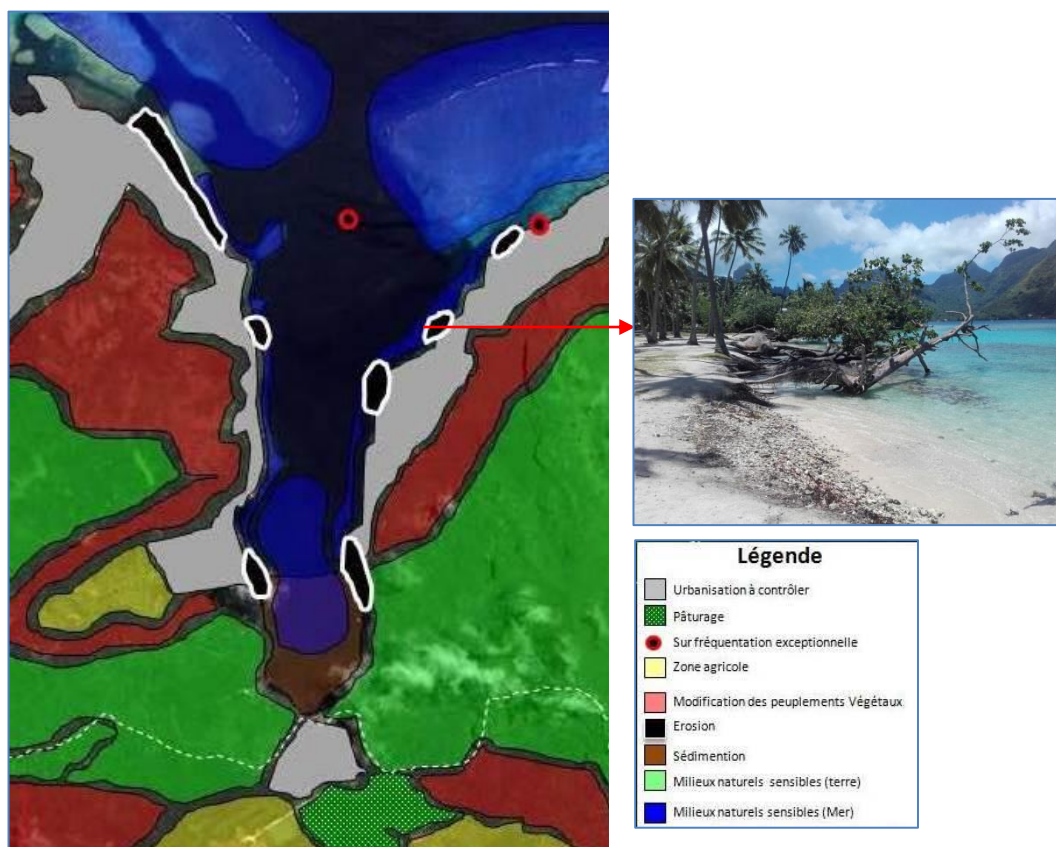


Figure 9 : Carte simplifiée des problématiques de gestion et de l'état de conservation de la baie de 'Opunohu (Besson, 2011)

L'environnement général du site pilote de 'Opunohu est soumis aux phénomènes d'érosion et de submersion marine, ce qui en fait un site particulièrement vulnérable à ces effets si ils sont amplifiés par le changement climatique.

#### 2.4.1.2 Impacts sur les écosystèmes marins : blanchissement corallien, déplacement des espèces marines et risques de développement de la ciguatera

L'artificialisation du littoral (remblais, dragage de soupe de corail) a nettement fragilisé et réduit l'emprise du récif frangeant de la baie de 'Opunohu. Or cet habitat est utilisé par nombre d'espèces comme frayère et nurserie (Besson, 2011). La régression des coraux favorise la prolifération d'espèces considérées comme envahissantes comme l'algue *Turbinaria* ou le poisson fermier *Stegastes* en libérant des zones habituellement colonisées et peut également provoquer le développement de la ciguatera.

Les études de suivi de l'artificialisation du trait de côte indiquent pour la commune de Papetoai que 6% du littoral est occupé par des remblais privés, 3% par des remblais publics. Ces remblais ont pris une certaine importance depuis une dizaine d'années en raison de l'augmentation de la population de la commune qui a quadruplé en cinquante ans. La raison première de la construction de ces

remblais est la sécurité (protection contre la houle, la submersion) et un pic de construction de remblai apparaît toujours après un évènement climatique de type cyclone ou dépression tropicale (Holstein, 2011). D'autre part, l'anthropisation massive de la ligne de rivage est en forte augmentation sur Moorea (+20% entre 1993 et 2009) et plus de la moitié de la ligne de rivage est constituée de remblais au détriment des plages de sable blanc qui ont diminué. Face à cette anthropisation, un changement dans le comportement des juvéniles de poissons qui viennent s'abriter dans les zones de nurseries est envisageable (Benêt, 2010).

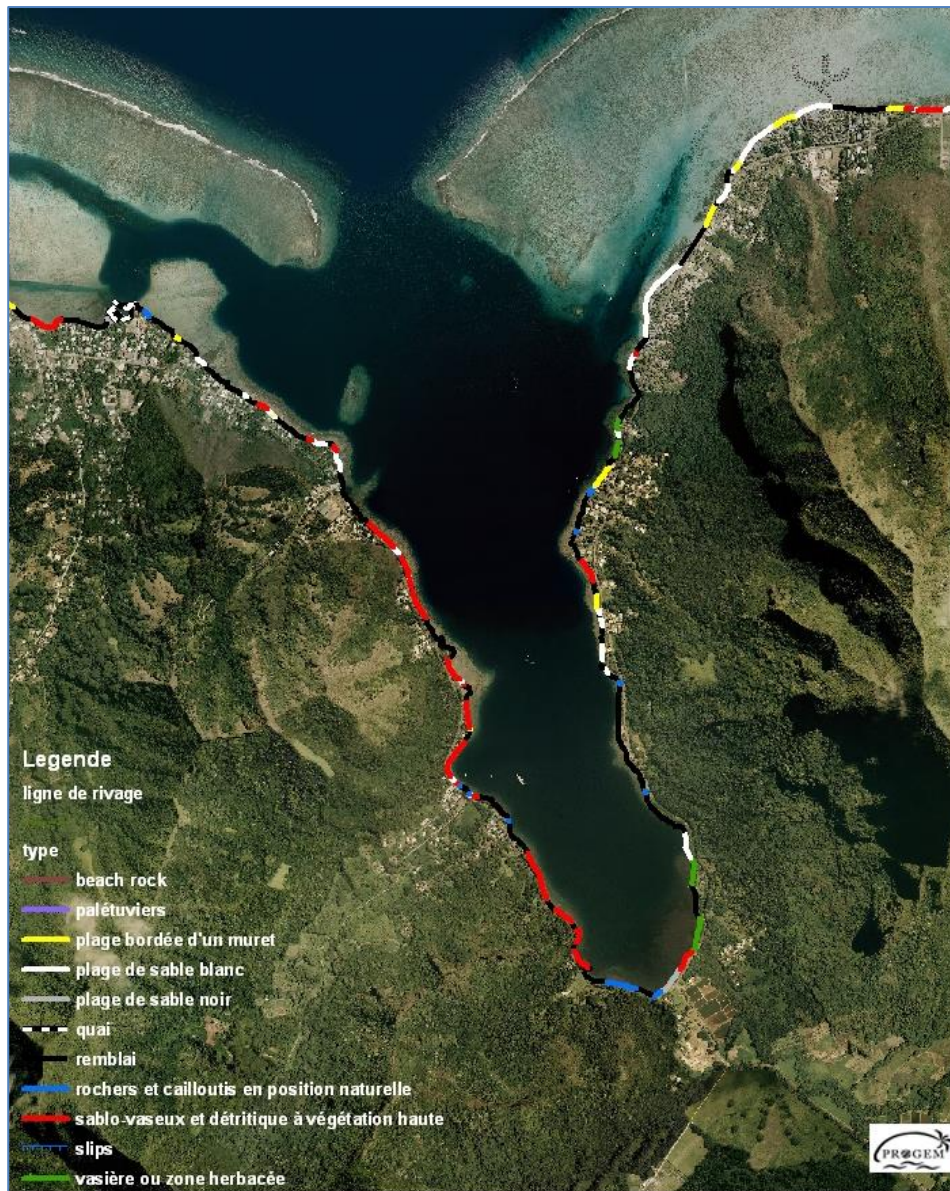


Figure 10 : Représentation de la caractérisation de la ligne de rivage de la baie de 'Opunohu en 2009 (Benêt, 2010)

Peu de données existent sur l'état des récifs coralliens de la baie de 'Opunohu. Les campagnes Reef Check de 2006 indiquent un mauvais état de santé sur le site de Papetoai avec un très faible pourcentage de coraux vivants mais une abondance en poissons importante. En 2000, une étude a été réalisée sur la zonation des communautés benthiques de la baie de 'Opunohu (Adjeroud, 2000), montrant que les gradients des communautés de coraux, d'algues et d'échinodermes sont fortement corrélés à un ou plusieurs des facteurs abiotiques (salinité, turbidité, concentration en silicates des

eaux de surface, teneur des sédiments en carbone organique, hydrates de carbone et acides aminés). Les valeurs de ces facteurs traduisent d'importants apports terrigènes, provenant essentiellement des rejets des rivières situées en fond de baie. Dans cette partie de baie où le degré de confinement est élevé, seuls les organismes les plus résistants aux fortes turbidités, aux dessalures et à l'hypersédimentation peuvent s'installer. La pauvreté en coraux et en échinodermes en fond de baie semble être une caractéristique des baies polynésiennes.

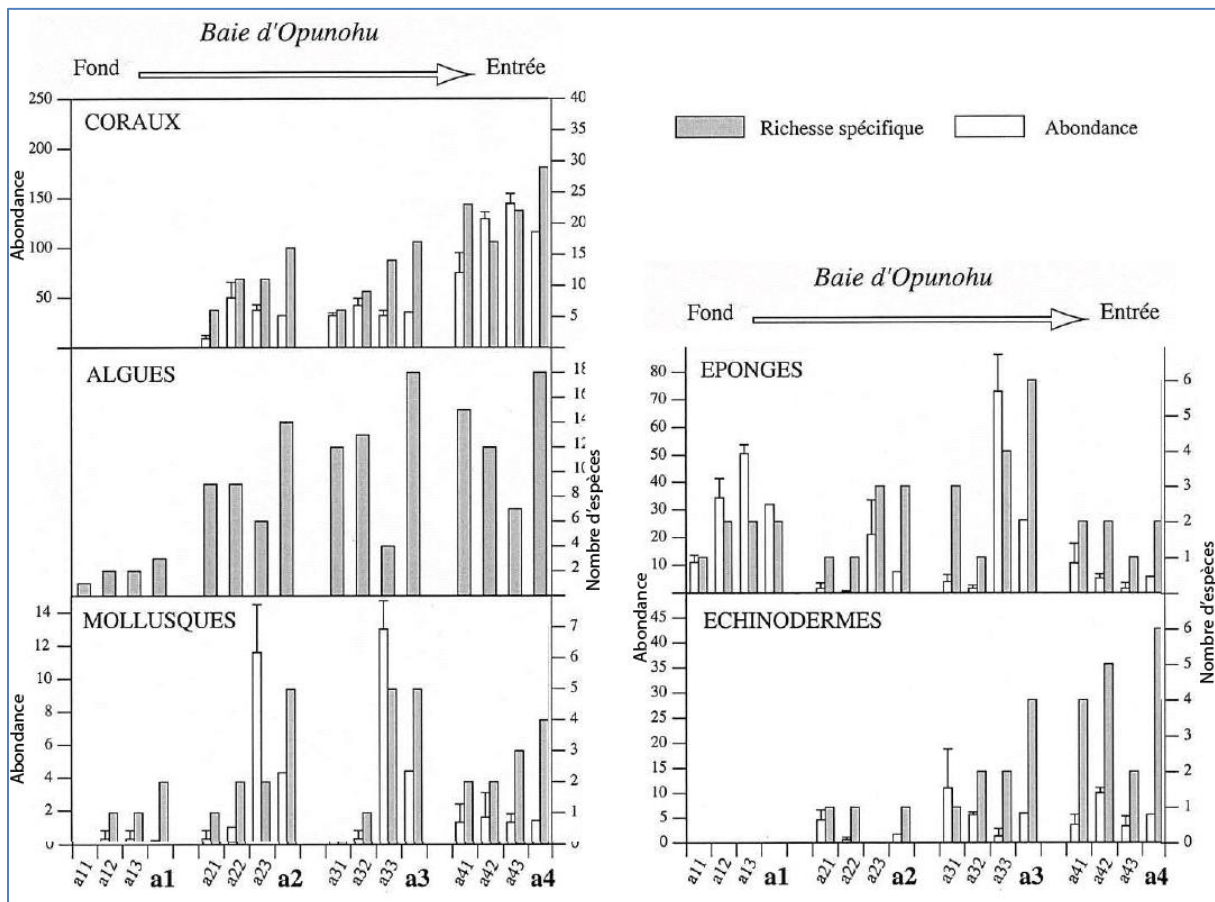


Figure 11 : Variations de la richesse spécifique et de l'abondance des groupes macrobenthiques le long de la baie de 'Opunohu. Les stations a1, a2, a3 et a4 se situent du sud au nord soit du fond de baie à l'entrée de baie, côté Est. Adjeroud, 2000.

L'espèce dominante de coraux sur le site est le *Porites* massif (*Porites lutea-lobata*). En terme de biodiversité spécifique, la côte Est au pied du mont Rotui est la plus riche avec la codominance de l'espèce *Porites Rus* ou du genre *Acropora* plus sensible à la qualité des eaux. Sur la rive Ouest de la baie, la présence de colonies du genre *Lobophyllia* a pu être observée. Ce genre de colonie est rare à l'échelle de l'île (Besson 2011). En 2010, l'étude de la ligne de rivage de Moorea mettait en évidence que la baie de 'Opunohu présentait encore un récif frangeant bien vivant, dominé par les *Porites* massifs (côté ouest) et les *Porites* massifs en mélange avec des *Acropora* branchus (côté est). Seul le fond de baie ne présente pas de formation récifale côtière. La partie nord est, devant la plage de Ta'hiamanu montre la présence de *Porites rus* (Benêt, 2010).

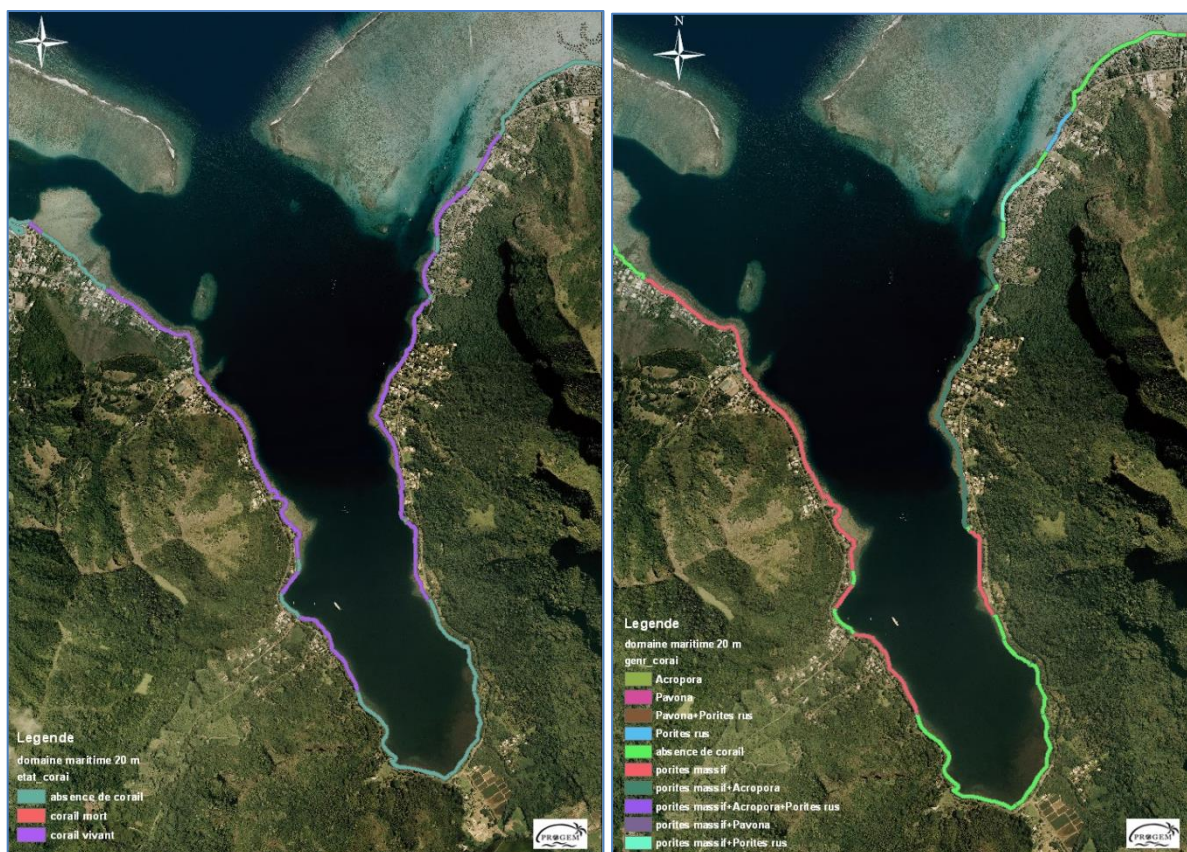


Figure 12 : Etat et genres de coraux présents dans la baie de 'Opunohu sur le récif frangeant (Benêt 2010)

D'autre part, la moule géante *Atrina vexillum* (*O'Ota*) a été observée dans la baie. Elle bénéficie d'une protection renforcée au titre du code de l'environnement. Dans le même cadre, les bénitiers (également protégés de l'exportation par la CITES) sont présents et font l'objet d'une forte prédation humaine. Des tortues fréquentent la baie, comme les mammifères marins (dauphins et baleines à bosse en saison) (Besson, 2011).

La plage de sable blanc de Ta'hiamanu est un habitat côtier menacé et en constante régression depuis les premières études réalisées sur le trait de côte (Benet 2010). Ce type de plages à forte valeur récréative sont connues pour être des nurseries à poissons juvéniles en particulier *Acanthurus triostegus* (*manini*), *Molloidichtys flavolinéatus* (*'ouma*) mais aussi de jeunes *Caranx melampygus* (*pai'here*) ; elles sont aussi des terrains de chasse pour de plus gros prédateurs. Ces plages ont un deuxième rôle écologique de dispersion des graines des plantes littorales (*toau*, *ati'i*, *autera*, *hotu*, *cocotier*, *mape*, raisin de mer etc.). Leur protection sert un intérêt à la fois touristique et de préservation de la ressource pour les pêcheurs. De manière éparse, on retrouve également des rochers et cailloutis. Ces habitats de par leur complexité tridimensionnelle peuvent potentiellement abriter une grande biodiversité (Besson, 2011).

Les biocénoses marines présentes autour de la baie montrent donc une importance écologique majeure et une forte sensibilité aux effets du changement climatique.

### 2.4.1.3 Inondations, mouvements de terrain et érosion des cultures en pente (ananas)

Le PPR de Moorea indique que la baie de 'Opunohu est soumise à l'aléa **mouvement de terrain** qui concerne les versants de la vallée de 'Opunohu (aléa fort) et à l'aléa **inondation** qui reste confiné au lit mineur de la rivière Opunohu et à l'axe principal des thalwegs (aléa fort) avec des zones de débordement préférentiel correspondant à d'anciens lits mineurs, au niveau des cônes alluviaux. Ces zones sont parfois urbanisées à la suite d'une déviation naturelle ou non du cours original de la rivière. Un aléa inondation faible prolonge les zones d'aléa fort au niveau du lit majeur des cours d'eau à l'intérieur des vallées.

De plus, en raison des précipitations, des fortes pentes et des pratiques agricoles mettant la terre à nu (cultures d'ananas), on observe une forte tendance à l'érosion des sols qui engendre une hypersédimentation dans les cours d'eau et le lagon. Ce phénomène est excessivement nocif pour les récifs coralliens.

L'environnement de la baie de 'Opunohu présente déjà des risques d'inondation et de mouvements de terrain localisés, ainsi que des zones pentues en érosion, le rendant particulièrement vulnérable à ce type de phénomènes dans le cas de leur intensification.

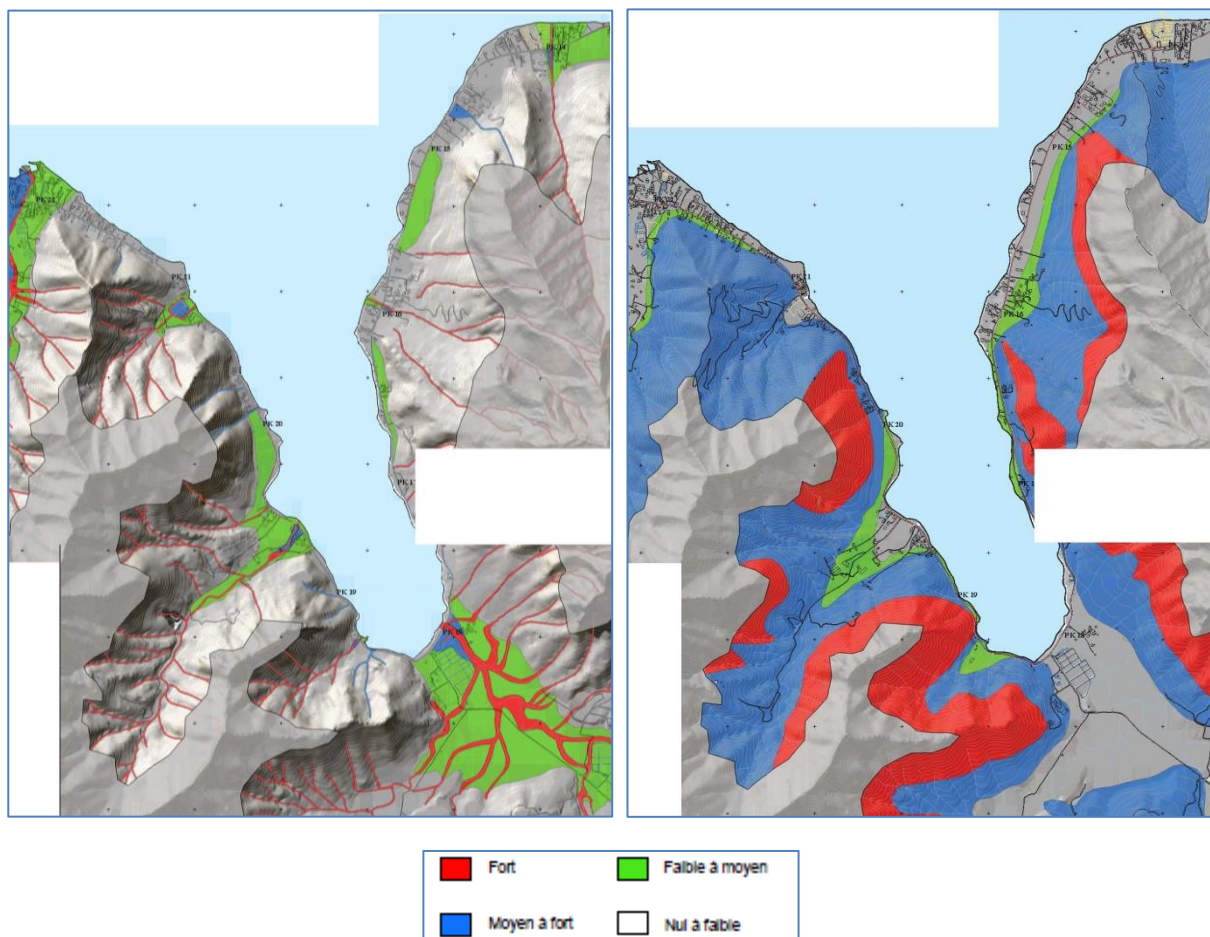


Figure 13 : Carte de l'aléa Inondation (gauche) et Mouvement de terrain (droite) de la baie de 'Opunohu (PPR Moorea, BRGM 2006)

#### 2.4.1.4 Développement des espèces envahissantes terrestres

Le domaine de 'Opunohu a été bien étudié, avec beaucoup d'études réalisées depuis les années 1970. Plus récemment, différents projets ont concerné ce domaine (BioCode, Paysage Protégé...), accroissant encore les connaissances.

Sur le domaine, on recense la présence de 23% d'espèces végétales endémiques de Polynésie orientale, mais ce chiffre est largement sous-estimé car il ne prend pas en compte les espèces d'altitude (>500m) alors qu'il est avéré que le taux d'endémisme augmente avec l'altitude. La moitié des espèces végétales indigènes (et endémiques) présentes à Moorea sont présentes à 'Opunohu (147/309).

On trouve 350 espèces introduites sur le domaine, soit deux fois plus que le nombre d'indigènes, dont 71 espèces sont naturalisées (se sont installées et se développent seules), parmi lesquelles 22 espèces sont classées envahissantes par le code de l'environnement (sur les 35 répertoriées comme menaçant la biodiversité en Polynésie française), ce qui est un chiffre conséquent (Tanret *et al*, 2012).

Ces données montrent que le site de 'Opunohu est un environnement fragile car déjà colonisé par de nombreuses espèces introduites mais qui est encore peu dégradé, excepté pour les zones archéologiques ou de culture. Il présente donc une vulnérabilité importante aux effets du changement climatique.

#### 2.4.2 IMPACTS ET VULNERABILITE DU SITE DES GAMBIER

Le site des Gambier est vulnérable aux effets du changement climatique, en raison du lien étroit existant entre la ressource (perliculture, pêche, agriculture) et la population. C'est un site soumis à l'érosion, donc vulnérable aux événements climatiques intenses, déjà impacté par la ciguatéra, possédant un milieu terrestre fragile et original.

##### 2.4.2.1 Erosion côtière et des pentes, submersion

Les côtes de Mangareva et celles des motu exposées aux houles australes et à l'agitation due au vent sont les plus soumises aux phénomènes d'érosion. D'autre part, sur Mangareva, le récif frangeant ayant déjà été endommagé par les nombreuses extractions de soupe de corail, il s'en trouve plus fragile et moins résilient aux phénomènes de montée des eaux ou à la multiplication des houles et marées de tempête. Il en est de même des portions de côte artificialisées ayant fait l'objet de remblais et d'aménagement littoraux (murs de protection par exemple).



*Zone d'érosion sur un motu des Gambier*

Une érosion terrigène est observée sur les sommets de Mangareva, Akamaru, Mokoto, liée au surpâturage des bœufs et des chèvres. Des actions de réhabilitation de zones dégradées par des reboisements (plantations de Pandanus, Bois de rose, *purau* ou *koueriki*) pourraient être mises en place pour la réduire, liées à des mesures limitant la divagation des bêtes.

#### 2.4.2.2 Développement de la ciguatera

Les statistiques de l'Institut Malardé concernant le suivi de la ciguatera aux Gambier indiquent d'ores et déjà des taux d'incidence importants avec une moyenne de 530 cas pour 10 000 habitants, ce qui place l'archipel en seconde position dans l'ordre des archipels les plus touchés par cette intoxication alimentaire après les Australes. Parmi les épisodes ciguatériques des dernières décennies, les taux d'incidence ont pu s'élever jusqu'à 5 600 cas/10 000 habitants. Les poissons les plus souvent incriminés sont les nasons, les carangues et les perroquets, espèces inféodées aux récifs. Dans un contexte aussi fragile avec une ciguatera déjà bien implantée dans l'archipel, une dégradation des récifs et une croissance facilitée des algues pourraient très probablement avoir une incidence importante sur la propagation de la maladie.

#### 2.4.2.3 Effets sur la perliculture liés aux modifications de la qualité physico-chimique des eaux (acidification des océans)

Aujourd'hui, l'activité de perliculture structure l'économie de l'île et est la principale source de développement de l'archipel. L'ensemble de la société insulaire des Gambier est donc étroitement lié à la qualité de l'environnement marin. On dénombre en 2015, 92 concessions pour une surface de 1315 hectares plus les surfaces de collectage de naissain (15% de la surface totale exploitée en Polynésie). Toutes les études, bien que réalisées en laboratoire en raison du fait que l'acidification des océans n'est pas encore mesurable dans les lagons, montrent que des changements dans la qualité chimique des eaux auraient des conséquences sur la reproduction et la croissance des nacrés (voir section 2.2.1). Ces conséquences seraient dramatiques pour l'économie de l'île et la population qui vit en grande partie grâce à la perliculture (principal employeur des Gambier).

#### 2.4.2.4 Déplacement des espèces marines (des zones de nurseries et de reproduction)

En raison de la forte présence de ciguatera, la pêche lagonaire est peu développée aux Gambier, la pêche au large étant privilégiée. Mais une pêche familiale persiste. Un changement de température et une migration des espèces aurait alors un impact important sur les ressources des populations locales, très éloignées et dépendantes de leur environnement.

#### 2.4.2.5 Espèces envahissantes terrestres et maritimes

L'archipel des Gambier a tout d'abord été peu étudié au niveau de sa flore avec seulement une étude en 1937 puis une autre en 1980 avant une intensification des prospections depuis les années 2000. Aujourd'hui, il bénéficie d'une bonne connaissance de sa flore et de l'état de ses milieux terrestres (mis à part quelques îlots encore peu prospectés).

On recense la présence de 22% d'espèces végétales endémiques de Polynésie orientale, ce qui est faible en comparaison de l'archipel des Marquises ou de la Société qui en comptent environ 60%. Cette flore limitée est néanmoins originale avec la présence de 10 espèces endémiques des Gambier.

On trouve 490 espèces introduites sur l'archipel, dont 95 espèces sont naturalisées (se sont installées et se développent seules), parmi lesquelles 14 espèces sont classées envahissantes par le code de l'environnement (sur les 35 répertoriées comme menaçant la biodiversité en Polynésie française), ce qui est un chiffre conséquent (Butaud, 2009).

L'archipel est aussi considéré comme celui ayant conservé le moins de formations végétales naturelles (60% des formations végétales de Mangareva sont des forêts d'origine anthropique) et pour lequel le taux d'extinction des espèces est le plus important en Polynésie française. L'archipel a été de nombreuses fois ravagé par les feux, dont l'impact a été amplifié par la prolifération des chèvres et le bétail en divagation.

Ce milieu très fragile est donc extrêmement sensible aux effets du changement climatique car plus de niches écologiques sont disponibles, les espèces les plus concurrentielles pouvant trouver facilement des zones favorables (zones ombragées par exemple).



## ETUDE SUR LA CONTRIBUTION DES ACTIONS DE GIZC PREVUES DU PROJET RESCCUE VIS A VIS DE L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

Les conséquences du changement climatique concernent l'ensemble des composantes des sociétés humaines, parce que les impacts qui y sont associés affecteront les activités en tant que telles (Magnan, 2008). Ainsi, comme vu dans le chapitre précédent, la perte de constructions ou de terres agricoles par submersion marine par exemple, apparaît comme une menace réelle. Le recul progressif du trait de côte met aussi de façon croissante des aménagements implantés trop près du rivage à portée des vagues, la perte d'attrait touristique, de ressources, constituent elles aussi des menaces qui expliquent pourquoi agir contre le changement climatique est aujourd'hui nécessaire. Ces exigences passent à la fois par des mesures de réduction des gaz à effet de serre (mitigation) et de gestion / anticipation des risques naturels induits par les évolutions climatiques (adaptation).

La gestion intégrée des zones côtières et l'adaptation au changement climatique partagent la même finalité d'atteindre un développement durable, à la croisée des enjeux anthropiques et environnementaux (Magnan, 2008).

L'adaptation au changement climatique est un concept difficile à traduire en actions spécifiques. Les actions de GIZC proposées dans le cadre du projet RESCCUE contribuent à maintenir ou restaurer la résilience des écosystèmes présents dans les deux sites pilotes. C'est particulièrement le cas avec les actions concrètes de conservation de la biodiversité (flore et faune), mais également avec les actions de protection et de gestion de site (marins ou terrestres) ou de lutte contre l'érosion. Cependant, l'analyse de la contribution de chaque action reste un exercice délicat car ces dernières se recoupent et sont souvent dépendantes les unes des autres, elles s'inscrivent dans la démarche globale de gestion intégrée de la zone côtière. D'autre part, certaines actions ne sont pas encore toutes bien définies et dépendent des phases de diagnostic approfondi.

### 3. CONTRIBUTION DES ACTIONS DE GIZC PROPOSEES DANS LE CADRE DU PROJET RESCCUE EN PF

#### 3.1 SYNTHESE DES ACTIONS DE GIZC ET DE LEUR CONTRIBUTION A L'ADAPTATION AU CHANGEMENT CLIMATIQUE

ACTIVITES	ACTIONS de GIZC PROPOSEES
<b>MOOREA/ 'OPUNOHU</b>	
Plan de GIZC 'Opunohu (en articulation avec le projet INTEGRE sur le site pilote commun)	Appui méthodologique adapté aux besoins de l'équipe INTEGRE (ex : identification des enjeux, caractérisation des stratégies d'acteurs, élaboration d'une gouvernance adaptée au contexte, appui à l'élaboration de la structure du PGIZC et à l'élaboration du PGIZC, recommandations opérationnelles pour les actions)
	<i>Contribution à l'adaptation au CC : Elaboration d'un plan d'action intégrant la problématique des CC et la résilience des écosystèmes et des activités économiques</i>

Appui à la révision du PGEM	Amélioration de la gouvernance et appropriation des acteurs impliqués et concernés, élargir les objectifs du PGEM existant et formaliser des objectifs à long terme traduit dans un véritable plan de gestion, concertations, définition des bases d'un observatoire ou système d'évaluation de la gestion et de la gouvernance, proposition d'un PGEM révisé
	<i>Contribution à l'adaptation au CC : Amélioration du PGEM pour une gestion durable des écosystèmes lagonaire et des activités humaines → améliorer la résilience des écosystèmes</i>
Développement d'ancrages écologiques et aménagements de la plage publique de Ta'ahiamanu	Diagnostic (état de l'art/besoins/contraintes) / Mise en œuvre des mouillages organisés et d'un mode de gestion pérenne
	<i>Contribution à l'adaptation au CC : Limiter la perturbation des mouillages sur les écosystèmes pour favoriser la résilience de l'écosystème lagonaire, diversification des activités économiques en cas de mise en place de services aux plaisanciers</i>
Lutte contre le recul du trait de côte et l'érosion du littoral	Réalisation du diagnostic du site (historique et évolution / identification et mesure des zones d'érosion-accrétion/détermination des processus), proposition d'actions « douces » de lutte contre l'érosion
	<i>Contribution à l'adaptation au CC : Définition de méthodes de lutte contre l'érosion préservant les fonctionnements naturels pour améliorer la résilience du littoral</i>
Lutte contre l'érosion terrigène	Accompagnement des producteurs d'ananas : conseil technique de lutte contre l'érosion et pérennité des actions (via notamment le recours à l'analyse économique)
	<i>Contribution à l'adaptation au CC : Développer une agriculture durable et plus respectueuse de l'environnement (modification des pratiques) afin de préserver les habitats terrestres et marins essentiels à l'adaptation aux changements climatiques (amélioration de la résilience des écosystèmes et de celle des activités agricoles)</i>
Conservation, restauration et réhabilitation écologiques : lutte contre les espèces envahissantes terrestres	Diagnostic approfondi et validation des enjeux / Préparation des actions
	<i>Contribution à l'adaptation au CC : Préparer la restauration des habitats terrestres pour améliorer leur résilience</i>
<b>GAMBIER/MANGAREVA</b>	
Plan de GIZC Mangareva	Atelier méthodologique, proposition d'une gouvernance locale (comité de GIZC) et d'un plan de gestion une fois le diagnostic approfondi réalisé
	<i>Contribution à l'adaptation au CC : Gestion durable des écosystèmes → meilleure résilience des écosystèmes et des activités économiques</i>
Accompagnement d'une perliculture durable	Diagnostic interactions perliculture environnement, caractérisation des déchets et pollutions, faisabilité d'une démarche qualité
	<i>Contribution à l'adaptation au CC : Améliorer les pratiques et diminuer les effets de l'activité sur les écosystèmes afin notamment de préserver les conditions environnementales → meilleure résilience de la perliculture</i>

Gestion des déchets	Diagnostic déchets (biblio/enquête/analyse) Scenarios d'optimisation et plan d'actions, mise en œuvre partielle d'actions identifiées par la commune
	<i>Contribution à l'adaptation au CC : Réduire les impacts négatifs sur l'environnement terrestre et marin pour soutenir leur résilience</i>
Ancrages écologiques / organisation des mouillages	Diagnostic (état de l'art/besoins/contraintes) Modes de gestions/caractéristiques techniques/services associés Mise en œuvre de l'organisation des mouillages
	<i>Contribution à l'adaptation au CC : Limiter la perturbation des mouillages sur les écosystèmes → favorise la résilience de l'écosystème lagunaire. Diversification des sources de revenus en cas de mise en place de services pour les plaisanciers</i>
Conservation – avifaune patrimoniale Gambier	Diagnostic (biblio/terrain/formation/états zéros sur îlots dératés/évaluation des populations sur monts Duff et Mokoto) Préparation des actions (biosécurité et mise en protection des îlots/achat de matériel) Mise en œuvre (suivis des rongeurs/des oiseaux et de la recolonisation/des mesures de biosécurité/dispositifs d'attraction de pétrels)
	<i>Contribution à l'adaptation au CC : Résilience des habitats naturels</i>
Conservation – flore et végétation Gambier	Diagnostic (formation de prestataires/enquêtes foncières/dimensionnement pépinière/suivi végétation îlots dératés) Conservation d'une relique de forêt naturelle (Mont Mokoto) : mise en place d'une clôture et contrôle plantes envahissantes, rédaction de plans de conservation des plantes Pépinière de plantations conservatoires, multi-usages (plantes économiques, alimentaires, agrumes, ornementales...économiquement viable) Eventuelles actions de lutte contre l'érosion terrigène
	<i>Contribution à l'adaptation au CC : Restaurer les habitats terrestres et activités agricoles → meilleure résilience de l'environnement et des activités agricoles face aux effets du CC. Diversification potentielle des revenus avec la mise en place d'une pépinière et la formation de futurs guides</i>
<b>ACTIONS TRANSVERSALES</b>	
Transfert des connaissances et renforcement des capacités	Formation, sensibilisation, éducation
	<i>Contribution à l'adaptation au CC : Apport des connaissances et de bonnes pratiques aux populations locales pour pérenniser les actions → résilience des écosystèmes et des communautés face aux risques du CC</i>

## **3.2 ANALYSE PAR THEME**

### **3.2.1 CONTRIBUTION DES ACTIONS DE PROTECTION ET DE GESTION (AIRES PROTEGEES)**

Les océans sont une pièce maîtresse dans la régulation du climat, notamment pour leur rôle de stockage du CO<sub>2</sub>, la production d'oxygène ou la régulation de la température atmosphérique. Leur exploitation croissante et l'impact des activités humaines des bassins versants terrestres dégradent progressivement leur qualité et entament leur capacité de régulation. Leur rôle d'atténuation et d'adaptation au changement climatique est alors amoindri, avec toutes les conséquences sur les populations côtières qui en dépendent (sécurité physique, alimentaire, économique).

Les stratégies de conservation des océans et des bassins versants terrestres permettent de croiser les enjeux de la biodiversité avec ceux du changement climatique (IUCN, 2015), c'est là le but de la gestion intégrée des zones côtières.

Des écosystèmes côtiers en bon état de fonctionnement fournissent de nombreux services utiles dans la lutte contre les effets du changement climatique.

### **3.2.2 CONTRIBUTION DES ACTIONS D'ORGANISATION DES ZONES DE MOUILLAGES**

Les mouillages forains des navires de plaisance, notamment sur les zones d'herbiers ou sur substrat coralliens, sont susceptibles d'impacter significativement des compartiments de l'environnement indispensables pour assurer la résilience du littoral aux effets liés au changement climatique.

En effet, les récifs coralliens jouent un rôle primordial pour la protection du littoral tant par rapport aux houles cycloniques qu'aux risques liés à la montée des eaux.

Les herbiers, outre leur rôle écologique pour de nombreuses espèces marines (nourriceries, frayères...) permettent également d'assurer la tenue des matériaux sédimentaires lors d'évènements exceptionnels (forte houle liée à un cyclone par exemple). De fait, les herbiers constituent une protection très efficace contre l'érosion des fonds sableux et sablo-vaseux, et donc du littoral.

La mise en place de mouillages organisés permettra donc de limiter les impacts des plaisanciers sur les compartiments de l'environnement tenant un rôle majeur dans la résilience des littoraux vis-à-vis des risques liés aux changements climatiques.

### **3.2.3 CONTRIBUTION DES ACTIONS DE LUTTE CONTRE L'ÉROSION**

La lutte contre l'érosion des littoraux constitue une des actions majeures permettant de lutter contre les effets du changement climatique sur cet espace fortement influencé par le niveau marin et les fortes houles. L'amélioration de la résilience du littoral passe par une meilleure prise en compte des phénomènes qui régissent les mouvements sédimentaires notamment au niveau des projets de lutte contre l'érosion. En effet, les moyens de lutte contre l'érosion mis en œuvre sont bien trop souvent porteurs d'effets indésirables sur le fonctionnement hydro-sédimentaire du littoral, entraînant une diminution de la résilience du littoral face aux effets du changement climatique.

Les actions qui pourraient être proposées pour lutter contre l'érosion du littoral de 'Opunohu, et plus particulièrement de la plage de Ta'ahiamanu, devront permettre de maintenir le rôle tampon de l'espace littoral entre la mer et la terre afin notamment d'amortir les effets liés au changement climatique (augmentation niveau de la mer, fortes houles).

Au niveau terrestre, la lutte contre l'érosion terrigène, notamment dans les zones agricoles, passe par l'accompagnement pour la mise en place de meilleures pratiques de culture sur l'ananas (mesures de lutte anti érosives telles que l'enherbement des cultures pour éviter les zones de terre à nu, cultures en lignes de niveau plutôt que verticale réduisant le transport terrigène en cas de précipitations importantes...). Cela contribue tant à protéger les zones de cultures que les espaces marins situés en aval, très sensibles à l'hypersédimentation. De façon générale, végétaliser les zones érodées maintient la fertilité du sol, stabilise les pentes et protège le lagon.

Plusieurs études ont été réalisées au sein du domaine de 'Opunohu afin de caractériser ces phénomènes d'érosion terrigène, comprendre leur origine, et proposer des mesures de lutte anti-érosive, mais aucun plan d'action spécifique n'a été mis en œuvre de manière explicite en la matière. Les pertes en terres ont été évaluées en 2004 à 400 T/ha/an sur les parcelles plus récemment défrichées. La réduction de l'érosion terrigène est un des axes de travail du projet INTEGRE et consiste à réaliser des aménagements des parcelles cultivées en ananas spécifiquement conçus pour limiter l'érosion terrigène, tant au niveau des pistes de desserte de ces parcelles, que des parcelles elles-mêmes. Le projet RESCCUE a prévu d'appuyer les actions du projet INTEGRE sur cette thématique en coopération avec le SDR qui a défini avec les producteurs d'ananas un schéma d'aménagement agricole anti-érosion de la zone cultivée en ananas, sur pentes moyennes à forte, la plus exposée au risque érosif.

#### 3.2.4 CONTRIBUTION DES ACTIONS DE CONSERVATION/REHABILITATION ECOLOGIQUE

Les aires protégées terrestres aident à conserver les écosystèmes qui fournissent un habitat, un abri, des aliments, des matières premières, du matériel génétique, une barrière contre les catastrophes naturelles, une source stable de ressources et de nombreux autres biens et services propres à l'écosystème. Elles jouent dès lors un rôle important en aidant les espèces, les populations et les pays à s'adapter aux changements climatiques (Mansourian *et al*, 2009). La protection et la restauration des écosystèmes réduisent leur vulnérabilité et augmentent leur résilience, constituant des alliés majeurs et peu coûteux pour lutter contre le changement climatique.

Les actions du projet RESCCUE sur cette thématique encouragent le maintien des populations endémiques pour limiter le développement des espèces envahissantes et réduire le risque d'incendie. Par exemple, les actions de conservation des oiseaux marins des Gambier participent à la revégétalisation des littoraux car ces animaux contribuent à la dissémination des plantes littorales (fruits collant aux plumes, ingestion de graines...).

La lutte contre l'érosion des pentes permet la diminution des apports terrigènes et la baisse de la pollution sur les récifs coralliens qui sont essentiels à la protection du littoral contre les houles et la montée des eaux (capacité d'adaptation au changement climatique). D'autre part, elle favorise le maintien des cultures en pente de type ananas, développées dans la vallée de 'Opunohu.

### 3.2.5 CONTRIBUTION DES ACTIONS DE SENSIBILISATION ET DE RENFORCEMENT DES CAPACITES

L'éducation permet de comprendre les causes et les conséquences du changement climatique, elle permet d'accroître les capacités des communautés en matière d'adaptation. Acquérir des comportements et des styles de vie plus durables, favoriser la prise de conscience et la compréhension du changement climatique chez les enfants et les adultes est la meilleure façon de faire évoluer les comportements et les attitudes. Ce que les enfants apprennent aujourd'hui façonnera le monde de demain.

Les actions de renforcement des capacités et de sensibilisation proposées dans le cadre du projet RESCCUE sont axées sur le transfert des connaissances en matière de botanique, avifaune, biosécurité, plantations, déchets, perliculture ou aux notions de gestion des ancrages, d'impact des aménagements côtiers ainsi qu'aux outils de mise en place et de planification de gestion intégrée des zones côtières.

## BIBLIOGRAPHIE

Adjeroud M., 2000 : Zonation des communautés macrobenthiques le long de deux baies d'un écosystème corallien insulaire (Moorea, Polynésie française). *Life Sciences* 323 (2000) 305–313, 9p.

Avagliano E., Petit J.N., 2009 : Etat des lieux sur les enjeux du changement climatique en Polynésie française. Ministère de l'Environnement de la Polynésie française, Direction de l'Environnement de la Polynésie française, Station Gump, UC Berkeley, 90p.

Bell J.D., Johnson J.E., Hobday A.J. (eds), 2011 : *Vulnerability of Tropical Pacific Fisheries and Aquaculture to Climate Change*. Secretariat of the Pacific Community, Noumea, New Caledonia.

Bellard C., Leclerc C., Courchamp F., 2013 : Potential impact of sea level rise on French islands worldwide. *Nature Conservation* @: @-@. doi: 10.3897/natureconservation.@.5533.

Benet, 2010 : Evolution des zones côtières en milieu insulaire et impact du changement global : perspectives 2100, université de la Polynésie française, 226 pages + annexes.

Besson E., 2011 : Proposition de plan de gestion intégrée de la baie et de la vallée d'Opunohu – Groupe de travail du Conservatoire Polynésien des Espaces Gérés (C.P.E.G), 91p.

Bigot L., Chabanet P., Charpy L., Conand C., Quod J.P., Tessier E., 2000 CDROM : "Suivi des Récifs Coralliens" PRE-COI/UE.

BRGM, 2006 : Commune de Moorea-Maiao, Ile de Moorea, Plan de prévention des risques. Rapport de présentation / Note méthodologique de réalisation des cartes / Dossier cartographique (rapports provisoires) 29\_PPR\_P05-xxx\_VP1, septembre 2006.

Butaud J.F., 2009 : La flore des Gambier : espèces remarquables et milieux patrimoniaux. Direction de l'Environnement de Polynésie française avec le soutien de la SOP Manu. Février 2009, 28p. Christensen, J.H., K. Krishna Kumar, E. Aldrian, S.-I. An, I.F.A. Cavalcanti, M. de Castro, W. Dong, P. Goswami, A. Hall, J.K. Kanyanga, A. Kitoh, J. Kossin, N.-C. Lau, J. Renwick, D.B. Stephenson, S.-P. Xie and T. Zhou, 2013: Climate Phenomena and their Relevance for Future Regional Climate Change. In: *Climate Change 2013: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Stocker, T.F., D. Qin, G.-K. Plattner, M. Tignor, S.K. Allen, J. Boschung, A. Nauels, Y. Xia, V. Bex and P.M. Midgley (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA.

CSIRO, Australian Bureau of Meteorology and SPREP (2015). *Climate in the Pacific: a regional summary of new science and management tools*, Pacific-Australia Climate Change Science and Adaptation Planning Program Summary Report. Commonwealth Scientific and Industrial Research Organisation, Melbourne, Australia.

Crane Drosch A. et al, 2008. A guide to the vulnerability reduction assessment. UNDP working paper.

Duvat V., 2015 : Changement climatique et risques côtiers dans les îles tropicales. *In press Les annales de géographie*, n° de sept-oct 2015, 19p.

Duvat V., Magnan A., Gattuso J.P., 2015 : Les petites îles, l'océan et le climat. In Océan et Climat, 2015 – Fiches scientifiques. [www.ocean-climate.org](http://www.ocean-climate.org), 128 pages, pp.54-67.

Fadil A., Sichoix L., Barriot J.P., Ortéga P., Willis P., 2011 : Evidence for a slow subsidence of the Tahiti Island from GPS, DORIS, and combined satellite altimetry and tide gauge sea level records. In: Comptes Rendus Geosciences, Volume 343, numéro 5, pp.331-341 (mai 2011).

GIEC, 2014 : Changements climatiques 2014 : Incidences, adaptation et vulnérabilité – Résumé à l'intention des décideurs. Contribution du Groupe de travail II au cinquième Rapport d'évaluation du Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat [sous la direction de Field, C.B., V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea et L.L. White]. Organisation météorologique mondiale, Genève (Suisse), 34 pages (publié en anglais, en arabe, en chinois, en espagnol, en français et en russe).

Gattuso J.P., Magnan A., Billé R., Cheung W.W.L., Howes E.L., Joos F., Allemand D., Bopp L., Cooley S.R., Eakin C.M., Hoegh-Guldberg O., Kelly R.P., Pörtner H.O., Rogers A.D., Baxter J.M., Laffoley D., Osborn D., Rankovic A., Rochette R., Sumaila U.R., Treyer S., Turley C., 2015 : Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO<sub>2</sub> emissions scenarios. In SCIENCE 349, July 2015.

Gouletquer P., Gros P., Boeuf P. et Weber J., 2013 : Biodiversité en environnement marin. QUAE Editions.

Guide ADEME : Diagnostic de vulnérabilité d'un territoire au changement climatique. Eléments méthodologiques tirés de l'expérience internationale. Adaptation au changement climatique.

Hoegh-Guldberg O., Andréfouët S., Fabricius K.E., Diaz-Pulido G., Lough J.M., Marshall P.A. and Pratchett M.S., 2011: Vulnerability of coral reefs in the tropical Pacific to climate change. In: JD Bell, JE Johnson and AJ Hobday (eds) Vulnerability of Tropical Pacific Fisheries and Aquaculture to Climate Change. Secretariat of the Pacific Community, Noumea, New Caledonia.

Hoegh-Guldberg O., Cai R., Brewer P., Fabry V., Hilmi K., Jung S., Poloczanska E. and Sundby S., 2014: The oceans: In Climate Change 2014: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, Cambridge University Press.

Holstein A., 2011 : Les remblais sur la ligne de rivage de Moorea (Polynésie Française), Université de Rennes 2 / CRIOBE : 88 pages + 21 pages d'annexes.

Hopuare Marania, 2014 : Changement climatique en Polynésie française, détection des changements observés, évaluation des projections. Université de la Polynésie Française, 2014.

Hopuare M., Pontaud M., Céron J.-P., Ortéga P., Laurent V., 2014: Climate change, Interdecadal Pacific Oscillation, El Niño Southern Oscillation, South Pacific Convergence Zone and observed precipitation variability in Tahiti, French Polynesia. Climate Research.

Hopuare M., Pontaud M., Céron J.-P., Déqué M., Ortéga P., 2014 : A small island downscaling to assess the impact of climate change on austral summer precipitation : application to Tahiti. Climate Research.



IUCN, 2015 : atelier sur les interrelations entre les aires marines protégées et le changement climatique, Paris, avril 2015.

Lehodey P., Hampton J., Bril R.W., Nicol S., Senina I., Calmettes B., Pörtner H.O., Bopp L., Ilyina T., Bell J.D. and Sibert J. ,2011 : Vulnerability of oceanic fisheries in the tropical Pacific to climate change. In: JD Bell, JE Johnson and AJ Hobday (eds) Vulnerability of Tropical Pacific Fisheries and Aquaculture to Climate Change. Secretariat of the Pacific Community, Noumea, New Caledonia.

Le Moullac G., Soyez C., Latchere O., Vidal-Dupiol J., Fremery J., Saulnier D., Lo Yat A., Belliard C., Mazouni-Gaertner N., Gueguen Y., 2015 (soumis) : *Pinctada margaritifera* responses to temperature and pH: acclimation capabilities and physiological limits. Article soumis à Estuarine Coastal and Shelf Science, publication spéciale 'Sustainable pearl culture'.

Le Moullac G., Soyez C., Latchere O., Vidal-Dupiol J., Belliard C., Fievet J., Sham-Koua M., Lo Yat A., Saulnier D., Mazouni-Gaertner N., Gueguen Y., 2015 (soumis) : Impact of pCO<sub>2</sub> on the energy, reproduction and growth of the shell of the pearl oyster *Pinctada margaritifera*. Article soumis à Estuarine Coastal and Shelf Science, publication spéciale 'Sustainable pearl culture'.

Lough J.M., Meehl G.A. and Salinger M.J., 2011 : Observed and projected changes in surface climate of the tropical Pacific. In: JD Bell, JE Johnson and AJ Hobday (eds) Vulnerability of Tropical Pacific Fisheries and Aquaculture to Climate Change. Secretariat of the Pacific Community, Noumea, New Caledonia.

Mansourian S., Belokourow A., Stephenson P.J., 2009 : Rôle des aires protégées forestières dans l'adaptation aux changements climatiques. Archives de documents de la FAO.

Observatoire national sur les effets du réchauffement climatique (ONERC), 2012 : Les outre-mer face au défi du changement climatique – Rapport au Premier Ministre et au Parlement. In Ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie. *La documentation française*.

Pascal N., Leport G., 2014 : Récifs coralliens, mangroves et herbiers de Moorea : Valeur économique des services écosystémiques. WP2 (rapport en validation). CRIOBE, programme BEST CORAIL. 158p.

Plan Climat Energie de la Polynésie française, 2015. Service de l'énergie et des mines de Polynésie française. 136p.

Pratchett M.S., Munday P.L., Graham N.A.J., Kronen M., Pinca S., Friedman K., Brewer T.D., Bell J.D., Wilson S.K., Cinner J.E., Kinch J.P., Lawton R.J., Williams A.J., Chapman L., Magron F. and Webb A., 2011 : Vulnerability of coastal fisheries in the tropical Pacific to climate change. In: JD Bell, JE Johnson and AJ Hobday (eds) Vulnerability of Tropical Pacific Fisheries and Aquaculture to Climate Change. Secretariat of the Pacific Community, Noumea, New Caledonia.

Rochette J., Magnan A., Billé R.: Gestion intégrée des zones côtières et adaptation au changement climatique en Méditerranée. In Lazzeri Y., Moustier E. : Le développement durable dans l'espace méditerranéen : enjeux et propositions, L'Harmattan, pp.99-120.

Tanret D., Jacq F., Butaud J.F., 2012 : Étude relative au classement de la baie de 'Opunohu en espace naturel protégé, plan de paysage de 'Opunohu. Rapport final. Direction de l'environnement, Polynésie française. 218 p. + annexes.