HAL
open science

Vulnérabilité et adaptation des populations de Polynésie française qui dépendent des récifs coralliens face au changement climatique

Adrien Comte, Jason Vii, Linwood Linwood H. Pendleton

To cite this version:

Adrien Comte, Jason Vii, Linwood Linwood H. Pendleton. Vulnérabilité et adaptation des populations de Polynésie française qui dépendent des récifs coralliens face au changement climatique. [Rapport de recherche] R-40-2019, Université de Bretagne occidentale - Brest; IFRECOR. 2019, pp.86. hal-02170032

HAL Id: hal-02170032

https://hal.science/hal-02170032v1

Submitted on 29 Apr 2022

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Publications électroniques AMURE

Série Rapports

Vulnérabilité et adaptation des populations de Polynésie française qui dépendent des récifs coralliens face au changement climatique

Adrien Comte, Jason Vii, Linwood Pendleton

N° R-40-2019

ISSN 1951-6428

AMURE
CENTRE DE DROIT ET D'ÉCONOMIE DE LA MER

www.umr-amure.fr

UBO Université de Bretagne Occidentale

Ifremer

cnrs

Pour citer ce document

Comte A., Vii J., Pendleton L. (2019) [en ligne] « Vulnérabilité et adaptation des populations de Polynésie française qui dépendent des récifs coralliens face au changement climatique », Publications électroniques Amure, Série Rapports R-40-2019, 86p. Disponible : http://www.umr-amure.fr/electro_rapports_amure_R_40_2019 (Consulté le jj.mm.aaaa*)

* Indiquez la date à laquelle vous avez consulté le document en ligne

Vulnérabilité et adaptation des populations de Polynésie française qui dépendent des récifs coralliens face au changement climatique

Adrien Comte[1, 2], Jason Vii[3], Linwood Pendleton[2, 4, 5, 6]

1 CIRED, AgroParisTech, Cirad, CNRS, EHESS, Ecole des Ponts ParisTech, Université Paris-Saclay, F-94736 Nogent-sur-Marne, France

2 Université de Brest, Ifremer, CNRS, UMR6308 AMURE, IUEM, Plouzané, France

3 PSL Research University: EPHE-UPVD-CNRS, USR 3278 CRIOBE, Laboratoire d'Excellence « CORAIL », Perpignan, France

4 World Wildlife Fund, 1250 24th Street NW, Washington, DC, USA

5 The Nicholas Institute for Environmental Policy, Duke University, 2117 Campus Drive, P.O. Box 90335, Durham, NC, USA

6 Global Change Institute, Research Road, The University of Queensland, St. Lucia QLD, Australia

Contenu

Remerciements 3
Abréviations 4
Contexte 5
1. Approches 7
2. Objectifs 10
3. Zone d'étude 11
4. Évaluation de la vulnérabilité et de la résilience 14
4.1 Vulnérabilité écologique 14
4.2 Vulnérabilité sociale 30
4.3 Enquêtes de perception de populations 40
5. Vers une planification de l'adaptation 57
5.1 La prise en compte du changement climatique par les pouvoirs publics 58
5.2 Vers la prise en compte du changement climatique dans les politiques publiques existantes 59
6. Conclusion 65
7. Recommandations 67
7.1 Recommandations pour décideurs 67
7.2 Recommandations pour la recherche 67
Bibliographie 68
Annexes 74
Annexe 1 : Localisation des sites de suivi du réseau Polynésie Mana, en rouge sur la carte 75
Annexe 2 : Liste des genres de coraux utilisés dans cette étude 76
Annexe 3 : Liste des taxons de poissons et groupes fonctionnels associés utilisés dans cette étude 77
Annexe 4 : Indicateurs de capacité d'adaptation sociale et pondérations par des experts, d'après Thiault et al., 2017 79
Annexe 5 : Questionnaire administré lors de l'enquête de perception des populations dépendantes des récifs coralliens 80
Annexe 6 : Données quantitatives récoltés lors des entretiens sur les îles de Moorea, Rangiroa, Tihehau, et Tubuai 83
Annexe 7 : Questions posées par les personnes interrogées lors des enquêtes de perception 84
Annexe 8 : Principes pour créer des réserves marines pour la gestion des pêches et la conservation de la biodiversité dans un contexte de changement climatique, selon Green et al., 2014 85

Remerciements

Ce travail a été soutenu et financé par l'IFRECOR, l'Université de Bretagne Occidentale, et le LabexMer. Il a été conduit au sein des laboratoires AMURE, CRIOBE, et CIRED. Nous tenons à remercier le comité local de l'IFRECOR en Polynésie française, la Direction des Ressources Marines, la Direction du Tourisme, le Département de la Recherche, les mairies de Tubuai, Moorea, Tikehau, et Rangiroa, le Haut-Commissariat, l'Institut des Statistiques de Polynésie Française, la Fédération des Associations de Préservation de l'Environnement, le comité national de l'IFRECOR, l'UBO, le LabexMer, le CRIOBE, le CIRED. Nous remercions également à titre personnel Denis Bailly et l'UMR AMURE, ainsi que Serge Planes, Joachim Claudet, Lauric Thiault, et toute l'équipe du CRIOBE pour leur aide précieuse. Merci à toutes les personnes qui nous ont aidés sur le terrain et à toutes les personnes interrogées qui ont bien voulu répondre à nos questions.

Abréviations

ADEME – Agence de l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie

AFB – Agence Française pour la Biodiversité

AFD – Agence Française de Développement

AMP – Aire Marine Protégée

AO – Acidification des Océans

CAE – Capacité d'Adaptation Ecologique

CAS – Capacité d'Adaptation Sociale

CC – Changement Climatique

CRIOBE – Centre de Recherche Insulaire et Observatoire de l'Environnement

DHW – *Degree Heating Week*

DIREN – Direction de l'Environnement

DJS – Direction de la Jeunesse et des Sports

DRM – Direction des Ressources Marines

FAPE – Te Hora Nao, Fédération des Associations de Protection de l'Environnement de Polynésie Française

IFRECOR – Initiative Française pour les Récifs Coralliens

ISPF – Institut de Statistiques de Polynésie Française

ONG – Organisation Non-Gouvernementale

PCE – Plan Climat Energie

PF – Polynésie Française

PM – Polynesia Mana

PGEM – Plan de Gestion de l'Environnement Marin

PGA – Plan General d'Aménagement

SDRI – Schéma Directeur Recherche & Innovation

SFN – Solutions Fondées sur la Nature

ZPR – Zone de Pêche Réglementée

Contexte

Les populations d'Outre-mer dépendent fortement des récifs coralliens, notamment pour la pêche, la protection des côtes face à l'érosion et aux évènements extrêmes, et le tourisme. Le maintien de ces services écosystémiques dans le temps dépend de l'état de santé des récifs coralliens et de leur résilience face aux pressions locales et au changement climatique.

Les effets du changement climatique annoncés, et particulièrement l'augmentation de la température et l'acidification des océans, risquent d'impacter la provision de ces services en affectant l'état de santé des récifs coralliens. Etant donné les trajectoires d'émissions de gaz à effet de serre, une partie des effets du changement climatique sont inévitables. Ces effets se font déjà ressentir, comme le montrent les épisodes globaux de blanchissements des coraux, le dernier en date ayant particulièrement affecté la Grande Barrière de Corail en Australie où 60 % des coraux présents sur la Grande Barrière ont blanchis entre 2016 et 2017 (Hughes et al., 2017), et 30% sont morts. Même si la réduction des émissions de gaz à effet de serre pourrait réduire l'intensité de ces effets, il reste indispensable de les anticiper car les écosystèmes coralliens et les populations humaines qui en dépendent y sont vulnérables.

La Polynésie française s'engage, avec les autres pays du Pacifique, en faveur de la lutte contre le changement climatique, notamment avec la Déclaration des pays de Polynésie « BOE Declaration » du 5/09/2018[1] :

"We reaffirm that climate change remains the single greatest threat to the livelihoods, security and wellbeing of the peoples of the Pacific and our commitment to progress the implementation of the Paris Agreement"

Ainsi que par la Déclaration « Polynesian PACT » en amont de la COP21[2].

C'est dans ce contexte que cette étude tente d'évaluer la vulnérabilité des récifs coralliens et des populations qui en dépendent en Polynésie française en utilisant des approches innovantes et interdisciplinaires. Dans ce rapport, la première partie décrit les approches utilisées pour évaluer la vulnérabilité et guider l'adaptation. La deuxième partie détaille les objectifs de l'étude. La troisième partie décrit la zone d'étude choisie. La quatrième partie détaille les méthodologies employées et les

[1] Cette déclaration provient du 49ème Forum des Iles du Pacifique, Yaren, Nauru, 3-6 Septembre 2018
[2] Déclaration de Taputapuatea du groupe des dirigeants polynésiens, PACT, Papeete, 16 juillet 2015

résultats de l'évaluation de la vulnérabilité, avec une sous-partie sur la vulnérabilité écologique et le développement d'indicateurs de résilience, une sous-partie sur l'évaluation de la vulnérabilité socio-économique, et une sous-partie concernant l'utilisation d'enquêtes de perception des populations dépendantes des récifs coralliens sur les changements environnementaux. La cinquième partie propose des pistes pour l'adaptation en partant du diagnostic de la vulnérabilité et des documents de politiques publiques existants en Polynésie française. La sixième partie est consacrée à l'évaluation de la vulnérabilité et l'adaptation. Enfin, la septième partie propose des recommandations pour les politiques publiques et pour la recherche.

Crédit photo : Y. Chancerelle

1. Approches

La vulnérabilité représente la possibilité (probabilité ou potentialité) qu'un système, ici les récifs coralliens et les populations humaines, soit négativement affecté par le changement climatique (CC). Elle est caractérisée par trois attributs : l'exposition, la sensibilité, et la capacité d'adaptation (Adger, 2006). L'exposition est définie comme « la présence de gens, de modes de vies, d'espèces ou d'écosystèmes, de fonctions environnementales, de services, de ressources, d'infrastructures, ou de capital économique, social, et culturel dans des endroits et des conditions susceptibles de subir des dommages » * (IPCC AR5 WGII SPM, p.5). La sensibilité, parfois appelée dépendance ou susceptibilité au dommage, est le degré à partir duquel le système exposé peut être affecté par les changements climatiques. La capacité d'adaptation est définie comme « la capacité d'un système à évoluer pour s'accommoder à des aléas de l'environnement ou des changements de politiques et à faire face à une variabilité accrue » * (IPCC AR5 WGII SPM, p.5). La résilience est la capacité d'un système à encaisser et se rétablir des impacts du changement climatique en conservant les fonctions (richesse, biodiversité, services). Ici, nous utiliserons les termes de capacité d'adaptation et de résilience comme synonymes (Engle, 2011; Turner et al., 2003). Enfin, L'adaptation est définie comme « le processus d'ajustement au climat et à ses effets actuels ou prévus dans le futur. Pour les systèmes humains, l'adaptation cherche à modérer ou éviter des dommages ou à exploiter des opportunités. Dans certains systèmes naturels, l'intervention humaine peut aider l'ajustement au climat futur et à ses effets » * (IPCC AR5 WGII SPM, p.5).

Les études d'évaluation de la vulnérabilité servent plusieurs objectifs. Ces évaluations servent principalement à identifier les populations humaines ou les écosystèmes vulnérables aux impacts du CC (Adger, 2006), mais également pour le suivi de l'efficacité des stratégies de gestion mises en place face aux effets du changement climatique, pour l'identification de stratégies d'adaptation (Smit and Wandel, 2006), pour prioriser l'allocation de financement climat, pour guider la recherche future (Ekstrom et al., 2015), ou encore pour communiquer sur les enjeux liés au CC à différentes parties prenantes (décideurs, populations identifiées comme vulnérables, grand public, gestionnaires, etc.).

Dans ce contexte, deux approches innovantes sont possibles pour s'adapter aux effets du changement climatique à court et moyen terme : une approche écologique visant à augmenter la

* Traductions des auteurs

capacité d'adaptation et de résilience des écosystèmes (capacité écologique), et une amélioration de la capacité des populations humaines à faire face à la perte de services écosystémiques (capacité sociale) (Figure 1) (Pendleton, Comte, et al., 2016). Le choix de la stratégie à adopter dans le cas où l'adaptation écologique n'est pas possible est entre les mains des communautés locales et des décideurs politiques et dépendra de leur capacité d'adaptation sociale. La capacité d'adaptation de la société dépend des ressources disponibles (financières, matérielles, technologiques), de la flexibilité et de la mobilité des communautés locales à changer d'activités ou de lieu de résidence, l'organisation de la société et la gouvernance des ressources naturelles, l'apprentissage des enjeux et des solutions pour anticiper et réagir aux effets du CC, et la capacité à agir, notamment grâce à la présence de leaders charismatiques, face à ces enjeux (Cinner et al., 2018).

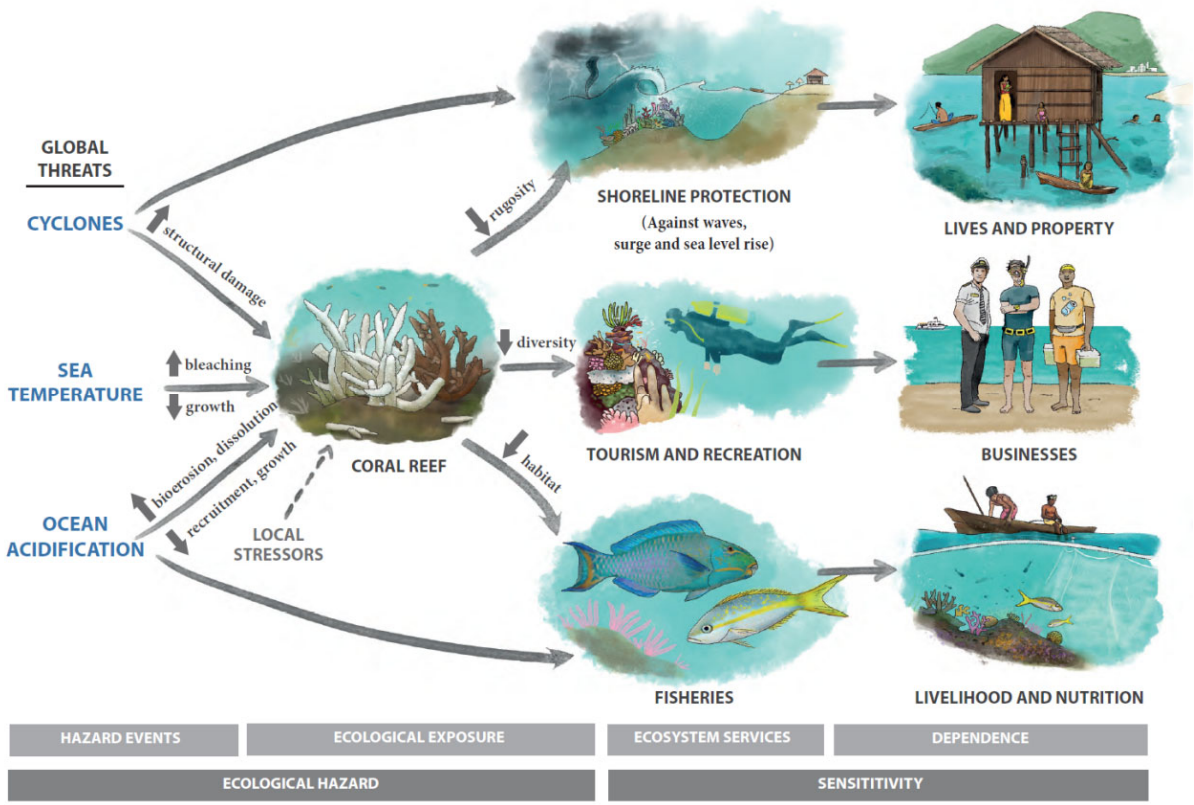

Figure 1 : Schéma liant vulnérabilité des récifs coralliens aux changements climatiques. Source : Pendleton, et al., 2016

Dans une certaine limite, la capacité écologique peut être améliorée par le biais de mesures d'atténuation des menaces environnementales locales, de protection et de restauration des

écosystèmes (Figure 2). Le développement d'aires marines protégées, la gestion des pêches, la réduction des pollutions et la mise en place de la séquence éviter-réduire-compenser dans les projets de développement (Pinault et al., 2017) en sont autant d'illustrations. La capacité sociale peut quant à elle être améliorée grâce à des mesures de développement socio-économique tel le développement de « filet de sécurité sociale », de systèmes d'alertes et d'infrastructures.

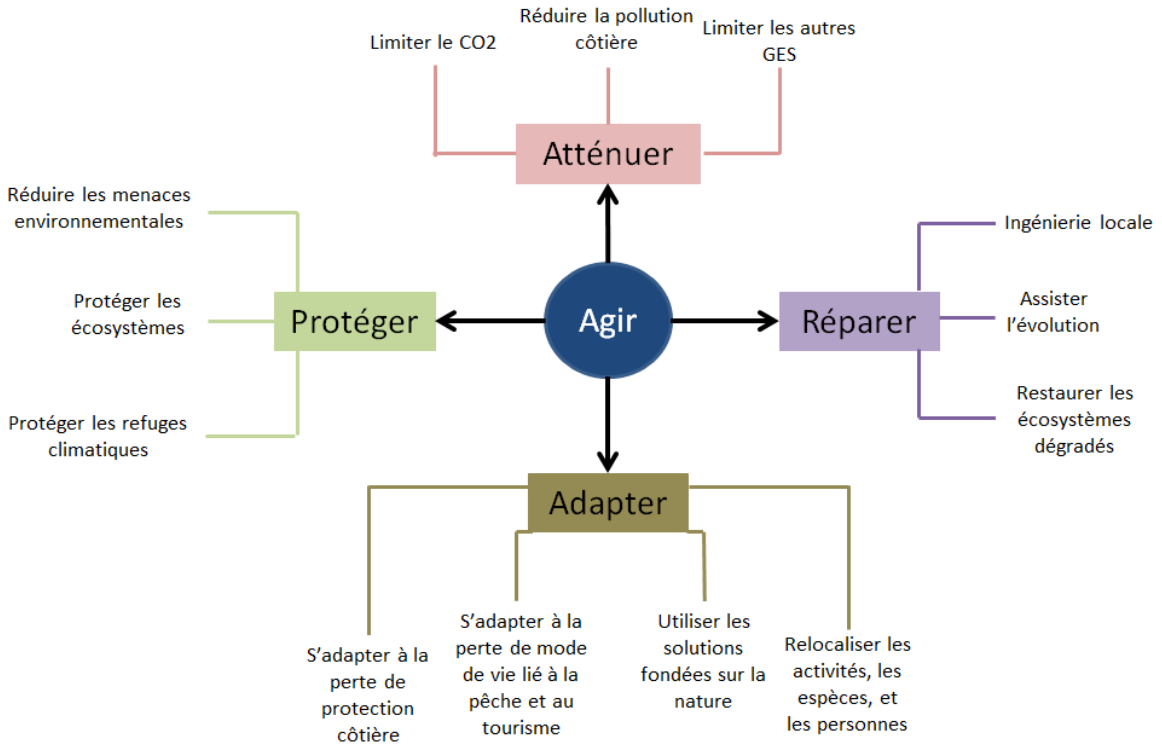

Figure 2 : quatre stratégies pour faire face aux impacts du changement climatique sur les socio-écosystèmes coralliens. Source : (Comte & Pendleton, 2018)

Une planification de l'adaptation aux effets du changement climatique passe par l'évaluation de la capacité d'adaptation écologique et des pressions environnementales locales (Burke, Reytar, Spalding, & Perry, 2011). Cette approche, appliquée aux récifs coralliens, vise à évaluer l'état des récifs et des écosystèmes côtiers mais aussi les facteurs biophysiques et écologiques qui limitent l'amélioration de la capacité écologique. De plus, la capacité écologique ne peut être renforcée que si les populations humaines en ont les moyens (humains, financiers, etc.). Bien qu'une compréhension holistique de la vulnérabilité doive passer par l'évaluation d'aspects écologiques et d'aspects socio-économiques, peu d'études mobilisent conjointement des méthodes en écologie et en sciences

sociales (Whitney et al., 2017). La force de cette étude est donc d'évaluer ces deux aspects de manière concomitante, en les insérant dans un contexte de gestion de l'environnement spécifique qui est celui de la Polynésie française, afin de guider les politiques publiques.

2. Objectifs

Ce projet est motivé par plusieurs questions de recherche : Comment mesurer la vulnérabilité ? Quelles stratégies développer pour s'adapter ? Où en sont les politiques existantes ?

L'objectif général de cette étude est de développer un cadre analytique et des indicateurs pour évaluer la vulnérabilité des récifs coralliens et des populations de Polynésie française et guider les politiques publiques d'adaptation.

Dans un premier temps, il est nécessaire de décrire les chaînes d'impacts qui lient les effets des changements climatiques sur les récifs coralliens et les populations qui en dépendent (Pendleton, Comte, et al., 2016). Dans un deuxième temps, la capacité d'adaptation écologique des récifs de Polynésie française, c'est-à-dire les facteurs qui vont influencer la résilience de cet écosystème face aux effets du CC, seront mesurés en intégrant des données scientifiques et des savoirs locaux (Berkes et al., 2000). Cette étape est particulièrement importante pour faire émerger des indicateurs qui pourront être suivis dans le temps et qui seront donc utiles pour une gestion adaptative du socio-écosystème corallien. L'utilisation de savoirs locaux est également importante pour ancrer l'évaluation de la vulnérabilité dans un contexte local et améliorer l'efficacité de la gestion des récifs coralliens (Weeks & Jupiter, 2013). La capacité d'adaptation sociale sera mesurée grâce aux données statistiques publiques et permettra de contextualiser la vulnérabilité sociale aux effets du changement climatique sur les récifs coralliens.

L'évaluation de la vulnérabilité permettra d'identifier une série de mesures pertinentes pour agir sur la capacité d'adaptation écologique et sur la capacité d'adaptation sociale. Un état des lieux des politiques actuelles et de leur influence sur la vulnérabilité socio-écologique sera ensuite présenté. Cet état des lieux vise à aider les décideurs locaux à la priorisation des mesures nécessaire pour renforcer la résilience face aux effets du changement climatique sur les récifs coralliens.

3. Zone d'étude

Le changement climatique va impacter les récifs coralliens des Outre-mer français, ainsi que les populations humaines qui en dépendent. La Polynésie française (PF), considérée par certaines publications scientifiques comme un « refuge climatique » (Mora et al., 2018; R. van Hooidonk, Maynard, & Planes, 2013), est un site d'expérimentation particulièrement pertinent puisqu'il révèle des situations écologiques et géographiques contrastées entre les différentes îles qui la composent, une forte dépendance socio-économique aux récifs coralliens, et une volonté de protéger l'environnement et de lutter contre les effets du changement climatique.

Dans les 118 îles qui composent la Polynésie française, vivent près de 280.000 habitants répartis de façon hétérogène sur les 5 archipels. Compte-tenu des ressources limitées pour conduire cette étude et de l'étendue de la Polynésie française, nous nous focalisons sur 7 îles réparties sur 3 archipels : Bora Bora, Moorea et Tahiti pour l'archipel de la Société, à l'Ouest de la Polynésie française ; Tikehau, Rangiroa et Takapoto pour l'archipel des Tuamotu au centre de la PF et Tubuai pour l'archipel des Australes situés au Sud-Ouest de la Polynésie française (Figure 3).

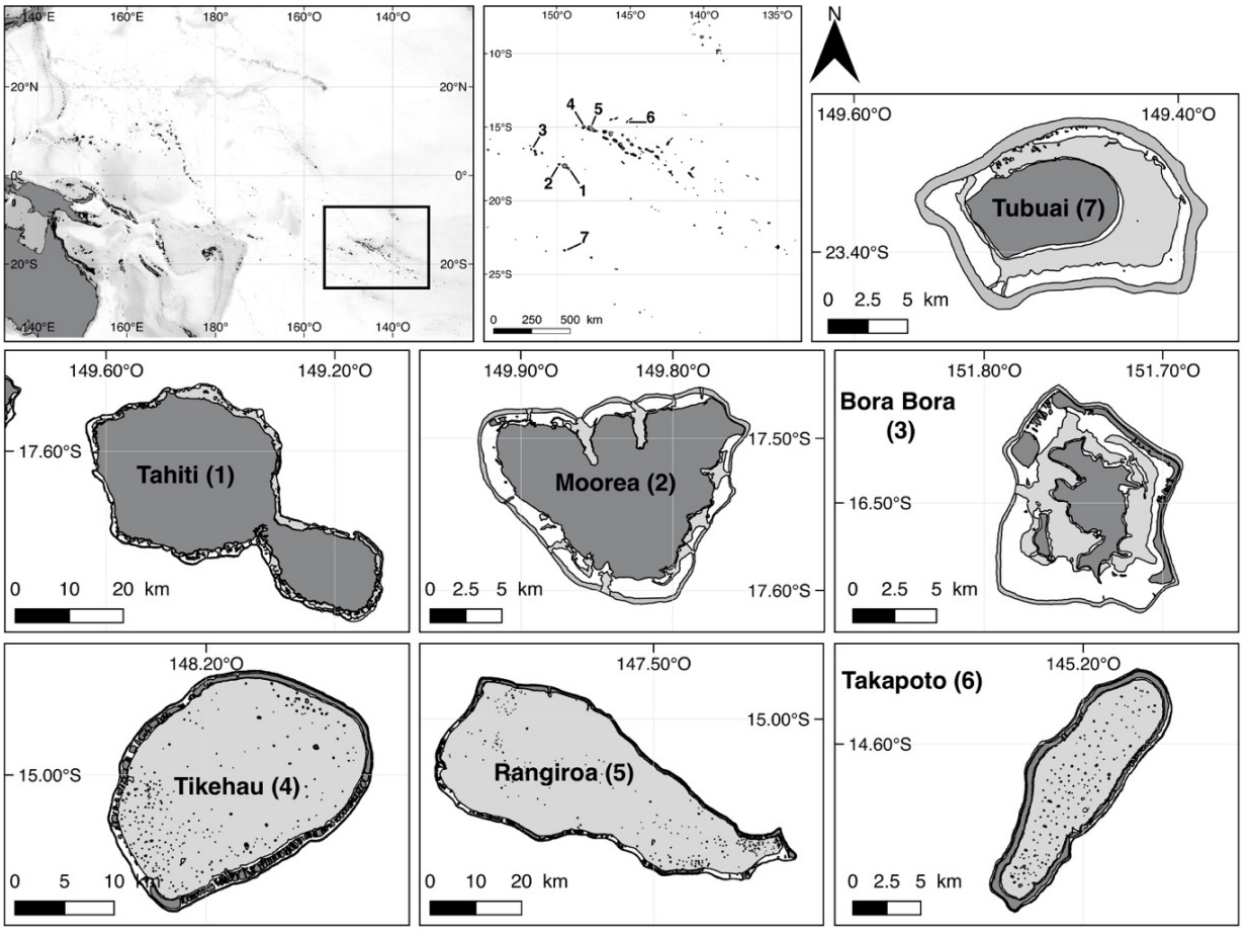

Figure 3 : Carte des différentes zones d'étude

Ces îles ont été sélectionnées sur la base de plusieurs critères. D'abord, la présence de séries temporelles sur la biologie et l'écologie des récifs coralliens, effectuées par le Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement (CRIOBE), la disponibilité de données économiques fournies par l'Institut des Statistiques de Polynésie française (ISPF), la diversité géographique de ces îles pour obtenir une certaine représentativité des archipels et des populations de Polynésie française qui dépendent des récifs coralliens (l'archipel des Marquises n'est pas représenté, ne disposant pas de récifs coralliens à proprement parler).

Les mesures de suivi Polynésia Mana sont basées sur des observations faites sur le corail et les poissons récifaux en pente externe, c'est-à-dire la portion récifale la plus éloignée de la côte. Ces mesures serviront à créer des indicateurs de vulnérabilité écologique. Bien que ce réseau de suivi ne permette pas de construire des indicateurs qui couvrent tous les aspects de la résilience, ils ont le mérite d'avoir une vaste couverture spatiale et temporelle, critères essentiels pour mesurer l'évolution de la vulnérabilité (Thiault et al., 2018). À cela est couplé une série d'analyses sur les données socio-économiques afin d'établir les indicateurs de vulnérabilité sociale. Enfin, des enquêtes

semi-directives ont été conduites pour rendre compte de la perception des communautés qui dépendent des récifs coralliens face aux effets du changement climatique et ainsi aborder leur capacité d'adaptation sociale. Compte tenu des moyens disponibles, ces enquêtes de terrain ont été conduites sur 4 îles clés : deux îles hautes, Moorea et Tubuai, et deux îles basses, Rangiroa et Tikehau. Les méthodologies spécifiques à l'évaluation de tous ces aspects de la vulnérabilité sont décrites en détail dans chaque sections de la partie quatre.

4. Évaluation de la vulnérabilité et de la résilience

La caractérisation du risque des récifs coralliens et des populations humaines face au changement climatique, ou leur vulnérabilité, est une étape essentielle à la planification de mesures d'adaptation pour permettre le maintien dans le temps de ces écosystèmes et des services qu'ils produisent. Deux approches ont été choisies pour caractériser cette vulnérabilité.

D'abord, elle est abordée par le développement d'indicateurs. Cette approche a de nombreux avantages : elle permet de s'appuyer sur des données existantes provenant de différentes disciplines et touchant à des aspects divers du système étudié, elle permet également d'utiliser ces indicateurs pour suivre l'évolution de la vulnérabilité dans le temps, afin de faciliter la planification d'une gestion adaptative des récifs coralliens. Enfin, elle permet de s'appuyer sur des modèles conceptuels existants et des données déjà collectées, ne nécessitant pas le développement ou le déploiement de ressources importantes sur le territoire concerné.

Deuxièmement, elle est abordée par une enquête de perception de certaines populations dépendantes des récifs coralliens. Cette approche permet d'aborder la vulnérabilité de manière plus qualitative et plus ancrée dans le territoire. La perception des populations sur la vulnérabilité offre des informations sur leur capacité d'adaptation et sur les enjeux qui importent spécifiquement dans les territoires étudiés, par rapport à une approche plus générale de construction d'indicateurs.

Le système socio-écologique (SSE) dont on tente de caractériser la vulnérabilité présente deux sous-systèmes : un sous-système écologique et un sous-système social. Ces travaux évaluent dans un premier temps la vulnérabilité du sous-système écologique, puis du sous-système social. Les enquêtes de perception, qui font le lien entre les deux, sont présentées dans un troisième temps.

4.1 Vulnérabilité écologique

Pour le sous-système écologique, nous sommes partis de travaux existants sur les facteurs liés au changement climatique importants pour les récifs coralliens (facteurs d'exposition), ainsi que sur les facteurs écologiques intrinsèques qui vont déterminer la résilience des récifs coralliens face au CC (facteurs de capacité écologique). Nous allons d'abord décrire les projections de l'évolution dans le temps des effets du CC importants pour les récifs de Polynésie française, puis les paramètres de résilience liés aux coraux, et enfin les paramètres de résilience liés aux populations de poissons récifaux.

4.1.1 Effets du changement climatique sur les récifs coralliens

Le changement climatique va affecter les récifs coralliens de plusieurs manières (Cinner et al., 2015). La menace principale est l'augmentation de la température de l'eau, menant à des épisodes de blanchissement des coraux. Ce phénomène se produit quand le corail est stressé par l'augmentation de la température (un ou plusieurs degrés de réchauffement au-dessus de leur seuil de tolérance seulement sont nécessaires). A ce moment, le corail expulse l'algue symbiotique qui vit dans ses tissus, ce qui lui donne cette couleur blanche. Si ce stress dure, le corail risque de mourir. Si la température revient à la normale, il peut récupérer l'algue dans le milieu où il vit et continuer à se développer.

Une autre menace est liée à l'acidification des océans. Cette acidification est due à l'accumulation de CO2 dans l'atmosphère, qui se diffuse dans l'océan et en diminue le pH. Ce processus affectera de plus en plus la physiologie des coraux, le besoin en énergie pour construire le squelette calcaire dépendant du pH de l'eau dans lequel il vit. Les autres organismes, tels les poissons, etc. seront également affectés par l'augmentation de la température et l'acidification de l'océan.

Deux autres effets du changement climatique pourraient affecter les récifs coralliens. La modification de la fréquence et/ou de l'intensité des cyclones pourrait affecter les récifs coralliens en les endommageant. Néanmoins, il apparaît que les tempêtes tropicales seront en diminution en Polynésie française, quel que soit le scénario d'augmentation de gaz à effet de serre (Mora et al., 2018)[4]. Le dernier effet est l'augmentation du niveau de la mer. Cet effet est préoccupant pour les populations humaines qui vivent près des côtes, et particulièrement pour les atolls (Duvat, Salvat, & Salmon, 2017). Les récifs coralliens devraient, par leur croissance, pouvoir suivre l'augmentation du niveau de la mer, mais seulement jusqu'à un certain point (Perry et al., 2018).

Ici, nous cartographions les effets de l'augmentation de la température de l'eau et de l'acidification des océans à l'échelle de la Polynésie française. Durant les dernières décennies, la dynamique écologique des récifs de PF et leur résilience dépendait de deux facteurs majeurs : l'occurrence de cyclones et les épisodes de prolifération d'étoiles de mer *Acanthaster planci* -connue aussi sous le nom polynésien de « taramea » (Galzin et al., 2016). Cependant, les modèles et expérimentations montrent que deux facteurs liés au changement climatique, l'augmentation de la température de l'eau et dans une moindre mesure l'acidification des océans, vont de plus en plus affecter les récifs coralliens à l'échelle globale (Pendleton, Hoegh-Guldberg, Langdon, & Comte, 2016) dans les

[4] Pour une carte animée des menaces climatiques, voir : http://impactsofclimatechange.info/HumanImpacts/Storms_rcp85.html

décennies à venir. L'évolution future des épisodes de prolifération d'acanthaster n'est pas connue à ce jour. Par contre, des modèles globaux existent sur l'évolution de l'augmentation de la température de l'eau et de son acidification et sont présentés ici.

Nous utilisons des projections qui indiquent l'année à partir de laquelle des épisodes de blanchissement sévères reviendraient tous les ans (Ruben van Hooidonk, Maynard, Manzello, & Planes, 2014). Ces projections se basent sur un ensemble de modèles climatiques (CMIP5) pour deux scenarios d'émissions futures des gaz à effet de serre, le scénario « fil de l'eau » (RCP8.5) et le scénario de réduction forte des émissions (RCP2.6) (O. Hoegh-Guldberg et al., 2014). La plupart des coraux blanchissent à partir d'une anomalie de température qui dure plus de 6 semaines (appelée *Degree Heating Week* DHW en anglais) (Hoegh-Guldberg, 1999). Un niveau d'anomalie de 8 DHW qui reviendrait tous les ans est cité comme un niveau de stress de température amenant un niveau de mortalité corallienne significatif (Maynard et al., 2015; van Hooidonk et al., 2014).

L'acidification des océans (AO) affectera de nombreux processus physiologiques et comportementaux qui sont importants pour les organismes vivant dans les récifs coralliens (Yang, Hansson, & Gattuso, 2015). Tous ces processus étant affectés différemment par les changements des conditions chimiques dans l'océan, il n'y a pas d'effet de seuil unique qui représenterait une limite au-delà de laquelle les récifs coralliens seraient fortement affectés par l'AO. Nous n'utilisons donc pas une carte représentant un effet de seuil comme pour le risque de blanchissement lié à l'augmentation de la température de l'eau, mais nous cartographions des projections de l'état de saturation de l'aragonite (Ω_{ar}) pour l'année 2050 (Jiang et al., 2015). Ω_{ar} est une mesure liée à l'acidification, qui reflète le niveau de saturation en carbone de l'océan. Cette mesure est utilisée pour analyser les effets de l'AO sur les organismes qui possèdent des squelettes en carbonate de calcium, ce qui est le cas des coraux et d'autres espèces qui composent les récifs coralliens. Des valeurs plus basses indiquent un effet plus sévère de l'AO. Pour calculer Ω_{ar} en 2050, nous utilisons la technique détaillée par (Jiang et al., 2015) qui est produite à partir des sites inclus dans les bases de données *Global Ocean Data Analysis Project* (GLODAP), *Carbon in Atlantic Ocean* (CARINA), et *Pacific Ocean Interior Carbon* (PACIFICA). Nous calculons le Ω_{ar} projeté en 2050 avec les scenarios d'émissions RCP2.6 et RCP8.5, l'alcalinité totale in-situ, ainsi que la salinité, les silicates, les phosphates, ainsi que la pCO_2 de l'eau de surface, par rapport à l'année de base 2000. Cette mesure indique de manière grossière la sévérité de l'AO, à noter que les processus biologiques des récifs coralliens peuvent altérer de manière significative les valeurs océaniques (Muehllehner, Langdon, Venti, & Kadko, 2016; Yeakel et al., 2015) et que la bio-régulation du pH dans un contexte d'AO a un coût en énergie pour les coraux (Allemand, Tambutté, Zoccola, & Tambutté, 2011; Venn et al., 2013).

En considérant le scenario d'une augmentation des gaz à effet de serre à la vitesse actuelle (le scenario RCP8.5 du GIEC), le réchauffement des eaux induira des épisodes de blanchissement sévères tous les ans à partir de 2040 pour certains récifs de Polynésie française, entrainant des impacts majeurs sur les écosystèmes et sur les services dont bénéficient les populations (Figure 4). L'acidification atteindrait alors des niveaux qui pourraient entrainer des effets négatifs (comme cela a pu être démontré par expérimentation (Albright et al., 2018)) en particulier au Sud de la Polynésie française. En considérant le scénario d'une réduction drastique des gaz à effet de serre et d'une stabilisation du climat à 2°C en 2100, la récurrence annuelle des épisodes de blanchissement sévère n'interviendrait qu'à partir de 2070 dans la moitié Nord de la Polynésie, et peut-être jamais dans les Australes. L'acidification atteindrait des niveaux moins préoccupants pour les récifs coralliens. **L'état de santé futur des récifs coralliens de Polynésie française dépend donc en grande partie des efforts mondiaux de réduction des gaz à effet de serre responsables du changement climatique.**

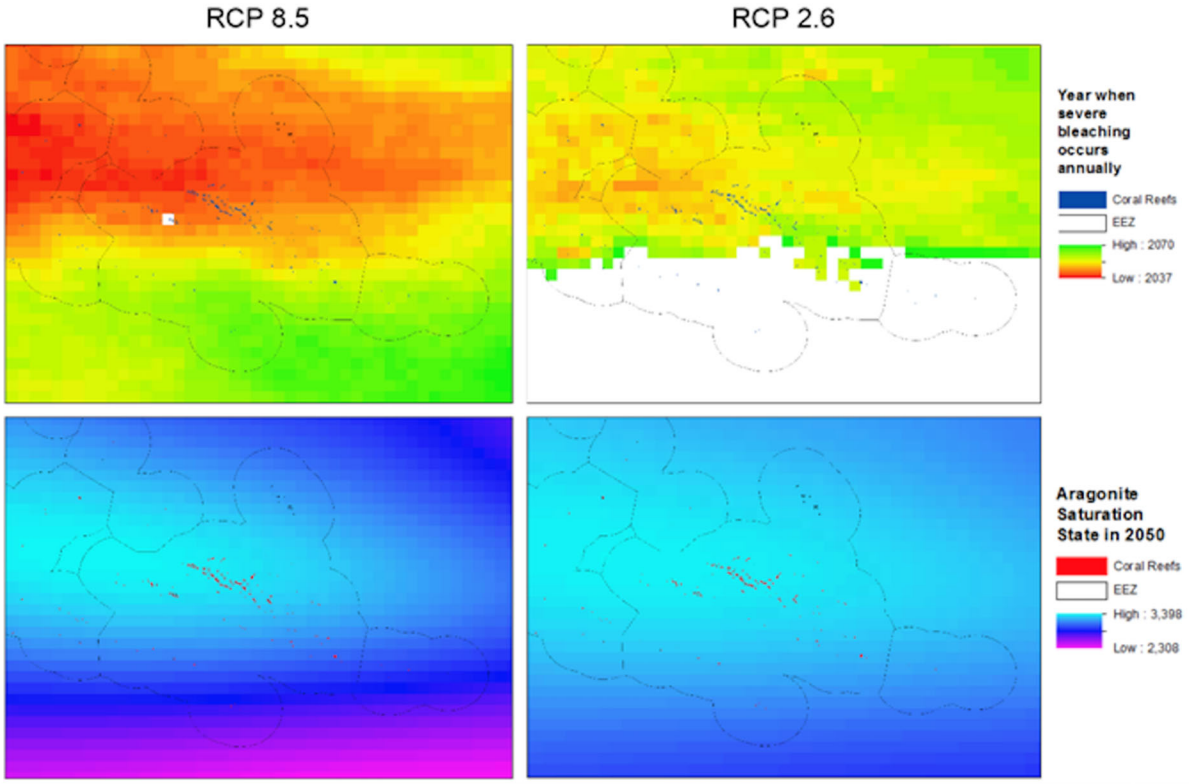

Figure 4 : Projections de la température de l'eau de surface quand le DHW8 revient annuellement (Maynard et al., 2015b; van Hooidonk et al., 2014), et état de saturation de l'aragonite (mesure de l'acidification des océans) en 2050. Projections dérivés de l'ensemble de modèles CMIP5 pour les scénarios d'émission de gaz à effet de serre RCP2.6 et RCP.5

A noter que des modèles de projections de l'augmentation de la température de l'eau à échelles plus fines, qui utilisent une méthode de « *statistical downscaling* », nous donnent des informations similaires et ne permettent finalement pas une interprétation plus fine à l'échelle de la Polynésie (Ruben van Hooidonk et al., 2016).

4.1.2 Indicateurs de résilience pour le corail

A l'issue de réunions de travail avec les chercheurs du CRIOBE et selon la disponibilité des données provenant de suivis scientifiques, nous avons déterminé les facteurs écologiques essentiels à la résilience des récifs de PF, parmi la multitude d'indicateurs disponibles dans la littérature (Lam, Doropoulos, & Mumby, 2017). Ces facteurs sont l'évolution de la couverture corallienne dans le temps, l'évolution de la biomasse de poissons herbivores, et la complexité structurale des récifs. Ces trois indicateurs ont l'avantage de pouvoir être calculés à partir des données basiques récoltées pour la surveillance de l'état de santé des récifs. En effet, l'évolution de la couverture corallienne est calculée en utilisant un protocole de suivi international. La biomasse d'espèces herbivores clés comme indicateur de résilience provient également d'études récentes sur la résilience des récifs (Graham et al., 2011; Heenan , 2013; Holbrook et al., 2016). La complexité structurale, généralement mesurée à l'aide de chaînes ou de cordes posées sur le fond, est ici mesurée par l'intermédiaire de la couverture corallienne et de la communauté corallienne. Une valeur de 1 à 4 est assignée à chaque genre de coraux, les coraux libres que l'on considère ici comme les moins complexes structuralement, suivis des coraux massifs, des coraux platiers et enfin des coraux branchus, les plus complexes en termes de structure et de forme. La complexité structurale est utilisée par d'autres études sur la résilience dans d'autres endroits du monde (Cinner et al., 2013; Davies et al., 2016; MacNeil et al., 2015). En utilisant les données du suivi Polynesia Mana du CRIOBE (Annexe 1), il nous a été permis d'évaluer certaines trajectoires de ces indicateurs dans le temps et pour les sept îles de l'étude.

Méthodologie d'échantillonnage

Les données de la couverture corallienne proviennent essentiellement de 2 programmes de surveillance différents, effectués par le CRIOBE. Le premier programme concerne les aires marines protégées de Moorea (AMP) de 2004 à 2018 où une surveillance du récif frangeant, barrière et de la pente externe est effectuée. Nous nous focaliserons uniquement sur les données récoltées sur la

pente externe afin d'être en adéquation avec le second programme qu'est le réseau Polynésie Mana (PM). Le programme Polynesia Mana couvre les années de 1993 à 2018 pour les îles les plus anciennement suivies et se focalise donc uniquement sur le récif extérieur. Le choix d'étude de la pente externe a été orienté tout d'abord par les suivis effectués par le CRIOBE qui se concentrent sur cette partie du système récifal. De plus, il est pertinent de se focaliser sur la pente externe récifale d'une île plutôt que sur le lagon car cette partie du récif est considérée comme la plus dynamique du fait de son exposition (Moritz et al. 2018 In press). En termes d'usages, les services de protection et de tourisme sont pour beaucoup liés à cette partie du récif, les sites de plongées se concentrant dans ces zones ainsi que dans les passes, et le mécanisme de dissipation de l'énergie des vagues étant significatif sur la pente externe (Harris et al., 2018). Néanmoins, les pêcheurs lagonaires et côtiers pêchent plus dans le lagon que sur la pente externe.

Le programme de surveillance AMP utilise la méthode des « *Point Intercept Transect* » (PIT, Hill et Wilkinson 2004). Une méthode qui place schématiquement des points tous les 0,25 m le long d'un transect de 25 m de longueur, espacés de 50 cm le long du transect, à 7-12 m de profondeur sur le récif en pente externe pour estimer la couverture et la composition de la communauté benthique (c'est-à-dire les genres de coraux et d'algues). Le pourcentage de recouvrement est ensuite calculé en divisant le nombre de points correspondant à chacun des substrats par le nombre de points total le long du transect. Les coraux sont identifiés par genre. Le programme d'AMP a étudié 13 sites autour de Moorea, utilisant 3 transects aléatoires par site placés parallèlement au rivage. Ce suivi est effectué une fois par an pendant la saison des pluies (octobre à mars).

Le programme de surveillance du Polynesia Mana, qui a débuté en 1993, utilise 20 photo-quadrats permanents (1 x 1 m) par site sur la pente externe à une profondeur de 7 à 13 m pour évaluer les communautés de coraux vivants. La méthode consiste à photographier une surface récifale rectangulaire de 20 m de long sur 1 m de large soit 20 m^2. Un câble de 20 m est tendu sur lequel est fixée une série de serre-câbles à intervalles réguliers qui permettent le positionnement d'un cadre en aluminium. Chaque photo-quadrat, équipé d'un maillage (10 x 10 cm) permet l'identification de 81 points sous lesquels le corail vivant est identifié au niveau du genre. Cette surveillance a été effectuée sur trois récifs à Moorea situés sur les côtes Nord et à l'Ouest, chacun étant échantillonné tous les deux ans. Pour Tahiti, il existe trois sites de surveillance. Concernant les six autres îles qui nous intéressent dans le cadre de cette étude, c'est-à-dire Tikehau, Rangiroa, Tubuai, Bora Bora et Takapoto, chacune ne présente qu'un seul site de surveillance. Il est aussi important de noter que le suivi pour les îles de Bora Bora et Rangiroa a été arrêté depuis 2006.

Analyses

Afin d'évaluer la vulnérabilité écologique, il est important d'intégrer plusieurs indicateurs qui permettent d'évaluer l'état et les tendances dans le temps des récifs coralliens. L'évolution de la couverture corallienne (Figure 5) est l'une des métriques internationalement utilisées par de nombreux laboratoires et qui permet d'identifier les périodes de déclin qui se sont produites lors les dernières décennies, et auxquelles il est possible de rattacher des évènements ayant perturbé l'écosystème corallien.

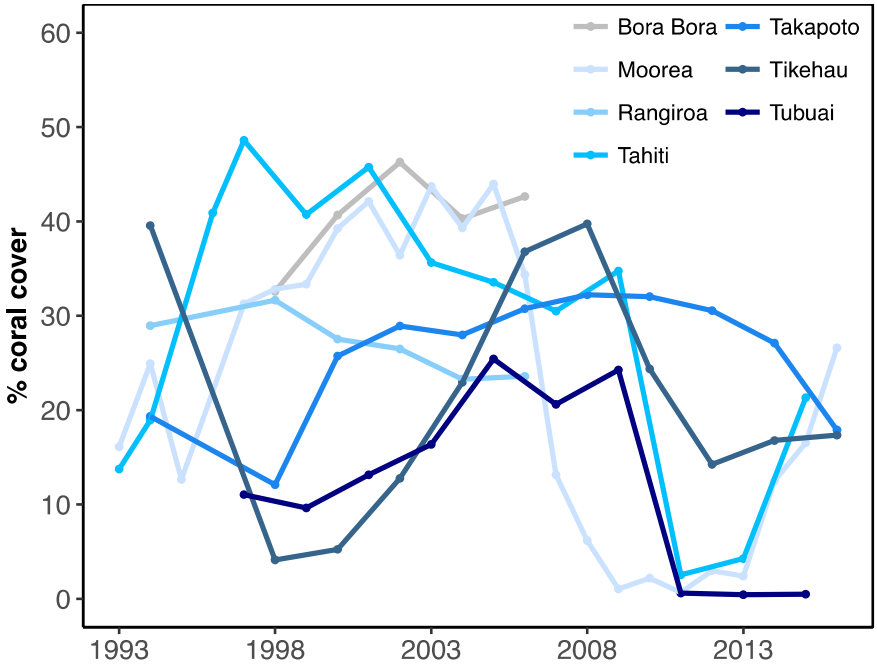

Figure 5 : Évolution de la couverture corallienne en pourcentage. Données : CRIOBE

En effet, de 2006 à 2009, l'archipel de la Société représenté ici par les îles de Moorea et de Tahiti fut envahi par l'étoile de mer mangeuse de corail appelée localement « taramea » (*Acanthaster plancii*). Ces évènements biologiques connus sous le nom de pullulements d'étoiles de mer, impactent fortement et en premier lieu, le récif présent en pente externe (Kayal et al., 2012). Par ailleurs, les évènements climatiques (e.g cyclones) fragilisent également les écosystèmes coralliens (Harmelin-Vivien 1994, Gardner et al. 2005, Guillemot et al. 2010) avec pour exemple le cyclone Oli, qui frappa la Polynésie française en 2010 et dont les répercussions sont directement lisibles sur les analyses ici présentées (Figure 5, 6, 7). Il est toutefois intéressant de relever les différents patrons d'évolution des différentes îles présentes dans cette étude. Cela a déjà été analysé pour l'île de Moorea (Bell et Galzin 1984, Adjeroud et al. 2005, Lamy et al. 2015a ; Lamy et al. 2015b), ces travaux s'arrêtant en

2011. Des travaux plus récents constatent également l'évolution de la résilience de ces récifs jusqu'en 2014 (Adjeroud et al., 2018). Les données sont désormais disponibles jusqu'en 2016 et nous permettent de mieux appréhender la résilience du système en mesurant l'évolution des paramètres biologiques depuis les évènements perturbateurs qui sont l'épisode de pullulement de l'*Acanthaster plancii* et le cyclone de 2010.

Aussi, grâce aux mesures biologiques suivies par le CRIOBE, il est également possible de retracer l'évolution de certains genres prédominants en Polynésie française tels que les *Acropora*, les *Pocillopora* et les *Porites* (Figure 6). Ces genres peuvent être considérés comme des indicateurs de résilience en raison de leur prédominance dans la couverture corallienne, notamment en Polynésie si l'on regarde la composition en genre avant les grands évènements de perturbations, c'est-à-dire l'invasion d'*Acanthaster plancii* et le cyclone Oli de 2010.

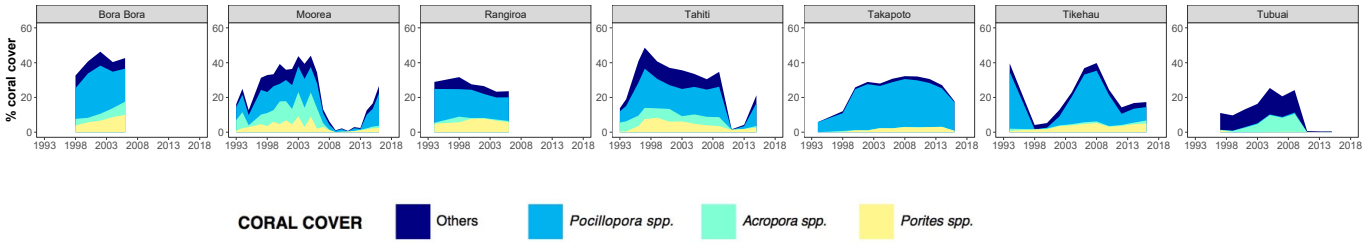

Figure 6 : Évolution de la couverture corallienne des 3 genres principaux en Polynésie française. Données : CRIOBE

On remarque qu'après les perturbations énoncées précédemment, un genre recolonise le milieu plus rapidement que les autres : le genre *Pocillopora*. Le genre *Porites* se maintient dans le temps, si l'on compare les périodes avant perturbations et après perturbations. Cela pourrait s'expliquer par l'écologie du genre *Porites* considéré comme l'un des genres les plus résistants à différents stress comme celui de la température (Darling et al. 2012). Aussi, *Porites* est l'un des genres les plus communs dans le lagon des îles de Polynésie. Sa présence à l'intérieur des lagons pourrait permettre son maintien sur la pente externe notamment par l'apport de larves qui, par la suite, peuvent coloniser le récif barrière.

Parmi les 7 îles présentées, Tubuai décrit une dynamique différente des autres îles étudiées. En effet, l'île fait partie des exceptions concernant la prédominance des genres car ici le genre *Pocillopora* n'est quasi pas présent. Il ne nous est actuellement pas possible de comprendre la forme du paysage récifal de Tubuai car nous ne possédons pas de comparaisons possibles avec les autres îles de

l'archipel des Australes pour comprendre si cette île est une exception au sein de l'archipel ou au sein de la Polynésie française.

De plus, ces changements dans la composition des genres et espèces de coraux peuvent entrainer des bouleversements importants des paysages coralliens et avoir des répercussions sur les communautés associées comme les poissons (Darling et al. 2017). La complexité structurale (Figure 7) qui représente l'une des variables importantes à prendre en compte lors de la création des indicateurs de vulnérabilité écologique. Cette variable est généralement corrélée à la distribution d'autres compartiments, aussi bien benthiques, qu'ichtyologiques (Friedlander et al. 2003, Graham et Nash 2013, Darling et al. 2017). Pour cette étude, les catégories ont été créées à partir du travail de Darling et al. en 2012, qui nous a permis de créer 4 catégories basées sur les genres coralliens : forme branchue, forme en platier, forme en dôme, et forme libre (Annexe 2).

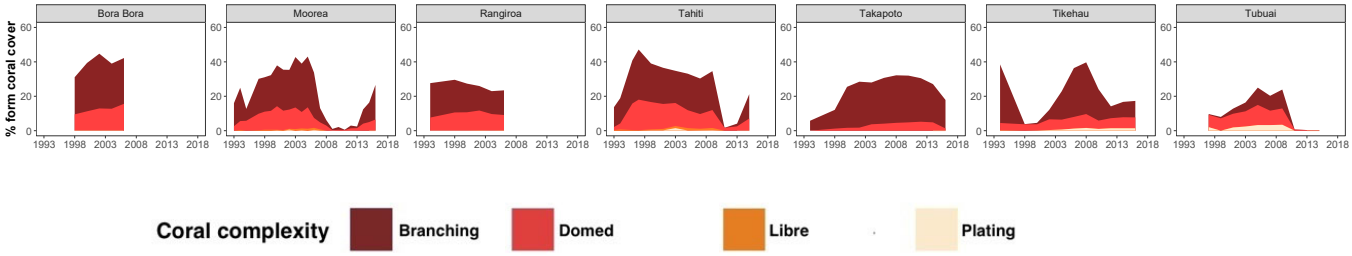

Figure 7 : Évolution de la complexité structurale en Polynésie française. Données : CRIOBE

La complexité structurale d'un récif est directement liée à la présence des genres et espèces. En effet, les formes les plus présentes vont donc augmenter ou diminuer la complexité structurale. Ici les genres *Acropora* et *Pocillopora* ont été classés dans la catégorie « branchue » et *Porites* dans la catégorie « dôme ». La complexité structurale, dépendante des formes de corail des différents genres, est donc influencée par les impacts qui touchent les communautés coralliennes.

Dans la littérature, il est commun de constater une diminution significative des formes branchues. Cette diminution est problématique car les coraux branchus sont jugés comme importants pour maintenir les assemblages des communautés de poissons (Friedlander et al. 2003, Graham et Nash 2013, Darling et al. 2017) car ils fournissent un habitat préférentiel pour de nombreuses larves de poissons récifaux en raison de leur structure qui permet aux larves de se cacher à l'abri des prédateurs.

Nous observons une augmentation de la couverture corallienne des formes branchues dans les dernières années suivies. A noter que la tendance est très marquée du fait de la couverture corallienne du genre *Pocillopora* et qui représente, dans la majorité des îles suivies en Polynésie française, le genre le plus abondant sur la pente externe.

4.1.3 Etude du compartiment biologique : les poissons, indicateurs de santé

Méthodologie d'échantillonnage

De même que pour le compartiment du corail, nous basons nos analyses statistiques sur deux programmes de surveillance différents effectués par le CRIOBE, c'est-à-dire le programme AMP sur Moorea et le programme Polynesia Mana sur les autres îles concernées.

Pour le suivi des poissons, le programme de surveillance AMP utilise la méthode du « transect-couloir » c'est-à-dire l'utilisation d'un couloir rectangulaire de 2m de large, au centre duquel est placé un transect linéaire de 25 m. L'aire délimitée par le couloir permet de calculer le nombre de poissons par m^2. Chaque comptage est réalisé à distance fixe dans le couloir de 50 m^2, sur lequel les identifications et les estimations de taille (en cm) de chaque individu sont effectuées. Nous obtenons ainsi un nombre moyen d'individus par 50 m^2 pour chaque espèce présente dans la zone d'étude. De même que pour le corail, les transects sont effectués entre 7 et 12 m de profondeur sur le récif en pente externe. Le programme d'AMP a étudié 13 sites autour de Moorea, utilisant 3 transects aléatoires par site placés parallèlement au rivage. Ce suivi est effectué une fois par an pendant la saison des pluies (octobre à mars).

Le programme de surveillance du Polynesia Mana, qui a débuté en 1993, utilise également la technique des « transects-couloir » afin d'analyser les peuplements de poisson. Ces transects représentent un couloir de 50 m de long sur 5 m de large soit une surface de 250 m^2 par transect effectué et sont positionnés dans la zone de suivi du compartiment benthique. L'un des transects est placé en superposition du site des photo-quadrats et les deux autres réplicas sont disposés à 25 m de part et d'autre sur la même isobathe. Cette méthode de comptage visuel, effectuée en plongée sous-marine, cherche à répertorier et dénombrer les espèces et individus de poissons rencontrés dans le couloir et compris entre le fond marin et la surface. Ce programme est effectué sur la pente externe entre 7 et 13 m de profondeur. Outre l'abondance, à partir de 2004, le réseau Polynesia Mana estime la taille des individus pour permettre le calcul de la biomasse.

Analyses

Le compartiment des poissons récifaux est un autre indicateur qui permet d'évaluer la résilience des récifs coralliens. Communément utilisée, la biomasse des différents groupes trophiques permet de décrire certaines évolutions du récif (Green & Bellwood, 2009). La Figure 8 présente la biomasse totale et la Figure 9 celles des herbivores, des carnivores et des corallivores pour les différentes îles étudiées. Nous ne possédons pas de séries temporelles égales à celles des séries corail car avant 2003, seule l'abondance des espèces de poissons était suivie par le CRIOBE.

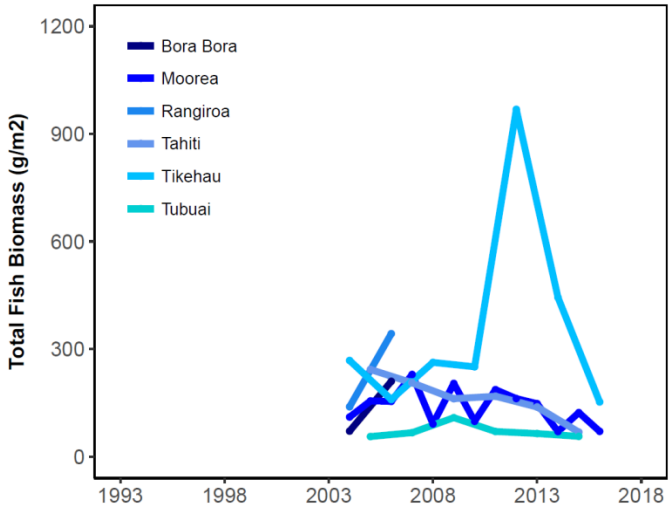

Figure 8 : Evolution de la biomasse de poisson (g/m2) en Polynésie française. Données : CRIOBE

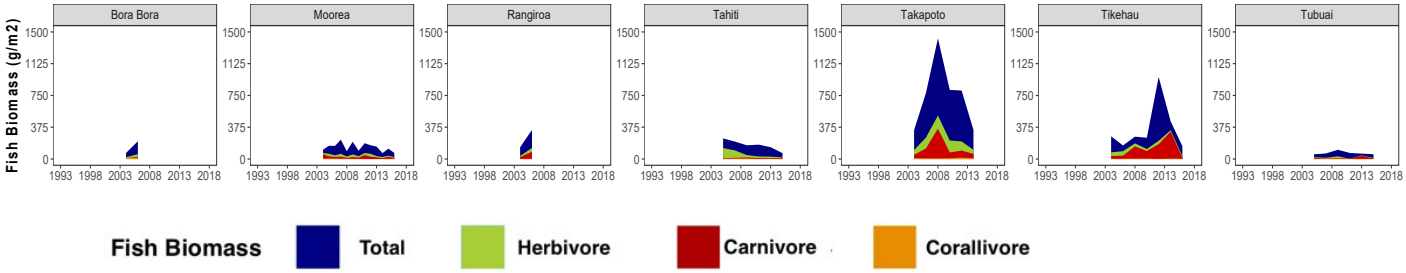

Figure 9 : Evolution de la biomasse des groupes trophiques de poisson en Polynésie française. Données : CRIOBE

Les poissons herbivores sont l'un des compartiments biologiques les plus importants pour la résilience des récifs coralliens car ils permettent de contrôler l'expansion de microalgues et macroalgues, compétitrices pour l'espace récifal face au corail, notamment suite aux effets des cyclones, épisodes de blanchissements, et pullulements d'étoiles de mer (Bellwood et al. 2006, Cheal et al. 2010, Cheal et al. 2013, Reynolds et al. 2014, Loffler et al. 2015, Goatley et al. 2016). Pour la majorité des graphes, nous remarquons une **diminution de la biomasse en poissons herbivores entre 2003 et 2014**. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ce déclin, incluant un lien avec les activités de pêche, une diminution des habitats et des zones de nurseries, et une variabilité liée à l'état des récifs. Une hypothèse serait que l'impact du CC sur les communautés de coraux affecterait indirectement les communautés ichtyologiques en déréglant la fonction d'habitat qu'exercent les coraux (Friedlander et al. 2003, Graham et Nash 2013, Darling et al. 2017).

L'étude des sous-fonctions des herbivores permet de pousser notre compréhension de l'évolution des récifs coralliens (Heenan, A. et Williams, I. 2013). En effet, les herbivores sont classés suivant 3 principaux sous-groupes : les *« grazers »* ou brouteurs qui se nourrissent essentiellement du gazon algal, les « *browsers* » qui eux s'alimentent généralement de macroalgues et enfin les « *scrapers* » qui se nourrissent également de gazons algaux mais dont la façon de s'alimenter permet une bio-érosion considérée comme positive car une plus grande partie du substrat (y compris le corail mort, la dale, etc.) est enlevée, permettant d'obtenir une nouvelle matrice dure facilitant le recrutement corallien. Nous avons donc sélectionné toutes les espèces herbivores présentes dans les données pour les classer suivant les 3 différents sous-groupes (Annexe 3). La Figure 10 présente l'évolution de ces trois sous-groupes fonctionnels.

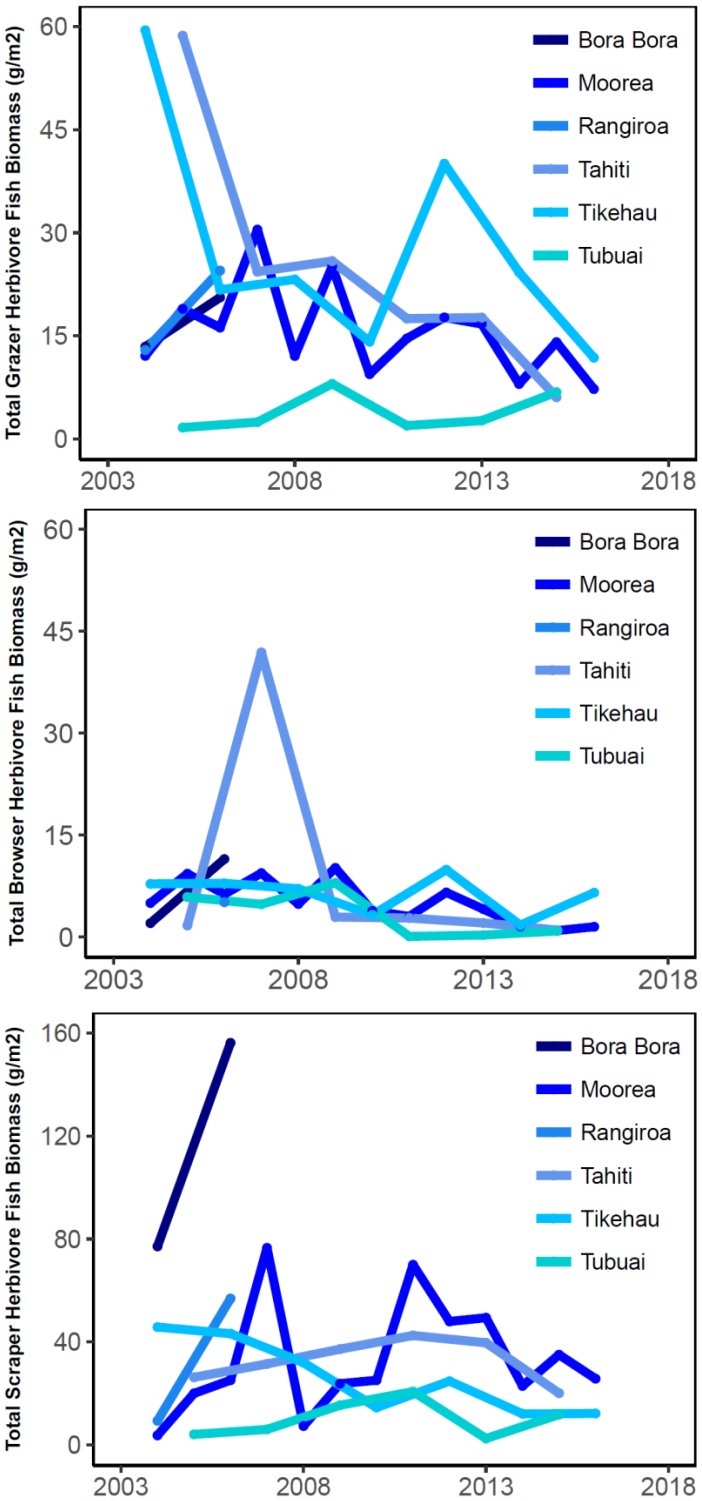

Figure 10 : Evolution de la biomasse des sous-groupes des poissons herbivores en Polynésie française. A) Biomasse des « grazers », B) Biomasse des « scrapers », C) Biomasse des « browsers ». Données : CRIOBE

A la vue des précédents graphes, nous pouvons remarquer une certaine hétérogénéité dans l'évolution des différents sous-groupes fonctionnels. **La biomasse des « grazers » est en déclin dans la plupart des îles sauf pour Tubuai, tandis que la biomasse de « browsers » est plus stable, et que**

la biomasse des « scrapers » est plus variable. Cette variabilité sur Moorea pourrait être due aux impacts des « taramea » et du cyclone Oli au cours des années 2007-2010.

4.1.4. Indicateurs de la capacité d'adaptation écologique

Les indicateurs développés pour évaluer la capacité d'adaptation écologique des récifs coralliens de Polynésie française peuvent être représentés graphiquement pour faire apparaître les différences entre les îles et pouvoir comparer l'état actuel de ces indicateurs avec l'état historique observé (Figure 11, 12, 13). Ces différences donnent des indications sur les marges de manœuvre disponibles pour mettre en place des mesures qui amélioreraient la capacité d'adaptation écologique, ainsi que sur les îles particulièrement prioritaires pour l'action publique.

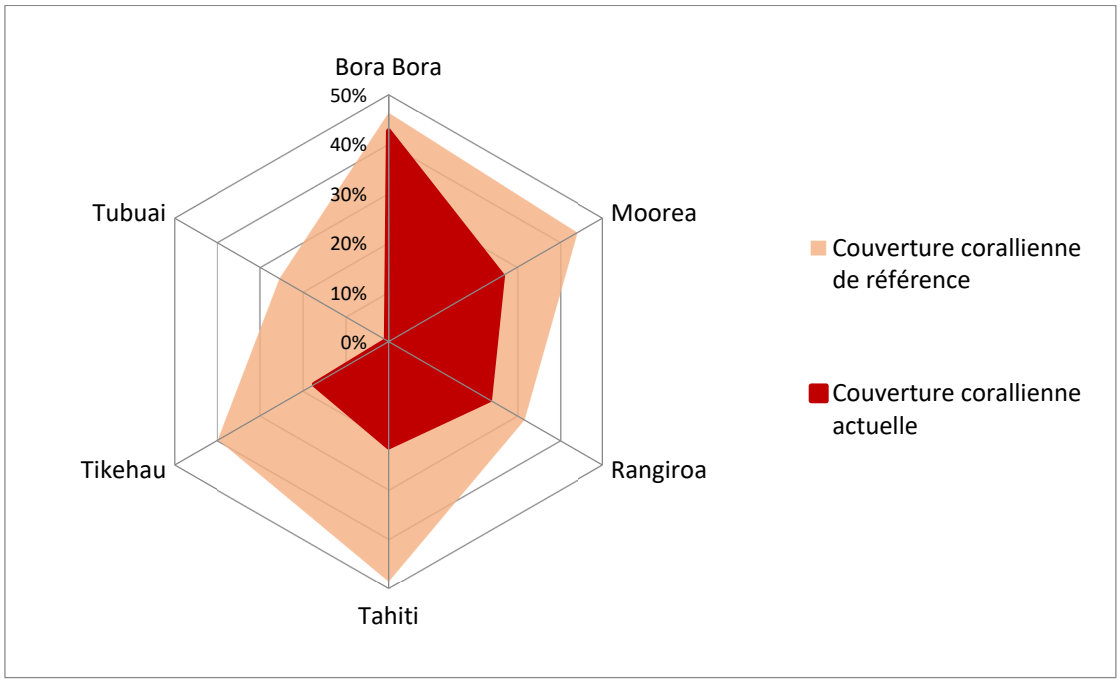

Figure 11 : diagramme de la couverture corallienne pour 6 îles étudiées. Données : CRIOBE

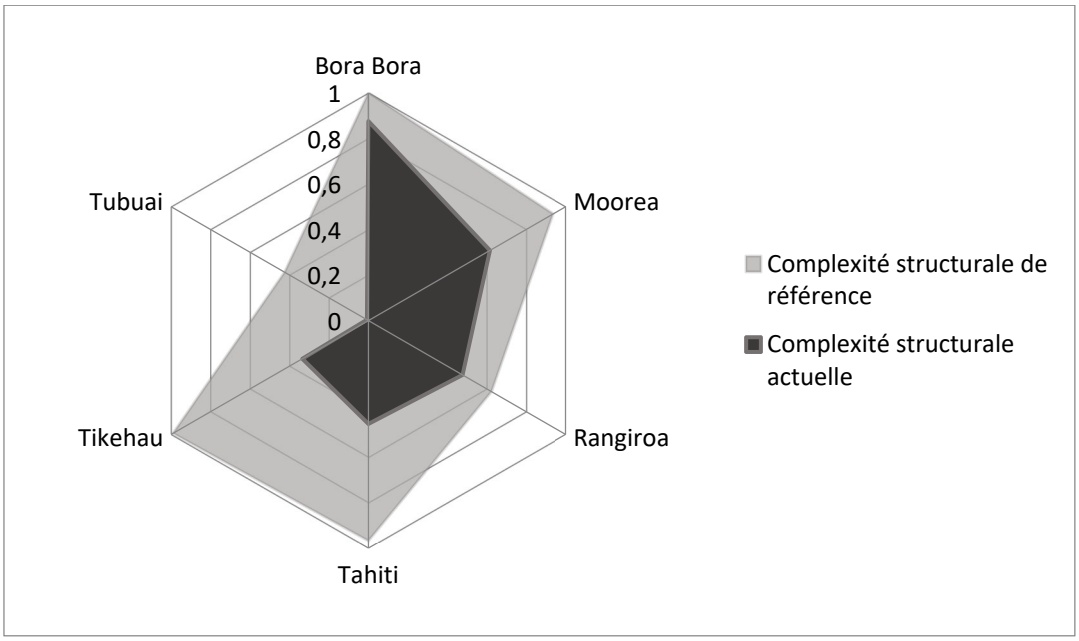

Figure 12 : diagramme de la complexité structurale pour les 6 îles étudiées. Données : CRIOBE

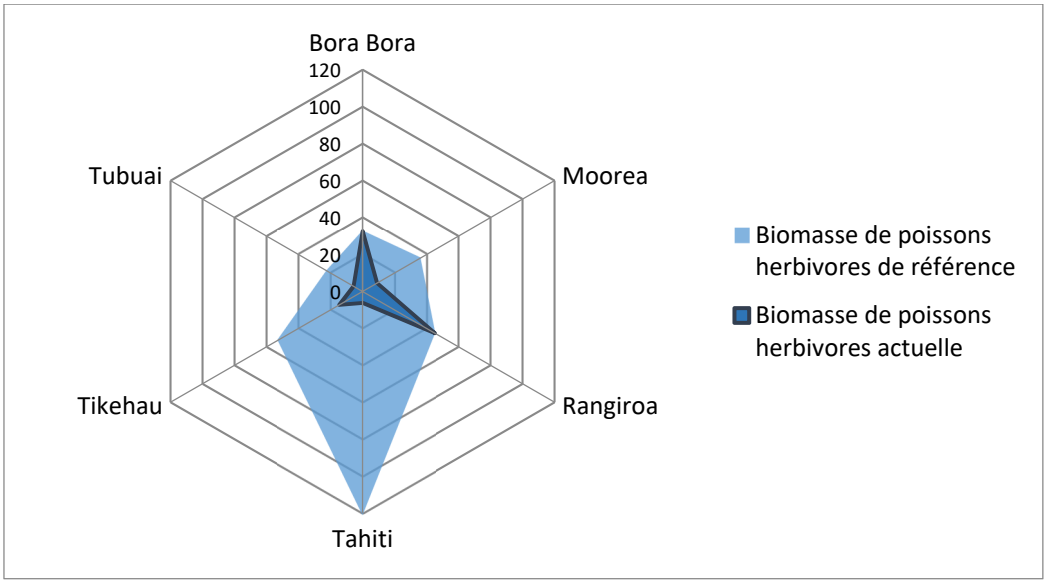

Figure 13 : diagramme de la biomasse de poissons herbivores pour les six îles étudiées. Données : CRIOBE

Il est nécessaire d'observer l'évolution de ces indicateurs de manière séparée, mais en outre, **il est important de comparer l'évolution de la couverture corallienne avec l'évolution de la biomasse de poissons herbivores. En effet, l'importance de la fonction d'herbivorie est la plus grande quand la couverture corallienne est basse suite à différentes perturbations comme les cyclones. C'est à ce moment qu'il est particulièrement important de suivre et de prendre des mesures pour favoriser le**

recrutement de poissons herbivores, et particulièrement de certains « *scrapers* » comme les poissons perroquets et chirurgiens (Figure 14).

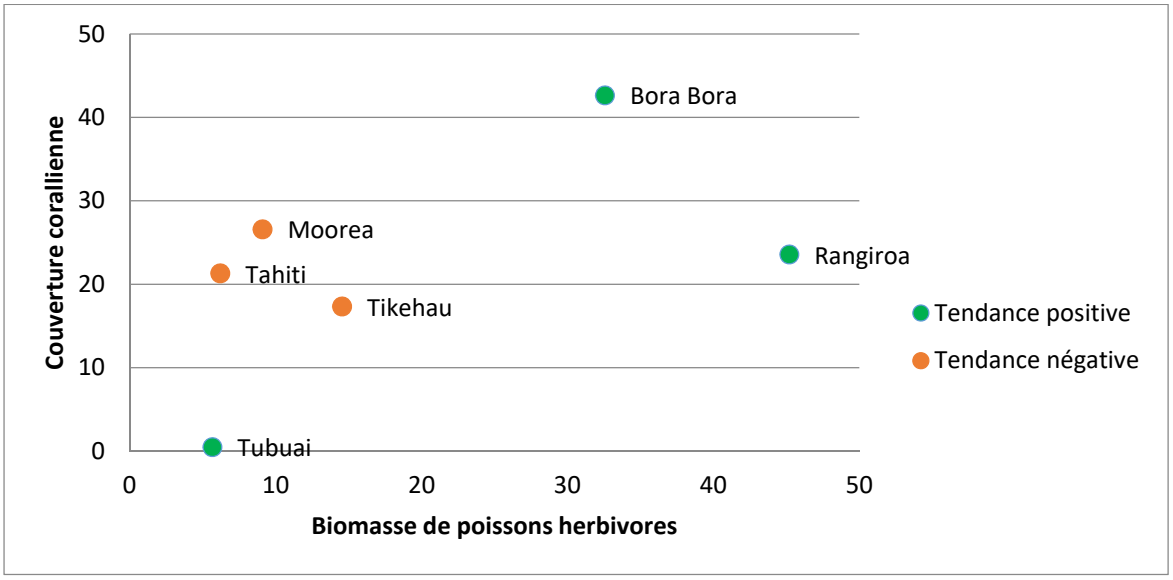

Figure 14 : graphique représentant la biomasse d'herbivores en fonction de la couverture corallienne. Données : CRIOBE

On constate des différences entre les îles. La couverture corallienne sur la pente externe de Tubuai est tombée à un niveau extrêmement faible. La biomasse de poissons herbivores est également moins élevée que son plus haut niveau enregistré, mais elle est en augmentation. En ce qui concerne, Moorea, Tahiti, et Tikehau, la couverture corallienne est au-dessus de 10% mais une marge de progression existe. La biomasse de poissons herbivores dans ces îles est en diminution, ce qui peut devenir un problème au cas où des événements comme des épisodes de blanchissement surviendraient. Pour Rangiroa et Bora Bora, les valeurs de ces deux indicateurs sont élevées mais il faut tenir compte du fait que le suivi s'arrête en 2006 et que les valeurs récentes ne sont donc pas connues.

4.1.5 Discussions

Le point fort de cette étude est la disponibilité de séries temporelles pour les indicateurs écologiques. Ces indicateurs montrent une très forte variabilité temporelle des facteurs de résilience. Ce résultat nous amène à deux conclusions : les études qui produisent des indicateurs de vulnérabilité en se basant sur des suivis instantanés (sans séries temporelles) de l'état des récifs sont à prendre avec précaution. Deuxièmement, **cette variabilité montre qu'il est très difficile de définir**

a priori un bon état écologique puisque les récifs coralliens de PF sont soumis à des perturbations importantes et récurrentes. Ceci montre également leur forte résilience dans la plupart des cas étudiés ici.

Il serait pertinent de mesurer d'autres paramètres pour mieux évaluer la résilience des récifs coralliens, en particulier la couverture en algues qui entre en compétition avec les coraux après des chocs comme les cyclones, la densité de larves de coraux pour la recolonisation des substrats, et la connectivité entre des sites « sources » et des sites « puits » de larves[5]. Par ailleurs, l'étude des épisodes de blanchissement passés peut nous permettre d'identifier les espèces de coraux et de poissons plus ou moins sensibles à l'augmentation de la température, pour envisager les changements dans la communauté des espèces coralliennes dans le futur.

4.2 Vulnérabilité sociale

Pour le sous-système socio-économique, des indicateurs ont été calculés pour évaluer deux aspects de la vulnérabilité : la dépendance socio-économique et la capacité d'adaptation sociale. La dépendance provient des services écosystémiques due à la présence de récifs coralliens. Les services quantifiables les plus importants sont la pêche récifale, les activités liées au tourisme (plongée, hôtellerie, restauration) ainsi que la fonction de protection des côtes. Des indicateurs socio-économiques quantitatifs sont utilisés. Il sera admis ici que l'impact du changement climatique sera négatif sur les services écosystémiques et donc la dépendance des populations, bien qu'un exemple récent montre l'effet faible des épisodes de blanchissement sur les pêcheries aux Seychelles (Robinson et al., 2018).

L'accent est mis ici sur l'évaluation de la capacité d'adaptation plus que sur la dépendance, et ce pour plusieurs raisons. Premièrement, la capacité d'adaptation peut être améliorée à court terme, tandis que la réduction de la dépendance est un processus complexe et de long terme. Deuxièmement, il est difficile de différencier les îles ou les communautés de Polynésie en termes de dépendance aux récifs coralliens, étant donné que toutes les îles y sont fortement dépendantes en termes de pêche, de protection des côtes et, de manière plus ciblée de tourisme. Il est néanmoins admis que les îles

[5] Un guide récent répertorie les indicateurs pour évaluer la résilience des récifs coralliens : Maynard, J.A., et al. (2017). *A Guide to Assessing Coral Reef Resilience for Decision Support*. Nairobi, Kenya: UN Environment.

basses sont plus sensibles que les îles hautes du fait de leur situation géographique et socio-économique.

Concernant la capacité d'adaptation des communautés, cinq aspects clés ont récemment été conceptualisés dans la littérature scientifique (Cinner et al., 2018) : les actifs mobilisables, la flexibilité et la mobilité des populations, l'organisation de la société, l'apprentissage, et la capacité d'agir. Des données provenant de l'Institut des Statistiques de PF (ISPF) nous ont permis de calculer certains de ces indicateurs. Ces données quantitatives ont été complétées par des enquêtes auprès des communautés locales qui nous renseignent sur d'autres facettes de la capacité d'adaptation des populations humaines.

Notre approche ici s'inspire des travaux réalisés sur Moorea par le CRIOBE (Thiault et al., 2017), qui mesurent la capacité d'adaptation à partir des données socio-économiques fournies par l'ISPF (Annexe 4). Quelques éléments globaux nous permettent de décrire la situation socio-économique et la dépendance aux récifs coralliens. Ensuite, les variables quantitatives retenues pour construire les indicateurs de capacité d'adaptation sociale sont présentées.

4.2.1 Situation socio-économique

Pour contextualiser les enjeux de dépendance des populations aux récifs coralliens face au CC, il est important de revenir sur l'évolution de plusieurs indicateurs économiques en Polynésie française. D'abord, la population des îles étudiées ici a augmenté en moyenne de 66% en 30 ans, et de 3% entre 2007 à 2012 (Figure 15). Cette augmentation de la population pose la question de l'augmentation des usages et des pressions sur l'environnement et particulièrement sur les récifs coralliens.

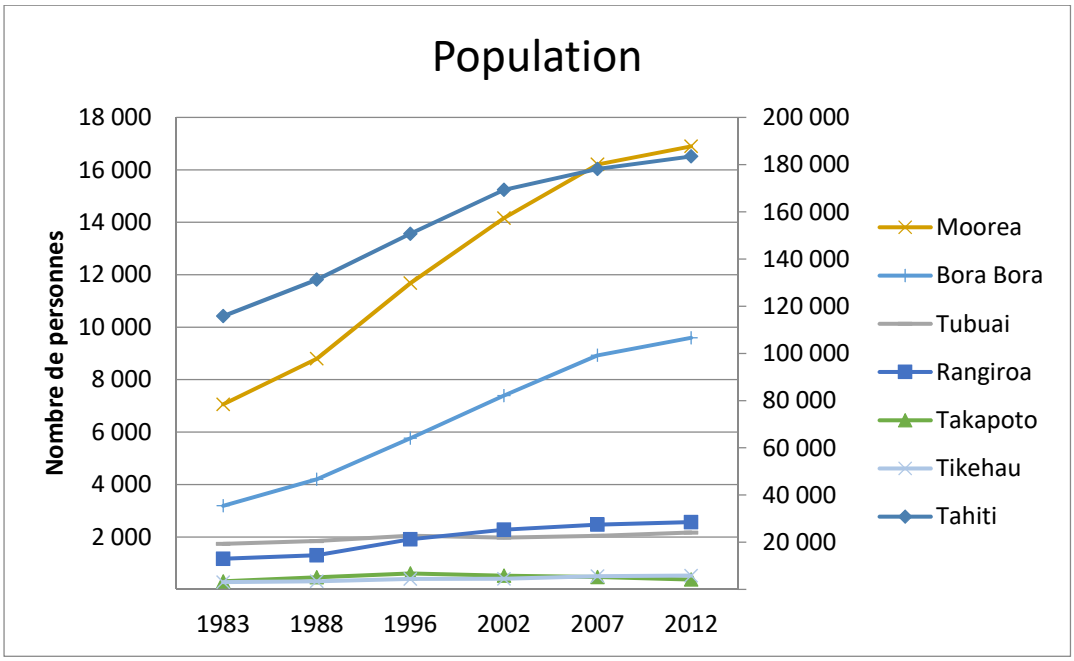

Figure 15: Evolution de la population pour les 7 îles étudiées entre 1983 et 2012. Axe de droite utilisé pour Tahiti, axe de gauche pour les autres îles étudiées. Données : ISPF

Sur la période où les données sont disponibles, c'est-à-dire principalement entre 2007 et 2012, la Polynésie, comme le reste du monde, a subi la crise financière et économique. Cette crise se traduit par une augmentation du chômage, qui atteint entre 8% et 25% de la population active selon les îles étudiées ici (Figure 16). Le nombre de touristes, et les revenus qui y sont associés, est également en déclin entre 2007 et 2012, et peine encore à revenir à un niveau d'avant-crise (Figure 17).

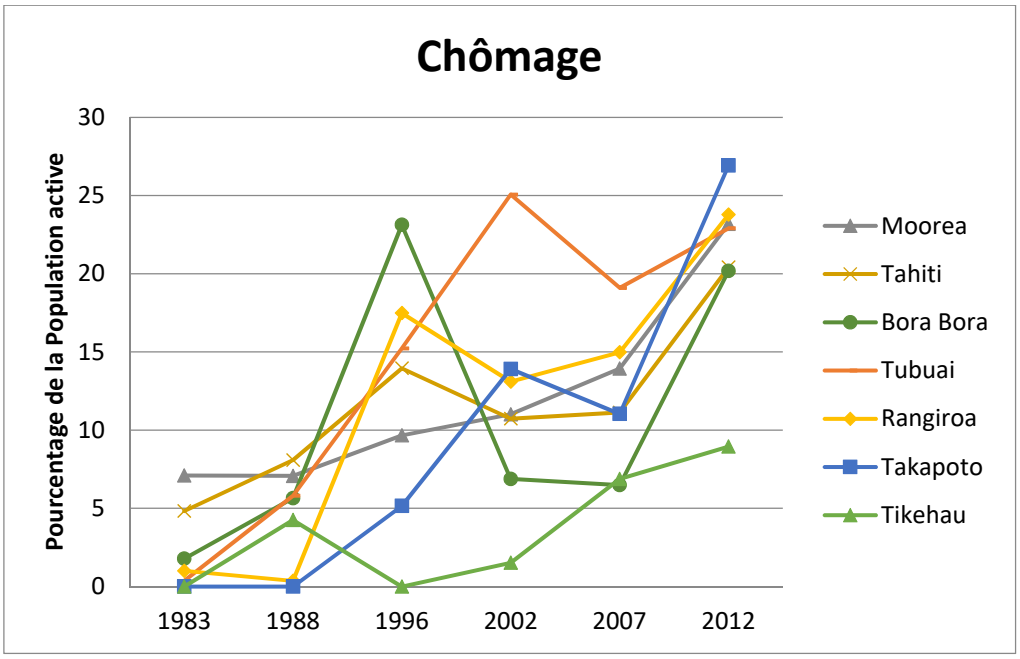

Figure 16 : évolution du taux de chômage en pourcentage de la population active, de 1983 à 2012. Données : ISPF.

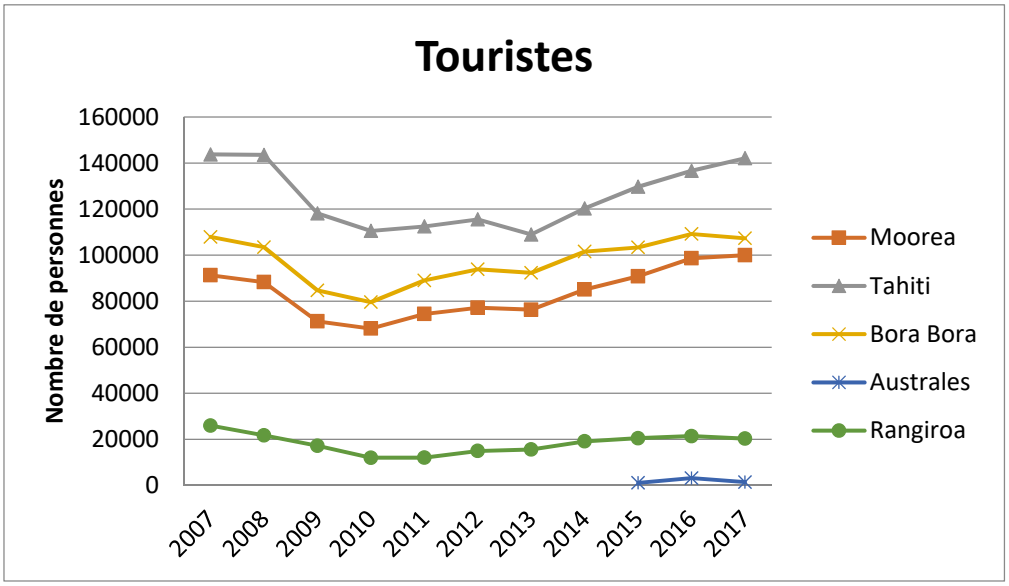

Figure 17 : Nombre de touristes (nombre de personnes, croisières + hébergement gratuit + hébergement payant) sur différentes îles de Polynésie étudiée. Pas de chiffre disponible pour Tikehau, chiffre agrégé pour l'archipel des Australes (dont Tubuai). Données : ISPF

En 2019, 66 établissements de plongée commerciaux sont en activité, employant 183 personnes (détentrices de « cartes professionnelles ») (Source : Direction Jeunesse et Sport (DJS)). Ces établissements sont principalement situés dans trois archipels : environ un tiers de ces établissements sont situés dans l'archipel des Iles du Vent, un tiers dans l'archipel des Tuamotu, puis

environ 25% dans les îles Sous-le-Vent (Figure 18). Seulement deux établissements sont situés dans l'archipel des Marquises et deux également dans l'archipel des Australes.

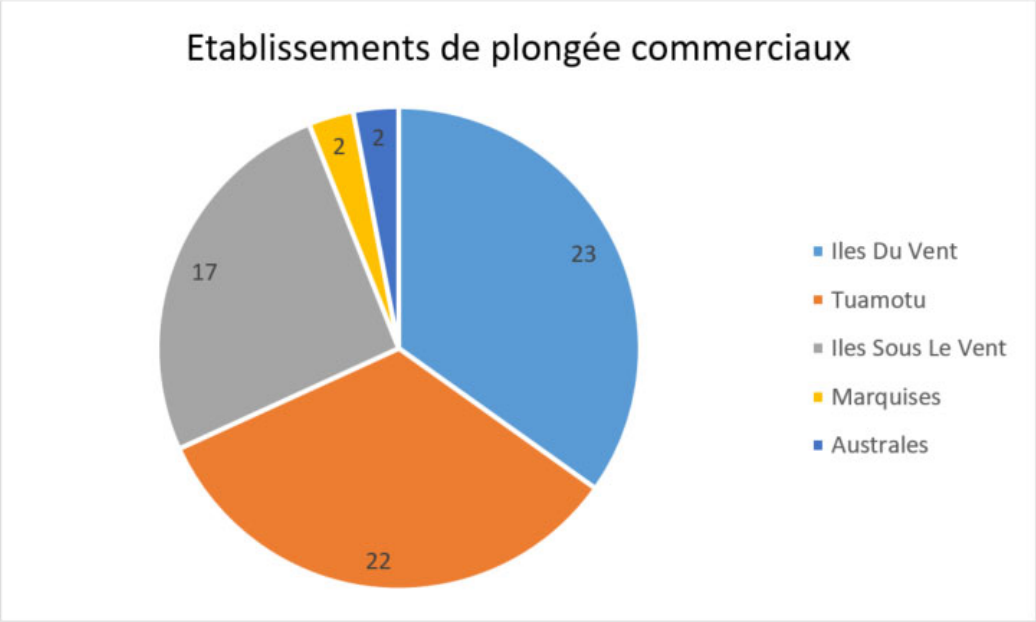

Figure 18 : Nombre d'établissements de plongée commerciaux selon les archipels, en 2019. Données : DJS

Parallèlement, un déclin du nombre de pêcheurs professionnels est en cours depuis déjà plus d'une décennie (Figure 19), tandis que la part des personnes qui pratiquent la pêche comme activité secondaire ne cesse de croître. Bien que ce chiffre inclue les pêcheurs professionnels sur la côte et au large, la pêche côtière et lagonaire est très importante en Polynésie française. L'autoconsommation de produits issus de cette pêche est pratiquée par environ 30% des ménages des Iles du Vent, et environ 50% des ménages des îles Sous-le-Vent, des Australes, et des Tuamotu (source : ISPF).

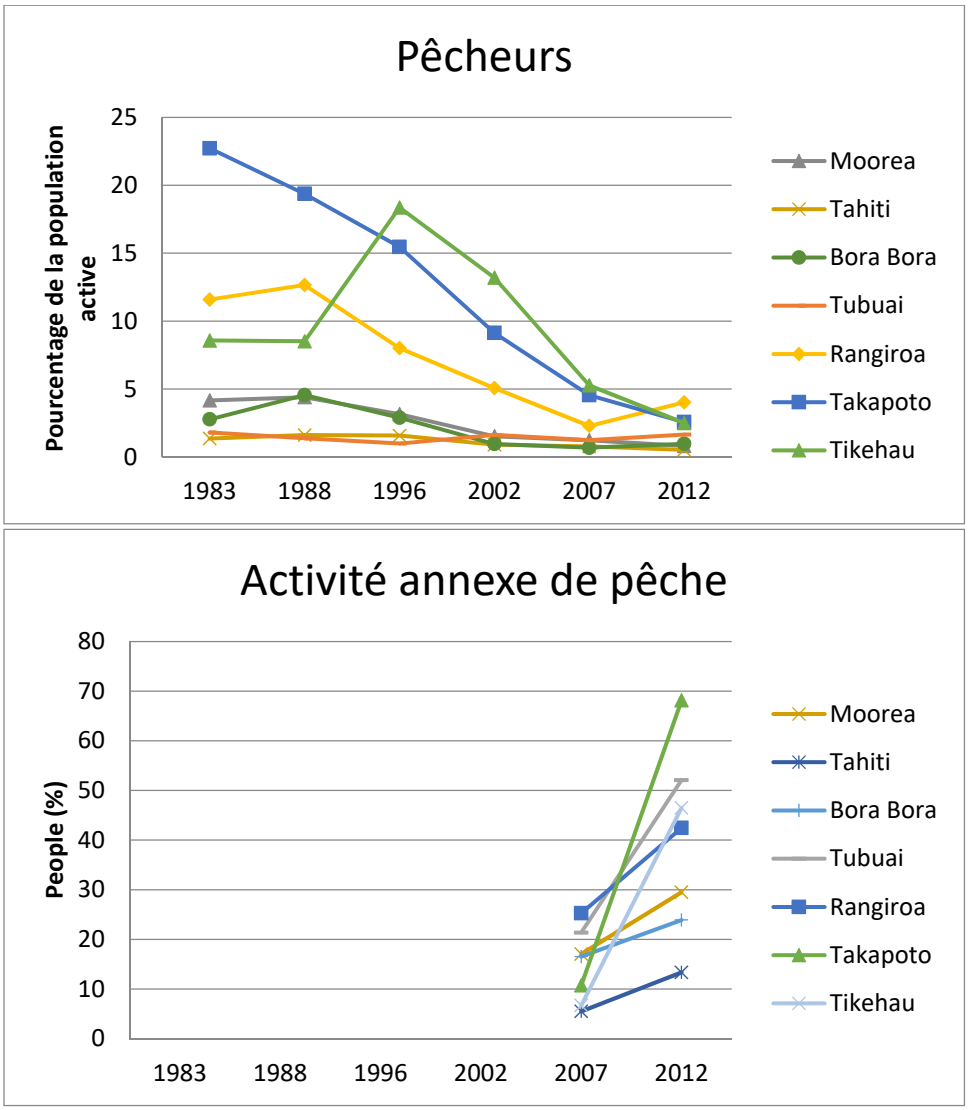

Figure 19 : En haut, pêcheurs, aquaculteurs, greffeurs (patron) (nombre de personnes/nombre d'actifs) et en bas, activité annexe de pêche (nombre de personnes/nombre d'habitants), entre 1983 et 2012. Données : ISPF

L'évolution de l'économie a également des effets indirects important sur les récifs coralliens. La hausse du chômage est fortement corrélée avec l'augmentation du nombre de personnes qui pratiquent la pêche comme activité secondaire (Figure 20). La pêche est en effet un moyen de subsistance pour des ménages qui n'ont pas d'autres sources de revenus. **La gestion des récifs coralliens passe donc également par une prise en compte holistique du problème, et donc par la question du développement économique et d'alternatives pour les populations les plus dépendantes aux récifs coralliens.**

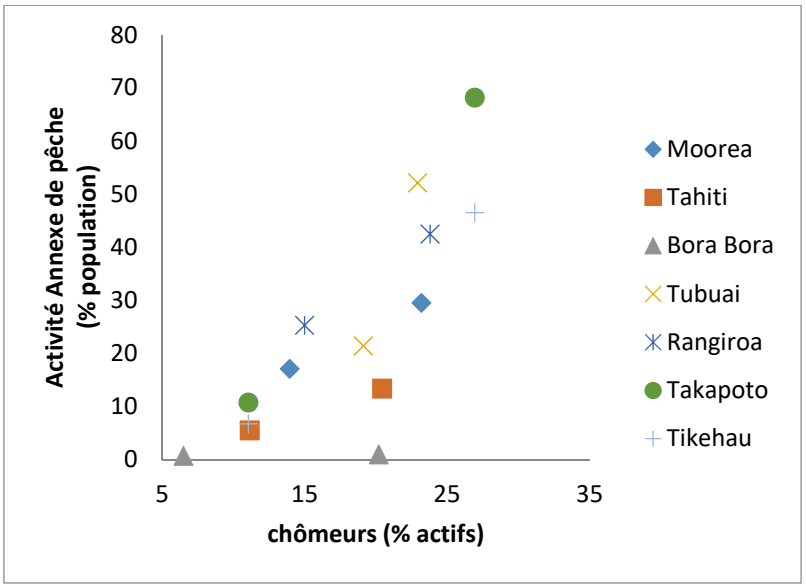

Figure 20 : évolution de l'activité annexe de pêche en fonction du taux de chômage, pour les années 2007 et 2012. Données : ISPF

Les enjeux socio-économiques associés aux récifs coralliens sont en partie abordés par les statistiques existantes, mais des programmes de suivi manquent pour mesurer en détail et dans le temps les enjeux socio-économiques, d'usages et de pressions, sur les récifs coralliens. Ces besoins sont par ailleurs identifiés pour tous les Outre-mer en général (David et al., 2013).

4.2.2 Indicateurs de capacité d'adaptation sociale

Des variables quantitatives sont utilisées pour représenter les différents aspects de la capacité d'adaptation sociale que sont les capitaux, l'éducation, la mobilité, et la flexibilité. Toutes les données utilisées viennent de l'ISPF pour l'année 2012. Ces indicateurs sont donc pertinents pour un instant *t* et évoluent dans le temps (Thiault et al., 2018). De nouvelles données, construites à partir du recensement de 2017, ne sont pas encore disponibles mais permettront de suivre l'évolution de ces indicateurs dans le futur.

L'indicateur d'éducation est construit grâce au niveau d'étude des populations des îles étudiées. Un score est attribué à chaque niveau d'étude :

Niveau d'étude	Aucune scolarité	Ecole primaire	Collège	CAP-BEP	Lycée	Etudes supérieures (facultés, IUT..).
Score	0	1	2	3	4	5

Le score total pour chaque île est ensuite calculé en additionnant les proportions de la population avec les scores de chaque niveau d'étude.

	Education
Commune	Niveau d'étude (score 0-5)
Moorea	2.73
Tahiti	2.96
Bora Bora	2.61
Tubuai	2.39
Rangiroa	2.61
Takapoto	2.45
Tikehau	2.41

Les capitaux matériels permettent d'amortir les chocs de perte de services écosystémiques et de maintenir un niveau de vie. Par exemple, l'achat d'un congélateur permet de stocker du poisson et donc de pallier l'incapacité d'aller pêcher lors de cyclones ou si les récifs coralliens sont dégradés. Pour les capitaux, deux indicateurs sont utilisés : le nombre d'équipements du logement et le nombre d'automobiles. Le nombre d'équipements du logement est calculé en nombre moyen d'équipements par ménage, sur une liste de 11 équipements disponibles (Chauffe-eau électrique ou gaz, Congélateur, Chauffe-eau solaire, Connexion à Internet, Machine à laver, Ordinateur, Pièce climatisée, Réception de la TNT, Réfrigérateur, Téléphone fixe, Téléphone mobile). Le nombre d'automobiles est calculé en pourcentage de ménages propriétaires d'une automobile.

	Capitaux	
Commune	Nombre d'équipement du logement (moyenne/ménage)	Nombre d'automobiles (% de ménages)
Moorea	6.16	76%
Tahiti	7.10	84%
Bora Bora	6.01	72%
Tubuai	5.93	67%
Rangiroa	5.38	57%
Takapoto	4.82	54%
Tikehau	5.84	58%

La mobilité spatiale peut permettre aux populations d'accéder à d'autres ressources primaires (marines et/ou terrestres) et d'emplois dans d'autres localités dans le cas d'une réduction du service de pêche récifal. Sur beaucoup d'îles, l'économie dépend d'un nombre réduit d'activités, comme la pêche, l'artisanat, l'agriculture, le tourisme. Une diversification de l'économie réduirait la dépendance, augmenterait la capacité d'adaptation et donc permettrait d'améliorer la résilience des populations si les récifs coralliens se dégradaient à cause des changements climatiques. La mobilité est calculée avec trois indicateurs : le nombre de bateaux à moteurs en pourcentage des ménages, le nombre de bateaux sans moteurs en pourcentage des ménages, et le nombre d'activités par actif.

	Mobilité		
Commune	Bateau à moteur (% ménages)	Bateau sans moteur (% ménages)	Nombre d'activités (activités/actifs)
Moorea	12%	17%	1.74
Tahiti	8%	8%	1.23
Bora Bora	29%	19%	1.28
Tubuai	27%	15%	2.62
Rangiroa	32%	10%	1.85
Takapoto	45%	10%	3.60
Tikehau	21%	10%	2.34

La flexibilité représente la capacité des populations à aller vers des activités et des lieux qui seront moins affectés par les impacts du changement climatique sur les récifs coralliens. La flexibilité est mesurée avec trois indicateurs : le lieu de naissance, en pourcentage de la population née en dehors de la Polynésie française, le statut d'occupation du logement en pourcentage de la population qui est locataire de son logement, et l'opposé du taux de chômage pour les actifs (pour que les valeurs hautes reflètent un faible taux de chômage).

	Flexibilité		
Commune	Lieu de naissance (% hors de PF)	Statut d'occupation du logement (% locataires)	1-chômage (100-%chômage)
Moorea	13%	28%	77%
Tahiti	13%	31%	80%
Bora Bora	10%	28%	80%

Tubuai	6%	16%	77%
Rangiroa	11%	30%	76%
Takapoto	3%	20%	73%
Tikehau	9%	25%	91%

Ces indicateurs ont ensuite été regroupés par composantes de la capacité d'adaptation, en prenant la moyenne des indicateurs mesurés pour chaque composant, sans pondération (Figure 20). Il apparait donc que **Tahiti est l'île dont la population dispose d'une plus forte capacité d'adaptation sociale, en particulier sur l'éducation, les capitaux, et la mobilité, suivie de Moorea. D'autres îles disposent de plus de capacité en termes de flexibilité, notamment Takapoto. Les différences entre les îles sont plus marquées pour l'éducation et les capitaux, et moins marquées pour la mobilité et la flexibilité** (Figure 21). Ceci tient au fait d'une certaine centralisation de l'économie en Polynésie sur l'île de Tahiti, qui regroupe la plupart des établissements d'enseignement supérieur.

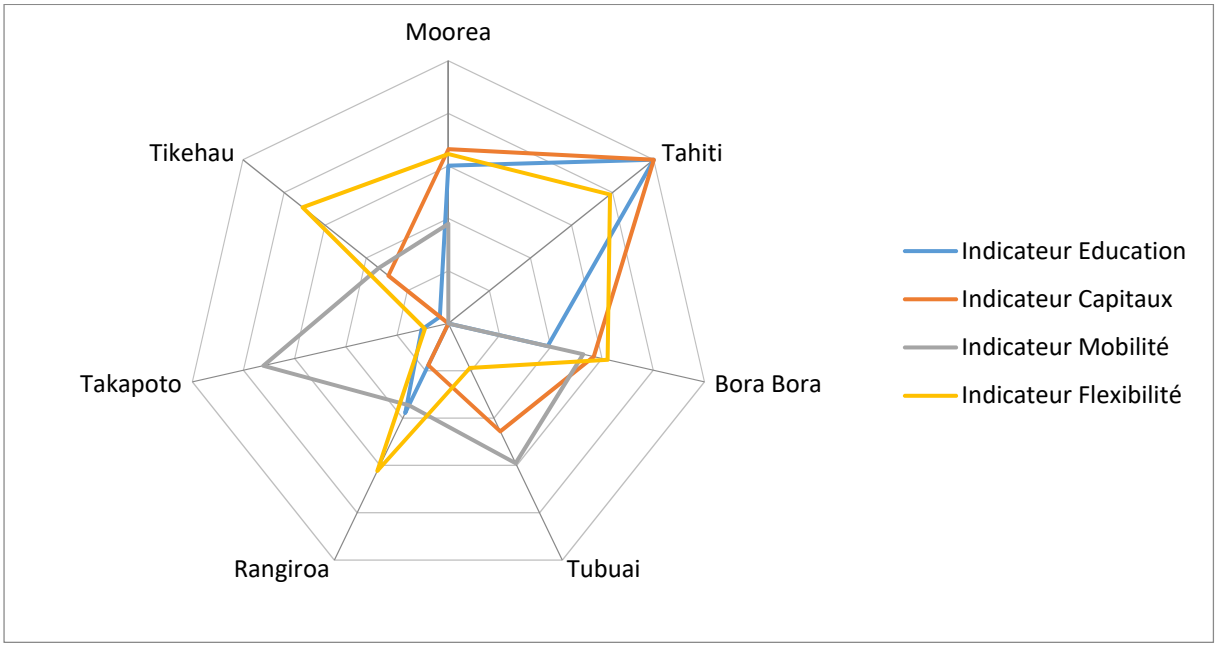

Figure 21 : Score relatif des différents aspects de la capacité d'adaptation sociale. Données : ISPF

4.2.3 Discussion

D'autres facteurs de la capacité d'adaptation ne peuvent pas être abordés par les données statistiques disponibles. Les modes de gestion des récifs coralliens et d'organisation de la société qui

sont les plus à même de favoriser l'adaptation au changement climatique ne sont pas mesurés quantitativement, mais nous y reviendrons dans la cinquième partie. Par ailleurs, la capacité d'agir n'est pas abordée quantitativement. Le nombre d'associations environnementales est un facteur important de la capacité d'adaptation, étant un levier permettant aux populations de s'organiser et de contribuer à la protection de l'environnement, notamment par le contrôle des *Acanthaster planci*, le bouturage des coraux, la protection des tortues marines, la réduction des pesticides, et bien d'autres. La majorité des associations sont localisées sur Tahiti et Moorea, mais une proportion plus forte d'associations par habitants est mesurée aux Tuamotu. Selon Floridi et Mayoux (2013), il y a 347 associations environnementales sur Tahiti et Moorea, soit 1.73 associations environnementales pour 1000 habitants, 8 aux Australes, soit 1.17 associations environnementales pour 1000 habitants, et 72 aux Tuamotu, soit 4.28 associations environnementales pour 1000 habitants. Les chiffres ne sont pas disponibles pour les îles Sous-le-Vent.

Ces indicateurs quantitatifs sont généraux, ce qui permet de les comparer entre eux et de les comparer à d'autres territoires, mais ne sont pas ancrés dans un contexte local où le capital social est difficilement mesurable quantitativement, bien qu'extrêmement présent. Les questions de perceptions des populations dépendantes des récifs coralliens sont donc abordées ci-après pour mettre en lumière des aspects plus locaux de la vulnérabilité au changement climatique et des réponses à y apporter.

4.3 Enquêtes de perception de populations

Des enquêtes semi-directives nous permettent de rendre compte de manière qualitative et quantitative du savoir local qui influence la capacité d'adaptation des populations qui dépendent des récifs coralliens, ainsi que de faire remonter les enjeux importants localement (McMillen et al., 2014). Des enquêtes ont été réalisées sur la perception des pêcheurs et des moniteurs de plongée face aux changements environnementaux. Les enquêtes se sont appuyées sur un questionnaire semi-structuré abordant quatre thèmes : (i) la perception des changements dans l'écosystème corallien, spécifiquement les coraux, les poissons, les invertébrés et les algues, (ii) la perception des menaces qui pèsent sur les récifs coralliens, (iii), l'influence de ces changements sur leurs pratiques et les modifications de ces pratiques dans le temps, et (iv) les solutions à apporter face aux changements environnementaux (Annexe 5 : le questionnaire, Annexe 6 : une analyse quantitative des réponses sur les perceptions liées aux changements et aux menaces sur les récifs coralliens).

Les pêcheurs choisis sont ceux qui pêchent dans le lagon, avec des techniques diverses dont le fusil et qui sont déjà expérimentés, qui connaissent bien les récifs coralliens et qui ont vu leur évolution dans le temps (Rudiak-Gould, 2014). En complément, une personne interrogée à Rangiroa collecte des coquillages sur la plage et ne pratique pas la pêche au fusil. Ses connaissances sont différentes des autres pécheurs et se concentrent sur l'évolution des invertébrés, des algues sur la plage et de l'évolution de trait de côte. Les moniteurs de plongée choisis sont des moniteurs expérimentés, présents sur place depuis plus d'un an, ayant ainsi une certaine connaissance des récifs coralliens et pouvant avoir constaté une évolution dans le temps.

Quarante personnes ont été interrogées via des enquêtes semi-structurées sur ces quatre îles, lors de 29 entretiens individuels ou par petits groupes (1 à 4 personnes). Les entretiens, réalisés entre mars et mai 2018, ont duré entre 30 minutes et 2 heures, et se sont déroulés en Français. Les services des mairies concernés ont été rencontrés avant la conduite de tout entretien dans ces îles, pour présenter notre démarche et pour nous aiguiller vers les personnes à interroger. Ces enquêtes sur 40 personnes (35 hommes et 5 femmes) ont été réalisées sur 4 îles : Tubuai (6 enquêtes pour 9 pêcheurs) dans l'archipel des Australes, Rangiroa (8 enquêtes pour 10 pêcheurs et 2 enquêtes pour 2 moniteurs de plongée) et Tikehau (5 enquêtes pour 6 pêcheurs et 1 enquête pour 2 moniteurs de plongée) dans l'archipel des Tuamotu, et Moorea (4 enquêtes pour 8 pêcheurs et 3 enquêtes pour 3 moniteurs de plongée) dans l'archipel de la Société. L'âge moyen des pêcheurs interrogés est de 47 ans, et l'âge moyen des moniteurs de plongée interrogés est de 45 ans. Les moniteurs de plongée ont passé en moyenne 8 ans sur l'île où ils pratiquent leur activité de plongée).

Crédit photo : A. Comte

4.3.1 Perceptions des changements environnementaux et modifications des pratiques

Les réponses données par les personnes interrogées sur les changements des récifs coralliens sont contrastées selon les îles. Sur Tubuai, tous les aspects écologiques (les coraux, les poissons, les invertébrés) sont perçu majoritairement en diminution, tandis que les algues sont perçues en augmentation. Une minorité de réponses indique ne pas voir de changement pour ces quatre aspects. Pour les invertébrés, les bénitiers, qui sont une ressource importante pour Tubuai, sont plus souvent mentionnés qu'ailleurs. A Rangiroa, la situation est la même sauf pour certains pêcheurs qui voient une amélioration des coraux. Sur Tikehau, les personnes interrogées perçoivent toutes une dégradation des poissons et une augmentation des algues.

Par exemple, enquête #19 : « Il y a moins de poissons depuis 20 ans. Les mérous ont disparu, les perches il y en a moins. Il y a moins de poissons herbivores aussi depuis 20 ans. »

Sur Moorea, la situation est perçue comme meilleure. Une majorité de plongeurs voient une amélioration des coraux et des poissons, ainsi qu'une diminution des algues. Certains pêcheurs voient également une amélioration des conditions pour les coraux, les poissons et les algues mais la majorité d'entre eux perçoivent quand même une diminution des quatre compartiments écologiques.

De manière générale, les coraux et les poissons sont plus décrits que les invertébrés et les algues. Les réponses sont similaires entre les pêcheurs et les plongeurs, mais l'échelle temporelle et le détail de ces perceptions sont différent. Les pêcheurs parlent souvent sur un pas de temps long, qui est borné par un événement précis comme un cyclone par exemple. Le niveau de détail est très élevé sur les changements dans les poissons, mais très faible pour les autres catégories.

Par exemple, enquête #10 : « Sur le motu de Tiputa, il y a moins de *maïto* et de *tati*, et les *ume* diminuent un peu. »

A l'inverse, les moniteurs de plongées ont une vision beaucoup plus courte, sur quelques années, mais avec un niveau de détail élevé sur les phénomènes impliqués, comme le blanchissement, ou les épisodes de pullulement d'acanthaster par exemple. Ils ont un niveau de précision plus élevé que les

pêcheurs sur les coraux, font la distinction entre coraux massifs et coraux branchus, mais ont un niveau de détail moins élevé sur les poissons.

Par exemple, enquête #25 : « A la sortie de la baie d'Opunohu à l'extérieur ça a bien repoussé, il y a 4 ans il n'y avait rien. C'est les *poscilopora* qui sont dominant. On voit de plus en plus de coraux branchus sur tous les sites, ça commence à se diversifier. »

4.3.2 Mécanismes de réponses mis en place

Une majorité de personnes interrogées nous ont rapporté des modifications dans leurs activités professionnelles liées aux récifs coralliens. Les changements dans les activités de pêche ou de plongée sont dus dans la plupart des cas à des changements techniques ou réglementaires, et non pas à des changements environnementaux. Les activités de plongées sont notamment encadrées par la réglementation. L'accès à du matériel de pêche plus performant (hameçons, fusils, combinaisons, bateaux en aluminium, matériaux pour les parcs à poisson, lampes) est une réponse que l'on retrouve dans plusieurs entretiens avec les pêcheurs.

Par exemple, enquête #26 : « On a des petites lampes modernes, avant on avait des gros projecteurs avec des fils. Maintenant on pêche en profondeur avec les leurs japonais au large. »

Néanmoins, des mécanismes de réponses aux changements environnementaux ont été mis en place dans certains cas.

Les mécanismes de réponses sont beaucoup plus nombreux pour les pêcheurs que pour les moniteurs de plongées. Ceci est dû à deux facteurs : les pêcheurs ont souvent plusieurs activités tandis que les moniteurs de plongées ont plus tendance à ne pratiquer que cette activité, et la pratique de la plongée est très peu flexible (réglementation de l'activité et zones d'usages restreints) comparée à la pratique de la pêche.

- Réponses et modifications mises en place par les pêcheurs
  - Création d'association de pêcheurs qui ont plusieurs vocations : empêcher les pratiques qui provoquent des dégâts physiques sur les coraux, ramassage des *taramea*, lobby pour la pêche et en opposition à d'autres activités dans une compétition accrue pour l'espace, ramassage des déchets,

  - réduction de l'effort de pêche, changement d'engins et de techniques de pêche, changement d'endroits de pêche, pêche plus loin du lieu de résidence, changement de la taille des poissons recherchés (relâche les trop petits poissons)
  - pratique de l'agriculture au lieu de la pêche, recherche de nouveaux marchés, ramassage des étoiles de mer Acanthaster
- Réponses et modifications mises en place par les clubs de plongée
  - Changement d'endroits de plongées,
  - Nourrissage de faune charismatique (« *feeding* » ou « *smelling* »)
  - ramassage des étoiles de mer Acanthaster

Les mécanismes mis en place sont de natures différentes. Certains demandent **des moyens techniques et financiers** qui ne sont pas disponibles pour les populations les plus vulnérables, comme l'augmentation de la zone de pêche qui nécessite l'utilisation d'un bateau à moteur et qui a un coût en terme de carburant. Au contraire, **d'autres mesures sont de nature organisationnelle** qui ne nécessite pas forcément de ressources supplémentaires mais du capital social, comme la création d'associations pour de pêcheurs pour le ramassage d'acanthaster par exemple. La diffusion de solutions entre les îles semble avoir entrainé deux comportements pour la protection des coraux : le bouturage des coraux mis en place par certains pêcheurs et le contrôle des *Acanthaster* par les pêcheurs et les moniteurs de plongée. D'autres changements d'activités résultent d'adaptation aux nouvelles mesures réglementaires, par exemple l'interdiction de pratiques de pêches qui nécessitent l'utilisation d'outils qui détruisent le corail. Pour les plongeurs, la modification de la profondeur maximale de 29m à 20m et de 49m à 40m aura un effet sur leurs activités.

De nombreux pécheurs nous ont rapporté avoir plusieurs activités, qui participe à leur capacité d'adaptation. Sur Rangiroa et Tikehau par exemple, des pêcheurs vont produire du coprah ou cultiver des légumes quand il n'est pas possible de pécher. Cette double activité entre pêche et agriculture démontre une certaine résilience des pêcheurs qui peuvent se tourner vers d'autres activités professionnelles. Néanmoins, la pérennité de ce système pourrait être remise en question selon la vulnérabilité de ces autres activités. En effet, la production de coprah pourrait également être affectée par les effets du changement climatique, et notamment par la montée du niveau de la mer qui menace les plantations de cocotiers dans les îles basses. Toujours sur Rangiroa, des pêcheurs sont employés à temps partiel pour être marin dans les clubs de plongée. Il semble par contre que les moniteurs de plongée ne pratiquent pas d'autre activité, mais nombre d'entre eux sont mobiles et passent quelques saisons dans une île avant de partir dans d'autres îles de Polynésie ou dans d'autres

régions du monde. Les moniteurs de plongée interrogés sont d'ailleurs souvent originaires de métropole. Enfin, certains pêcheurs reportent leur activité de la côte vers le large quand la météo n'est pas bonne ou qu'il n'y a pas assez de poisson dans le lagon. D'un autre côté, il nous a été rapporté que beaucoup de jeunes sans emploi se tournent vers la pêche pour subvenir à leurs besoins (voir partie 4.2.1), ce qui pourrait augmenter la pression sur la ressource.

La pertinence des mécanismes de réponses mis en place doit être posée. En effet, certaines solutions misent en place, bien que bénéfiques à court termes, peut poser des problèmes de maladaptation à long terme. Par exemple, le *shark feeding* pourrait modifier le comportement des requins ou l'utilisation de nouvelles techniques/matériel de pêche pourrait augmenter la pression sur la ressource. Par ailleurs, la pêche de nuit semble cristalliser les débats. Devenue plus facile avec l'arrivée de petites lampes-torches, elle permet des rendements de pêche très élevés, car les poissons qui dorment sont particulièrement facile à pêcher. Certains pêcheurs veulent son interdiction, tandis que d'autres veulent continuer cette pratique. Etant donné le lien entre développement socio-économique, accès aux marchés et biomasse de groupes fonctionnels comme les poissons herbivores (Brewer, Cinner, Fisher, Green, & Wilson, 2011), cette question est particulièrement importante.

Il semble que les mécanismes de « coping » ou d'adaptation autonome des personnes enquêtées soient corrélés avec leur perception des changements environnementaux. Néanmoins, des analyses statistiques qui permettraient de tester cette hypothèse ne peuvent pas être menées compte-tenu de la petite taille de l'échantillon de personnes enquêtées. Par ailleurs, les moniteurs de plongée ont moins implémenté de mécanismes de coping que les pêcheurs. Plusieurs hypothèses peuvent expliquer ceci : les revenus des pêcheurs dépendent fortement des conditions environnementales (stocks de poisson) quand les revenus des moniteurs de plongées y sont moins dépendants. Les moniteurs de plongée sont moins flexibles dans l'aménagement de leurs activités, étant donnée qu'ils ont des sites de plongées fixes et que l'activité est très réglementée. Les touristes sont également plus sensibles à la mégafaune pélagique (requins, raies manta) qui est moins directement liée aux conditions écologiques récifales.

Un changement socio-économique important dans la société polynésienne nous a été rapporté à plusieurs reprises, notamment par les plus anciens pêcheurs interrogés. Il semble qu'un basculement d'une société de coopération et de pêche de subsistance vers une société « occidentalisée » avec des rapports plus individualistes et basés sur l'argent ait émergé il y a

plusieurs décennies. Ce basculement aurait eu des effets sur les pratiques de pêche, avec un délitement de pratiques de pêches communes, de partage des fruits de la pêche et de gestion commune des pratiques de pêche. Ces bouleversements ont en parti été introduites par les politiques de développement économique de la Polynésie française, notamment l'accès aux glaciaires pour conserver les produits de la pêche. Des changements des modes de consommation nous ont également été rapporté, les habitudes alimentaires se modifient avec plus de consommation de viande importée (congelée ou en boîte) et moins de poisson. Ces modifications des sociétés du Pacifique sur le long terme sont étudiées plus en détail dans l'analyse des trajectoires de vulnérabilité (Duvat, Magnan, et al., 2017).

Par exemple, enquête #3 : « Avant on partageait le poisson avec tout le monde, maintenant il n'y a plus de partage. »

Crédit photo : A. Comte

4.3.3 Perception des menaces sur les récifs coralliens

De nombreuses menaces, à la fois globales et locales, sont identifiées par les personnes interrogées (Figure 22). Cinq menaces sont mentionnées par plus de 50% des répondants. **Les menaces locales les plus fréquemment citées sont la surpêche et les techniques de pêche destructrices, la multiplication de certaines espèces d'algues, les pollutions et les étoiles de mer mangeuses de corail *Acanthaster*. En ce qui concerne les menaces globales, c'est les cyclones, puis l'augmentation de la température qui est mentionnés le plus de fois.** Ce fait correspond à leur importance effective en termes d'impacts sur les récifs coralliens à ce jour. L'augmentation du niveau de la mer est peu

mentionnée, mais est discuté dans les îles basses. L'acidification, un phénomène bien étudié scientifiquement mais qui a du mal à être perçu et compris par la population, n'a jamais été mentionnée durant les enquêtes.

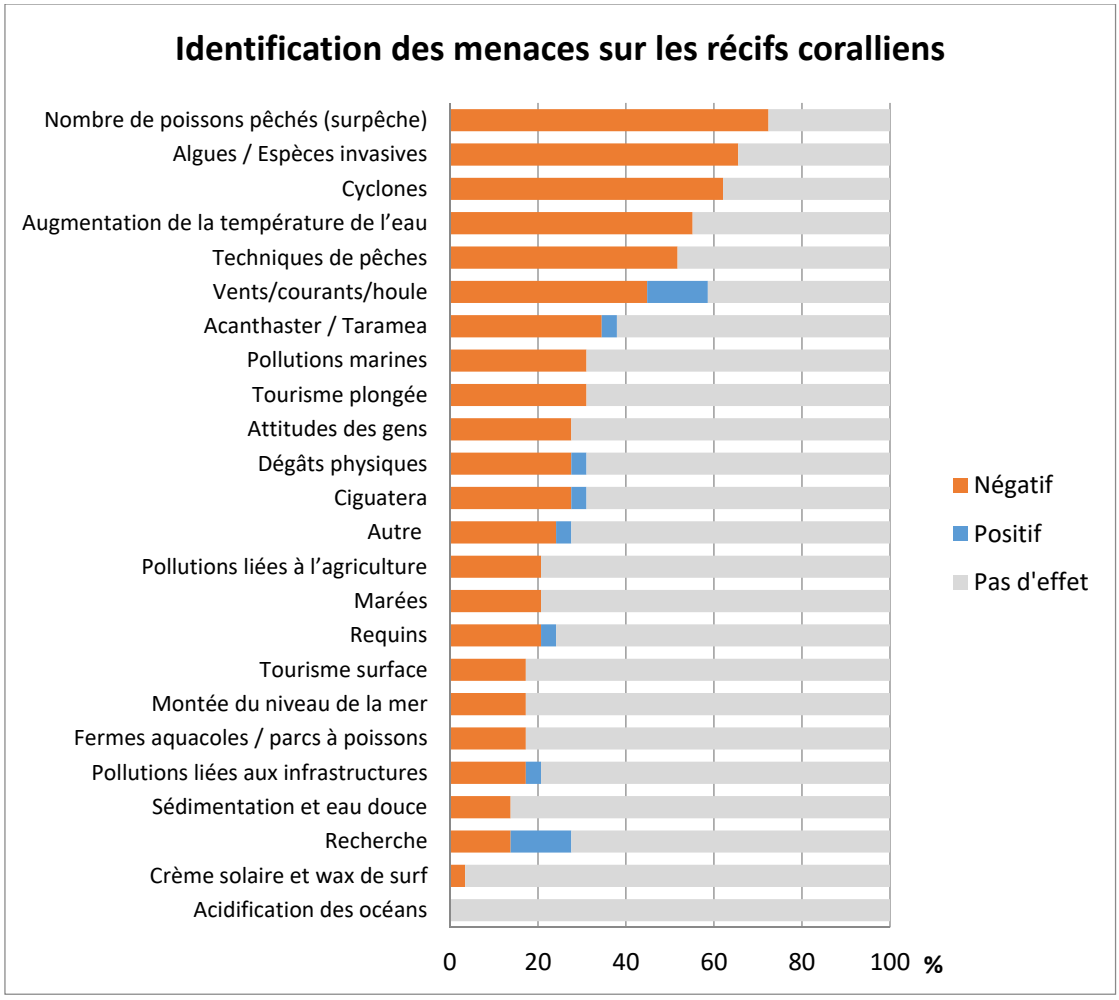

Figure 22 : Menaces identifiées comme ayant un effet négatif, positif, ou pas d'effet sur les récifs coralliens, en pourcentage de répondants

Les menaces identifiées varient d'île en île. **Le plus grand nombre de menaces identifiées est à Moorea, suivi de Rangiroa, Tikehau, puis Tubuai.** Ce classement pourrait s'expliquer par la densité de la population, qui est un proxy aux pressions anthropique (à noter que Tikehau est moins peuplée que Tubuai mais reçoit plus de touristes). Des menaces différentes émergent entre îles hautes et îles basses, principalement l'agriculture pour les îles hautes et l'érosion côtière pour les îles basses. Les pécheurs de Moorea sont ceux qui identifient le plus de menaces, suivi par ceux de Rangiroa, Tikehau, et Tubuai. Les pécheurs identifient plus de menaces que les moniteurs de plongées (mais ce résultat est biaisé car nous avons interrogés plus de pêcheurs).

Souvent, les personnes interrogées pensent que leur propre activité est une menace (les pêcheurs pensent qu'il y a trop de pêche, les personnes possédant des parcs à poissons trouvent que les parcs à poisson produisent des déchets en mer, les moniteurs de plongée pensent dégrader les récifs) et ne pointent pas nécessairement du doigt d'autres activités locales. La ciguatera apparait par exemple comme un problème pour les pêcheurs (particulièrement à Tubuai), mais pas pour les moniteurs de plongée.

Par exemple, enquête #3 : « Il y a de la ciguattera vers la passe et le quai là où il y a eu les dragages et les travaux. »

Le développement côtier semble une menace spécifique à Moorea, qui est effectivement un littoral plus densément construit. La plongée est une problématique plus spécifique à Rangiroa et Moorea, étant moins développée à Tikehau et absente à Tubuai (au moment où ces enquêtes ont été menées). Le changement de courants et de vagues a été mentionné à Rangiroa.

Les activités de plongées sont perçues comme une menace par une partie des personnes interrogées, ayant deux conséquences : l'occupation de l'espace avec des conflits d'usage, qui a donné lieux par exemple dans la passe de Tiputa sur Rangiroa à une délimitation spatiale entre les activités de plongées et les activités de pêche. D'autre part, la pratique du « *feeding* » qui consiste à appâter les requins pour les observer est perçue comme modifiant le comportement des requins rendant la pêche plus dangereuse.

Les espèces introduites et/ou invasives (algues, *troca…*) sont considérées comme un problème par beaucoup de personnes interrogées. Selon les îles, les espèces invasives ou les risques écologiques pour l'écosystème corallien pointé du doigt comme menaces concernent des espèces différentes : algues, acanthaster, rats. Les étoiles de mer mangeuses de corail, *Acanthaster Planci* ou *taramea* en Polynésien, sont parfois identifiées comme invasive par les populations qui n'en observent que depuis une période récente. L'augmentation d'espèces d'algues a été observée sur plusieurs îles. Pour certains habitants, ces algues proviennent de transports inter-îles, comme par exemple de transports d'huitres perlières entre Tahiti et les Tuamotu. A Tikehau, les algues se fixent sur les parcs à poissons. A Tubuai, elles proviendraient des rejets de l'agriculture. Pour certains, le développement d'espèces invasives proviendrait des échanges maritimes avec Tahiti, les algues se fixant sur les bateaux.

Certains comportements sont décrits comme problématiques. Sur plusieurs îles, il nous a été rapporté que des non-résidents viennent pêcher, parfois même dans des AMPs, exerçant une pression sur les ressources marines. D'autres comportements sont également pointés du doigt, comme le mouillage de bateaux de tourisme dans les lagons. Des comportements plus généraux comme un manque de respect envers la nature ou un manque de respects envers les enseignements des pratiques de pêches durables par les anciens nous ont été rapportés.

Certaines menaces sont parfois perçues comme ayant des effets positifs sur les récifs coralliens, comme le changement des vents et des courants ou les *Acanthaster*, sensées « nettoyer » les récifs selon certains. Pour quelques répondants, la houle enlève les algues des coraux et nettoie les récifs.

4.3.4 Solutions discutées

De nombreuses solutions sont identifiées par les personnes interrogées pour améliorer ou maintenir l'état de santé des récifs coralliens. **Trois grandes catégories de solutions ont été discutées par les pêcheurs : 1) comportements et relations homme / nature, 2) réglementations, interdictions et surveillances des activités, et 3) modifications socio-économiques. Du côté des moniteurs de plongées, seuls les aspects liés au comportement et les réglementations sur l'utilisation de l'espace maritime ont été discutés.**

- Solutions proposées par les pêcheurs
  - Variabilité naturelle / Divine donc pas de réponses possibles, respect de la nature et des hommes, respect entre pêcheurs et plongeurs, respect entre jeunes et vieux
  - Surveillance effective des zones protégées, réduction des déchets et de la pollution, création de *Rahui* (aires marines protégées), interdiction de certaines pratiques de pêches et d'autres activités en mer, zones de mouillage, relation terre-mer
  - Augmentation du tourisme, diversification de l'économie, développement de l'aquaculture, création de digues et de remblais, augmentation du prix du coprah, modification du modèle capitaliste, emploi des jeunes
- Solutions proposées par les plongeurs
  - Changement des comportements de pêche, changement des comportements d'autres activités en mer
  - Création d'Aires Marines Protégées, création de zones de mouillage

Si on reprend la typologie d'action présenté dans la Figure 2, c'est les actions de protection que sont le plus discutées, suivis des actions visant à adapter la société et à améliorer la capacité d'adaptation sociale (Figure 23, 24). Les actions d'atténuation et de restauration sont très peu discutées.

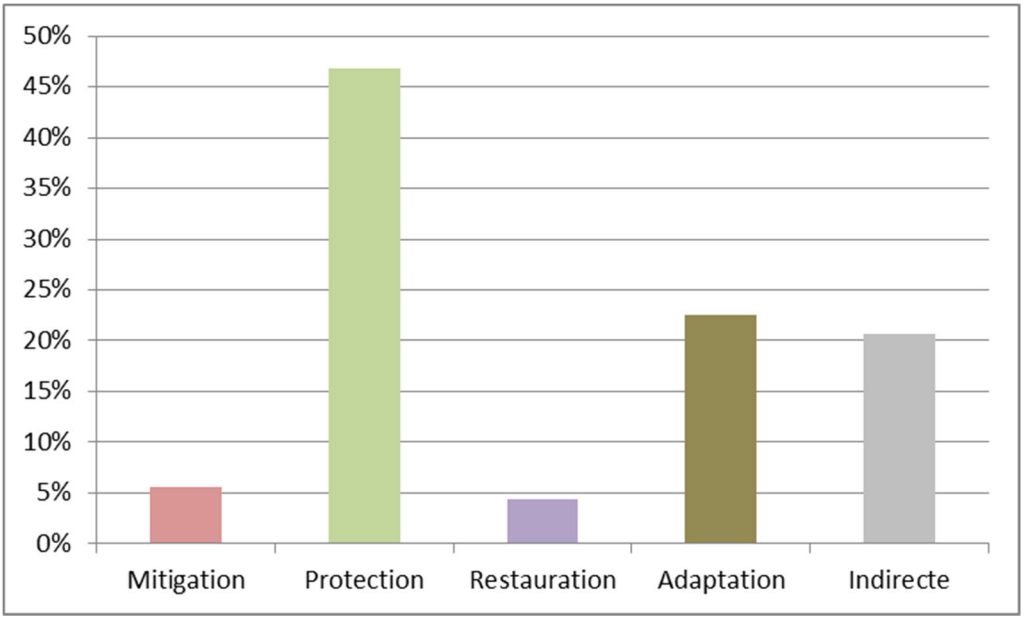

Figure 23 : Proportions des solutions discutées par les personnes interrogées par catégories d'action

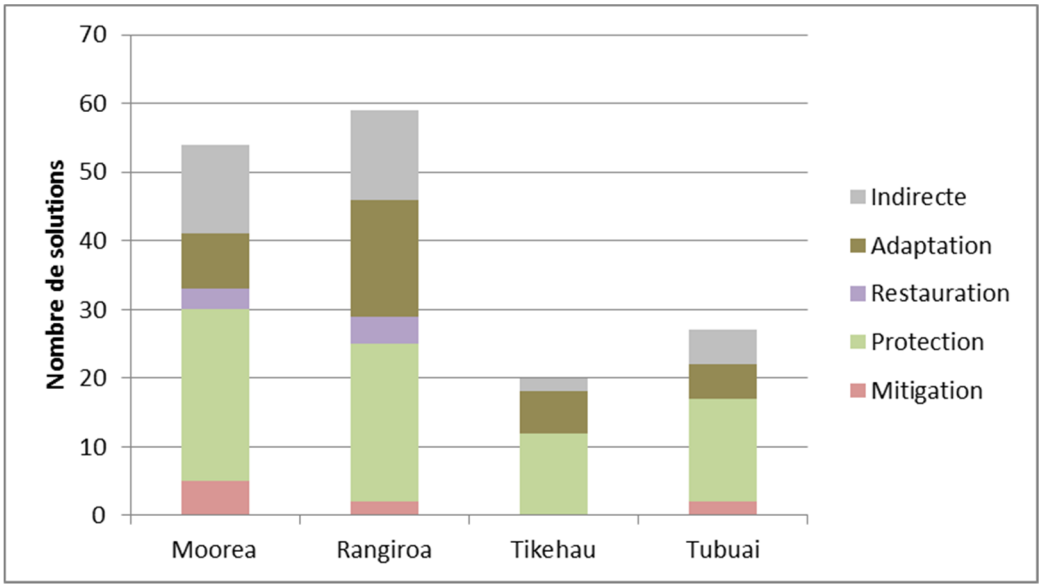

Figure 24 : Nombre d'interventions relatifs à des solutions discutées par les personnes interrogées par catégorie d'action et par île

Le *Rahui* est la terminologie employée traditionnellement pour décrire une zone interdite à la pêche, de façon temporaire ou permanente, ou restriction de l'effort, des espèces et des tailles de

poissons/coquillages/crustacés pêchés (Bambridge, The Rahui). Le terme *Rahui* est utilisé, parfois de façon interchangeable selon les personnes interrogées, pour désigner plusieurs modalités de gestion qui s'inscrivent dans le code de l'environnement ou dans le code de l'aménagement en Polynésie française (PGEM, ZPR, AMP, AMG,…). **L'instauration de *Rahui* est une solution très présente dans les propositions recueillies.**

Par exemple, enquête #3 : « On a besoin de faire un *Rahui* c'est le seul moyen. Il faut interdire la pêche pendant un certain temps. Il y a des *Rahui* dans d'autres îles et ça marche. On veut un *Rahui* pendant quelques mois ou quelques années, par exemple de septembre à décembre quand les poissons bougent par milliers. »

Cependant, elle ne fait pas l'unanimité et plusieurs personnes interrogées sont contre l'établissement de *Rahui*, particulièrement pour la pêche de subsistance, et lorsque les stocks de poissons ne semblent pas diminuer ou que la demande de poisson est supposée être en diminution, par exemple du fait de la demande croissante pour de la viande importée. Un point de tension concerne la modalité de mise en œuvre de *Rahui*, plusieurs pêcheurs avançant que l'interdiction d'accès dans un *Rahui* doit être limitée dans le temps, disposition qui est difficile à mettre en place réglementairement. Par exemple, les AMPs mises en place dans le cadre du PGEM de Moorea sont fixées pour une durée indéterminée, mais qui est actuellement en processus de révision (nous y reviendront dans la cinquième partie).

Le manque de contrôle dans les zones protégées, et notamment dans les ZPR, est également pointé du doigt. Dans certains cas, les zones protégées ont été instaurées loin des centres d'habitations, augmentant la difficulté de les contrôler. Au contraire, certains pêcheurs lèvent la voix contre la sévérité des contraventions liées aux contrôles dans les zones protégées, qui ont des impacts importants sur les populations qui n'ont pas d'autre source de revenu que la pêche. Dans ce cas, une implication des populations dans les instances de gestion des zones protégées, comme la création de comités de pêche dans le cadre du PGEM de Moorea, apporte une solution pour améliorer l'efficacité des zones protégées (Gaspar & Bambridge, 2008). En effet, il a été montré dans la littérature que les interdictions de certaines pratiques comme la pêche étaient mieux respectées lorsque toutes les parties prenantes étaient impliquées dans la décision (Weeks and Jupiter, 2013).

Des décideurs et des pêcheurs interrogés prônent l'intégration de la gestion entre terre et mer. Cette approche est pertinente culturellement et écologiquement, principalement pour les îles hautes

(Jupiter, Society, Wenger, Klein, & Albert, 2017). Culturellement, les Polynésiens voient une continuité entre leur territoire sur terre et le lagon, avec des espaces de droit d'utilisation des ressources qui englobent les deux milieux. Ecologiquement, il existe également des liens forts entre terre et mer (Berkes, Colding, & Folke, 2000). Pour les récifs coralliens, les apports terrigènes et la pollution venant des bassins versants est une source de menace (Fabricius, 2005). L'intégration de politiques publiques en terre et en mer est également prônée par les documents politiques du Pays (par exemple dans le Plan Climat Energie), notamment pour améliorer l'articulation entre le PGEM et le PGA. Des obstacles importants empêchent néanmoins l'intégration de ces politiques, dus à la multiplication des instances de décisions et à l'attribution des compétences entre services, qui rend difficile l'implication de toutes les parties prenantes et à la difficile coopération entre services pour fixer des objectifs communs (Reuter et al., 2016). Au contraire, il est possible que la gestion intégrée entre terre et mer baisse les coûts de gestion en décloisonnant les différents services dont les actions se chevauchent (Jupiter et al., 2017) et en améliorant l'efficacité des mesures de gestions prisent conjointement (gestion adaptative). Des exemples de gestion « de la crête au récif » existent dans le Pacifique.

Plusieurs solutions sont misent en avant face au problème des espèces invasives. A Tubuai, l'exemple d'autres îles des Australes, en particulier Rimatara, qui ont su rester préserver de la présence du rat noir est citée en exemple. La mise en place de protocole et de contrôle de biosécurité pour éviter l'introduction du rat noir s'est faite en partie grâce à des données sur le coût de l'inaction, les rats noir feraient en effet baisser la production de coprah de 20 à 50% (Jupiter et al., 2013). De manière indirecte, l'éradication des rats peut avoir un effet bénéfique sur les récifs coralliens. En effet, une étude récente a montré que les oiseaux marins ont un effet positif sur la productivité des récifs coralliens du fait de leur apport en nutriment notamment par leur déjection. Or, les rats sont des prédateurs qui déciment les populations d'oiseaux sur les îles du Pacifique, et leur éradication peut donc avoir un effet bénéfique sur les récifs (Graham et al., 2018).

Certaines personnes mentionnent le bouturage et la restauration des coraux comme solutions. Plusieurs paraissent sceptiques quant à l'efficacité de cette solution.

Par exemple, enquête #10 : « J'ai entendu parler des gens qui replantent les coraux mais je ne pense pas que c'est une bonne idée ici. Ça ne marchera pas ici parce qu'ici c'est que des platiers, et les coraux sont profonds. Les coraux sont la maison des poissons il faut laisser la nature recréer des nouveaux coraux. »

Un autre levier d'action, la protection des poissons herbivores et notamment des poissons perroquets, n'a pas été mentionné par les personnes interrogées. La protection des poissons herbivores est un levier d'action efficace pour améliorer la récupération des récifs coralliens face aux effets du changement climatique, notamment les épisodes de blanchissement (Chung et al., 2019). Un besoin de communication sur cette solution est donc nécessaire auprès du publique.

Enfin, l'artificialisation et la privatisation du littoral est un levier important, notamment car il se fait au détriment de zones de nurseries pour les poissons. La végétalisation du trait de côte peut donc être bénéfique pour l'environnement dans certains cas, et pourrait devenir inévitable compte tenu de l'augmentation du niveau de la mer.

4.3.5 Analyses géographiques

Des cartes ont été montrées aux personnes interrogées pour faire un état des lieux des endroits où ils pratiquent leur activité et des lieux qu'ils connaissent en termes de menaces et changements environnementaux. Les moniteurs de plongées se limitent à quelques sites, tout le temps les mêmes, qu'ils finissent par connaitre en détail. A Moorea, ces sites sont sur la côte nord. A Rangiroa et Tikehau, se sont les passes qui sont les plus fréquentées, car plus riches en espèces.

Un aspect important de la capacité d'adaptation des populations face au changement climatique est le capital social, notamment sous forme de réseau de partage et d'entre-aide (McMillen et al., 2014). Ces liens, visibles sous forme d'échange ou de transfert d'argent (notamment par la diaspora), est abordé ici de manière détournée. Les réponses données par les personnes enquêtées ont parfois été spécifiques à des lieux. Nous analysons ici d'où proviennent ces réponses qui participent à la dissémination des perceptions des populations, de bonnes pratiques, et de solutions potentielles pour l'adaptation. Les réponses concernant des lieus spécifiques représentent 387 réponses (Figure 25). Soixante-et-un pourcent de ces réponses concernent des lieux dans l'île de résidence des personnes interrogées, et 39% concernent des lieux en dehors du lieu de résidence des personnes interrogées. Dans les deux cas, ces réponses concernent d'abord la perception des changements environnementaux, qui fait l'objet de plus d'attention dans le questionnaire administré.

Par exemple, enquête #10 : « J'ai péché en Nouvelle Calédonie c'est très poissonneux la bas. »

Les réponses sont en revanche différentes en ce qui concerne les pourcentages de réponses des trois autres parties de l'enquête. De nombreuses discussions sur les solutions ou le changement d'usages venaient de références extérieurs à l'île de la personne interrogé, ce qui montre l'importance de la diffusion des bonnes pratiques et des solutions pour augmenter la capacité à agir des populations face au changement climatique.

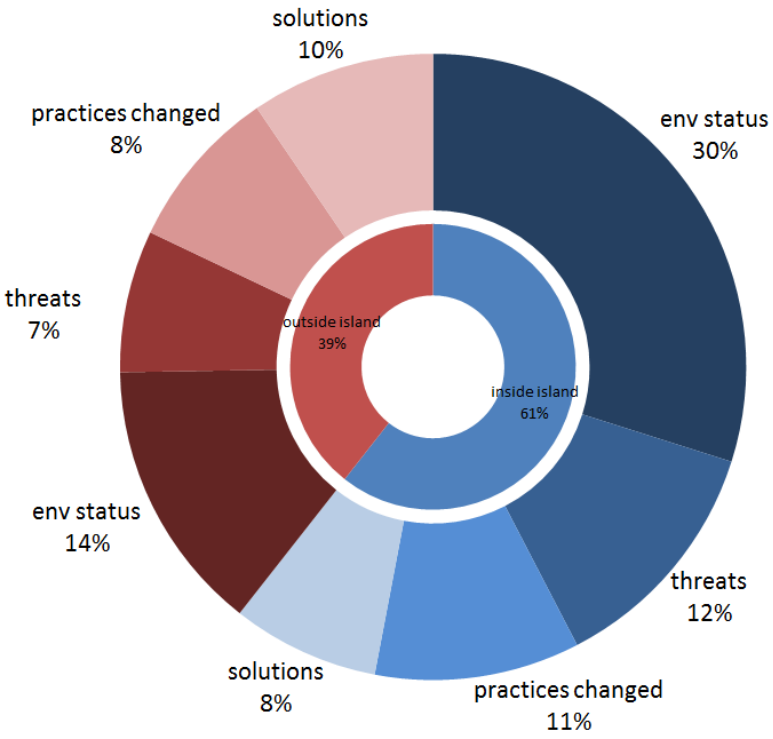

Figure 25 : Pourcentages de réponses exprimés pour des lieux (387 réponses au total) qui se trouvent sur l'île de résidence ou en dehors de l'île de résidence des personnes interrogées.

4.3.5 Discussion des résultats et limites des enquêtes

Plusieurs conclusions peuvent être tirées de ces enquêtes : (i) les informations sur l'état de santé des récifs coralliens peuvent compléter dans certains cas les suivis quantitatifs réalisés par les pouvoirs publics et les scientifiques, (ii) les pêcheurs et les moniteurs de plongée identifient de nombreuses menaces sur les récifs coralliens et semblent informés d'une partie des effets des changements climatiques, (iii) une adaptation autonome/spontanée des activités en liens avec les récifs coralliens est déjà en cours, (iv) de nombreuses solutions sont proposées qui vont dans le

sens de l'adaptation aux changements climatiques, (vi) l'adaptation des communautés se nourri de sources locales et de sources extérieures.

Les savoirs locaux sur l'état des ressources naturelles sont une source d'information précieuse, qui a sa place dans la gestion des ressources marines de Polynésie française. Les résultats de ces enquêtes nous montrent que l'expertise des pêcheurs et des plongeurs sont complémentaires. Les plongeurs se concentrent sur quelques zones seulement, mais les connaissent bien et sont capable d'identifier des changements précis dans les coraux, poissons, et parfois invertébrés des zones pratiquées. Ils ont une chronologie fine des changements environnementaux sur les 5 à 10 dernières années. A l'inverse, les pêcheurs connaissent très finement les poissons et les changements dans les tailles et les quantités de poissons, sur des espaces plus grands. Par contre, ils ont une chronologie moins fine qui se raccrochent à des évènements marquants « après le cyclone de 1983 » mais qui est plus longue, pratiquant leur activité depuis plus longtemps que les moniteurs de plongée.

Les connaissances sur les effets du changement climatique sont similaires à d'autres régions du monde. L'augmentation de la température de l'eau est perçue comme une menace importante. L'acidification des océans, qui est scientifiquement un sujet important, n'est pas du tout présente dans les menaces perçues par les populations. Ce fait se retrouve dans des études similaires dans d'autres régions du monde, par exemple en Angleterre (Captstick et al., 2016).

Il apparaît donc que les populations dépendent des récifs coralliens ont une bonne capacité d'adaptation. En effet, ils perçoivent les changements dans l'écosystème et les menaces locales et globales qui pèsent sur les récifs coralliens. Ils commencent déjà à mettre en place des mécanismes de réponse et d'adaptation, de façon individuel (changement de pratique) et collectif (création d'associations), et proposent de nombreuses solutions à destination des décideurs politiques et des autres usagers des récifs coralliens. Certains pêcheurs sont engagés dans les comités de gestion des pêches et dans le comité de gestion du PGEM de Moorea, et certains participent à des réunions sur la gestion des ressources marines organisées par les mairies. Les personnes interrogées s'inspirent également d'exemples extérieurs, en proposant des solutions vues dans d'autres territoires que les leur. Ces aspects sont des facteurs importants de la capacité d'adaptation sociale pour faire face aux effets du changement climatique. Néanmoins, d'autres aspects n'ont pas été évalués par les enquêtes, notamment certains aspects de capitaux, de mobilité, et de capacité à agir.

Au vue des réponses données par les personnes interrogées, il existe un faible niveau de confiance dans l'action publique vis-à-vis de sa capacité à remplir les missions de gestion de l'environnement et de développement. Cette question n'a pas été explicitement intégrée dans le questionnaire utilisé lors des entretiens, mais ces propos ont été recueillis à plusieurs reprises et pourraient faire l'objet d'une enquête approfondie pour comprendre quelle échelle de gouvernance est perçue par les populations comme la plus (ou la moins) efficace pour protéger les récifs coralliens.

La question de la représentativité de l'échantillon se pose. En effet, peu de femmes ont été interrogées alors qu'elles participent aux activités de pêche (Walker & Robinson, 2009) et de plongée. Les enquêtes ont ciblées des personnes expérimentées uniquement. Ces résultats ne sont donc pas représentatifs de tous les pêcheurs et de tous les moniteurs de plongées des quatre îles de Polynésie. Il a été très difficile de trouver des moniteurs de plongée qui remplisse ce critère, les effectifs des clubs se renouvelant très rapidement et les moniteurs de plongée restant généralement dans un club pour une saison seulement. Les enquêtes déclaratives comme celle-ci doivent être sujettes à caution, étant donné la difficulté de vérifier toutes les déclarations recueillies, notamment sur les changements de pratiques déclarés par les pêcheurs et moniteurs de plongée. Des omissions (volontaires ou non) sont également possibles dans ce type de questionnaire, par exemple sur la liste des menaces déclarées comme importantes. Néanmoins, les réponses semblent cohérentes entre les personnes d'une même île et en général.

De manière complémentaire à la perception recueillie sur l'état de santé des récifs ou les menaces qui pèsent sur eux, l'enquête permet de faire remonter les questions qui viennent de la population sur ces enjeux. De nombreuses personnes nous ont interpellées sur ces enjeux (voir Annexe 7 pour une liste des questions posées par les répondants). Ces questionnements pourraient aiguiller les questions de recherche utiles pour la société ainsi que la diffusion des résultats de la recherche.

5. Vers une planification de l'adaptation

Le diagnostic de vulnérabilité présenté dans les sections précédentes montre que la résilience des récifs coralliens doit être préservée, et que les populations ont une capacité d'adaptation qui peut être renforcée. L'adaptation au changement climatique, qui vise à réduire la vulnérabilité, doit donc se focaliser sur ces deux points pour réduire le risque posé par le changement climatique sur les récifs coralliens et les populations qui en dépendent à court et moyen terme.

Concernant l'action publique, l'adaptation au changement climatique passe par deux canaux essentiels : les stratégies de planification spécifiquement dédiées au CC, et l'inclusion des problématiques de changement climatique dans les autres politiques publiques, notamment environnementale mais aussi les politiques connexes de développement économique. Ces deux volets sont complémentaires. La planification de l'adaptation au CC vient soutenir les politiques publiques de développement durable d'un territoire ; il serait donc inopportun de planifier l'adaptation « en silo ». Par ailleurs, les politiques publiques pourraient contribuer à la vulnérabilité au changement climatique si elles ne le prennent pas explicitement en compte, par exemple en subventionnant le développement d'activités économiques basées sur les énergies fossiles. Cependant, il est également important d'avoir des documents de planification (stratégies, plans) pour traiter des enjeux spécifiques au CC, notamment la réduction des gaz à effet de serre et la résilience des territoires et des écosystèmes.

Dans cette section, nous analyserons comment les outils de politiques publiques existant en PF, qu'ils soient spécifiquement dédiés au CC ou à des politiques sectorielles, prennent en compte la vulnérabilité aux effets des changements climatiques sur les récifs coralliens. Dans un second temps, nous proposerons un cadre d'analyse pour aider les gestionnaires et décideurs locaux à identifier et prioriser des solutions qui réduisent la vulnérabilité aux effets du CC sur les récifs coralliens. Nous nous focaliserons sur les politiques propres à la Polynésie française, qui n'est pas compétente pour négocier au niveau international sur le changement climatique au sein de la Convention Cadre des Nations Unis sur le Changement Climatique.

5.1 La prise en compte du changement climatique par les pouvoirs publics

Plusieurs niveaux réglementaires de gestion des récifs coralliens se superposent. Il existe des outils internationaux (sites RAMSAR, déclarations Polynésienne sur le climat), des outils à l'échelle du pays (sanctuaire requin à l'échelle de la ZEE, SAGE, Classement d'espaces naturels), et des outils à l'échelle des communes (ZPR, PGEM, PGA) (source : AFB). **De nombreuses réglementations et plans de gestion de l'environnement existent déjà en Polynésie française (Seguin 2014) et pourraient être des leviers importants pour l'adaptation au CC des récifs coralliens et des populations si elles prenaient en compte explicitement les impacts futurs du changement climatique**. Par exemple, le Plan de Gestion de l'Espace Maritime (PGEM) est une politique publique intéressante pour l'adaptation aux CC. Inscrit au code de l'aménagement, il est entré en vigueur en 2004 sur l'île de Moorea, la seule île qui est allée au bout de sa mise en place (Chambre territoriale des comptes, 2017). Il vise à planifier les activités dans l'espace maritime autour de l'île de Moorea et permet donc de renforcer la résilience des récifs coralliens tout en renforçant la capacité d'adaptation sociale à travers la concertation et la coordination des usages. Nous y reviendrons ci-après.

Le gouvernement de PF a développé un Plan Climat Energie (PCE), mis en place en 2015. Ce plan fait suite à la publication du Plan Climat Stratégique de la Polynésie Française et à l'implication indirecte du gouvernement dans les négociations internationales sur les changements climatiques. Le Plan Climat Energie de Polynésie française, bien qu'ayant quelques volets importants pour les récifs coralliens et les populations humaines, notamment dans les Axes 5, 6, et 7, n'a aucun indicateur de suivi spécifiquement dédié aux récifs coralliens. L'action 19, « Favoriser la résilience des écosystèmes polynésiens aux effets du changement climatique », est un levier d'action important pour améliorer la capacité d'adaptation écologique des récifs coralliens. L'action 28, « Mettre en place et animer un observatoire du changement climatique en Polynésie française » est également un outil important qui pourrait incorporer des mesures de l'état de santé des récifs coralliens. Par ailleurs, le PCE mentionne explicitement un lien avec le Schéma Directeur Recherche & Innovation (SDRI) en Polynésie française 2015-2025 dont un des thèmes est les récifs coralliens. Ces actions pourraient renforcer le suivi de l'état de santé des récifs coralliens, connaissances nécessaires à toute planification de l'adaptation au changement climatique pour les récifs et les populations qui en dépendent.

5.2 Vers la prise en compte du changement climatique dans les politiques publiques existantes

Pour planifier l'adaptation au changement climatique et l'intégrer aux différents plans et réglementations existants, de nombreuses mesures qui font écho aux solutions proposées par les populations interrogées peuvent être mises en œuvre :

Solutions	**Mesures**
Réduire les impacts sur les récifs coralliens	Réduire le CO2
	Réduire la pollution marine
	Réduire la pollution terrestre
	Contrôler les acanthaster
	Créer des Aires Marines Protégées/gérées
	Réduire l'effort de pêche
	Restaurer les écosystèmes
	Ingénierie locale
	Assister l'évolution génétique des coraux
Réduire les impacts sur les populations	Prévention du risque côtier
	Protection des côtes
	Modification des techniques de pêche
	Promotion du tourisme durable
	Promotion de l'aquaculture durable
	Diversification des moyens de subsistance
	Diversification des activités économiques
	Déplacement des activités & populations
Améliorer les capacités à agir	Investir dans la recherche et la planification
	Développer des indicateurs de suivi
	Communication & éducation des populations et des décideurs
	Soutenir les initiatives de la société civile
	Améliorer les collaborations entre les îles et entre les pays du Pacifique
	Améliorer la gouvernance de la gestion de l'environnement

Les politiques sectorielles existantes agissent directement ou indirectement sur la réduction des impacts du CC sur les récifs coralliens, sur les populations, ou l'amélioration des capacités d'adaptation. Néanmoins, le lien entre récifs coralliens, populations humaines, et changement

climatique est intersectoriel et doit être traité de manière transversale. Une plus forte coordination est donc recommandée entre ces politiques sectorielles pour renforcer la transversalité entre les différents acteurs publics, harmoniser les objectifs, et ainsi améliorer l'efficacité des politiques publiques.

Des obstacles à l'action existent et sont de plusieurs natures : réglementaires (code de l'aménagement, code de l'environnement), économiques (coût de la surveillance des aires marines protégées, coût de la restauration, coût de la réduction de la vulnérabilité sociale), technique (pratiques de restauration, protection des côtes avec des SFN), culturelles (besoin d'ancrage local des actions d'adaptation) et de gouvernance (moyens requis pour participer à la gestion du PGEM, implication de tous les acteurs).

5.2.1 Gestion adaptative pour améliorer la capacité d'adaptation écologique

De nombreuses pistes sont donc disponibles pour s'adapter aux effets du changement climatique sur les récifs coralliens. Ces mesures doivent s'insérer dans le cadre de la gestion adaptative (Armitage et al., 2009), qui permet une planification de l'adaptation en situation d'incertitude (Figure 26). Ici, trois exemples d'outils pertinents dans le cadre de la Polynésie française seront développés : les AMPs, la cogestion, et la protection des poissons herbivores. Ces outils font écho aux solutions évoquées par la population dans le cadre des enquêtes effectuées.

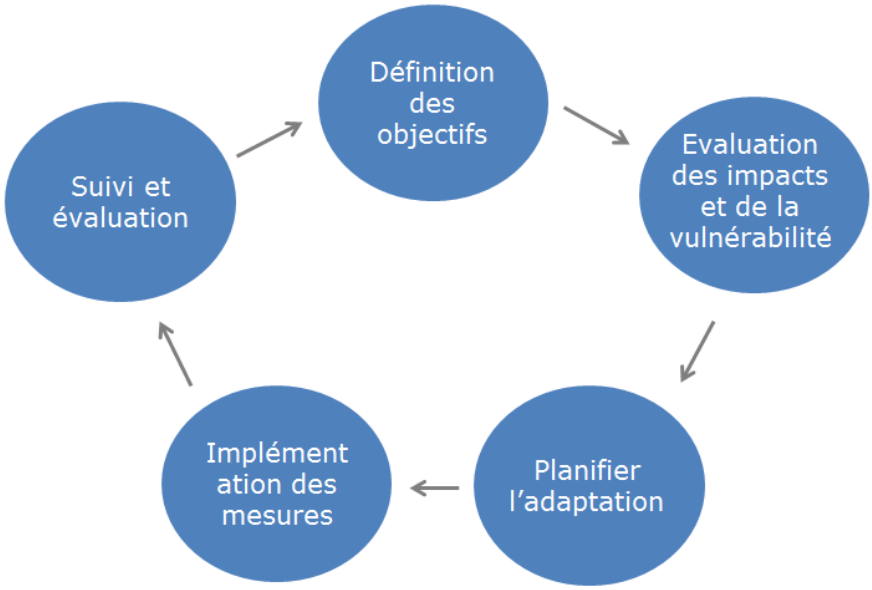

Figure 26 : Cadre conceptuel de la gestion adaptative. Source : Convention Cadre des Nations Unis sur le Changement Climatique

Les aires marines protégées comme outil d'amélioration de la capacité d'adaptation écologique

La réduction des menaces locales favorise la résilience des récifs coralliens en améliorant leur état de santé pour leur permettre de résister et de se remettre des effets du changement climatique (cyclones, blanchissement). Afin de réduire les impacts liés à l'activité humaine, les Aires Marines Protégées sont un outil essentiel. Plusieurs types d'AMP existent en Polynésie, sous forme de *Rahui*, de PGEM, et de ZPR, avec différentes modalités d'action. La mise en place d'AMP, pour être efficace, doit reposer sur différents critères mis aux points dans la littérature scientifique (Annexe 7) : des habitats similaires doivent être protégés dans plusieurs endroits pour améliorer leur chance d'être efficace dans le temps, les AMPs doivent également inclure tous les habitats d'un même espace (de la côte au tombant), les AMPs doivent être connectées en réseau pour que les ressources biologiques puissent se diffuser d'une AMP à l'autre.

Dans la mesure où toutes les informations (biologiques, physiques, chimiques, sociales) requises pour délimiter des AMPs qui remplissent tous ces critères ne sont pour le moment pas réunies, et que de nouvelles informations seront sans doute disponibles dans le futur pour aider à une meilleure prise en compte du changement climatique, la mise en place d'AMPs doit se faire dans le cadre d'une gestion adaptative. Le système de gouvernance des AMPs créées doit ainsi pouvoir modifier les règles de délimitation et de gestion des AMPs à la lueur d'informations futures.

Mécanismes de cogestion adaptative des ressources naturelles

La Cogestion, c'est-à-dire la création d'instances de concertation et de décision incluant un grand nombre de parties prenantes, permet d'intégrer les savoirs écologiques locaux aux connaissances scientifiques (Olsson, Folke, & Berkes, 2004). Elle permet une meilleure appropriation des mesures de gestion et, en théorie, une diminution des pratiques illégales comme la pêche dans des zones interdites. Dans le cas de la PF, les principes de la cogestion sont présents dans certaines politiques publiques environnementales, notamment le PGEM, où des réunions de concertations organisées par la mairie pour réunir les différents acteurs affectés sont organisées. Les ZPR, qui sont proposées par les mairies à la DRM, incluent également des phases de concertation. Néanmoins, la concertation n'aboutit pas forcément à la cogestion, où les décisions doivent être prises ensemble.

Dans le cadre du PGEM, l'implication des parties prenantes dans la définition des zones est particulièrement intéressante car elle renforce les liens entre les acteurs et permet une

appropriation du plan et donc de sa mise en œuvre. Cette implication conduit à une construction sur le long terme entre les acteurs, déterminante pour la gestion durable des ressources marines. La révision du PGEM qui est en cours va dans le sens d'une gestion adaptative du lagon de Moorea. Dans le processus de révision du PGEM, des comités de gestion des pêches ont été mis en place, qui vont permettre de proposer des règles d'utilisation du lagon et particulièrement des règles sur la pêche : zones à préserver, zones réglementées par techniques, périodes, espèces et tailles de poissons pêchés.

Cependant, la gestion du PGEM demande beaucoup de ressources (en termes de temps et d'organisation), sa révision actuelle se fait plus de dix ans après sa création en 2004 et nécessite de nombreuses réunions. La réactivité à modifier les règles ou les zones d'activités contenues dans le PGEM pour prendre en compte l'évolution de l'état de santé des récifs coralliens ou les effets des changements climatiques parait donc difficile.

Les ZPR sont un autre outil pour améliorer l'état de santé et la résilience des récifs en diminuant l'effort de pêche. A l'initiative des communes et accompagné par la DRM, ces zones sont mises en place dans de nombreuses îles de Polynésie française (source : DRM). Par exemple, dans la baie de Muriavai', commune de Mahina, Tahiti, « il est interdit de pratiquer la pêche au filet, quelles qu'en soient la matière et la taille de la maille. » Cet outil est moins long à mettre en place qu'un PGEM et permet de réglementer les activités de pêche dans un périmètre défini. Par contre, il n'a pas pour vocation de réglementer les autres activités en mer.

La protection des poissons herbivores

Bien que le rôle des poissons herbivores, et particulièrement des poissons perroquets et chirurgiens, pour la résilience des récifs coralliens en général (Chung et al., 2019) et en Polynésie française en particulier, soit démontré (Viviani et al. Comm. Pers.), aucune politique publique ne se concentre spécifiquement sur leur protection. Plusieurs types d'action existent pour protéger ces poissons herbivores : interdiction spécifique à des espèces, à des zones géographiques, à des moments de l'année, taille des filets, taille des prises. Le type d'action le plus approprié va dépendre de chaque situation et de la faisabilité d'implémentation des mesures.

Le rôle des poissons herbivores pour la résilience des récifs coralliens est particulièrement important suite à des événements extrêmes, comme les cyclones ou le blanchissement. Il faudrait donc

explorer la possibilité de mettre en place des mesures de protection à ces moments-là, typiquement avec la mise en place de *Rahui* et/ou de contrôle sur les tailles. Ces réglementations sur les poissons herbivores pourraient donc être limitées dans le temps.

5.2.2 Améliorer la capacité d'adaptation de la société

Dans un contexte d'incertitude quant aux impacts futurs du CC sur les récifs coralliens, le renforcement de la capacité d'adaptation de la société est une étape clé dans la planification de l'adaptation. La mise en place de mesures pour améliorer la résilience des récifs coralliens, comme la réduction des pressions locales et la protection des écosystèmes, va dépendre en grande partie de la capacité d'adaptation de la société. Par ailleurs, ces mesures ont des conséquences sociales à prendre en compte.

La mise en place d'un observatoire et les suivis réalisés par la DIREN et les organismes de recherche comme le CRIOBE fournissent des connaissances essentielles sur l'état de santé et la résilience des récifs coralliens. Ces suivis doivent être accompagnés de campagnes de sensibilisation et de communication pour que la population perçoive l'évolution de l'état de santé des récifs coralliens. La diffusion des connaissances scientifiques, des données de suivis écologiques et des savoirs locaux et traditionnels dans la société et auprès des décideurs permettrait une meilleure compréhension des enjeux liés au changement climatique. Ces suivis doivent permettre de prioriser les zones particulièrement importantes à protéger, comme les zones de nurseries de poissons dans le PGEM. Les centres de recherche et les suivis sont concentrés géographiquement. La taille du territoire polynésien est une contrainte majeure à l'établissement de suivis dans l'espace, mais des campagnes ponctuelles pour mesurer la vulnérabilité au changement climatique, telle la campagne Australes 2014 (Salvat et al., 2015), ainsi que l'utilisation de savoirs traditionnels locaux et de sciences participatives (Un Œil sur le Corail ; Reef Check), sont des pistes à explorer.

Pour pallier les impacts du changement climatique, les personnes, les activités économiques et les politiques publiques les plus flexibles sont plus à même d'être efficaces face à la nature incertaine et variable des effets du CC. Comme nous l'avons montré précédemment, il apparait que certains pêcheurs et moniteurs de plongée modifient leurs pratiques pour répondre aux changements de l'environnement. Certaines modifications visent à augmenter leur flexibilité et leur mobilité, par exemple en étendant leur zone de pêche ou en alliant pêche et agriculture. Ces mesures de court terme doivent être complétées par des mesures d'adaptation socio-économiques de long terme.

Le renforcement du pouvoir d'action des populations dépendantes des récifs coralliens proviendra d'abord de leur implication dans les divers comités de gestions des politiques environnementales, comme discutés précédemment. La mise en place effective d'une cogestion des récifs coralliens renforcera non-seulement l'efficacité de ces mesures pour la résilience des récifs, mais également la capacité d'adaptation des populations (Weeks & Jupiter, 2013). Un deuxième levier d'action est la promotion d'initiatives citoyennes, comme par exemple l'appel lancé par l'AFB pour des projets sur la biodiversité (AFB, 2018), ou la formation d'éco-sentinelles (FAPE, 2017). Les enquêtes menées dans le cadre de ce projet on démontré un échange d'informations sur les solutions entre les îles, influencées par différents canaux de communication, notamment la télévision.

6. Conclusion

Pour conclure, nous reviendrons sur les principaux résultats pour donner une vision générale de la situation en Polynésie française, ce qui nous amène dans la partie suivante à proposer des recommandations pour les décideurs comme pour la recherche scientifique.

Premièrement, le niveau d'ambition de la communauté internationale à réduire les émissions de gaz à effet de serre à l'origine du changement climatique est déterminant pour la santé des récifs coralliens sur le long terme. Actuellement, les trajectoires de réduction ne nous amènent pas à une stabilisation du climat à 2°C à horizon 2100, ce qui aurait des conséquences graves sur la santé des récifs coralliens, et donc impacterait les modes de vies et les activités économiques de la Polynésie française. Dans le cas où cette ambition deviendrait plus forte, les récifs polynésiens pourraient servir de refuge climatique, là où d'autres récifs dans le monde vont continuer à se dégrader.

Deuxièmement, les récifs polynésiens sont dans l'ensemble en bonne santé avec des vitesses de récupérations fortes et des taux de recouvrement corallien sur les pentes externes qui reviennent après des perturbations comme les cyclones et les pullulements d'*Acanthaster planci*. Les indicateurs de l'évolution de la couverture corallienne et de la biomasse de poissons herbivores nous donnent un premier aperçu de la différence de résilience entre les îles et de son évolution dans le temps. Se pose néanmoins la question de la diversité des récifs coralliens, du fait de la dominance relative de quelques espèces (genre *Pocillopora* et *Porites*) qui constituent la majorité de la couverture corallienne en augmentation à ce jour.

Troisièmement, les populations et activités économiques de la Polynésie française sont fortement dépendantes des récifs coralliens. La capacité d'adaptation sociale est relativement plus forte à Tahiti et Moorea que sur les autres îles étudiées. Un fort niveau d'engagement existe chez les populations de pêcheurs et de moniteurs de plongée interrogés dans cette étude. Pour les populations qui sont particulièrement dépendantes des récifs coralliens, les changements environnementaux sont déjà une réalité, ce qui renforce le besoin d'actions en faveur des récifs coralliens. Ces enquêtes de perception démontrent une légitimité forte des mécanismes de cogestion qui impliquent la société civile et les activités économiques dans la gestion des récifs coralliens.

Cet état des lieux de la vulnérabilité nous amène à conclure que l'adaptation doit passer par une préservation de la résilience des récifs coralliens et un appui aux populations locales pour renforcer leur capacité d'adaptation, dans les archipels étudiés que sont la Société, les Australes et les

Tuamotu. Pour planifier cette adaptation, les décideurs et les gestionnaires peuvent s'appuyer sur des politiques existantes, comme le PGEM de Moorea, les ZPR, et le PCE. Un renforcement des processus participatifs de cogestion ainsi qu'une gouvernance intersectorielle de la question d'adaptation permettra d'étendre les mesures existantes et de favoriser la gestion adaptative sur le long terme.

7. Recommandations

7.1 Recommandations pour les décideurs

- Renforcer la capacité d'adaptation écologique des récifs coralliens, notamment en se focalisant sur la protection des poissons herbivores
- Intégrer les récifs coralliens dans les prochaines versions du PCE, les récifs coralliens étant particulièrement menacés par le changement climatique
- Intégrer les problématiques liées au changement climatique dans les politiques sectorielles environnementales, l'incertitude ne devant pas être un frein à l'action
- Coordonner les politiques sur terre et en mer pour une gestion efficace des menaces locales sur les récifs coralliens
- Renforcer les capacités locales des gestionnaires, des acteurs de la société civile et des acteurs privés à prendre en compte le changement climatique dans leurs activités à travers la sensibilisation, le partage de bonnes pratiques et le financement d'actions innovantes
- Coordonner, valoriser, utiliser et développer les collectes de données scientifiques et les savoirs locaux pour suivre l'état de santé et la résilience des récifs coralliens

7.2 Recommandations pour la recherche

- Identifier et suivre dans le temps les facteurs favorisant la résilience des récifs coralliens de Moorea et de Polynésie française, en particulier le rôle des poissons herbivores, des algues, de la connectivité et de la diversité des espèces.
- Etudier l'efficacité de différentes mesures de gestion, incluant l'établissement d'AMPs, de réduction des pressions, et de restauration des milieux sur la résilience des récifs coralliens.
- Comprendre et soutenir les mécanismes de gestion de l'environnement, notamment la cogestion, afin d'accompagner la gouvernance de l'adaptation au changement climatique de Polynésie.
- Etudier les coûts, bénéfices, synergies et contreparties entre les différentes stratégies d'adaptation existantes pour guider les politiques publiques.
- Continuer à intégrer savoirs locaux/traditionnels et savoirs scientifiques, notamment en renforçant les partenariats entre chercheurs et populations locales.

Bibliographie

Adger, W. N. (2006). Vulnerability. *Global Environmental Change*, *16*(3), 268–281. http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2006.02.006

Adjeroud, M., Chancerelle, Y., Schrimm, M., Perez, T., Lecchini, D., Galzin, R., & Salvat, B. (2005). Detecting the effects of natural disturbances on coral assemblages in French Polynesia: a decade survey at multiple scales. *Aquatic Living Resources*, *18*(2), 111-123.

Adjeroud, M., Kayal, M., Iborra-Cantonnet, C., Vercelloni, J., Bosserelle, P., Liao, V., … Penin, L. (2018). Recovery of coral assemblages despite acute and recurrent disturbances on a South Central Pacific reef. *Scientific Reports*, *8*(1), 9680. http://doi.org/10.1038/s41598-018-27891-3

AFB, 2018. Appel à projets "Initiatives pour la reconquête de la biodiversité en Outre-Mer" : lancement le 26 février. Consulté le 05/12/2018 à l'adresse : https://www.afbiodiversite.fr/fr/actualites/appel-projets-initiatives-pour-la-reconquete-de-la-biodiversite-en-outre-mer-lancement

Albright, R., Takeshita, Y., Koweek, D. A., Ninokawa, A., Wolfe, K., Rivlin, T., … Caldeira, K. (2018). Carbon dioxide addition to coral reef waters suppresses net community calcification. *Nature*, *555*(7697), 516–519. http://doi.org/10.1038/nature25968

Allemand, D., Tambutté, É., Zoccola, D., & Tambutté, S. (2011). Coral calcification, cells to reefs. In *Coral Reefs: An Ecosystem in Transition* (pp. 119–150). http://doi.org/10.1007/978-94-007-0114-4_9

Armitage, D. R., Plummer, R., Berkes, F., Arthur, R. I., Charles, A. T., Davidson-Hunt, I. J., … Wollenberg, E. K. (2009). Adaptive co-management for social-ecological complexity. *Frontiers in Ecology and the Environment*, *7*(2), 95–102. http://doi.org/10.1890/070089

Bell, J. D., & Galzin, R. (1984). Influence of live coral cover on coral-reef fish communities. *Marine Ecology Progress Series*, *15*(3), 265-274.

Bellwood, D. R., Hughes, T. P., & Hoey, A. S. (2006). Sleeping functional group drives coral-reef recovery. *Current Biology*, *16*(24), 2434-2439.

Berkes, F., Colding, J., & Folke, C. (2000). REDISCOVERY OF TRADITIONAL ECOLOGICAL KNOWLEDGE AS ADAPTIVE MANAGEMENT. *Ecological Applications*, *10*(5), 1251–1262. http://doi.org/10.1890/1051-0761(2000)010[1251:ROTEKA]2.0.CO;2

Brewer, T. D., Cinner, J. E., Fisher, R., Green, A., & Wilson, S. K. (2011). Market access , population density , and socioeconomic development explain diversity and functional group biomass of coral reef fish assemblages. *Global Environmental Change*, *22*(2), 399–406. http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2012.01.006

Burke, L., Reytar, K., Spalding, M., & Perry, A. (2011). *Reefs at risk Revisited*. *World Resources Institute*. Washington, D.C.

Capstick, S. B., Pidgeon, N. F., Corner, A. J., Spence, E. M., & Pearson, P. N. (2016). Public understanding in Great Britain of ocean acidification. *Nature Climate Change*, *6*(8), 763.

Chambre territoriale des comptes de la Polynésie française. 2017. Rapport d'Observations Définitives ; Collectivité de la Polynésie française (politique de l'environnement).

Cheal, A. J., MacNeil, M. A., Cripps, E., Emslie, M. J., Jonker, M., Schaffelke, B., & Sweatman, H. (2010). Coral–macroalgal phase shifts or reef resilience: links with diversity and functional roles of herbivorous fishes on the Great Barrier Reef. *Coral reefs*, *29*(4), 1005-1015.

Cheal, A. J., Emslie, M., MacNeil, M. A., Miller, I., & Sweatman, H. (2013). Spatial variation in the functional characteristics of herbivorous fish communities and the resilience of coral reefs. *Ecological Applications*, *23*(1), 174-188.

Chung, A., Oliver, T., Gove, J., Gorospe, K., White, D., Davidson, K., & Walsh, W. (2019). Translating resilience-based management theory to practice for coral bleaching recovery in Hawai'i. *Marine Policy*, *99*(May 2018), 58–68. http://doi.org/10.1016/J.MARPOL.2018.10.013

Cinner, J. E., Adger, W. N., Allison, E. H., Barnes, M. L., Brown, K., Cohen, P. J., … Morrison, T. H. (2018). Building adaptive capacity to climate change in tropical coastal communities. *Nature Climate Change*, *8*(2), 117–123. http://doi.org/10.1038/s41558-017-0065-x

Cinner, J. E., Huchery, C., Darling, E. S., Humphries, A. T., Graham, N. A. J., Hicks, C. C., … McClanahan, T. R. (2013). Evaluating social and ecological vulnerability of coral reef fisheries to climate change. *PloS One*, *8*(9), e74321. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0074321

Cinner, J. E., Pratchett, M. S., Graham, N. A. J., Messmer, V., Fuentes, M. M. P. B., Ainsworth, T., … Williamson, D. H. (2015). A framework for understanding climate change impacts on coral reef social–ecological systems. *Regional Environmental Change*, *16*(4), 1133–1146. http://doi.org/10.1007/s10113-015-0832-z

Comte, A., & Pendleton, L. H. (2018). Management strategies for coral reefs and people under global environmental change: 25 years of scientific research. *Journal of Environmental Management*, *209*, 462–474. http://doi.org/10.1016/j.jenvman.2017.12.051

Darling, E. S., Alvarez-Filip, L., Oliver, T. A., McClanahan, T. R., & Côté, I. M. (2012). Evaluating life-history strategies of reef corals from species traits. *Ecology Letters*, *15*(12), 1378-1386.

Darling, E. S., Graham, N. A., Januchowski-Hartley, F. A., Nash, K. L., Pratchett, M. S., & Wilson, S. K. (2017). Relationships between structural complexity, coral traits, and reef fish assemblages. *Coral Reefs*, *36*(2), 561-575.

David Gilbert et al., "Faisabilité pour le suivi socio-économique des récifs coralliens de l'outre-mer français," *Documentation Ifrecor*, consulté le 18 décembre 2018, http://ifrecor-doc.fr/items/show/203.

Davies, H. N., Beckley, L. E., Kobryn, H. T., Lombard, A. T., Radford, B., Heyward, A., & Davies Le; Kobryn, Ht; Lombard, At; Radford, B; Heyward, A;, H. B. (2016). Integrating climate change resilience features into the incremental refinement of an existing marine park. *PLoS ONE*, *11*(8), 1–21. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0161094

Duvat, V. K. E., Magnan, A. K., Wise, R. M., Hay, J. E., Fazey, I., Hinkel, J., … Ballu, V. (2017). Trajectories of exposure and vulnerability of small islands to climate change. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*. http://doi.org/10.1002/wcc.478

Duvat, V. K. E., Salvat, B., & Salmon, C. (2017). Drivers of shoreline change in atoll reef islands of the Tuamotu Archipelago, French Polynesia. *Global and Planetary Change*, *158*(September), 134–154. http://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2017.09.016

Engle, N. L. (2011). Adaptive capacity and its assessment. *Global Environmental Change*, *21*(2), 647–656. http://doi.org/10.1016/j.gloenvcha.2011.01.019

FAPE, 2017. Hei Mata'ara, Réseau éco-sentinelles. Consulté le 05/12/2018 à l'adresse : https://www.teoranaho-fape.org/reseauecosentinelles

Floridi, M. et Mayoux, M-T. (2013). Cartographie des organisations de la société civile en Polynésie française. Rapport Final, Transtec.

Friedlander, A. M., Brown, E. K., Jokiel, P. L., Smith, W. R., & Rodgers, K. S. (2003). Effects of habitat, wave exposure, and marine protected area status on coral reef fish assemblages in the Hawaiian archipelago. *Coral Reefs*, *22*(3), 291-305.

Galzin, R., Lecchini, D., Lison de Loma, T., Moritz, C., Parravicini, V., & Siu, G. (2016). Long term monitoring of coral and fish assemblages (1983-2014) in Tiahura reefs, Moorea, French Polynesia. *Cybium Rev Int D'Ichtyologie*, *40*, 1-11.

Gardner, T. A., Cote, I. M., Gill, J. A., Grant, A., & Watkinson, A. R. (2005). Hurricanes and Caribbean coral reefs: impacts, recovery patterns, and role in long-term decline. *Ecology*, *86*(1), 174-184.

Gaspar, C., & Bambridge, T. (2008). Territorialités et aires marines protégées à Moorea (Polynésie française). *Le Journal de La Société Des Océanistes*, (126–127), 231–246. http://doi.org/10.4000/jso.2462

Graham, N. A. J., Nash, K. L., & Kool, J. T. (2011). Coral reef recovery dynamics in a changing world. *Coral Reefs*, *30*(2), 283–294. http://doi.org/10.1007/s00338-010-0717-z

Graham, N. A. J., Wilson, S. K., Carr, P., Hoey, A. S., Jennings, S., & MacNeil, M. A. (2018). Seabirds enhance coral reef productivity and functioning in the absence of invasive rats. *Nature*. http://doi.org/10.1038/s41586-018-0202-3

Graham, N. A. J., & Nash, K. L. (2013). The importance of structural complexity in coral reef ecosystems. *Coral Reefs*, *32*(2), 315-326.

Green, A. L., & Bellwood, D. R. (Eds.). (2009). *Monitoring functional groups of herbivorous reef fishes as indicators of coral reef resilience: a practical guide for coral reef managers in the Asia Pacific Region* (No. 7). IUCN.

Goatley, C. H., Bonaldo, R. M., Fox, R. J., & Bellwood, D. R. (2016). Sediments and herbivory as sensitive indicators of coral reef degradation. *Ecology and Society*, *21*(1).

Guillemot, N., Chabanet, P., & Le Pape, O. (2010). Cyclone effects on coral reef habitats in New Caledonia (South Pacific). *Coral Reefs*, *29*(2), 445-453.

Harmelin-Vivien, M. L. (1994). The effects of storms and cyclones on coral reefs: a review. *Journal of Coastal Research*, 211-231.

Harris, D. L., Rovere, A., Casella, E., Power, H., Canavesio, R., Collin, A., … Parravicini, V. (2018). Coral reef structural complexity provides important coastal protection from waves under rising sea levels. *Science Advances*, *4*(2), 1–8. http://doi.org/10.1126/sciadv.aao4350

Heenan Id;, A. W. (2013). Monitoring Herbivorous Fishes as Indicators of Coral Reef Resilience in American Samoa. *PLOS ONE NOV 6 2013 Volume 8 Issue 11, Pages: 10 , N. E79604*.
http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1371/journal.pone.0079604

Hill, J., & Wilkinson, C. (2004). Methods for ecological monitoring of coral reefs. *Australian Institute of Marine Science, Townsville*, *117*.

Hoegh-Guldberg, O. (1999). Climate change, coral bleaching and the future of the world's coral reefs. *Marine and Freshwater Research*, *50*(8), 839. http://doi.org/10.1071/MF99078

Hoegh-Guldberg, O., Cai, R., Poloczanska, E. S. S., Brewer, P. G. G., Sundby, S., Hilmi, K., … Jung, S. (2014). The Ocean. In C. U. Press (Ed.), *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part B: Regional Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (pp. 1655–1731). Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA: Cambridge University Press. Retrieved from http://www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar5/wg2/WGIIAR5-Chap30_FINAL.pdf

Holbrook Rj; Adam, Tc; Brooks, Aj;, S. S. (2016). Coral reef resilience, tipping points and the strength

of herbivory. *Scientific Reports Volume 6*. http://doi.org/http://dx.doi.org/10.1038/srep35817

Hughes, T. P., Kerry, J., Álvarez-Noriega, M., Álvarez-Romero, J., Anderson, K., Baird, A., … Wilson, S. (2017). Global warming and recurrent mass bleaching of corals. *Nature*. http://doi.org/10.1038/nature21707

IPCC, 2014. Summary for Policy Makers. Clim. Chang. 2014 Impacts, Adapt. Vulnerability - Contrib. Work. Gr. II to Fifth Assess. Rep. 1–32. doi:10.1016/j.renene.2009.11.012

Jiang, L., Feely, R. A., Carter, B. R., Greeley, D. J., Gledhill, D. K., & Arzayus, K. M. (2015). Climatological distribution of aragonite saturation state in the global oceans. *Global Biogeochemical Cycles*, *29*(10), 1656–1673. http://doi.org/10.1002/2015GB005198.Received

Jupiter, S., Society, W. C., Wenger, A. S., Klein, C. J., & Albert, S. (2017). Opportunities and constraints for implementing integrated land – sea management on islands Opportunities and constraints for implementing integrated land – sea management on islands, (March). http://doi.org/10.1017/S0376892917000091

Jupiter SD, Jenkins AP, Lee Long WJ, Maxwell SL, Watson JEM, Hodge KB, Govan H, C. T. (2013). *Pacific integrated island management – principles, case studies and lessons learned*.

Kayal, M., Vercelloni, J., De Loma, T. L., Bosserelle, P., Chancerelle, Y., Geoffroy, S., ... & Adjeroud, M. (2012). Predator crown-of-thorns starfish (Acanthaster planci) outbreak, mass mortality of corals, and cascading effects on reef fish and benthic communities. *PloS one*, *7*(10), e47363.

Lam, V. Y. Y., Doropoulos, C., & Mumby, P. J. (2017). The influence of resilience-based management on coral reef monitoring: A systematic review. *Plos One*, *12*(2), e0172064. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0172064

Lamy, T., Legendre, P., Chancerelle, Y., Siu, G., & Claudet, J. (2015). Understanding the spatio-temporal response of coral reef fish communities to natural disturbances: insights from beta-diversity decomposition. *PloS one*, *10*(9), e0138696.

Lamy, T., Galzin, R., Kulbicki, M., De Loma, T. L., & Claudet, J. (2016). Three decades of recurrent declines and recoveries in corals belie ongoing change in fish assemblages. *Coral Reefs*, *35*(1), 293-302.

Loffler, Z., Bellwood, D. R., & Hoey, A. S. (2015). Associations among coral reef macroalgae influence feeding by herbivorous fishes. *Coral Reefs*, *34*(1), 51-55

MacNeil, M. A., Graham, N. A. J., Cinner, J. E., Wilson, S. K., Williams, I. D., Maina, J., … McClanahan, T. R. (2015). Recovery potential of the world's coral reef fishes. *Nature*, *520*(7547), 341–344. http://doi.org/10.1038/nature14358

Maynard, J. A., McKagan, S., Raymundo, L., Johnson, S., Ahmadia, G. N., Johnston, L., … Planes, S. (2015). Assessing relative resilience potential of coral reefs to inform management. *Biological Conservation*, *192*, 109–119. http://doi.org/10.1016/j.biocon.2015.09.001

McMillen, H. L., Ticktin, T., Friedlander, A., Jupiter, S. D., Thaman, R., Campbell, J., … Orcherton, D. F. (2014). Small islands, valuable insights: systems of customary resource use and resilience to climate change in the Pacific. *Ecology and Society*, *19*(4), art44. http://doi.org/10.5751/ES-06937-190444

Mora, C., Spirandelli, D., Franklin, E. C., Lynham, J., Kantar, M. B., Miles, W., … Hunter, C. L. (2018). Broad threat to humanity from cumulative climate hazards intensified by greenhouse gas emissions. *Nature Climate Change*. http://doi.org/10.1038/s41558-018-0315-6

Moritz C, Vii J, Lee Long W, Tamelander J, Thomassin A, Planes S (editors). (2018) Status and Trends of Coral Reefs of the Pacific. Global Coral Reef Monitoring Network.

Muehllehner, N., Langdon, C., Venti, A., & Kadko, D. (2016). Dynamics of carbonate chemistry, production and calcification of the Florida Reef Tract (2009-2010): evidence for seasonal dissolution. *Global Biochemical Cycles*.

Olsson, P., Folke, C., & Berkes, F. (2004). Adaptive comanagement for building resilience in social-ecological systems. *Environmental Management*, *34*(1), 75–90. http://doi.org/10.1007/s00267-003-0101-7

Pendleton, L., Comte, A., Langdon, C., Ekstrom, J. A., Cooley, R., Suatoni, L., … Ritter, J. (2016). Coral Reefs and People in a High-CO 2 World : Where Can Science Make a Difference to People ? *Plos One*, *11*(11), 1–21. http://doi.org/10.1371/journal.pone.0164699

Pendleton, L., Hoegh-Guldberg, O., Langdon, C., & Comte, A. (2016). Multiple Stressors and Ecological Complexity Require a New Approach to Coral Reef Research. *Frontiers in Marine Science*, *3*(March), 1–5. http://doi.org/10.3389/fmars.2016.00036

Perry, C. T., Alvarez-filip, L., Graham, N. A. J., Mumby, P. J., Wilson, S. K., Kench, P. S., … Damian, P. (2018). Loss of coral reef growth capacity to track future increases in sea level. http://doi.org/10.1038/s41586-018-0194-z

Pinault, Mathieu Sylvain Pioch, Nicolas Pascal (2017). "Guide pour les Études d'Impact Environnemental (EIE) en milieux coralliens de France outre-mer (volume 1) Guide pour la mise en oeuvre des mesures compensatoires et la méthode de dimensionnement MERCI-COR (volume 2) ," *Documentation Ifrecor*, consulté le 21 novembre 2018, http://www.ifrecor-doc.fr/items/show/1742.

Reynolds, P. L., Richardson, J. P., & Duffy, J. E. (2014). Field experimental evidence that grazers mediate transition between microalgal and seagrass dominance. *Limnology and Oceanography*, *59*(3), 1053-1064.

Robinson, J. P., Wilson, S. K., Robinson, J., Gerry, C., Lucas, J., Assan, C., ... & Graham, N. A. (2018). Productive instability of coral reef fisheries after climate-driven regime shifts. *Nature ecology & evolution*, 1.

Rudiak-Gould, P. (2014). The Influence of Science Communication on Indigenous Climate Change Perception: Theoretical and Practical Implications. *Human Ecology*, *42*(1), 75–86. http://doi.org/10.1007/s10745-013-9605-9

Salvat B., Bambridge T., Tanret D. et Petit J., 2015. Environnement marin des îles Australes, Polynésie française. Institut Récifs Coralliens Pacifique, CRIOBE et The Pew Charitable Trusts Polynésie française. ISBN 978-2-905630-08-7, EAN 9782905630087. Polynésie française, Tahiti, p. 342

Seguin. F. (coordinateur), État de l'environnement 2014. DIREN, CREOCEAN

Thiault, L., Marshall, P., Gelcich, S., Collin, A., Chlous, F., & Claudet, J. (2017). Mapping social-ecological vulnerability to inform local decision making. *Conservation Biology*, 1–18. http://doi.org/10.1111/cobi.12989

Thiault, L., Marshall, P., Gelcich, S., Collin, A., Chlous, F., & Claudet, J. (2018). Space and time matter in social-ecological vulnerability assessments. *Marine Policy*, *88*(July), 213–221. http://doi.org/10.1016/j.marpol.2017.11.027

Turner, B. L., Kasperson, R. E., Matson, P. A., McCarthy, J. J., Corell, R. W., Christensen, L., … Schiller, A. (2003). A framework for vulnerability analysis in sustainability science. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *100*(14), 8074–8079. http://doi.org/10.1073/pnas.1231335100

van Hooidonk, R., Maynard, J. A., Manzello, D., & Planes, S. (2014). Opposite latitudinal gradients in projected ocean acidification and bleaching impacts on coral reefs. *Global Change Biology*,

20(1), 103–112. http://doi.org/10.1111/gcb.12394

van Hooidonk, R., Maynard, J. A., Manzello, D., & Planes, S. (2014). Opposite latitudinal gradients in projected ocean acidification and bleaching impacts on coral reefs. *Global Change Biology*, *20*(1), 103–112. http://doi.org/10.1111/gcb.12394

van Hooidonk, R., Maynard, J. A., & Planes, S. (2013). Temporary refugia for coral reefs in a warming world. *Nature Climate Change*, *3*(5), 508–511. http://doi.org/10.1038/nclimate1829

van Hooidonk, R., Maynard, J., Tamelander, J., Gove, J., Ahmadia, G., Raymundo, L., … Planes, S. (2016). Local-scale projections of coral reef futures and implications of the Paris Agreement. *Scientific Reports*, *6*(November), 39666. http://doi.org/10.1038/srep39666

Venn, A. A., Tambutté, E., Holcomb, M., Laurent, J., Allemand, D., & Tambutté, S. (2013). Impact of seawater acidification on pH at the tissue–skeleton interface and calcification in reef corals. *Proceedings of the National Academy of Sciences* , *110*(5), 1634–1639. http://doi.org/10.1073/pnas.1216153110

Walker, B. L. E., & Robinson, M. A. (2009). Economic development, marine protected areas and gendered access to fishing resources in a Polynesian lagoon. *Gender, Place and Culture*, *16*(4), 467–484. http://doi.org/10.1080/09663690903003983

Weeks, R., & Jupiter, S. D. (2013). Adaptive Comanagement of a Marine Protected Area Network in Fiji. *Conservation Biology*, *27*(6), 1234–1244. http://doi.org/10.1111/cobi.12153

Whitney, C. K., Bennett, N. J., Ban, N. C., Allison, E. H., Armitage, D. R., Blythe, J. L., … Yumagulova, L. (2017). Adaptive capacity: from assessment to action in coastal social-ecological systems. *Ecology and Society*, *22*(2), 22. http://doi.org/10.5751/ES-09325-220222

Yang, Y., Hansson, L., & Gattuso, J.-P. P. (2015). Data compilation on the biological response to ocean acidification: an update. *Earth System Science Data*, *8*(2), 79–87. http://doi.org/10.5194/essd-8-79-2016

Yeakel, K. L., Andersson, A. J., Bates, N. R., Noyes, T. J., Collins, A., & Garley, R. (2015). Shifts in coral reef biogeochemistry and resulting acidification linked to offshore productivity. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, *112*(47), 14512–14517. http://doi.org/10.1073/pnas.1507021112

Annexes

Annexe 1 : Localisation des sites de suivi du réseau Polynésie Mana, en rouge sur la carte

Annexe 2 : Liste des genres de coraux utilisés dans cette étude

Annexe 3 : Liste des taxons de poissons et groupes fonctionnels associés utilisés dans cette étude

Annexe 4 : Indicateurs de capacité d'adaptation sociale et pondérations par des experts, d'après Thiault et al., 2017

Annexe 5 : Questionnaire administré lors de l'enquête de perception des populations dépendantes des récifs coralliens

Annexe 6 : Données quantitatives récoltés lors des entretiens sur les îles de Moorea, Rangiroa, Tihehau, et Tubuai

Annexe 7 : Questions posées par les personnes interrogées lors des enquêtes de perception

Annexe 8 : Principes pour créer des réserves marines pour la gestion des pêches et la conservation de la biodiversité dans un contexte de changement climatique, selon Green et al., 2014

Annexe 1 : Localisation des sites de suivi du réseau Polynésie Mana, en rouge sur la carte

Source : IFRECOR 2016

Annexe 2 : Liste des genres de coraux utilisés dans cette étude

Family	Genus	Form 2
Lobophyllidae	Acanthastrea	Domed
Acroporidae	Acropora	Branching
Acroporidae	Astreopora	Plating
Merulinidae	Cyphastrea	Domed
Fungiidae	Danafungia	Libre
Merulinidae	Dipsastraea	Domed
Fungiidae	Fungia	Libre
Agariciidae	Gardineroseris	Domed
Fungiidae	Herpolitha	Libre
Incertae Sedis	Leptastrea	Domed
Faviidae	Leptoria	Domed
Agariciidae	Leptoseris	Domed
Fungiidae	Lithophyllon	Libre
Fungiidae	Lobactis	Libre
Lobophyllidae	Lobophyllia	Domed
Milleporidae	Millepora	Domed
Montastraeidae	Montastrea	Domed
Acroporidae	Montipora	Domed
Poritidae	Napopora	Branching
Agariciidae	Pachyseris	Domed
Agariciidae	Pavona	Domed
Merulinidae	Phymastrea	Domed
	Platygyra	Domed
Incertae Sedis	Plesiastrea	Domed
Fungiidae	Pleuractis	Libre
Pocilloporidae	Pocillopora	Branching
Poritidae	Porites	Domed
Psammocoridae	Psammocora	Domed
Fungiidae	Sandalolitha	Libre
Pocilloporidae	Stylocoeniella	Domed
Poritidae	Synarea	Domed
Poritidae	Synarea	Domed

Annexe 3 : Liste des taxons de poissons et groupes fonctionnels associés utilisés dans cette étude

Taxon	Subfonctional group
Acanthurus nigricauda	Grazer
Acanthurus olivaceus	Grazer
Acanthurus nigricans	Grazer
Acanthurus nigrofuscus	Grazer
Acanthurus nigros	Grazer
Acanthurus pyroferus	Grazer
Calotomus carolinus	Browser
Centropyge bispinosa	Grazer
Centropyge flavissima	Grazer
Centropyge heraldi	Grazer
Centropyge loriculus	Grazer
Cetoscarus ocellatus	Scraper/excavator
Chlorurus frontalis	Scraper/excavator
Chlorurus microrhinos	Scraper/excavator
Chlorurus spilurus	Scraper/excavator
Cirripectes variolosus	Grazer
Ctenochaetus striatus	Detritivore
Ctenochaetus binotatus	Detritivore
Ctenochaetus hawaiiensis	Detritivore
Ctenochaetus flavicauda	Detritivore
Istiblennius edentulus	Grazer
Naso brachycentron	Browser
Naso lituratus	Browser
Naso unicornis	Browser
Plectroglyphidodon johnstonianus	Grazer
Scarus altipinnis	Scraper/excavator
Scarus forsteni	Scraper/excavator
Scarus frenatus	Scraper/excavator
Scarus ghobban	Scraper/excavator
Scarus globiceps	Scraper/excavator
Scarus longipinnis	Scraper/excavator
Scarus niger	Scraper/excavator
Scarus rubroviolaceus	Scraper/excavator
Scarus schlegeli	Scraper/excavator
Scarus oviceps	Scraper/excavator
Scarus psittacus	Scraper/excavator
Siganus argenteus	Grazer
Stegastes fasciolatus	Grazer
Zebrasoma rostratum	Grazer
Zebrasoma scopas	Grazer
Zebrasoma veliferum	Grazer
Chrysiptera galba	Grazer
Acanthurus achilles	Grazer
Acanthurus leucocheilus	Grazer

Acanthurus lineatus	Grazer
Acanthurus triostegus	Grazer
Acanthurus xanthopterus	Grazer
Cetoscarus ocellatus	Browser
Stegastes aureus	Grazer
Hipposcarus longiceps	Scraper/excavator

Annexe 4 : Indicateurs de capacité d'adaptation sociale et pondérations par des experts, d'après Thiault et al., 2017

Component *Description*	**Household-level indicator**	**Bounding**	**Weight (*w*)**
Spatial mobility *Determines the ability to relocate fishing following environmental change*	Motorized boat ownership	Binomial: no=0; yes=1	0.1
	Non-motorized boat ownership	Binomial: no=0; yes=1	0.02
Occupational mobility *Allows for higher flexibility and secures food and income*	Normalized number of primary activities	Continuous: no activity=0; max=1	0.2
	Normalized number of secondary activities	Continuous: no activity=0;max=1	0.13
Material assets *Indicate the relative richness in the households within the district*	Type of house	Continuous: min=0; max=1	0.01
	Normalized number of domestic appliances	Continuous: no appliance=0; max=1	0.02
	Car ownership	Binomial: no=1; yes=1	0.03
Attachment *Indicates the willingness to move to other locations or change lifestyle on the long-term*	Place of birth	Binomial: French Polynesia=0; other=1	0.07
	Land and house ownership	Continuous: both=0; one=0.5; none=1	0.06
	Language spoken in household	Binomial: Polynesian language=0; Other=1	0.06
Education *Indicates the ability to take advantage of new information and employment opportunities*	Normalized level of formal education	Continuous: no formal education=0; higher studies=1	0.3

Annexe 5 : Questionnaire administré lors de l'enquête de perception des populations dépendantes des récifs coralliens

Date:
Numéro de l'enquête:
Localisation:
Personne enquêtée :

1) Présentation du projet et de ce que j'entends par capacité d'adaptation écologique
2) Information sur le fait que les résultats de cette enquête seront utilisés exclusivement pour un projet de recherche, seront rendues anonymes, et seront inclus dans des articles scientifiques et dans des rapports IFRECOR. Demander leur consentement pour répondre au questionnaire. Aucune question n'est obligatoire, on peut toujours répondre "ne sais pas". Si jamais ces données sont utiles pour d'autres projets de recherche, leur consentement sera demandé à nouveau
3) Administration du questionnaire
4) Demande si ils ont des commentaires, des choses à ajouter. Leur demander comment ils souhaitent être informé des progrès de mon projet.

Partie 1
Nom, âge
Profession, activité principale?
Activité principale en lien avec les récifs coralliens
Résident de Polynésie française?
Depuis quand ?

Partie 2
Connaissez-vous les récifs de PF ?

	Oui	Non
Tahiti		
Moorea		
Tubuai		
Fakarava		
Rangiroa		
Tikehau		
Bora Bora		
Takapoto		
Autre ?		

Connaissez-vous tous les récifs de l'île ?
Connait bien : connait un peu : Pas du tout :

Quelles activités pratiquez-vous en contact des récifs ?

	Oui	Non
Pêche au fusil		
Pêche (autre)		

Plongée		
PMT		
Nage		
Surf		
Autre ?		

Depuis combien de temps faites-vous des activités en contact des récifs ?

Où est le récif le plus en bonne santé que vous avez vu dans toutes les îles que vous connaissez?

Comparez les récifs que vous connaissez deux à deux.

Avez-vous observés des changements dans les récifs coralliens (formes, couleur, surface)? Sur quelle période de temps et à quels endroits?

Comparez les récifs que vous connaissez deux à deux.

Avez-vous observés des changements dans les poissons herbivores ? Sur quelle période de temps et à quels endroits?

Comparez les récifs que vous connaissez deux à deux.

Avez-vous observés des changements dans les invertébrés (oursins par exemple) ? Sur quelle période de temps et à quels endroits?

Comparez les récifs que vous connaissez deux à deux.

Avez-vous observés des changements dans la couverture d'algue ? Sur quelle période de temps et à quels endroits?

Comparez les récifs que vous connaissez deux à deux.

Quels facteurs influencent (dégradent ou améliorent) les récifs coralliens ?

	-/+	Ne sait pas	Explications
Augmentation de la température de l'eau			
acidification des océans			
montée du niveau de la mer			
augmentation de la sévérité/fréquence des cyclones			
pollutions marines			
plastiques			
pollutions terrestres liées à l'agriculture			
pollutions terrestres liées aux infrastructures (hôtels, habitations, usines,…)			

sédimentation			
dégâts physiques			
techniques de pêches			
nombre de poissons pêchés (surpêche)			
espèces invasives			
acanthaster / Taramea			
tourisme surface			
tourisme plongée			
fermes aquacoles			
Plan de Gestion de l'Espace Maritime			
AMPs/Rahui			
restauration de coraux			
Zones de Pêche Réglementée			
Coquillages			
Sensibilisation			
Eau douce			
Recherche			
Crème solaire et wax de surf			

Comment est-ce que la santé des récifs coralliens peut être améliorée ?

Partie 3

Est-ce que les changements dont on a parlé (récifs coralliens, poissons herbivores, oursins, algues) ont une incidence sur vos activités ? Si oui, comment ?

Avez-vous fait évoluer vos pratiques en fonction de ces changements ?

Faites-vous partie d'une association environnementale / ONG ?

Est-ce que vous participez à la gestion de l'environnement ?
Comité de pêche: comité de gestion : participation à des consultations publiques : autre:

Avez-vous quelque chose à ajouter ?

Comment souhaitez-vous être informé de l'évolution du projet ?

Annexe 6 : Données quantitatives récoltés lors des entretiens sur les îles de Moorea, Rangiroa, Tihehau, et Tubuai

Tableau 1. Changements dans les récifs coralliens

Island	Tubuai			Rangiroa			Rangiroa			Tikehau			Tikehau			Moorea			Moorea		
Number of surveys	6			8			2			5			1			4			3		
Number of people	9			10			2			6			2			8			3		
Activity	fishing			fishing			diving			fishing			diving			fishing			diving		
Change	-	+	0	-	+	0	-	+	0	-	+	0	-	+	0	-	+	0	-	+	0
Corals	67	0	33	38	38	25	100	0	0	80	20	0	100	0	0	75	25	0	0	100	0
Fish	83	0	17	75	0	25	50	0	50	100	0	0	100	0	0	75	25	0	0	67	33
Invertebrates	67	0	33	50	0	50	0	0	100	40	0	60	0	0	100	75	0	25	0	0	100
Algae	0	50	50	0	50	50	0	50	50	0	60	40	0	0	100	25	50	25	67	33	0

Tableau 2. Menaces perçues sur les récifs coralliens

Island	Tubuai			Rangiroa			Rangiroa			Tikehau			Tikehau			Moorea			Moorea		
Number of surveys	6			8			2			5			1			4			3		
Number of people	9			10			2			6			2			8			3		
Activity	fishing			fishing			diving			fishing			diving			fishing			diving		
Threats	-	+	0	-	+	0	-	+	0	-	+	0	-	+	0	-	+	0	-	+	0
Sea surface temperature	0	0	100	63	0	38	100	0	0	40	0	60	100	0	0	75	0	25	100	0	0
Ocean acidification	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100
Sea level rise	0	0	100	25	0	75	0	0	100	40	0	60	0	0	100	25	0	75	0	0	100
Tides	17	0	83	25	0	75	0	0	100	40	0	60	0	0	100	25	0	75	0	0	100
Winds, waves and currents	17	0	83	75	0	25	100	0	0	40	20	40	0	0	100	25	50	25	33	33	33
Cyclones	50	0	50	63	0	38	100	0	0	80	0	20	0	0	100	50	0	50	67	0	33
Marine pollution	0	0	100	38	0	63	50	0	50	0	0	100	100	0	0	50	0	50	0	0	100
Plastics	0	0	100	25	0	75	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100
Agriculture pollution	67	0	33	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100	50	0	50	0	0	100
Coastal development	0	0	100	13	0	88	0	0	100	0	0	100	0	0	100	75	25	0	33	0	67
Sedimentation and freshwater	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100	100	0	0	75	0	25	0	0	100
Physical damage	33	17	50	50	0	50	0	0	100	0	0	100	0	0	100	50	0	50	0	0	100
Fishing techniques	83	0	17	50	0	50	50	0	50	0	0	100	100	0	0	100	0	0	0	0	100
Overfishing	67	0	33	75	0	25	50	0	50	60	0	40	100	0	0	100	0	0	67	0	33
Algae	0	0	100	63	0	38	50	0	50	80	0	20	0	0	100	75	0	25	33	0	67
Invasive species	0	0	100	38	0	63	0	0	100	40	0	60	0	0	100	0	0	100	0	0	100
Crown of thorns starfish	50	0	50	13	0	88	50	0	50	40	0	60	0	0	100	50	25	25	33	0	67
Tourism (surface)	0	0	100	0	0	100	50	0	50	0	0	100	0	0	100	50	0	50	67	0	33
tourism (diving)	0	0	100	50	0	50	50	0	50	20	0	80	100	0	0	25	0	75	33	0	67
Fish farms	0	0	100	50	0	50	0	0	100	20	0	80	0	0	100	0	0	100	0	0	100
Human behavior	17	0	83	38	0	63	0	0	100	0	0	100	100	0	0	50	0	50	33	0	67
Research	0	0	100	13	25	63	0	0	100	20	0	80	0	100	0	50	25	25	0	0	100
Sunscreen	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100	0	0	100	25	0	75	0	0	100
Sharks	17	0	83	13	0	88	0	0	100	40	0	60	0	100	0	50	0	50	0	0	100
Ciguatera	67	0	33	25	0	75	0	50	50	20	0	80	0	0	100	25	0	75	0	0	100
Other	0	0	100	50	0	50	50	0	50	20	0	80	0	100	0	25	0	75	0	0	100
threats identified	11			21			11			15			7			22			10		

Annexe 7 : Questions posées par les personnes interrogées lors des enquêtes de perception

Questions posées à Tubuai :

- Même si Dieu à fait la nature, est-ce qu'on ne doit pas quand même agir ?
- D'où viennent les *taramea* ? Est-ce que c'est les scientifiques qui les ont apportées ?
- Est-ce qu'on doit collecter les *taramea* ou les laisser ?
- Pourquoi il n'y a pas de formations en aquaculture en Polynésie ? Doit aller à Fidji ou plus loin, alors que programmes de recherche en aquaculture
- Pourquoi faire aquaculture de *platax* et pas d'herbivores ?
- Avant il n'y avait jamais de *taramea*, les premiers sont arrivé en 1998. On sait pas d'où ça vient ? Des cyclones ?
- Avant il y avait pas de *taramea* ici, depuis 2006 il y en a à Tubuai. D'où elles viennent ?
- Je ne sais pas pourquoi il y a plus d'algues ?
- Il y a plein de tortues à Tubuai, avant j'en chassais pour manger. Elles restent au même endroit ou pas ? Il y a des *tahura* troues à tortues leur maison ?
- Quand fermer et où fermer les Rahui ? En faire aussi sur les tailles des poissons ?

Questions posées à Rangiroa:

- Est-ce que les autres atolls ont des problèmes d'érosion et de montée du niveau des eaux ? Car *manihi* et *aïto* sont très bas.
- D'où viennent les algues *turbinaria* ?

Questions posées à Tikehau :

- Pourquoi certaines îles sont touchées par la *ciguatera* et pas d'autres ? On ne sait pas pourquoi il n'y en a pas ici.
- A quel moment les coraux pondent, j'aimerai bien aller voir ça une fois ?

Questions posées à Moorea :

- De plus en plus de perroquets et de nasons, est-ce que c'est lié à l'augmentation du corail ?
- A une réunion du PGEM on a demandé aux scientifiques où on en est du nombre de poissons dans les zones fermés à la pêche ?
- Sur les gros *porites*, les spirographes sont morts, à quoi c'est dû ?
- On a vu un reportage sur l'élimination des *taramea* en Australie, mais ils mettent du poison : qu'est ce qui se passe avec le poison après, il va où ?
- Les *taramea* c'est la nature, on ne sait pas si il faut les laisser ou peut-être il faut les ramasser ou les tuer : qu'est-ce qu'on peut en faire ? De l'engrais ?
- le *marava* (*Siganus argenteus*), on en voit pleins sur la plage côté Maharepa mais après lorsqu'ils grandissent et qu'ils partent, on ne les retrouve plus, ils sont où ?

Annexe 8 : Principes pour créer des réserves marines pour la gestion des pêches et la conservation de la biodiversité dans un contexte de changement climatique, selon Green et al., 2014

Ecological guidelines for designing marine reserve networks for fisheries management, biodiversity conservation, and climate change adaptation

Category	Ecological guidelines
Habitat Representation	Represent 20–40% of each major habitat (i.e., each type of coral reef, mangrove, and seagrass community) in marine reserves, depending on fishing pressure and if effective fisheries management is in place outside reserves.
Risk Spreading	Replicate protection of each major habitat within at least three widely separated marine reserves.
Protecting Critical, Special and Unique Areas	Protect critical areas (e.g., FSAs, nursery, nesting, breeding, and feeding areas) in the life history of focal species (including key fisheries species, herbivores and rare and threatened species e.g., turtles, dugong and cetaceans) in permanent or seasonal marine reserves.
	Protect special or unique areas (e.g., isolated habitats with unique assemblages and populations, important habitats for endemic species, and highly diverse areas) in marine reserves.
Incorporating Connectivity	Apply minimum and variable sizes (e.g., 0.5–1 km and 5–20 km across) to marine reserves, depending on focal species for protection, how far they move, and if other effective management is in place outside reserves.
	Space marine reserves 1–15 km apart, with smaller reserves closer together.
	Protect key habitats used by focal species throughout their lives (e.g., for home ranges, nursery areas and FSAs) in marine reserves, and ensure reserves are spaced to allow for movements among them (e.g., ontogenetic habitat shifts, spawning migrations).
	Include whole ecological units (e.g., offshore reefs) in marine reserves.
	Use compact marine reserve shapes (e.g., squares) rather than elongated ones.
	Locate more marine reserves upstream if there is a strong, consistent, unidirectional current.
	Protect spatially isolated areas or populations (e.g., remote atolls separated by >20 kilometers from similar habitats) in marine reserves.
Allowing Time for Recovery	Ensure marine reserves are in place for the long-term (20–40 years), preferably permanently.
	Short term (<5 years) or periodically harvested marine reserves should be used in addition to, rather than instead of, long-term or permanent reserves.

Adapting to Changes in Climate and Ocean Chemistry	Protect refugia in marine reserves where habitats and species are likely to be more resistant or resilient to climate and ocean change including: • Areas where habitats and species are known to have withstood environmental changes (or extremes) in the past (e.g., coral communities that appear more resilient to high SSTs); • Areas with historically variable SSTs and ocean carbonate chemistry, where habitats and species are more likely to withstand changes in those parameters in future; and • Areas adjacent to low-lying inland areas without infrastructure that coastal habitats (e.g., mangroves, tidal marshes and turtle nesting beaches) can expand into as sea levels rise.
Minimizing and Avoiding Local Threats	Avoid placing marine reserves in areas that have been, or are likely to be, impacted by local threats (e.g., land based runoff) that cannot be managed effectively. Place marine reserves in areas that have not been, or are less likely to be, impacted by local threats including: • Areas where threats (e.g., overfishing or destructive fishing) can be managed effectively; and • Areas within or adjacent to other effectively managed marine or terrestrial areas. Integrate marine reserves within broader spatial planning and management regimes (e.g., large multiple-use MPAs, EAF, EBM, and ICM).

Publications électroniques AMURE

Série Rapports

ISSN 1951-6428

AMURE
CENTRE DE DROIT ET D'ÉCONOMIE DE LA MER

www.umr-amure.fr

UBO Université de Bretagne Occidentale

Ifremer

cnrs