



Service National d'Observation CORAIL



Rapport d'activités 2020

Serge Planes, Yannick Chancerelle et Gilles Siu





Accès au site internet
du SNO CORAIL

<http://observatoire.criobe.pf/>

Citation

Serge Planes, Yannick Chancerelle et Gilles Siu (2021) Rapport d'activités 2020. Service National d'Observation CORAIL.

Photographies de première et quatrième de couverture

Mise en place du suivi *Polynesia Mana* et transects sous-marins avec le système de photogrammétrie ©Gilles Siu/CRIOBE

Crédits photographiques

CRIOBE, sauf mention contraire

Réalisation

C. Berthe

SOMMAIRE

■	ÉDITO	4
■	LE RÉSEAU POLYNESIA MANA	7
	MOOREA.....	14
	NUKU HIVA	20
	RAIATEA	26
	TAKAPOTO.....	32
	TIKEHAU.....	38
■	AIRES MARINES PROTÉGÉES DE MOOREA.....	43
■	SUIVI À LONG TERME DE LA RADIALE DE TIAHURA	55
■	AGENCEMENT TEMPOREL DES POPULATIONS ET DES PEUPEMENTS	61
■	RECRUTEMENT CORALLIEN	67
■	ANALYSES DES SELS NUTRITIFS	71
■	SYNTHÈSE	74
■	LES DONNÉES SNO CORAIL	76
■	PARTENARIAT PUBLIC-PRIVÉ	78

ÉDITO

Le principal objectif d'un Service National d'Observation (SNO), tel que conceptualisé par l'INSU, est l'acquisition de connaissances sur le long terme sur les systèmes physiques ou biologiques. Lorsqu'il s'agit d'un observatoire centré sur le compartiment biologique, un tel programme a pour but de mieux comprendre les processus écologiques de régulation des écosystèmes sur de longues périodes de temps. En effet, seules les longues séries temporelles de mesures collectées au travers d'un réseau de variables caractéristiques – on parle aussi d'indicateurs – permettent de décrire l'évolution naturelle et l'impact des perturbations pour un système présentant une variabilité saisonnière et/ ou interannuelle importante. Ces suivis doivent s'appliquer à toutes les composantes du système et ils doivent être conçus de façon à séparer les échelles d'espace et de temps de la variabilité naturelle ou anthropique du système. L'étude des systèmes marins a particulièrement besoin de suivis d'observation de longue durée, car l'océan présente des modes de variations lents qui ont également un impact direct sur les milieux littoraux et seul le long terme permet de mettre en évidence certains cycles « perturbation-récupération » que l'on retrouve notamment dans les récifs coralliens.

Les récifs coralliens rassemblent près de 30% de la biodiversité des océans alors qu'ils ne couvrent que 0,2% de leur surface. Si l'on ajoute à cela que près de 500 millions de personnes sont directement dépendantes de la production des récifs, on comprend mieux les enjeux de préservation focalisés sur les récifs coralliens. Les récentes estimations indiquent qu'environ 20% des récifs ont définitivement disparu, que 25% sont en grand danger et que 25% supplémentaires seront menacés d'ici à 2050. Les récifs coralliens sont particulièrement affectés par le changement global – effets conjugués de l'augmentation de la démographie humaine et du changement climatique – ils subissent les pressions anthropiques particulières aux écosystèmes côtiers. Par exemple, la zone du triangle de corail (Indonésie,

Malaisie, Taiwan, Philippines, Papouasie) regroupe plus de 30% des récifs de la planète et on considère que près de 80% de ces récifs sont menacés de disparition à court terme du fait de l'accroissement de la population dans cette zone entraînant surexploitation, pollution, constructions, et *in fine* la dégradation des zones côtières où se situent les récifs coralliens. Depuis 1980, la fréquence des événements de blanchissement a quintuplé au niveau mondial. Ils sont en train de bouleverser les précieux écosystèmes marins formés par les récifs coralliens. Ainsi tous les rapports montrent soit une perte de récifs coralliens soit des transformations importantes. Il ne fait aucun doute que les récifs coralliens de demain seront différents de ceux d'aujourd'hui, les espèces dominantes actuelles adaptées aux conditions d'aujourd'hui ne seront pas les espèces dominantes de demain.

Dans ce contexte environnemental, il est indispensable d'avoir des suivis sur le long terme afin d'évaluer le changement et, au-delà, d'anticiper ce changement pour mettre en place des politiques de conservation mieux adaptées.

Le SNO « CORAIL » intègre ces perspectives dans ses objectifs pour les récifs coralliens de Polynésie française et des territoires voisins du Pacifique Sud. Son objectif général est d'acquérir, par une observation systématique et coordonnée au niveau d'un territoire de plus de 10 millions de km² dans le Pacifique Sud, un ensemble de paramètres hydrologiques, climatiques, chimiques et biologiques communs à tous les sites. Ceci afin de permettre une étude comparée de séries d'observations sur le long terme.

par Serge Planes
Directeur du SNO



© Désaturation.fr

Ces observations à long terme ont pour buts :

1. de définir, pour chaque site, au travers des variations inter-annuelles intra-sites et inter-sites (et non d'une image à un temps t), une situation de «normalité», de référence, à partir de laquelle toute perturbation accidentelle pourra être étudiée ;
2. d'identifier les trajectoires temporelles des paramètres suivis, afin de mettre en évidence la réponses des systèmes suivis aux changements globaux ou autres forçages multiples, d'origine anthropique ou non ;
3. de contribuer à la connaissance scientifique mondiale sur les récifs coralliens en permettant de répondre à des questions d'origines diverses comme par exemple en océanographie, en climatologie, en écologie théorique ou en biogéographie.

Il convient d'insister ici sur le fait qu'au moment où le monde entier braque son regard sur le réchauffement planétaire et le changement global du climat, il est évident que l'observation d'un écosystème ne peut se limiter à un simple suivi des paramètres biologiques. Il est important de coupler ces observations à l'acquisition en parallèle de paramètres physiques et chimiques du milieu pour mieux envisager la collecte des données dans une perspective de modélisation de l'évolution de ce milieu. C'est pourquoi, comme cela sera détaillé ultérieurement, cet observatoire propose en parallèle l'acquisition de :

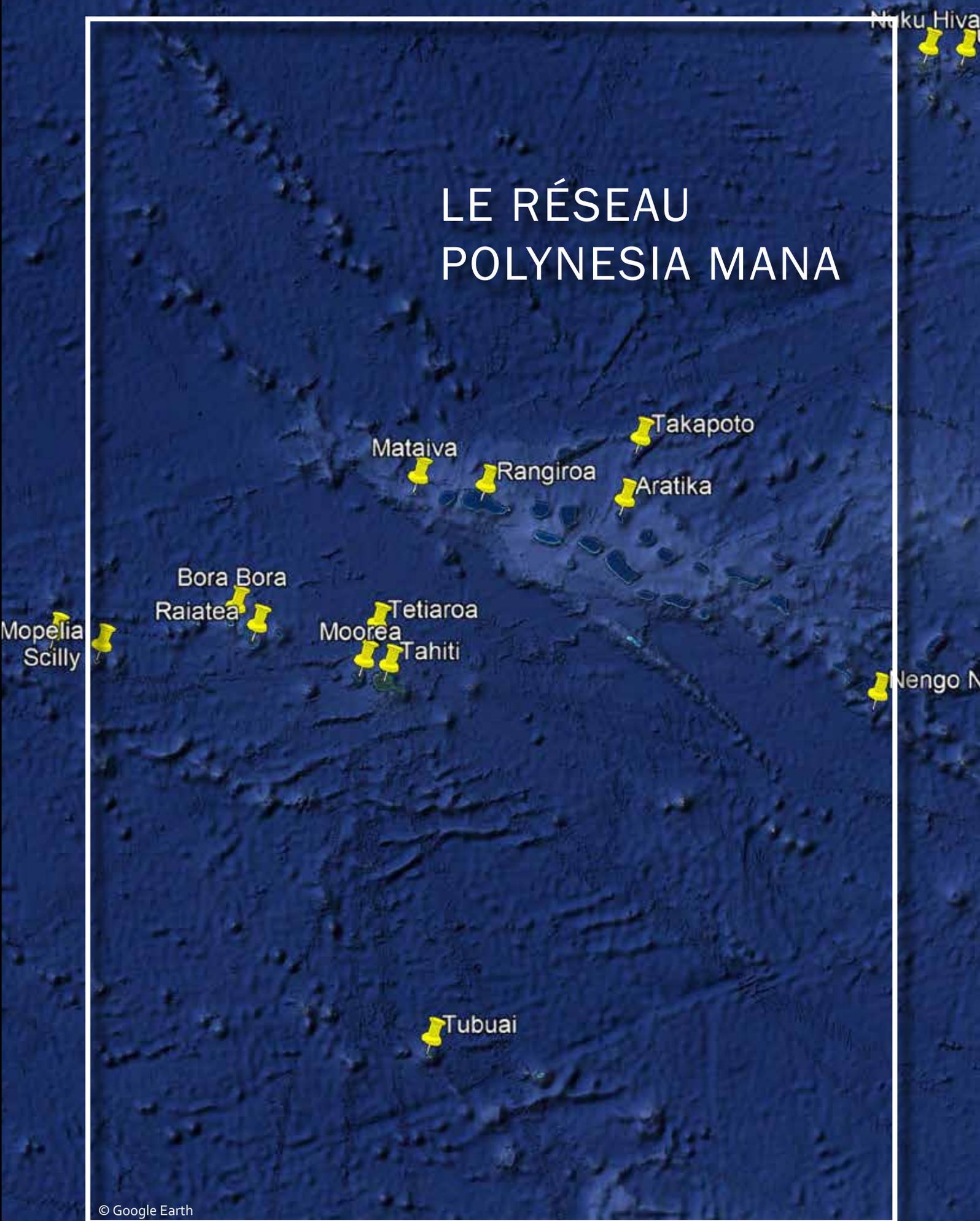
- données biologiques (mesures de diversité, abondance, biomasses des différents compartiments biologiques de l'écosystème) ;
- données physiques (mesures des paramètres océanographiques tels que températures, salinité dans la colonne d'eau, mesures de courantologie, des houles, et bien sûr des paramètres d'ordre climatologique) ;
- données chimiques (mesures de concentration et des flux de matières inorganiques, nutriments, sédimentation, pollutions, etc.).

Les méthodes et les objectifs de cette surveillance s'intègrent dans les prérogatives du réseau de surveillance mondial *Global Coral Reef Monitoring Network* (GCRMN). L'objectif est de suivre et de comprendre l'évolution sur le long terme des peuplements des coraux et des poissons, sous contrainte des événements naturels et des perturbations liées au changement global du climat. Seules les pentes externes des édifices coralliens, isolées des perturbations anthropiques locales et présentant les plus hautes valeurs de diversité et de quantité biologique, sont concernées dans ce contexte.

Au delà de ces méthodes classiques, le SNO CORAIL entend également rester dans l'innovation en enrichissant les observations réalisées par de nouvelles techniques. Il ne s'agit pas de remplacer les méthodes actuelles, car il est important d'assurer la continuité des suivis, mais d'incrémenter le service sur des nouvelles approches. Dans cette dynamique, un procédé à l'étude depuis 2 ans est implémenté depuis le début 2019. Il s'agit d'un suivi par photogrammétrie (voir détail page 10). Développée en collaborations avec la SCRIPS de San Diego, cette méthode est maintenant suffisamment au point pour être déployée sur tous les sites et donc réalisée à chaque suivi. Cette méthode va apporter de nouvelles données sur la complexité du substrat comme élément de description du milieu corallien.

Par ailleurs, nous travaillons actuellement sur le développement d'une approche de type « ADN environnemental » en partenariat avec le GENOSCOPE d'Évry. En test depuis plus d'un an, les premiers résultats sont intéressants et montrent que l'on a ainsi accès à 30% de diversité en poissons en plus que par les observations visuelles et que l'on a également accès à une abondance relative sur la base du nombre de « reads » par séquence. Cette approche est en développement, avec l'objectif de formaliser une méthodologie calibrée exploitable dès le début de l'année 2022.

LE RÉSEAU POLYNÉSIA MANA



Méthodologie

Les suivis du réseau *Polynesia Mana* (PM) sont essentiellement réalisés au niveau du peuplement de coraux durs et de celui des poissons et concerne uniquement les pentes externes des édifices récifaux sur une profondeur de 7 à 12 mètres. La fréquence de prospection par île est biennale. Des prospections supplémentaires sont réalisées lors d'évènements catastrophiques, de façon à établir immédiatement leurs conséquences sur le milieu corallien.

En Polynésie française, les relevés ont été initiés en 1992. Les sites sont localisés comme suit sur 10 îles dans les 4 archipels :

- Archipel de la Société : Moorea (3 sites), Raiatea, Tahiti (3 sites), Tetiaroa
- Archipel des Tuamotu-Gambier : Mangareva, Nengo-Nengo, Takapoto, Tikehau
- Archipel des Marquises : Nuku Hiva
- Archipel des Australes : Tubuai

A partir de 2008, le réseau s'est étendu au niveau régional aux pays et territoires suivants :

- îles Cook (2008)
- Pitcairn (2009)
- Tonga (2009)
- Kiribati (2010)
- Samoa (2013)

Les relevés sont effectués selon plusieurs techniques et à des échelles spatiales différentes. Les différentes méthodes sont décrites ci-après.



RELEVÉS PAR PHOTO-QUADRATS

L'objectif principal de ces relevés est d'évaluer des pourcentages de recouvrement corallien en distinguant les genres de coraux. Les relevés ont la particularité d'être reproductibles dans le temps sur une même surface. Les observations obtenues sur une parcelle de récif à une date donnée sont renouvelées périodiquement sur la même parcelle (à quelques centimètres près). La technique consiste à photographier une surface récifale rectangulaire de 20 m de long sur 1 m de large (20 m²). Pour mettre en œuvre cette méthode, un câble en acier de 20 m est tendu avec une forte tension entre 2 piquets. Le long de ce câble, un cadre de 1 m² est photographié en vue verticale pour obtenir au final la représentation concrète de la bande de 20 m² de récif. La méthode utilisée pour le traitement des données photographiques est la méthode d'estimation par points (identification et comptage du corail vivant sous un nuage de points projeté sur les photos).

RELEVÉS « MANTA TOW »

La technique « manta tow » consiste à traîner un observateur derrière un bateau à petite vitesse. L'observateur se tient à une large plaquette reliée au bateau par une corde. La plaquette porte une feuille de relevé sur laquelle est noté le recouvrement en corail vivant évalué au fur et à mesure de la progression (toutes les 2 min). Le recouvrement corallien est apprécié selon 5 catégories avec les limites de tranches suivantes : 0 - 10 - 30 - 50 - 75 - 100 %. Les relevés sont réalisés sur 4 sections de 500 m réparties de part et d'autre de la station de relevés photographiques. Les densités d'étoiles de mer *Acanthaster planci* sont également évaluées avec cette méthode.



Trois photos prises au même endroit, sur la pente externe de Tiahura (Moorea) © Yannick Chancerelle/CRIOBE.

En haut à gauche : Le dispositif mis en place sur la pente externe permet un suivi du paysage corallien depuis 2005 jusqu'à aujourd'hui.

En haut à droite : en 2010 après le passage du cyclone Oli.

Ci-contre : en 2020 après un épisode de blanchissement corallien.

RELEVÉS PAYSAGERS

Des relevés paysagers sous-marins sont réalisés depuis 2005 sur les îles du réseau. Ils consistent à photographier le paysage récifal de la zone à partir d'un support fixe sur lequel vient se positionner un appareil photo. Le dispositif permet de réaliser des photographies selon une position et un angle de prise de vue constant d'une campagne de relevé à l'autre.

RELEVÉS ICHTYOLOGIQUES

L'analyse des peuplements de poissons est réalisée selon trois transects couloir de 5 m x 50 m, soit une surface projetée de 250 m² par transect. Cette méthode de comptage visuel en plongée sous-marine consiste à répertorier toutes les espèces et les nombres d'individus de poissons rencontrés dans ces couloirs entre le fond marin et la surface. La taille de chaque individu est également notée. Les transects sont positionnés dans la zone de suivi des coraux.

La photogrammétrie

La technique

Le but principal de cette technique est de produire un modèle 3D qui peut ensuite être utilisé pour obtenir de nombreux paramètres (en post-traitement) comme la couverture corallienne (variable quantitative) classifiée par genre (variable qualitative), ou la rugosité. Cette technique est déployée exactement au même endroit à chaque fois, permettant de générer un time lapse de la même partie du récif.

Cette technique est utilisée depuis 2018 au sein du SNO CORAIL suite à une collaboration avec l'équipe de *100 Island Challenge* menée par les professeurs Stuart Sandin et Brian Zgliczynski de la Scripps Institution of Oceanography (San Diego, Californie, USA).

La méthode consiste à prendre approximativement 4000 photos d'une surface carrée de 10m de côté (100m²) du récif. La zone est positionnée selon la méthode utilisée par l'équipe de *100 Island Challenge* et au milieu du transect corallien par photo-quadrate. La zone est couverte par un objectif de 18mm et un autre de 50mm.

Modélisation d'un récif pour le calcul de rugosité © Criobe

Le post-traitement

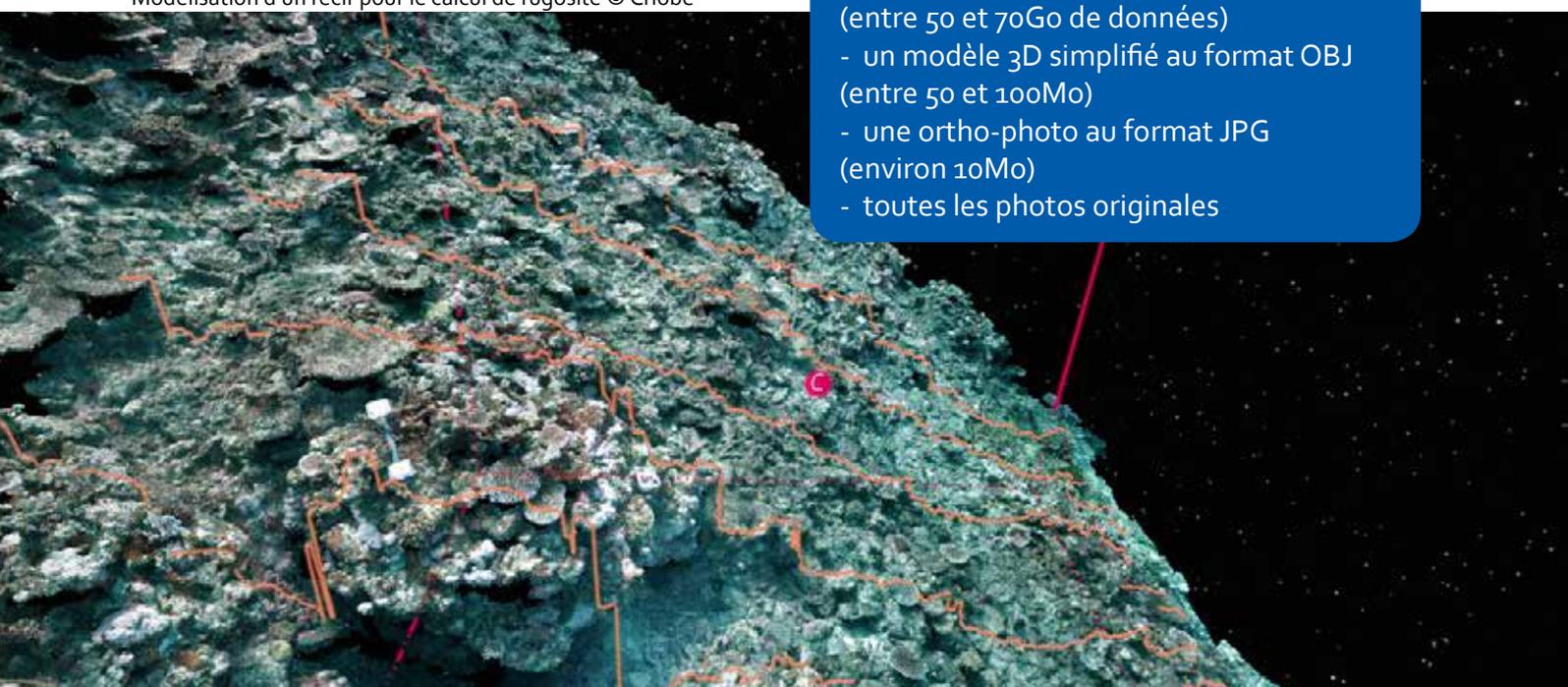
La technique utilise les 4000 photos pour générer un modèle 3D en utilisant Agisoft Photoscan au format d'un nuage de points dense ou d'un maillage 3D. Le nuage de points est alors utilisé dans un logiciel développé par la Scripps où des quadrats virtuels peuvent être générés pour en extraire une couverture corallienne (et potentiellement la couverture d'autres substrats).

Le logiciel peut aussi extraire des points le long de lignes à la surface du modèle afin d'en dériver la rugosité. On extrait 20 lignes parallèles au transect photo-quadrate et 20 lignes perpendiculaires avec 1000 points par ligne. On calcule alors la rugosité comme le ratio de la longueur de la ligne divisée par la longueur de sa projection sur une pente moyenne calculée par interpolation linéaire de cette ligne. La rugosité affichée est la moyenne des rugosités des lignes.

LES PRODUITS

Afin de calculer la rugosité, les produits dérivés suivants sont disponibles sur demande auprès du SNO CORAIL :

- le nuage dense de points au format PLY (entre 50 et 70Go de données)
- un modèle 3D simplifié au format OBJ (entre 50 et 100Mo)
- une ortho-photo au format JPG (environ 10Mo)
- toutes les photos originales



Chiffres clefs 2020 (quantité sur le réseau)

Sondes multiparamètres	4
Houlographes SBE26	8
Houlographes OSS1	8
Thermographes	23



Installation d'une sonde sur un site de suivi © Criobe

Les sondes

Le Service National d'Observation CORAIL utilise quatre instruments de mesures sur le réseau *Polynesia Mana*, qui permettent de contrôler les paramètres suivants :

Sonde multiparamètres SBE16

- Température (C°)
- Conductivité (S.m-1)
- Salinité
- SBE 43
- Oxygène (mL.ℓ-1)
- Oxygène (%saturation)
- SBE 18
- pH (S.I.)
- FLNTU
- Fluorimétrie (µg.ℓ-1)
- Turbidité (N.T.U.)
- SBE 5P
- Pompe et brassage d'eau



Houlographe SBE26 et OSS1

- Température (C°)
- Hauteur significative de vague (cm)
- Période significative (s)



Thermographe SBE56

- Température (C°)



RÉSULTATS PM 2020

PRÉSENTATION DES RÉSULTATS DU RÉSEAU POLYNESIA MANA

1. Un **aperçu** de l'île étudiée et de l'archipel dans lequel elle est située.
2. **Des informations clés** : archipel, superficie des terres émergées, distance à Tahiti, type d'île, population, début du suivi Polynesia Mana et matériels installés.
3. **Carte et photo-paysage** : La carte indique la zone de suivi (point rouge) pour les paramètres biologiques (poissons et recouvrement corallien). Sous la carte sont indiquées les coordonnées GPS de la zone de suivi ainsi que la profondeur des transects et des instruments de mesures utilisés. La photo-paysage présente visuellement la zone de suivi. Un *QR code*, accompagnant la photo, permet de visionner la représentation 3D de cette zone.
4. **Résultats sur l'année 2020 pour les paramètres biologiques (la faune ichtyologique et le recouvrement corallien) et les paramètres physiques (la houle et la température de l'eau)**. Cette section comprend pour chaque île :
 - pour les poissons : des histogrammes présentant la distribution de la diversité par famille, la distribution de l'abondance totale (mesurée sur 250 m⁻²) par famille et la biomasse relative des principales familles en 2020 ; la distribution de la biomasse globale par classe de taille des individus en 2020 ; une courbe représentant l'évolution de la biomasse totale depuis le début de suivi du site concerné.
 - pour le recouvrement corallien : un histogramme présentant le pourcentage de recouvrement corallien par famille en 2020 ; un historique de l'évolution du recouvrement corallien depuis le début des suivis.
 - pour la houle : une courbe présentant la hauteur significative (en cm) de la houle sur les deux dernières années ; deux histogrammes avec la hauteur (en cm) et la période (en secondes) de la houle sur 2019.
 - pour la température : une courbe présentant les températures sur les deux dernières années.

ÎLES CONCERNÉES PAR LE PRÉSENT RAPPORT

- Moorea "Haapiti" et "Entre Deux Baies"
- Nuku Hiva
- Raiatea
- Takapoto
- Tikehau

Nota Bene : deux îles n'ont pas pu faire partie de la campagne de suivi 2020, à cause de la situation sanitaire liée à la Covid-19 : Kiritimati et Pitcairn.





Utilisation du système
de photogrammétrie

© 100 Islands Challenges

MOOREA



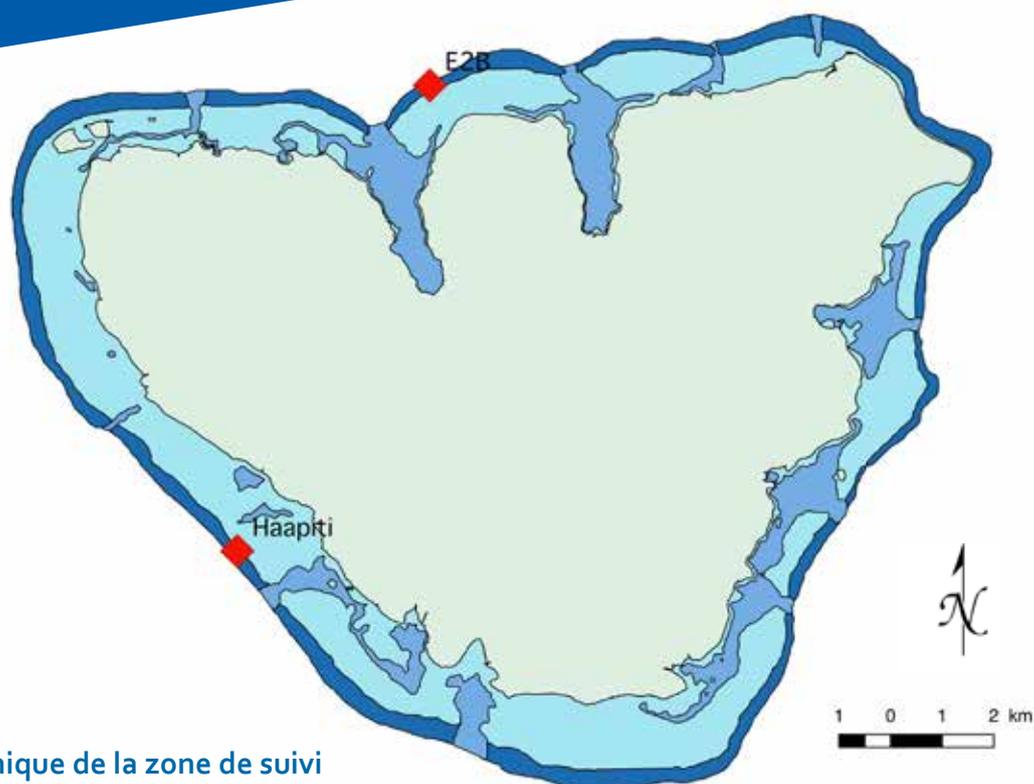
Moorea fait partie des îles du Vent dans l'archipel de la Société. Située face à Tahiti, elle est le chef-lieu de la commune de Mo'orea-Mai'ao. Elle est séparée de Tahiti par un profond chenal dépassant par endroits les 1 500 mètres. De forme triangulaire, « l'île sœur » de Tahiti possède deux baies principales : la baie de Ōpūnohu et la baie de Cook. Elle compte huit montagnes, en partant du point culminant de l'île : le mont Tohiea (1 207 m), le mont Rōtui (899 m), le Mou'a roa (880 m), le Mou'a puta (830 m), le mont Tearai (770 m), le mont Tautuapae (769 m), le mont Fairurani (741 m) et le mont Matotea (714 m). Elle est entourée par une barrière de corail ouverte sur l'océan Pacifique en 12 passes. Le lagon est classé comme zone humide d'importance internationale au titre de la *convention de Ramsar*.

Informations clés

<i>Archipel</i>	La Société
<i>Superficie terres émergées</i>	134 km ²
<i>Distance de Tahiti</i>	17 km à l'ouest-nord-ouest
<i>Type d'île</i>	Île haute avec lagon
<i>Population</i>	17 718 hab. (2017)
<i>Suivi Polynesia Mana</i>	depuis 1998
<i>Matériels en place</i>	1 houlographe 9 thermographe

Baie de Opunohu à Moorea © Eric Benacek





Localisation cartographique de la zone de suivi

- Les points rouges indiquent les sites de suivi *Polynesia Mana* 2020
- Coordonnées GPS : $17^{\circ}28,765'S/149^{\circ}51,105'W$ (Entre deux Baies)
 $17^{\circ}33.906'S / 149^{\circ}53.216'W$ (Haapiti)

Profondeurs :

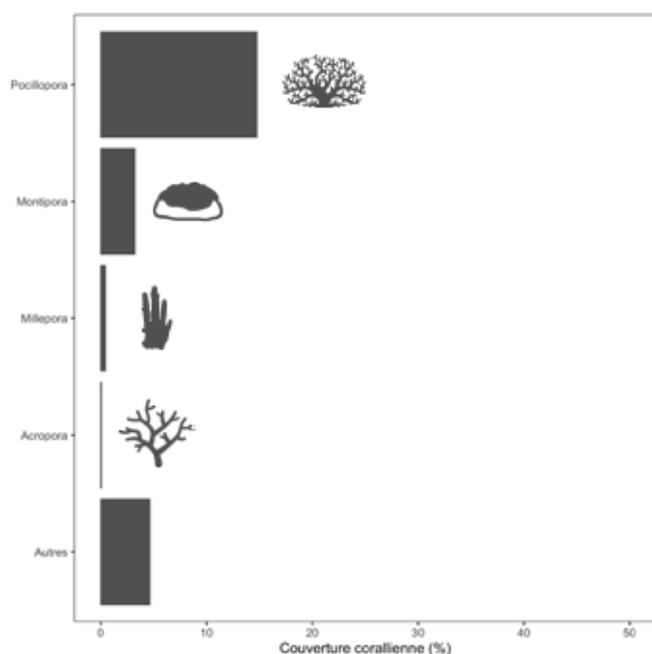
- Transects : 12 mètres
- Sonde multiparamètres (Haapiti) : 10 mètres ($17^{\circ}32.614'S/149^{\circ}54.720'W$)

Vue d'ensemble du site de suivi Polynesia Mana Entre Deux Baies au nord, 2020 © Criobe

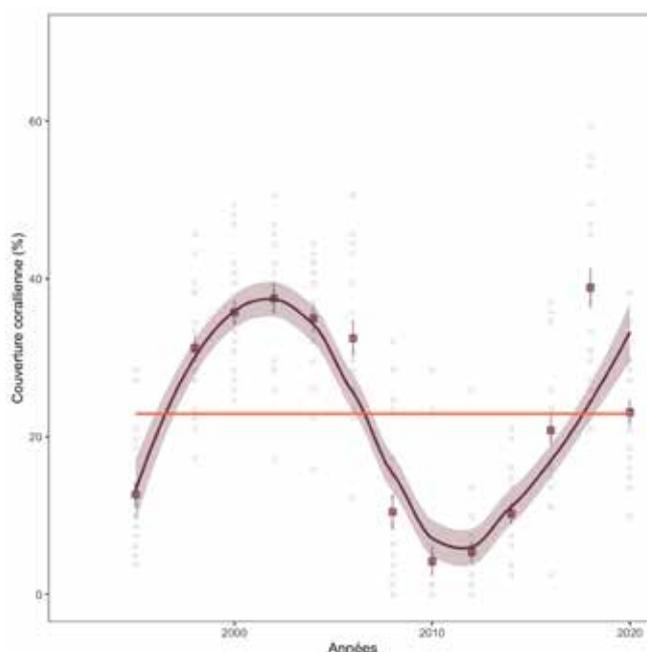




Moorea Haapiti



Pourcentage de recouvrement corallien par genre sur le site de Haapiti pour l'année 2020



Historique de la couverture corallienne du site de Haapiti de 1998 à 2020

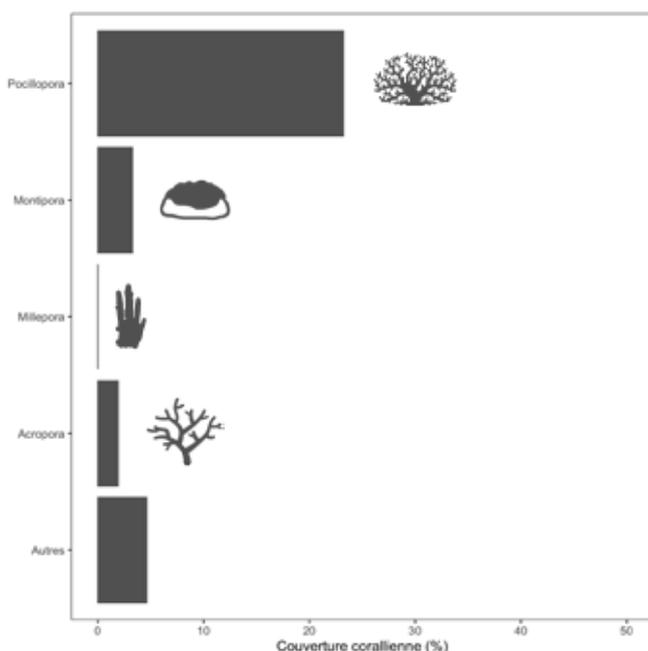
Ce site, initié en 1995, se situe sur la côte sud-ouest de Moorea et est très exposé aux houles longues dominantes générées par les systèmes dépressionnaires des zones tempérées et polaires sud. Comme tous les autres sites de Moorea, il présente dans son histoire récente une chute importante des recouvrements coralliens de 2004 à 2011 (2004 : 35,06%, 2010 : 4,2%) en raison d'abord de l'épisode de prolifération de l'étoile de mer *Acanaster planci* de 2004 à 2010, puis, en moindre mesure, à cause du passage du cyclone Oli en février 2010, dont les houles induites de secteur nord-ouest affectèrent ce site relativement abrité dans le contexte. Les données collectées depuis 2012 montrent ensuite une résilience rapide des recouvrements coralliens

qui atteignent 95% en 2018 avec une dominance marquée du genre *Pocillopora*. Cette résilience a été fortement perturbée durant le premier semestre 2019, par un phénomène d'eaux anormalement chaudes induisant un blanchissement massif et une importante mortalité corallienne, sans précédent sur ce site et sur Moorea en général depuis le début des suivis. La perte du recouvrement total sur site est estimée au tiers du recouvrement initial au moment de l'impact. En 2020 le recouvrement moyen est de 23,09%. Bien que dominé par le genre *Pocillopora*, suivi de *Montipora* et *Porites*, la représentativité des genres et des formes (branchues, encroûtantes et massives) est mieux équilibrée que sur les sites de la côte nord.

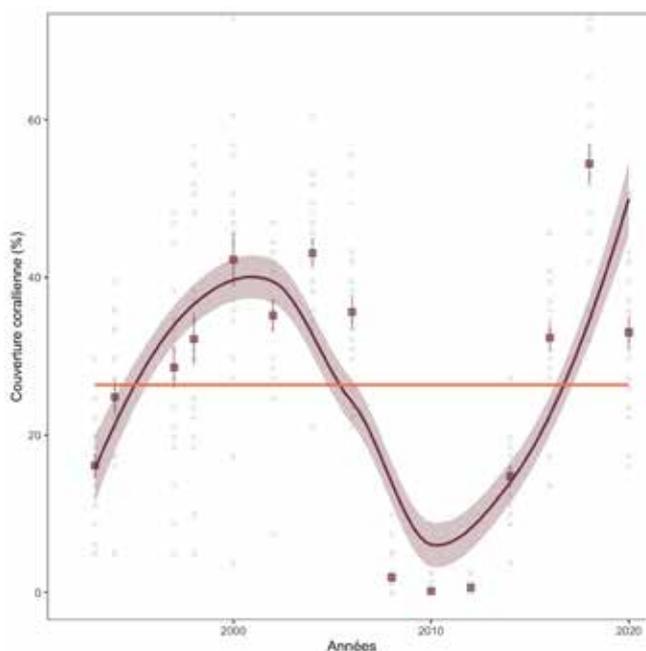
Moorea

Entre Deux Baies

Chiffres clefs 2020	
Haapiti - Entre Deux Baies	
Rugosité du récif	1.48211 (sd 0.09182) 1.68329 (sd 0.11192)
Nombre de genres recensés	 11 - 14
Recouvrement Corallien	23% - 33 %
Évolution du RC	 en baisse



Pourcentage de recouvrement corallien par genre sur le site d'Entre Deux Baies pour l'année 2020



Historique de la couverture corallienne du site d'Entre Deux Baies de 1998 à 2020

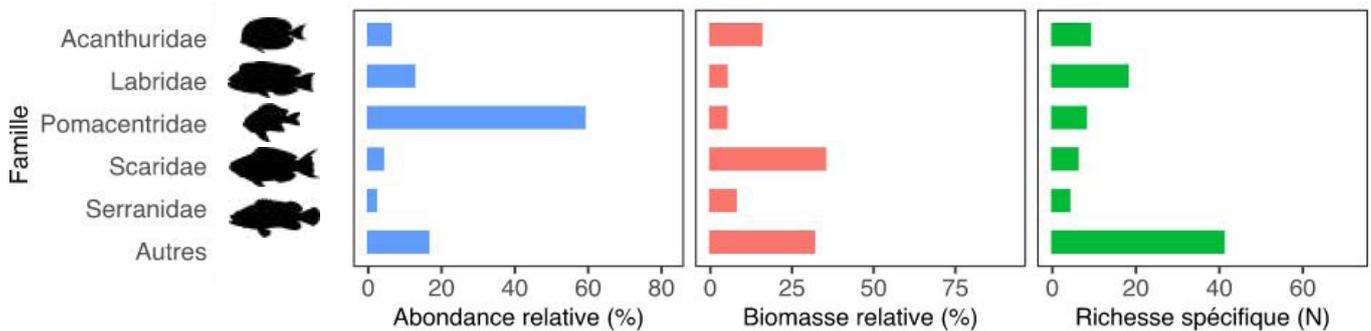
Ce site, initié en 1993, se situe sur la côte nord de Moorea, sur une zone occasionnellement concernée par les houles cycloniques de nord-ouest. Il présente dans son histoire récente, comme tous les sites de l'île, une chute importante des recouvrements coralliens de 2004 à 2010 (2004 : 43,58%, 2010 : 0,19%) en raison d'abord de l'épisode de prolifération des étoiles de mer *Acanaster planci* de 2004 à 2010, puis à cause du passage du cyclone Oli en février 2010 dont les houles induites de secteur nord-ouest affectèrent fortement le site. Les données collectées depuis 2010 montrent ensuite une remontée spectaculaire des recouvrements coralliens qui atteignent 54,44% en 2018 avec une dominance très marquée du genre *Pocillopora*. Cette résilience

très rapide a été fortement perturbée durant le premier semestre 2019 par un phénomène d'eaux anormalement chaudes induisant un blanchissement massif et une importante mortalité corallienne, sans précédent sur ce site et sur Moorea en général depuis le début des suivis. La perte du recouvrement total sur site est estimée grossièrement au tiers du recouvrement initial au moment de l'impact. En 2020 le recouvrement moyen est de 33,02%.

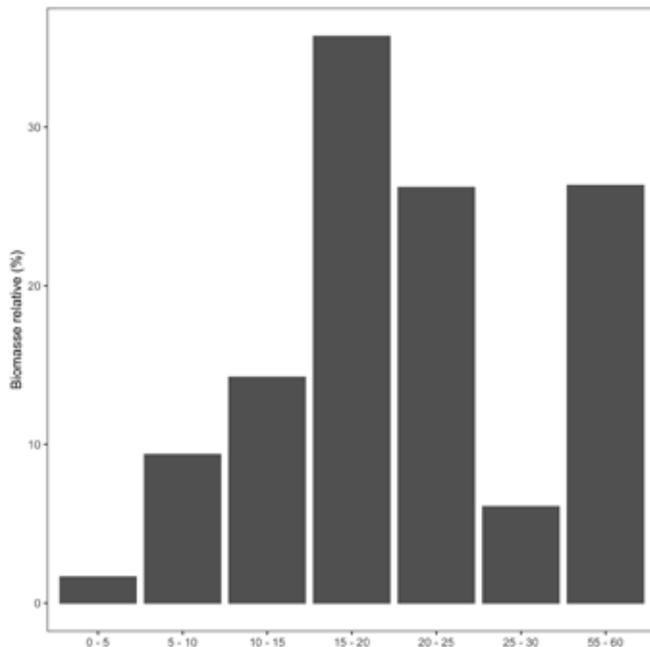
PARAMÈTRES BIOLOGIQUES POISSONS



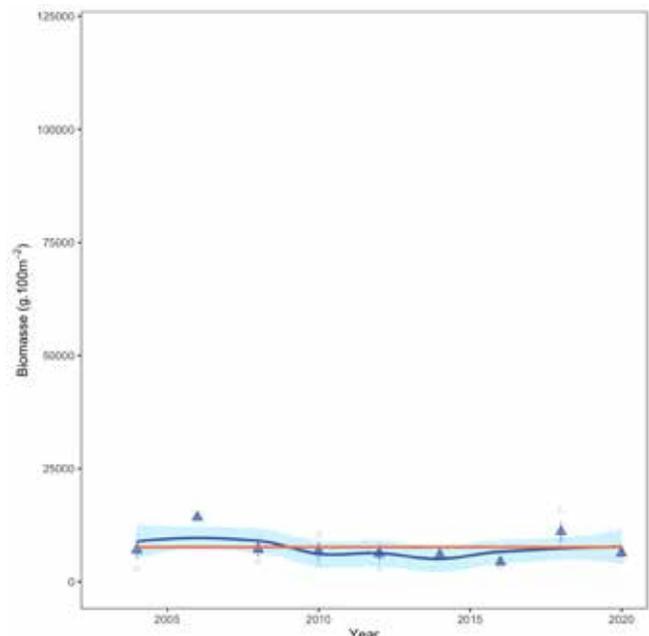
Moorea Haapiti



Abondance relative (%), biomasse relative (%) et richesse spécifique en nombre d'individus pour 250m⁻² par famille sur le site de Haapiti pour l'année 2020



Distribution de la biomasse globale par classe de taille des individus sur le site de Haapiti pour l'année 2020



Évolution de la biomasse totale sur le site de Haapiti de 1998 à 2020

Les comptages de poissons de 2020 sur le site de Haapiti (Moorea) montrent une diversité très hétérogène à travers l'ensemble des familles. Sur 90 espèces, près de 50% se regroupent dans 5 familles et les autres 50% se distribuent sur l'ensemble des autres familles de poissons. On notera également que près de 60% de l'abondance est constituée de Pomacentridae, comme souvent dans les récifs coralliens. Enfin, près de 30% de la biomasse de

poissons se concentre sur la famille des Scaridae et la famille des Acanthuridae cumule 20% de la biomasse. Cette biomasse se répartie dans les classes de taille les plus grosses avec notamment 25% de la biomasse constituée d'individus entre 55 et 60 cm. Le suivi de la biomasse total depuis 1998 montre une stabilité sur l'ensemble de la période et donc sur plus de 20 ans.

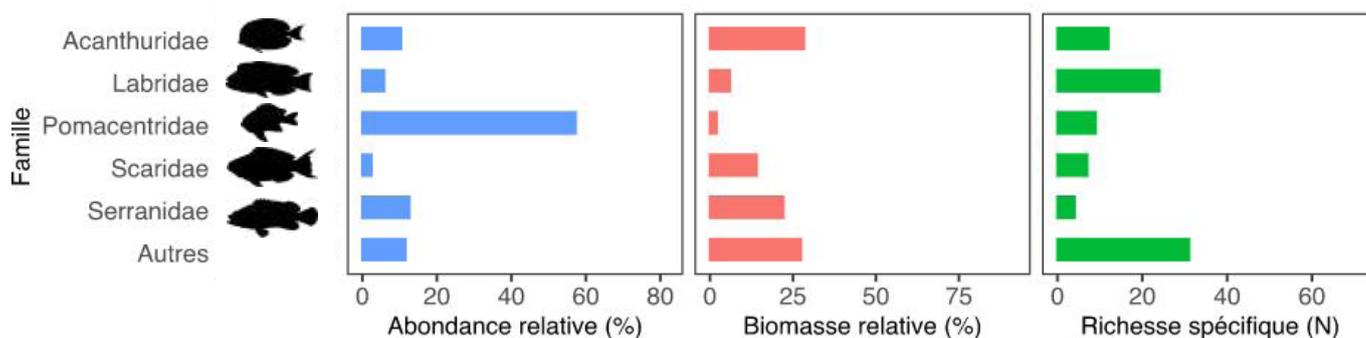
Chiffres clés pour 250m² Haapiti / Entre Deux Baies

Nombre d'espèces de poissons  86 - 87

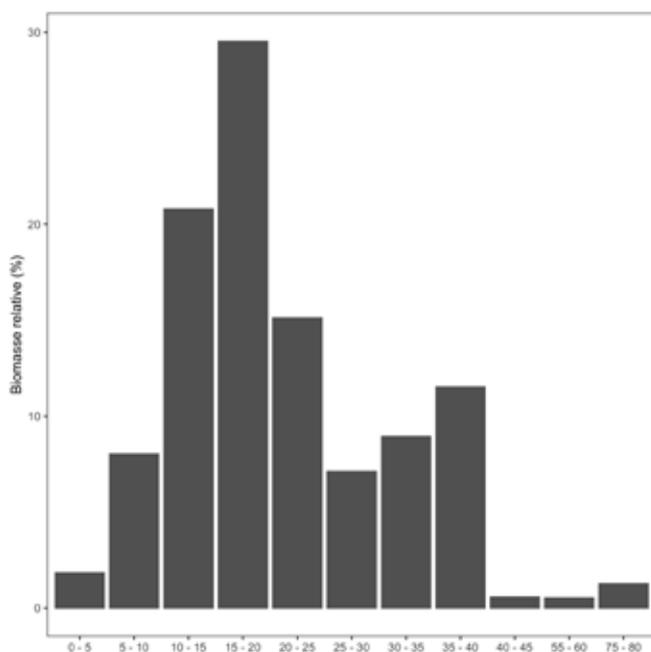
Densité totale  957 - 824 ind.

Biomasse totale  15,7 - 23 Kg

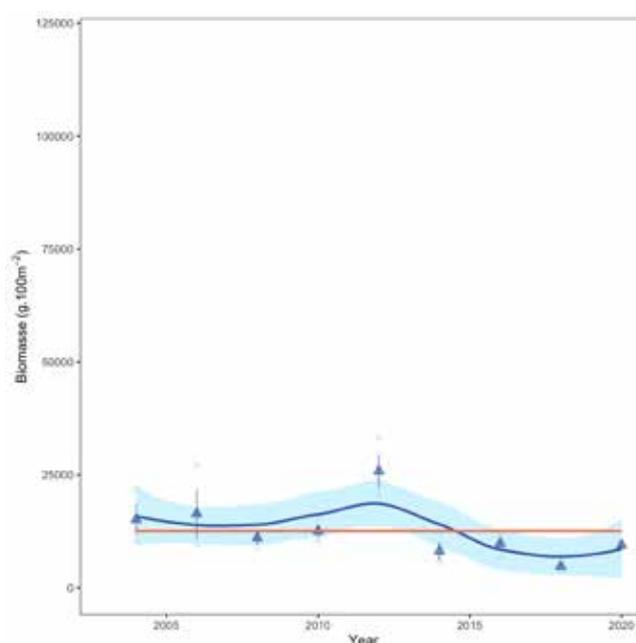
Moorea Entre Deux Baies



Abondance relative (%), biomasse relative (%) et richesse spécifique en nombre d'individus pour 250m⁻² par famille sur le site d'Entre Deux Baies pour l'année 2020



Distribution de la biomasse globale par classe de taille des individus sur le site d'Entre Deux Baies pour l'année 2020



Évolution de la biomasse totale sur le site d'Entre Deux Baies de 1998 à 2020

Les comptages de poissons réalisés en 2020 sur le site « Entre deux baies » (Moorea) montrent une diversité très contrainte par la famille des Labridae qui compte pour près de 30% des espèces et le reste de la diversité plus hétérogène à travers l'ensemble des familles. Sur 85 espèces près de 40% se distribuent dans l'ensemble des autres familles de poissons. En termes d'abondances, on notera que près de 60% des individus sont des Pomacentridae. Concernant

la biomasse, on observe que 50% de celle-ci est composée d'Acanthuridae et de Serranidae, mais surtout cette biomasse est centrée sur des individus de petite taille (15-20 cm). Le suivi de la biomasse depuis 1998 montre une décroissance qui est survenu entre 2012 et 2014 et depuis nous restons sur des valeurs de biomasse plus faible sans vraiment de restauration des valeurs anciennes.

NUKU HIVA



Nuku Hiva est la plus grande île de l'archipel des Marquises. C'est une jeune île volcanique formée par la crête émergée de volcans éteints depuis deux millions d'années. Son relief est constitué de pics de basalte hauts d'une centaine de mètres. Son point culminant est le mont Tekao s'élevant à 1 224 mètres.

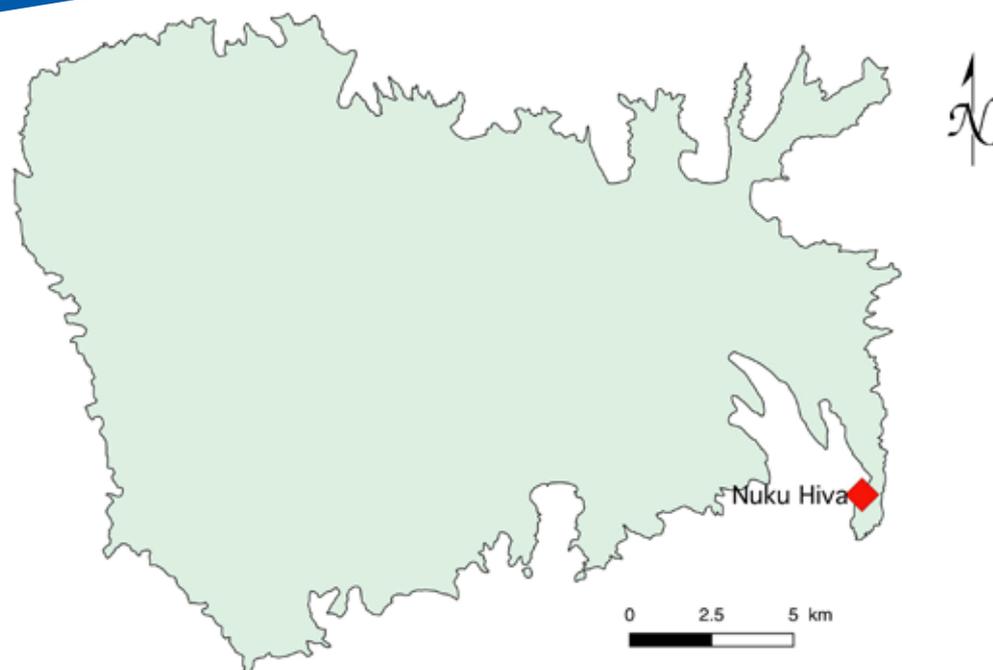
Le village principal est Taiohae, situé au fond d'une baie, au sein de la province traditionnelle de Te I'i. Le suivi Polynésie Mana se situe dans la baie du Contrôleur, située à l'est de Taiohae.

Informations clés

<i>Archipel</i>	Les Marquises
<i>Superficie terres émergées</i>	387 km²
<i>Distance de Tahiti</i>	1 411 km au nord-est
<i>Type d'île</i>	Île haute
<i>Population</i>	3 120 hab. (2017)
<i>Suivi Polynésie Mana</i>	depuis 2008
<i>Matériels en place</i>	1 houlographe 1 thermographe

Baie de Taiohae © Cécile Berthe





Localisation cartographique de la zone de suivi

- Le point rouge indique le site de suivi *Polynesia Mana*

Coordonnées GPS : 08°54.930'S/140°00.982'W

Profondeurs :

- Transects : 10 mètres
- Thermographe : 10 mètres
- Houlographe : 40 mètres

Photo-paysage du site de suivi Polynesia Mana, 2020 © Criobe



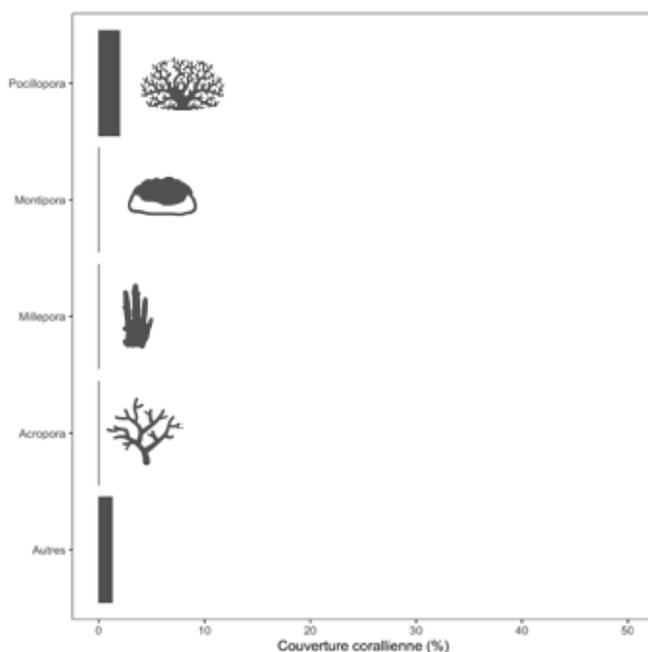
PARAMÈTRES BIOLOGIQUES

Nuku Hiva

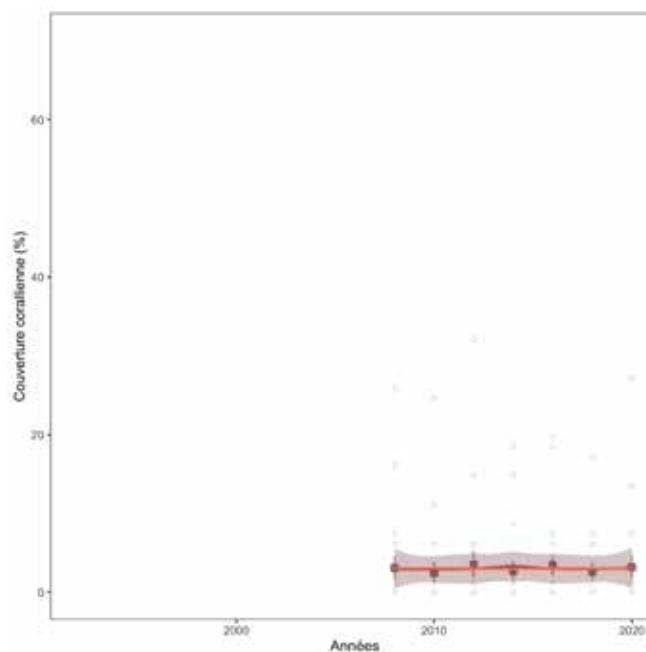


CORAUX

Chiffres clefs 2020	
Rugosité du récif	1.87812 (sd 0.18739)
Nombre de genres recensés	 3
Recouvrement Corallien	3,02 %
Évolution du RC	➔ stable



Pourcentage de recouvrement corallien par genre sur le site de Nuku Hiva pour l'année 2020



Historique de la couverture corallienne du site de Nuku Hiva de 2008 à 2020

Ce site, initié en 2008, se situe dans une zone abritée des vents et des houles dominantes au sud de l'île. L'analyse des variables coralliennes montre, comme pour tous les relevés précédents, un recouvrement corallien faible (inférieur à 5%) ,mais stable sur cette île dont l'environnement marin n'est pas favorable au développement de véritables récifs, comme pour

toutes les îles de l'archipel Marquisien. Le phénomène de blanchissement qui a affecté les coraux de l'archipel en saison chaude 2016 n'a pas provoqué de mortalité massive et on retrouve en 2020 une valeur de recouvrement corallien (3,02%) similaire à celles relevées en 2016 (3,46%) ou en 2018 (2,59%).

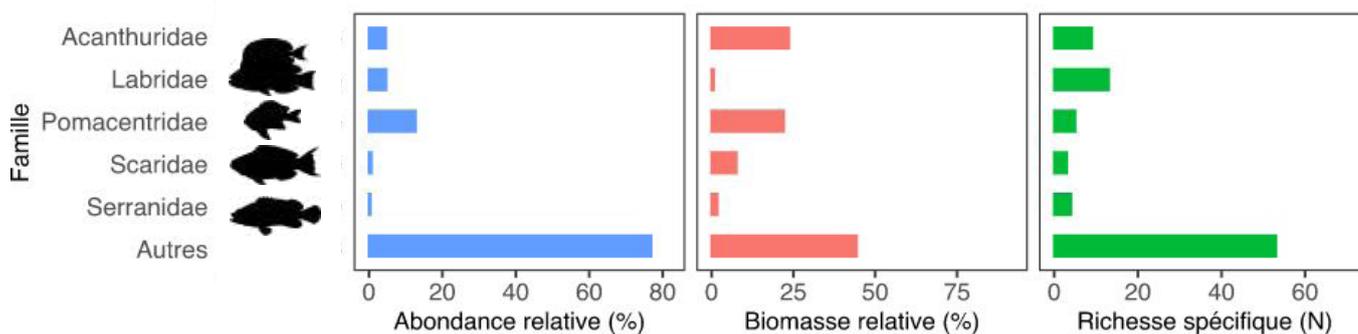
Chiffres clefs pour 250m²

Nombres d'espèces de poissons  87

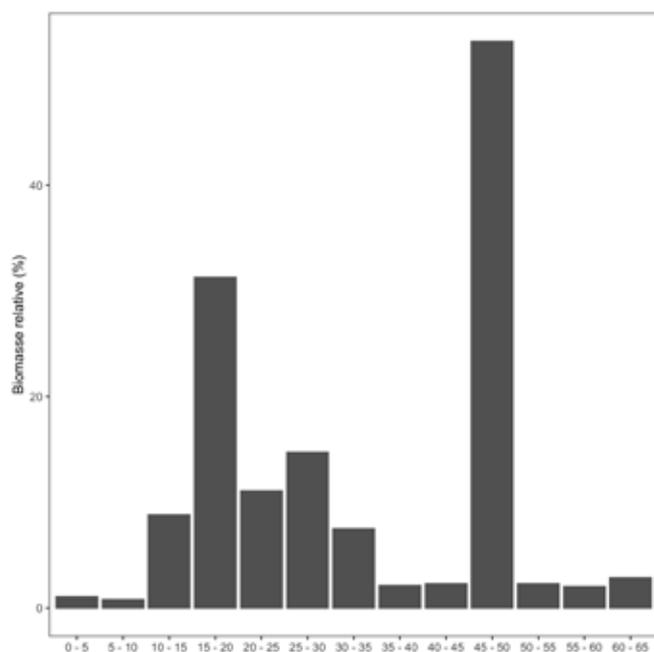
Densité totale  2232 individus

Biomasse totale  141 Kg

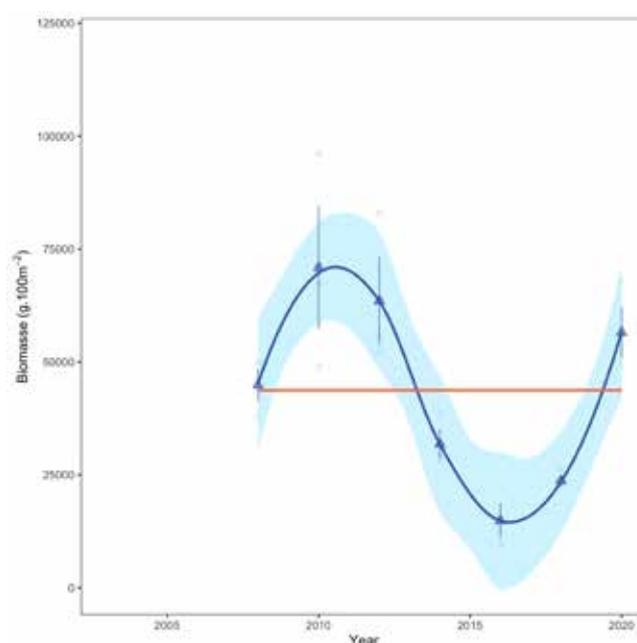
POISSONS



Abondance relative (%), biomasse relative (%) et richesse spécifique en nombre d'individus pour 250m² par famille sur le site de Nuku Hiva pour l'année 2020



Distribution de la biomasse globale par classe de taille des individus sur le site de Nuku Hiva pour l'année 2020



Évolution de la biomasse totale sur le site de Nuku Hiva de 2008 à 2020

Les comptages de poissons réalisés en 2020 sur le site de Nuku-Hiva, dans l'archipel des Marquises, montrent une diversité très hétérogène à travers l'ensemble des familles. Sur près de 80 espèces, 50 espèces se distribuent dans l'ensemble des autres familles de poissons. Ce schéma est similaires en termes d'abondance dont près de 80% se distribuent dans l'ensemble des familles de poissons. Concernant la biomasse totale, on observe une contribution

importante des Acanthuridae et des Pomacentridae qui cumulent près de 50% de la biomasse. Cette biomasse montre une distribution bimodale constituée à 50% d'individus entre 45 et 50 cm et à 30% d'individus entre 25 et 20 cm. L'évolution de cette abondance montre une chute très importante entre 2012 et 2016 et depuis une récupération et un niveau en 2020 qui se rapproche du maximum observé en 2010 pour ce site.

PARAMÈTRES PHYSIQUES

Nuku Hiva



Chiffres clefs 2020

Hauteur Max 373 cm

Hauteur moyenne 67,9 cm

Période Max 16 sec

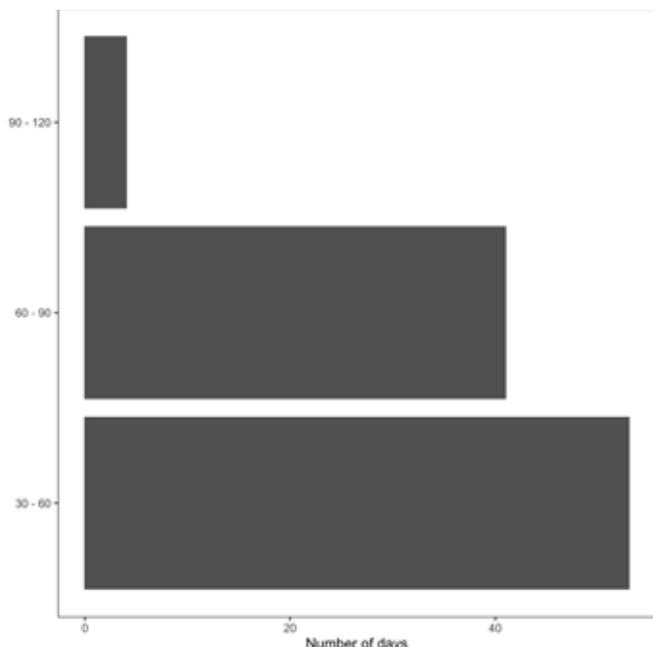
Période Moyenne 10 sec

HOULE

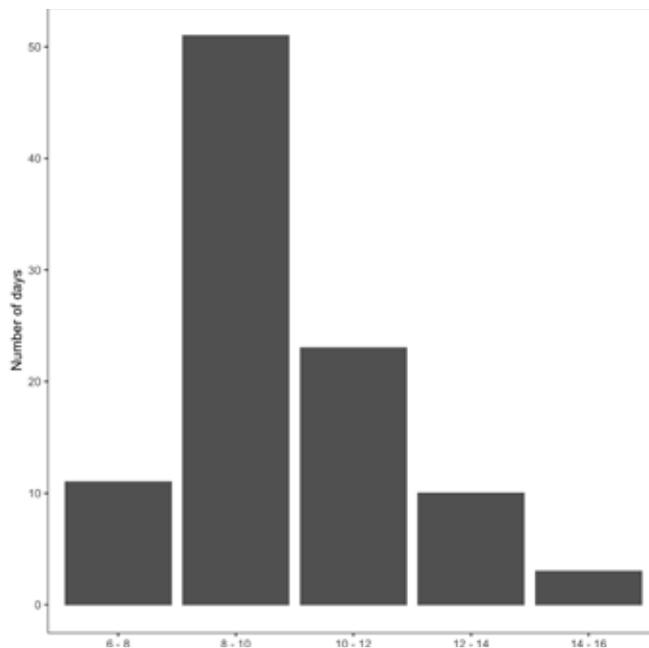


Hauteur significative (cm) des vagues sur la période avril 2015-mars 2016*

*La sonde n'a pas fonctionné sur la période 2016-2020



Classes de tailles (en cm) de la houle



Classes de fréquences (en sec) de la houle

Le site de Nuku Hiva se situe dans une zone abritée des vents et des houles dominantes au sud de l'île, sur le flanc est d'une baie. Bien que le houlographe n'ait pas fonctionné sur la période 2016-2020, aucun dégât

particulier induit par un événement hydrodynamique n'est à signaler sur les colonies coralliennes de ce site pendant la période 2018-2020.

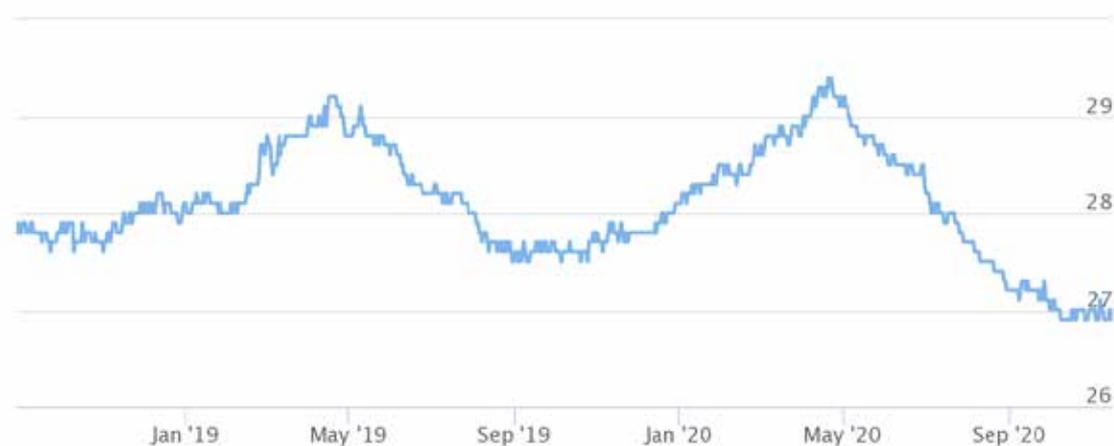
Chiffres clefs 2020

T° maximum 29,6°C

T° minimum 26,7°C

T° moyenne 28,1°C

TEMPÉRATURES



Courbe des températures (C°) sur la période décembre2018-octobre2020

La période 2018-2020 ne présente pas d'anomalie particulière de température sur le site de Nuku Hiva, même durant l'été austral 2018-2019 alors que Pacifique est soumis à un phénomène El Niño avec des effets marqués sur les récifs notamment plus au sud, dans l'archipel de la Société.

RAIATEA



Raiatea fait partie des îles Sous-le-Vent dans l'archipel de la Société. L'île est située à 201 km à l'ouest-nord-ouest de Tahiti. Elle partage le même lagon que l'île de Taha'a. Elle est divisée en trois communes, Uturoa - ville principale, Taputapuatea et Tumaraa.

Informations clés

<i>Archipel</i>	La Société
<i>Superficie terres émergées</i>	175 km²
<i>Distance de Tahiti</i>	201 km à l'ouest-nord-ouest
<i>Type d'île</i>	Atoll
<i>Population</i>	12 240 hab. (2015)
<i>Suivi Polynésie Mana</i>	depuis 1994
<i>Matériels en place</i>	1 thermographe

Raiatea vue du ciel © Adeline Goyaud





Localisation cartographique de la zone de suivi

- Le point rouge indique le site de suivi *Polynesia Mana*
- Coordonnées GPS : 16°44.230'S/151°30.240'W
- Profondeurs :
- Transects : 12 mètres
 - Thermographe : 12 mètres

Photo-paysage du site de suivi Polynesia Mana, 2020 © Criobe



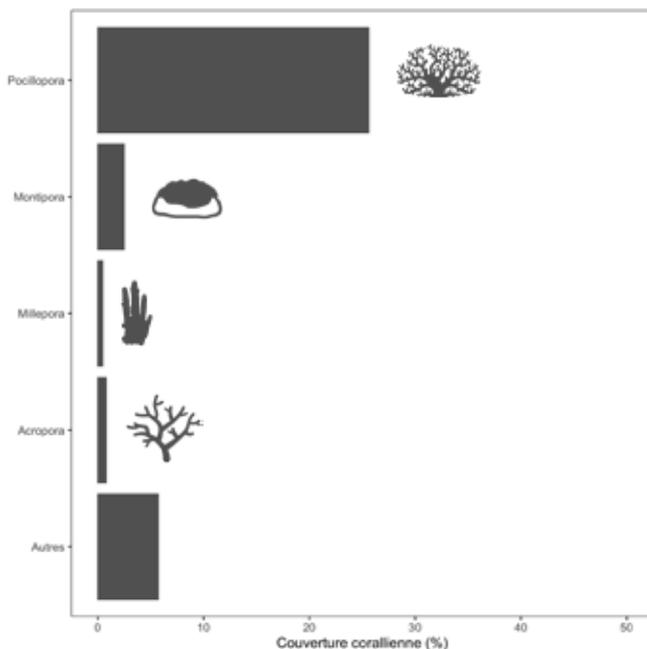
PARAMÈTRES BIOLOGIQUES

Raiatea

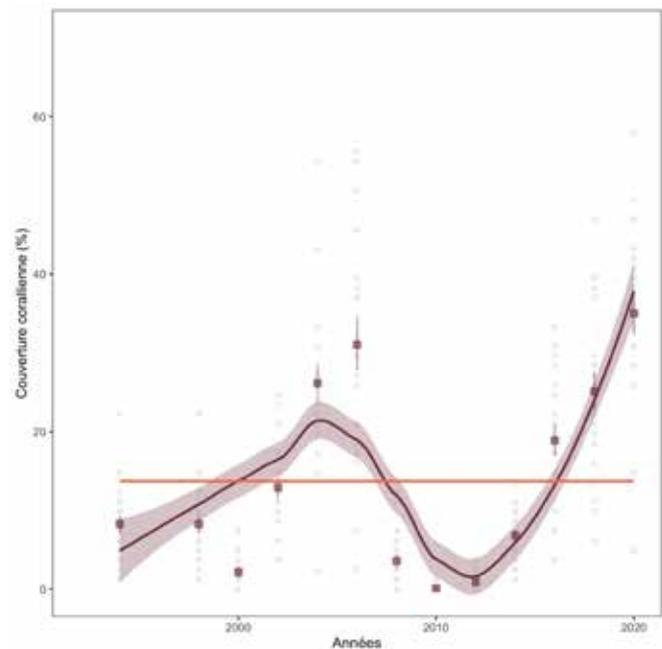


CORAUX

Chiffres clefs 2020	
Rugosité du récif	1.81179 (sd 0.23806)
Nombre de genres recensés	 12
Recouvrement Corallien	33,4 %
Évolution du RC	 en hausse



Pourcentage de recouvrement corallien par genre sur le site de Raiatea pour l'année 2020



Historique de la couverture corallienne du site de Raiatea de 1994 à 2020

Ce site, initié en 1994, se situe sur la côte ouest de Raiatea. Il est très exposé aux houles longues dominantes générées par les systèmes dépressionnaires des zones tempérées et polaires sud et aussi occasionnellement concerné par les houles cycloniques de nord-ouest. Les valeurs de pourcentage de recouvrement corallien obtenues sur le site de Raiatea étaient en forte décroissance entre 2006 et 2010 (2006 : 31,05%, 2010 : 0,12%). Comme sur les autres îles de la Société, cette baisse illustre les effets des deux facteurs forçants classiques que sont l'invasion

par l'étoile de mer prédatrice *Acanthaster planci* qui s'est étalée sur la période 2006-2010, et, en moindre mesure, l'effet du cyclone Oli dont les houles induites ont affecté le site en février 2010. Ces événements ne sont plus d'actualité et une résilience progressive du site est observée après 2010. Le phénomène de blanchissement qui a affecté l'ensemble des îles de la Société a été limité en mortalité sur ce site comparativement à ceux de Moorea ou Tahiti plus à l'est de l'archipel. En 2020 le recouvrement corallien, dominé par le genre Pocillopora, est de 33,4 %.

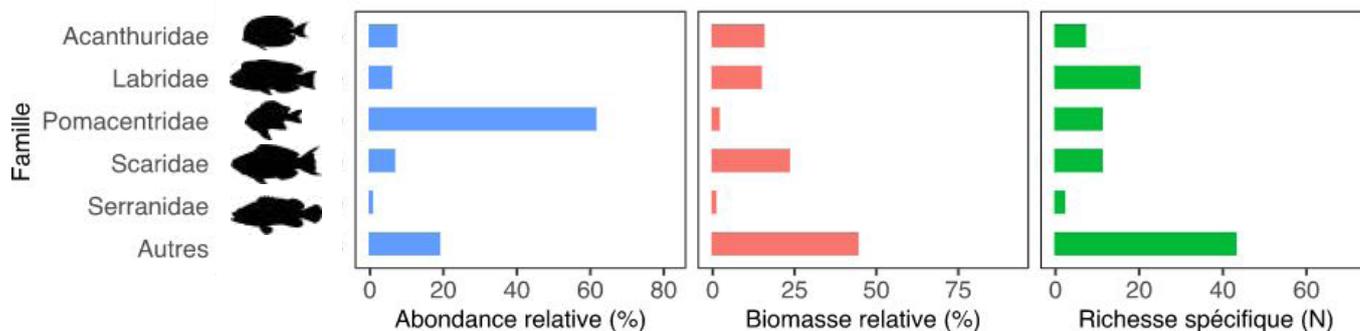
Chiffres clefs pour 250m²

Nombres d'espèces de poissons  94

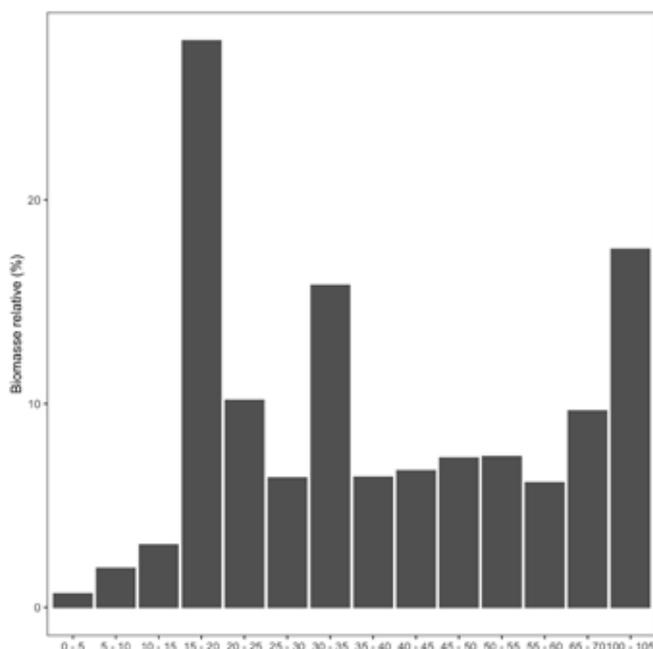
Densité totale  779 individus

Biomasse totale  72,7 Kg

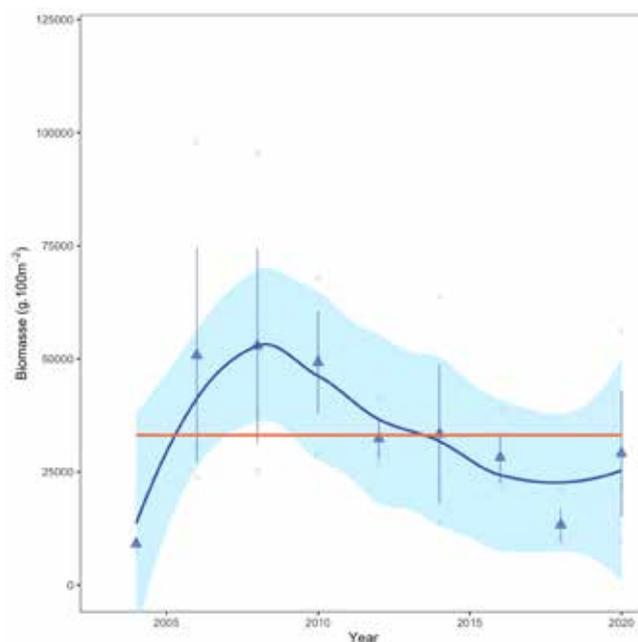
POISSONS



Abondance relative (%), biomasse relative (%) et richesse spécifique en nombre d'individus pour 250m² par famille sur le site de Raiatea pour l'année 2020



Distribution de la biomasse globale par classe de taille des individus sur le site de Raiatea pour l'année 2020



Évolution de la biomasse totale sur le site de Raiatea de 1994 à 2020

Les comptages de poissons réalisés en 2020 sur le site de Raiatea, dans l'archipel de la Société, montrent une diversité très hétérogène à travers l'ensemble des familles. Sur près de 80 espèces, 40 espèces se distribuent dans l'ensemble des autres familles de poissons. On observe aussi une diversité marquée pour la famille des Labridae avec près de 20 espèces uniquement pour cette famille. Concernant les abondances, le peuplement est dominé par les Pomacentridae qui cumulent plus de 60% des effectifs. Concernant la biomasse totale, on observe une contribution importante des Scaridae et une

contribution non négligeable des Acanthuridae et des Labridae. A noter que près de 50% de la biomasse se distribue sur l'ensemble des autres familles du peuplement de poissons. Cette biomasse montre une distribution bimodale constituée à 30% d'individus entre 15 et 20 cm et à 20% d'individus de plus de 100 cm. L'évolution de cette abondance montre une chute régulière entre 2008 et 2018. En 2020, on observe une biomasse en augmentation par rapport à 2018, mais le niveau reste bas par rapport au maximum observé en 2008 pour ce site.

PARAMÈTRES PHYSIQUES

Raiatea



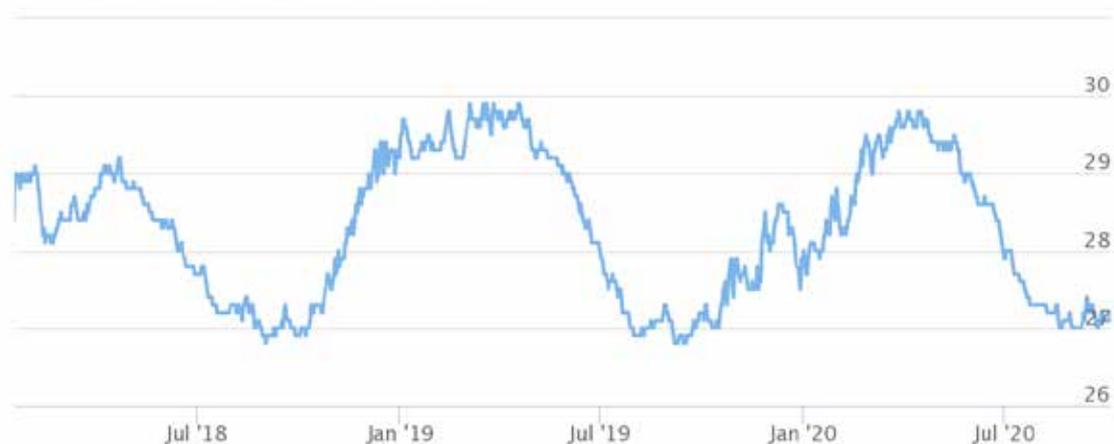
TEMPÉRATURES

Chiffres clefs 2020

T° maximum 30,3°C

T° minimum 26,7°C

T° moyenne 28,3°C



Courbe des températures (C°) sur la période février2018-février2019

Comme toutes les îles de l'archipel de la Société, Raiatea est concernée par un épisode d'eaux anormalement chaudes en 2019, dans le contexte plus global d'un phénomène El Niño d'octobre 2018 à juin 2019, avec une période critique (dépassement des seuils de tolérance thermiques des coraux) de janvier à avril 2019. L'intensité du phénomène semble

cependant moins marquée que sur l'archipel proche des îles du vent plus à l'est. Un maximum de 30,268 °C est relevé le 21 mars 2019. Cette période chaude est suivie, après une période de transition, par un phénomène inverse d'eaux plus fraîches que les normales saisonnières (La Niña) dès juillet 2020 et perdurant encore sur la première partie de l'année 2021.



Compétition entre les
espèces coralliennes

© CRIOBE

TAKAPOTO



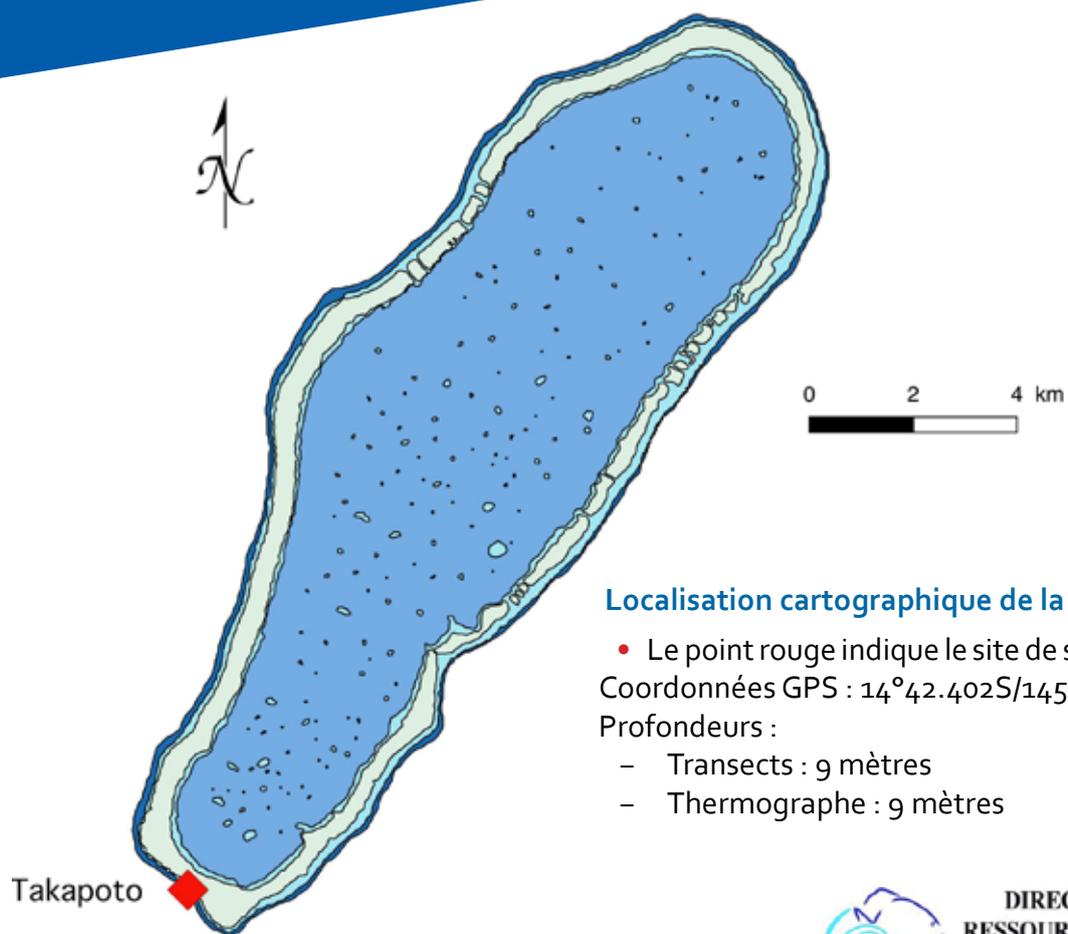
Takapoto est un atoll de forme ovale de 20 km de longueur et 6,7 km de largeur maximales. Son lagon, sans passe, est accessible par un chenal peu profond situé à l'est. Il couvre une superficie de 85 km².

Informations clés

<i>Archipel</i>	Les Tuamotu
<i>Superficie terres émergées</i>	15 km ²
<i>Distance de Tahiti</i>	538 km au nord-est
<i>Type d'île</i>	Atoll
<i>Population</i>	501 hab. (2017)
<i>Suivi Polynesia Mana</i>	depuis 1994
<i>Partenaire local</i>	Direction des Ressources Marines
<i>Matériels en place</i>	1 houlographe

Anneau corallien de Takapoto © Gilles Siu





DIRECTION DES
RESSOURCES MARINES
PU FA'AHOTU MOANA



Photo-paysage du site de suivi Polynesia Mana, 2020 © Criobe



PARAMÈTRES BIOLOGIQUES

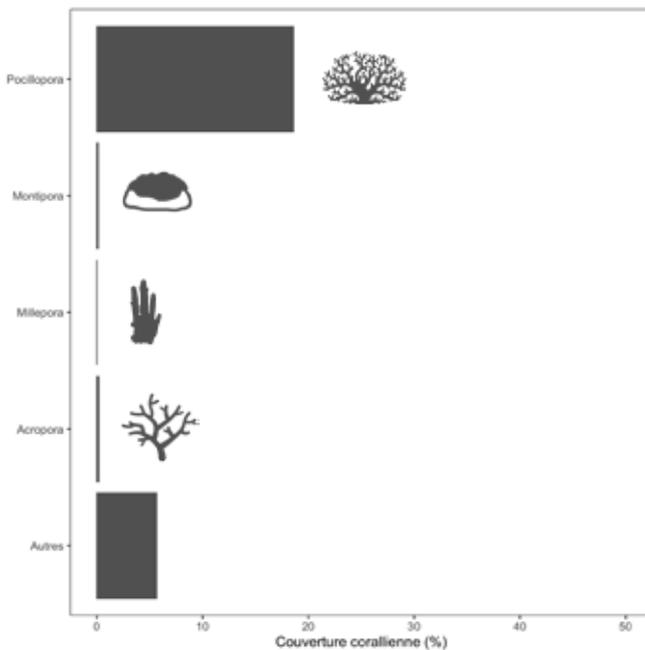
Takapoto



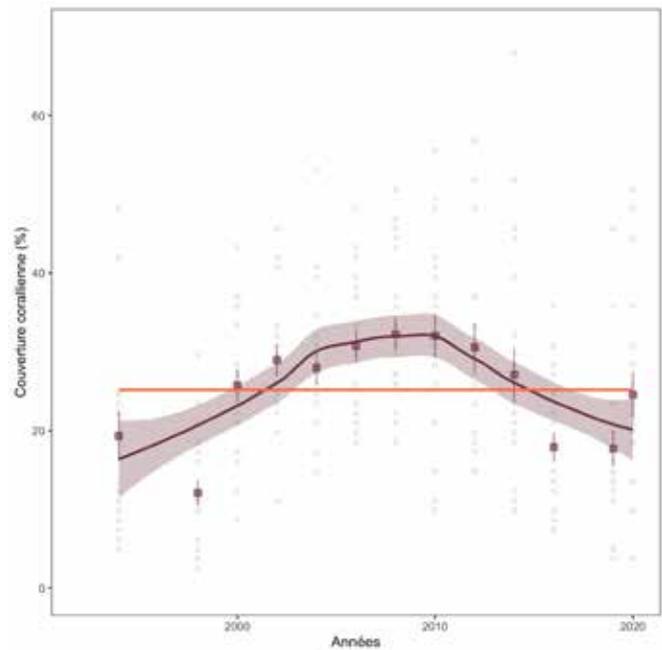
CORAUX

Chiffres clefs 2020

Rugosité du récif	1.90058 (sd0.17898)
Nombre de genres recensés en 2020	7
Recouvrement Corallien	23,3%
Évolution du RC	↗ en hausse



Pourcentage de recouvrement corallien par genre sur le site de Takapoto pour l'année 2020



Historique de la couverture corallienne du site de Takapoto de 1994 à 2020

Ce site, initié en 1994, se situe sur l'extrémité sud-ouest de l'île et est relativement exposé aux houles longues dominantes générées par les systèmes dépressionnaires des zones tempérées et polaires sud. Les variables coralliennes étaient stables durant la décennie précédant 2014 avec des valeurs de recouvrement proches de 30 % et un peuplement toujours largement dominé par le genre Pocillopora. Les relevés de 2016 marquent un changement avec une forte baisse des recouvrements liée à l'épisode

d'eaux chaudes et du blanchissement corallien induit qui ont touché cette zone de l'archipel des Tuamotu au premier trimestre 2016. Les mortalités sont évaluées à près de 50 % des colonies, ce qui fait baisser la valeur du recouvrement corallien à 17,9 % en 2016. Ensuite les recouvrements remontent et on relève en 2020 une valeur de recouvrement de 23,33 % et un faible impact des eaux chaudes qui ont à nouveau touché cet atoll en 2019.

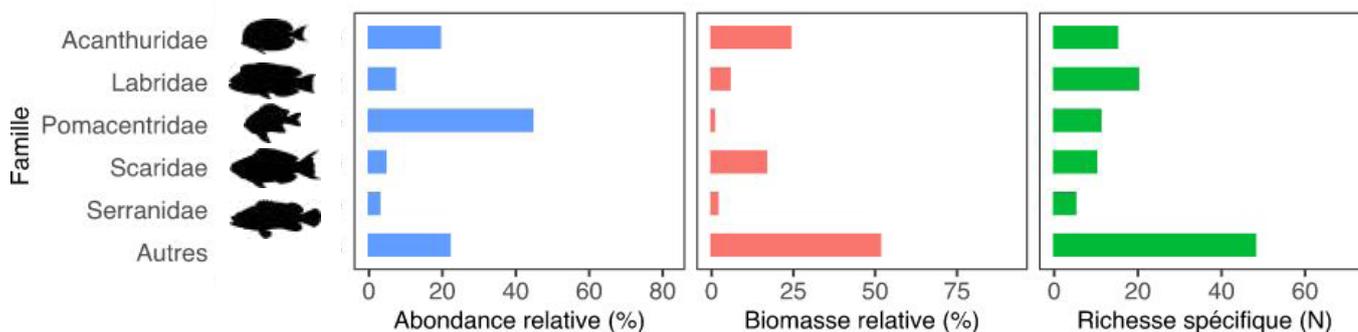
Chiffres clefs pour 250m²

Nombres d'espèces de poissons  109

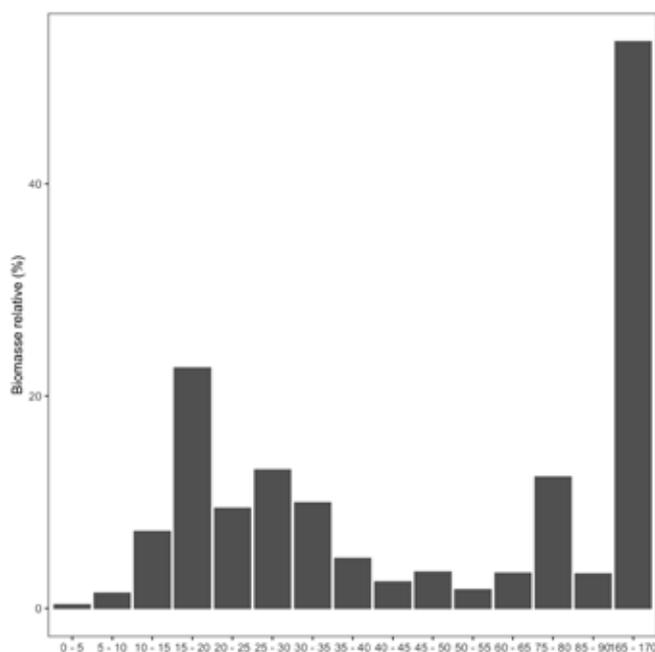
Densité totale  870 individus

Biomasse totale  113 Kg

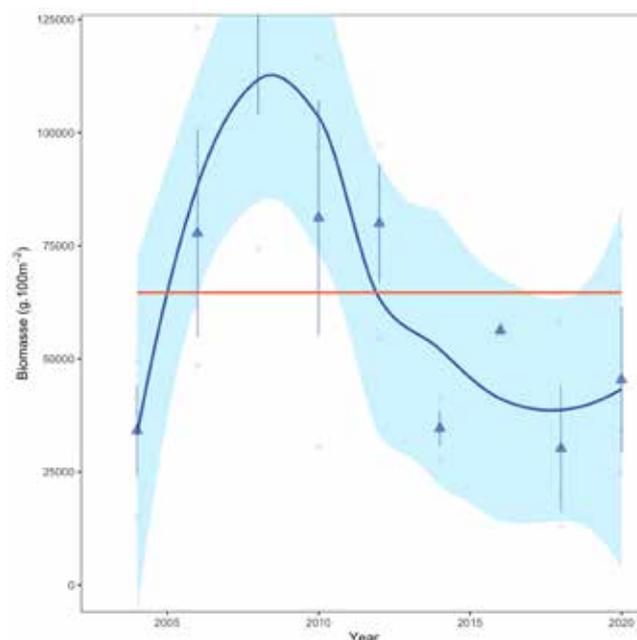
POISSONS



Abondance relative (%), biomasse relative (%) et richesse spécifique en nombre d'individus pour 250m² par famille sur le site de Takapoto pour l'année 2020



Distribution de la biomasse globale par classe de taille des individus sur le site de Takapoto pour l'année 2020



Évolution de la biomasse totale sur le site de Takapoto de 1994 à 2020

Les comptages de poissons réalisés en 2020 sur le site de Takapoto, dans l'archipel des Tuamotu, montrent une diversité très hétérogène à travers l'ensemble des familles. Près de 50 espèces se distribuent dans l'ensemble des autres familles de poissons, lorsque l'on exclue les 5 grandes familles de poissons. On observe aussi une diversité marquée sur la famille des Labridae avec près de 20 espèces uniquement pour cette famille. Concernant les abondances, le peuplement est dominé par les Pomacentridae qui cumulent presque 50% des effectifs. Concernant la biomasse totale, on observe une contribution importante

des Acanthuridae et des Scaridae qui représentent respectivement 25 et 20% de la biomasse totale. À noter que près de 50% de la biomasse se distribue dans l'ensemble des autres familles du peuplement de poissons. Cette biomasse montre une distribution bimodale constituée à 25% d'individus entre 15 et 20 cm mais surtout 50% d'individus de plus de 100 cm. L'évolution de cette abondance montre une chute régulière entre 2008 et 2018. En 2020, on observe une biomasse en légère augmentation par rapport à 2018, mais le niveau reste bas par rapport au maximum observé en 2008 pour ce site.

PARAMÈTRES PHYSIQUES

Takapoto



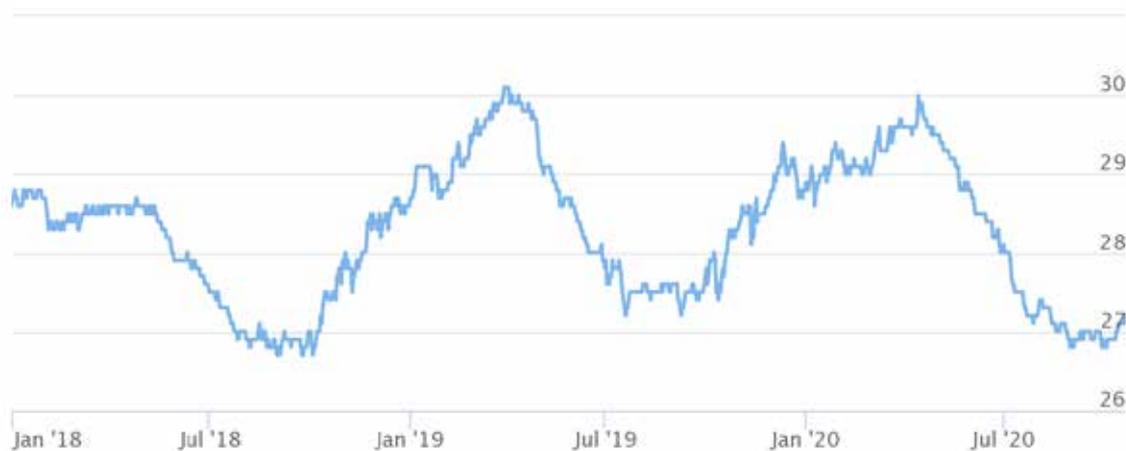
TEMPÉRATURES

Chiffres clefs 2020

T° maximum 30,6°C

T° minimum 26,6°C

T° moyenne 28,5°C



Courbe des températures (C°) sur la période janvier 2018-décembre 2020

L'atoll de Takapoto est concerné par un épisode d'eaux anormalement chaudes en 2019, perdurant de janvier à avril dans le contexte global d'un phénomène El Niño sur la période octobre 2018-juin 2019, avec une période critique (dépassement des seuils de tolérance thermiques des coraux) de janvier à avril 2019. Un maximum de 30,217 °C a été relevé à la fin du mois de mars 2019. L'intensité du

phénomène semble cependant moins marquée que sur l'archipel des îles du vent (archipel de la Société). Cette période chaude est suivie, après une période de transition, par un phénomène inverse d'eaux plus fraîches que les normales saisonnières (La Niña) dès juillet 2020 et qui perdurait encore sur la première partie de l'année 2021.

Sondes du réseau SNO
en place

© CRIOBE



TIKEHAU



Tikehau est un atoll situé à 340 km au nord de Tahiti. Il est de forme ovale de 27 km de longueur et 19 km de largeur maximales. Ses terres émergées sont constituées de motus. Son lagon s'étend sur environ 461 km² et possède une seule passe, permettant la communication de son lagon avec l'océan Tuheiava.

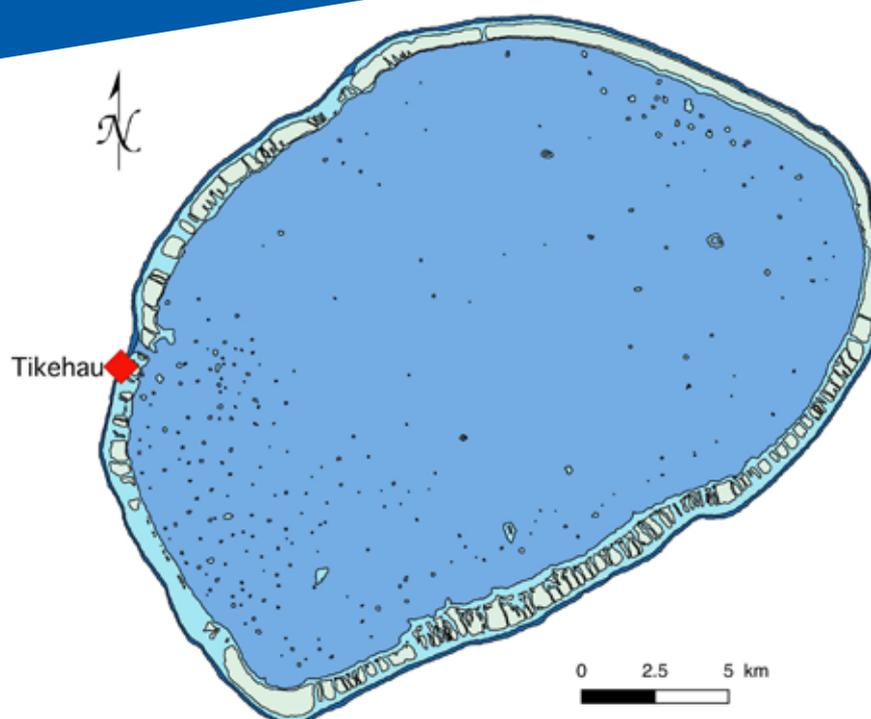
L'atoll de Tikehau présente la particularité d'avoir subi une surélévation lors d'un bombement de la lithosphère. Son niveau le plus haut au-dessus de la mer est à 10m d'altitude.

Informations clés

<i>Archipel</i>	Les Tuamotu
<i>Superficie terres émergées</i>	20 km²
<i>Distance de Tahiti</i>	340 km au nord
<i>Type d'île</i>	atoll
<i>Population</i>	560 hab. (2017)
<i>Suivi Polynesia Mana</i>	depuis 1994
<i>Partenaires locaux</i>	Clubs de plongée
<i>Matériels en place</i>	1 thermographe

Feo de Tikehau © Cécile Berthe





Localisation cartographique de la zone de suivi

- Le point rouge indique le site de suivi *Polynesia Mana*

Coordonnées GPS : 15°0.843'S/148°17.111'W

Profondeurs :

- Transects : 13 mètres
- Thermographe : 13 mètres

Photo-paysage du site de suivi Polynesia Mana, 2020 © Criobe



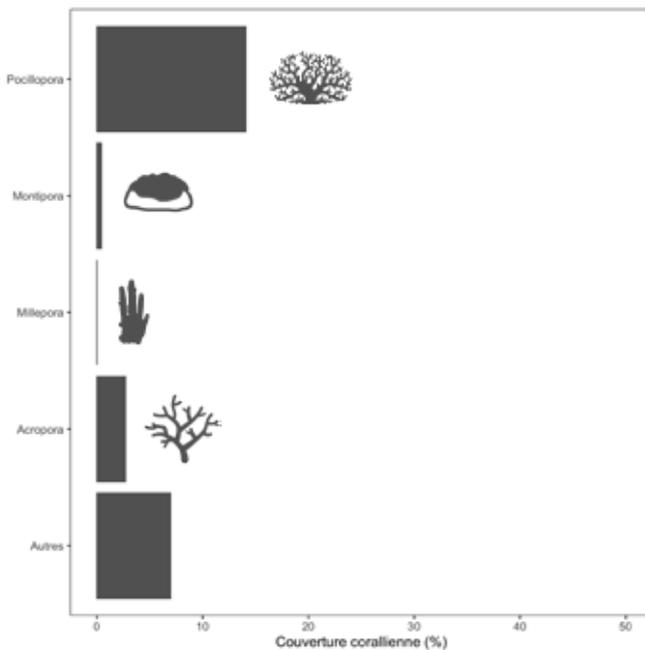
PARAMÈTRES BIOLOGIQUES

Tikehau

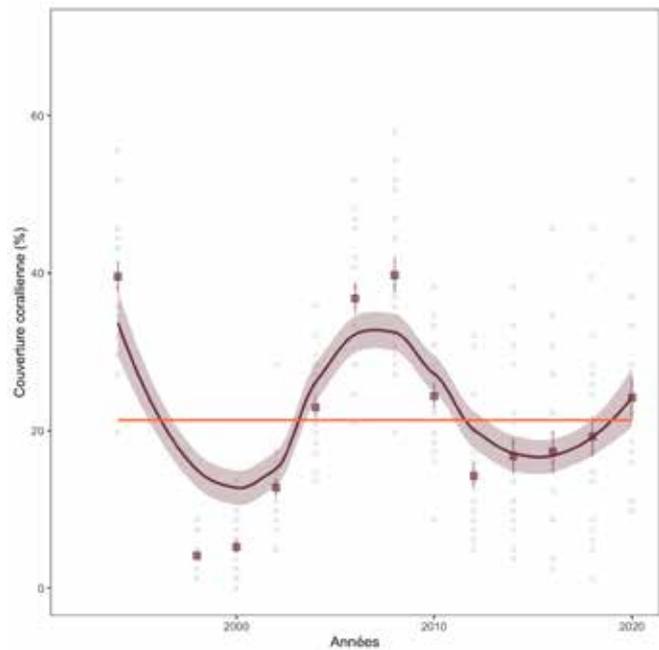


CORAUX

Chiffres clefs 2020	
Rugosité du récif	1.49199 (sd 0.05764)
Nombre de genres recensés en 2020	10
Recouvrement Corallien	24,5
Évolution du RC	↗ en hausse



Pourcentage de recouvrement corallien par genre sur le site de Tikehau pour l'année 2020



Historique de la couverture corallienne du site de Tikehau de 1994 à 2020

Ce site, initié en 1994, se situe sur la côte exposée au nord-ouest, sur une zone occasionnellement concernée par les houles cycloniques de nord-ouest et relativement abritée de la houle dominante de sud-ouest. Le recouvrement corallien avait subi une forte baisse après 2008 (2008 : 39,75%, 2010 : 24,38%, 2012 : 14,25%) en raison d'épisodes de fortes houles (dépressions en 2010). La remontée de ces recouvrements (16,79 % observée en 2014) a été perturbée entre 2014 et 2016 par le phénomène de

blanchissement corallien induisant des mortalités modérées sur la zone géographique concernée. En 2020 le recouvrement poursuit cependant sa progression avec une valeur relevée de 24,57 % sur le peuplement toujours dominé par les genres Pocillopora et Porites. L'impact des eaux chaudes qui ont à nouveau touché cet atoll en 2019 est faible.

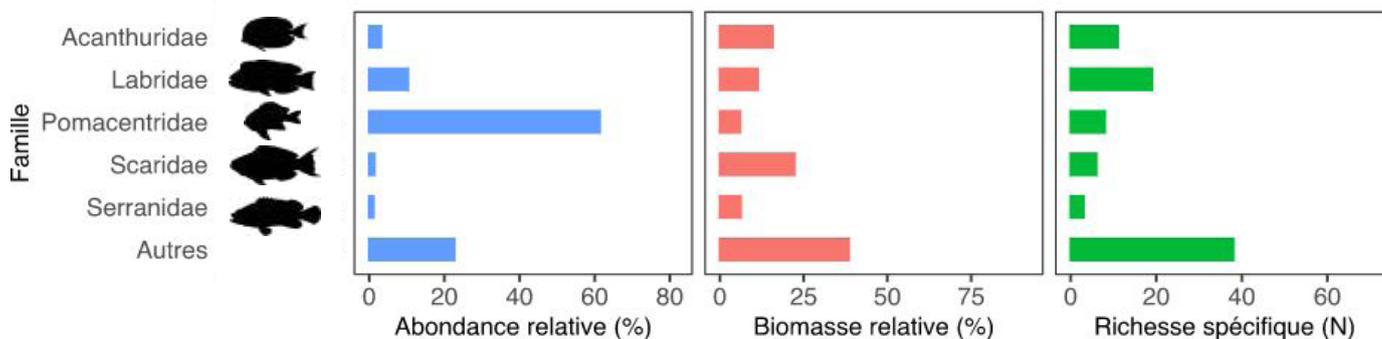
Chiffres clefs pour 250m⁻²

Nombres d'espèces de poissons  85

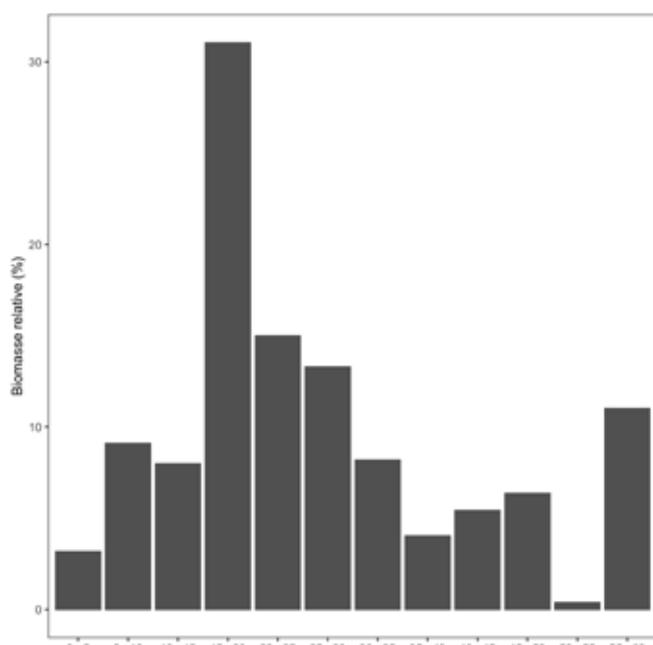
Densité totale  906 individus

Biomasse totale  23,5 Kg

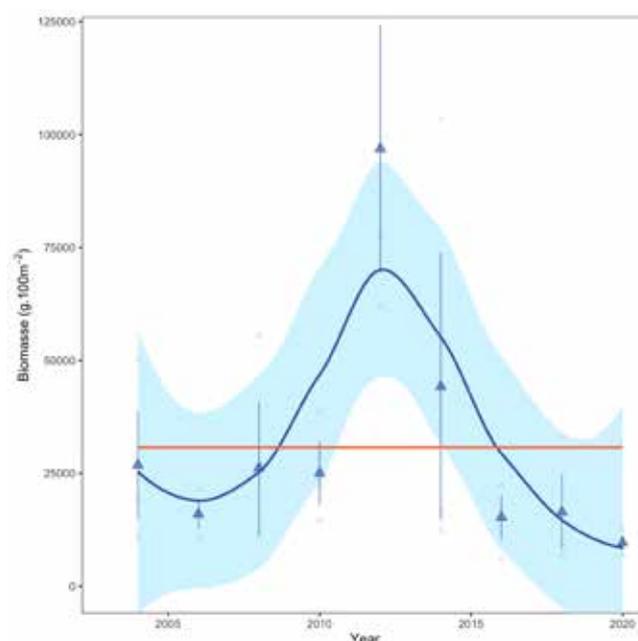
POISSONS



Abondance relative (%), biomasse relative (%) et richesse spécifique en nombre d'individus pour 250m⁻² par famille sur le site de Tikehau pour l'année 2020



Distribution de la biomasse globale par classe de taille des individus sur le site de Tikehau pour l'année 2020



Évolution de la biomasse totale sur le site de Tikehau de 1994 à 2020

Les comptages de poissons réalisés en 2020 sur le site de Tikehau, dans l'archipel des Tuamotu, montrent une diversité très hétérogène à travers l'ensemble des familles. Près de 40 espèces se distribuent dans l'ensemble des autres familles de poissons, lorsque l'on exclue les 5 grandes familles de poissons. On observe aussi une diversité marquée sur la famille des Labridae avec près de 20 espèces uniquement pour cette famille. Concernant les abondances, le peuplement est largement dominé par les Pomacentridae qui cumulent un peu plus de 60% des effectifs. Concernant la biomasse totale, on observe une distribution large sur l'ensemble des familles. À noter que près de 40% de la biomasse se distribue

sur l'ensemble des autres familles du peuplement de poissons, mais aussi que les Scaridae comptent pour presque 25% de la biomasse totale. Cette biomasse montre une distribution centrée sur des individus entre 15 et 20 cm qui représentent près de 30% de la biomasse totale. L'évolution de cette abondance montre une certaine stabilité sur la période depuis 1998, mais avec deux années particulières, 2012 et 2014, caractérisées par une variance très importante. En 2020, nous observons la biomasse la plus faible sur le suivi depuis 1998 et il sera important de suivre cette évolution dans le futur sur un atoll connu pour sa production halieutique très importante.

PARAMÈTRES PHYSIQUES

Tikehau



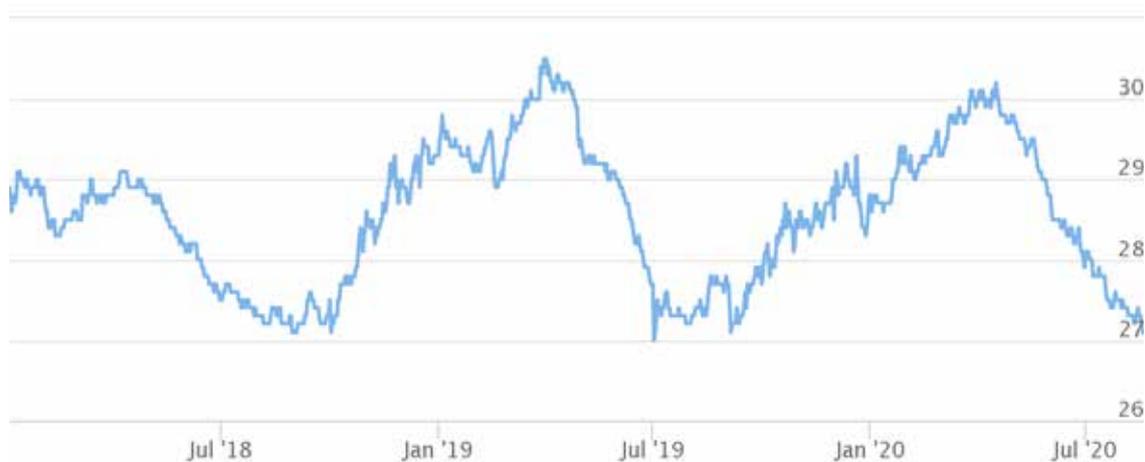
TEMPÉRATURES

Chiffres clefs 2020

T° maximum 30,9°C

T° minimum 26,5°C

T° moyenne 28,8°C



Courbe des températures (C°) sur la période janvier2018-août2020

L'atoll de Tikehau est concerné par un épisode d'eaux anormalement chaudes en 2019 perdurant de janvier à avril dans le contexte global d'un phénomène El Niño sur la période octobre 2018-juin 2019, avec une période critique (dépassement des seuils de tolérance thermiques des coraux) de janvier à avril 2019. Un maximum de 30,9 °C est relevé le 1er avril

2019. L'intensité du phénomène semble cependant moins marquée que sur l'archipel des îles du vent. Cette période chaude est suivie, après une période de transition, par un phénomène inverse d'eaux plus fraîches que les normales saisonnières (La Niña) dès juillet 2020 et qui perdurait encore sur la première partie de l'année 2021.

AIRES MARINES PROTÉGÉES DE MOOREA



Méthodologie

LE PLAN DE GESTION DE L'ESPACE MARITIME

Le PGEM de Moorea a été mise en place en 2004 et comprend la surveillance scientifique des Aires Marines Protégées (AMP, en rouge sur la carte) de la zone allant du rivage à la pente externe.

Dans le cadre du Service National d'Observation, des Aires Marines Témoins (AMT, en jaune sur la carte) ont été rajoutées au suivi.

8 AMP :

- 5 AMP totales
Nord : Tiahura, Pihaena et Aroa
Ouest : Taotaha et Tetaiuo
- 3 AMP partielles
Est : Nuarei, Ahi et Maatea

5 AMT :

- Nord : Entre deux baies (E2B)
- Ouest : Haapiti et Gendron
- Est : Temae et Afareaitu

117 STATIONS SUIVIES

Sur chaque aire marine, 3 zones de suivi sont disposées :

- a) sur la bordure du récif frangeant la plus proche du chenal ou lorsque le chenal n'existe pas, à la frontière du récif barrière et du récif frangeant,
- b) sur le récif barrière à 200 m en retrait des brisants de crête récifale,
- c) sur la pente externe à 10 m de fond.

13 Aires Marines x trois zones par aire marine (soit 39 zones) x trois stations par zone (réplicas) soit 117 stations. Chaque station est représentée matériellement par un transect (ligne de 25 m tendue) non permanent.

Sur chaque station, les relevés concernent les peuplements de poissons, la couverture du substrat (coraux, algues) et les populations d'invertébrés benthiques (Mollusques et Echinodermes).

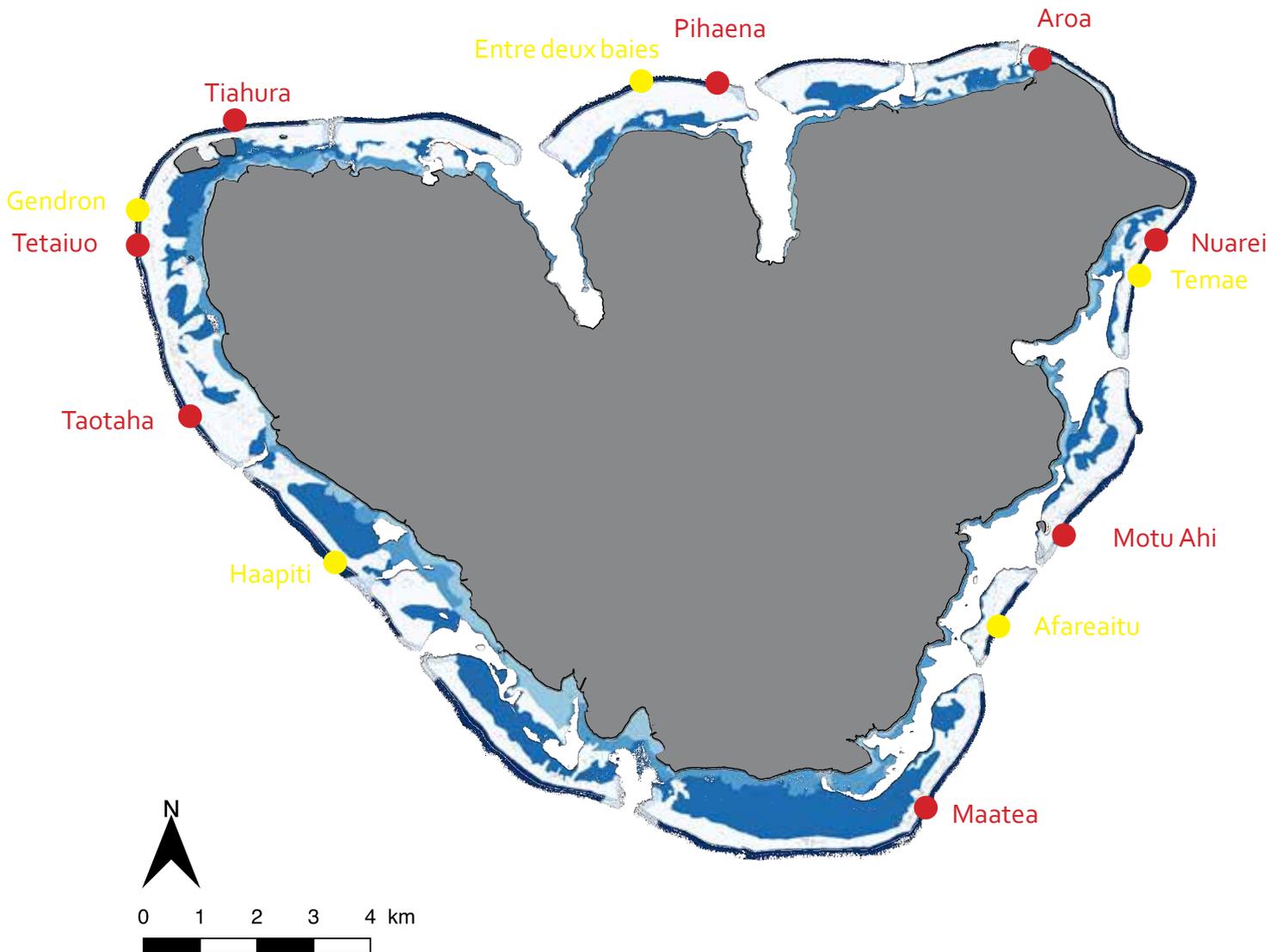
Les transects sont disposés parallèlement au rivage ou à la crête récifale dans le lagon et sur la pente externe. Lorsque les contreforts de pente externe sont délimités par des vallons importants, les transects sont disposés en triangle sur un seul contrefort (cas des AMP ou AMT de Pihaena, E2B, Tiahura, Aroa). Les transect en pente externe sont à -10 m sauf sur les zones contrefort de la côte nord (Pihaena, E2B, Tiahura, Aroa) où les profondeurs de début et de fin de transect varient entre 7 et 12 m. Les comptages se font toujours après 8h et avant 16h30.

FRÉQUENCES DES SUIVIS

De 2004 à 2009 les comptages sur les mêmes stations ont été réalisés deux fois par an pendant deux ans à six mois d'intervalle pour cibler les mois de janvier-février (appelés saison chaude) et juillet-août (appelés saison froide), et toujours au moment de la pleine lune. A partir de 2010 les comptages ne sont réalisés qu'une fois par an à la saison chaude (janvier à mars).

Bouée du PGEM © Adeline Goyaud





Les aires marines, suivies depuis 2004, englobent la zone allant du rivage jusqu'à 70 mètres de profondeur sur la pente externe. Chaque aire marine est divisée en trois zones : une zone sur le récif frangeant, une zone sur le récif barrière et une zone sur la pente externe à -10 mètres.

Les comptages AMP/AMT s'effectuent toujours au moment de la pleine lune.

Ils sont réalisés sur trois transect-couloir (trois répliquas) espacés de 25 m chacun à l'intérieur de chaque zone. Les zones choisies à l'intérieur de chaque aire correspondent à trois habitats différents :

- la pente externe à -10 m de profondeur,
- le récif barrière à 200 m en retrait des brisants de crête récifale
- et la bordure du récif frangeant la plus proche du chenal, ou, lorsque le chenal n'existe pas, à la frontière du récif barrière et du récif frangeant.

Méthodologie

SUIVI DES INVERTÉBRÉS BENTHIQUES

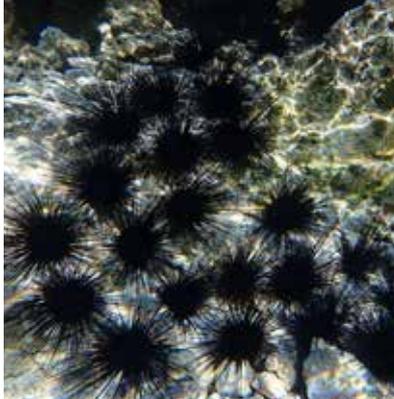
La densité des invertébrés cibles est évaluée selon la méthode du transect-couloir (comptage de tous les individus présents dans le couloir de 25 x 2m = 50m²), puis la moyenne est calculée entre les trois réplifications pour chaque zone.

TABLEAU I : Genres de mollusques pris en compte dans le suivi des AMPs



Nom français	Nom tahitien	Nom scientifique
Bénitier	Pahua	<i>Tridacna maxima</i>
Burgau	ma'oa taratoni	<i>Turbo marmoratus</i>
7 doigts	Tara hitu	<i>Lambris truncata</i>
Casque	Putara	<i>Cassis cornuta</i>
Troca	toroka	<i>Trochus niloticus</i>

TABLEAU II : Genres d'échinodermes pris en compte dans le suivi des AMPs



Nom français	Nom tahitien	Nom scientifique
Etoile de mer épineuse	Taramea	<i>Acanthaster planci</i>
Holothurie ocellée	Rori	<i>Bohadschia argus</i>
Holothurie noire	Rori	<i>Halodeima atra</i>
Holothurie ananas	Rori	<i>Telenota ananas</i>
Synapte maculée	-	<i>Synapta maculata</i>
Oursin Tripneuste	Avae	<i>Tripneustes gratilla</i>
Oursin Diadema	Vana	<i>Diadema sp.</i>
Oursin à gros piquant	Vana	<i>Echinothrix diadema</i>

SUIVI DES POISSONS

La méthode d'échantillonnage utilisée pour le suivi des poissons est la technique de transect-couloir : utilisation d'un couloir rectangulaire de 2 m de large au centre duquel est placé un transect linéaire de 25 m. L'aire délimitée par le couloir permet de dénombrer le nombre de poissons par m².

Les peuplements de poissons font l'objet de comptages totaux (toutes espèces, plus de 160 espèces différentes) sur les 3 stations dans chacune des zones déterminées. Chaque comptage est réalisé à distance fixe dans le couloir de 50m², sur lequel les identifications et les estimations de la taille (en cm) de chaque individu sont effectuées.

Les comptages permettent ainsi d'avoir un nombre moyen d'individu par 50 m² pour chaque espèce dans chaque zone.

SUIVI DE LA COUVERTURE DU SUBSTRAT

Le pourcentage de recouvrement des composants du substrat est estimé selon la méthode du Point Intercept Transect (PIT) réalisée sur une longueur de 25 m avec des points de comptages espacés de 50 cm le long du transect. 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 (50 par transect). La moyenne de recouvrement est ensuite calculée pour chaque zone.



Balise de limite d'aire marine protégée du PGEM de Moorea

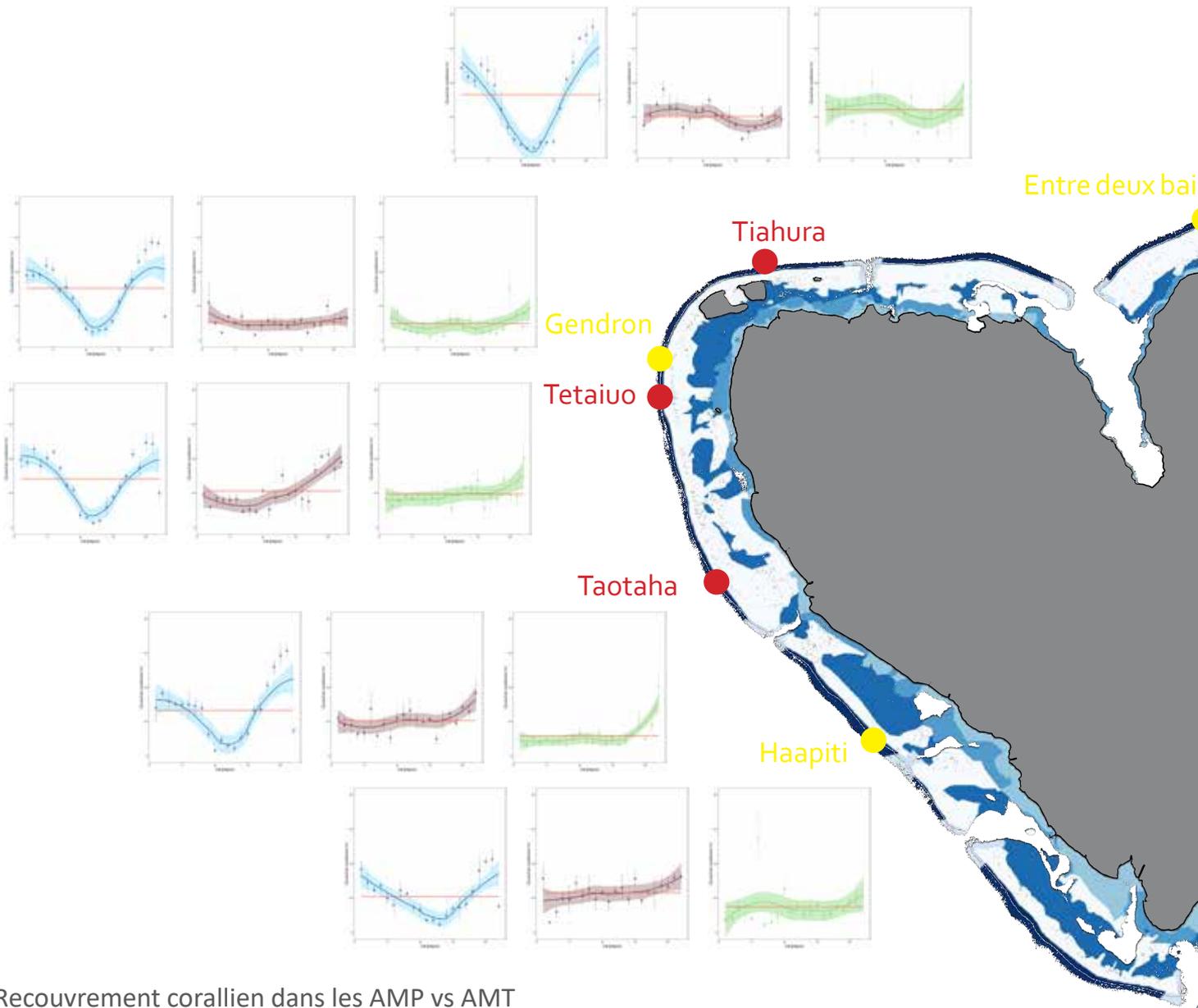
© Adeline Goyaud

TABLEAU III : Catégories de substrats pris en compte dans le suivi des AMPs

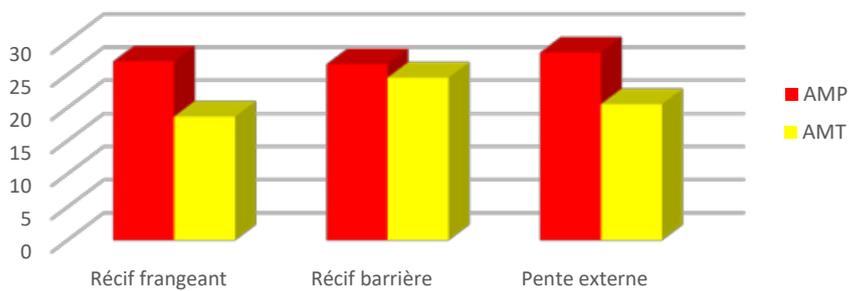
CODE	SUBSTRAT	DESIGNATION
CV	Corail vivant	Tous les coraux durs vivants y compris <i>Millepora sp.</i> Les genres sont notés. Les fragments cassés mais vivants (e.g. branches d' <i>Acropora sp.</i>) supérieurs à 15 cm sont également notés.
<p>Les genres de coraux qui sont pris en compte sont les suivants : <i>Acropora</i>, <i>Pocillopora</i>, <i>Astreopora</i>, <i>Cyphastrea</i>, <i>Favia</i>, <i>Fungia</i>, <i>Herpolitha</i>, <i>Leptastrea</i>, <i>Leptosera</i>, <i>Lobophyllia</i>, <i>Millepora</i>, <i>Montastrea</i>, <i>Montipora</i>, <i>Pachyseris</i>, <i>Pavona</i>, <i>Porites</i>, <i>Psammocora</i>, <i>Sandalolitha</i>.</p> <p>Lors des phénomènes de stress notable (e.g. blanchissement), les colonies malades sont répertoriées par un code distinctif.</p>		
CM	Corail mort	Les squelettes de coraux récemment morts (mort < 1 année) encore sur pied ou récemment cassé. Les structures des polypes doivent être encore visibles. Le recouvrement en algues doit être faible.
MA	Macroalgues	Toutes les algues non calcaires de grande taille facilement identifiable à la vue. On distingue les genres suivants : <i>Turbinaria</i> , <i>Sargassum</i> , <i>Halimeda</i> , <i>Padina</i> , <i>Boodlea</i> , <i>Cyanophycées</i> , <i>Dictyota</i> , <i>Caulerpa</i> , turf à <i>Stegastes</i> .
DA	Dalle	Tous les fonds durs et compacts même recouverts de gazon fin et courts (h < 5 mm) ou d'algues encroûtantes. Les coraux morts depuis longtemps (plus de 1 an), sont inclus dans cette catégorie.
D	Débris coralliens	Tous les fragments coralliens durs et non fixés et n'ayant pas la forme d'une colonie entière (e.g. <i>Fungia sp.</i>) compris entre 0,2 et 15 cm.
S	Sable	Sédiment dont les fragments sont de taille inférieure à 0,2 cm et qui ne restent pas en suspension lorsqu'on les remue.
V	Vase	Sédiment qui reste en suspension et assombrit la visibilité lorsqu'on le remue.
A	Autre	Tout autre organisme (anémones, coquillages, déchets, coraux mous, etc.).

Résultats

Recouvrement corallien



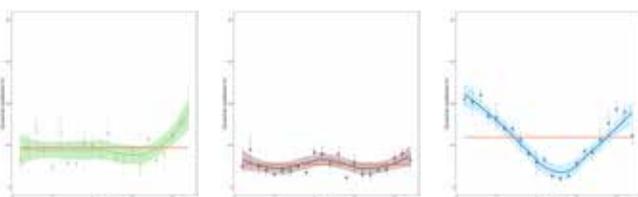
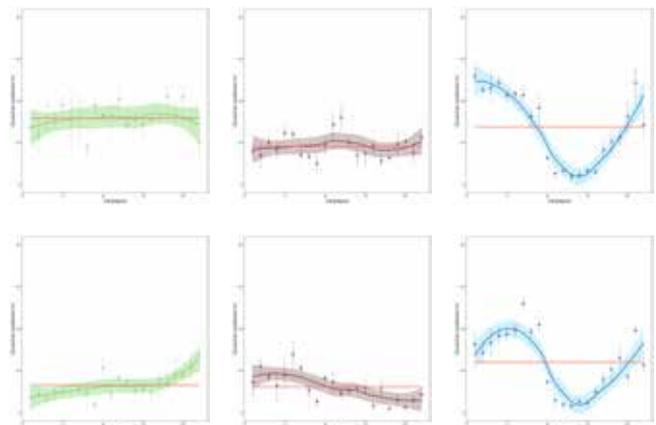
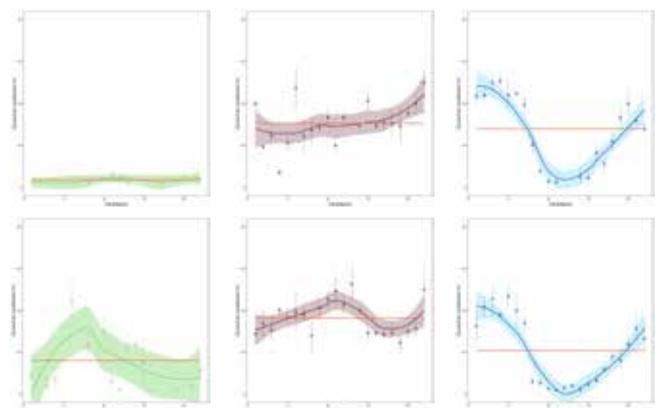
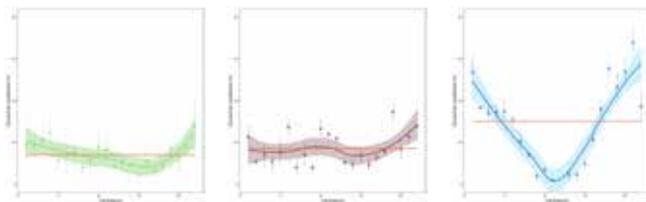
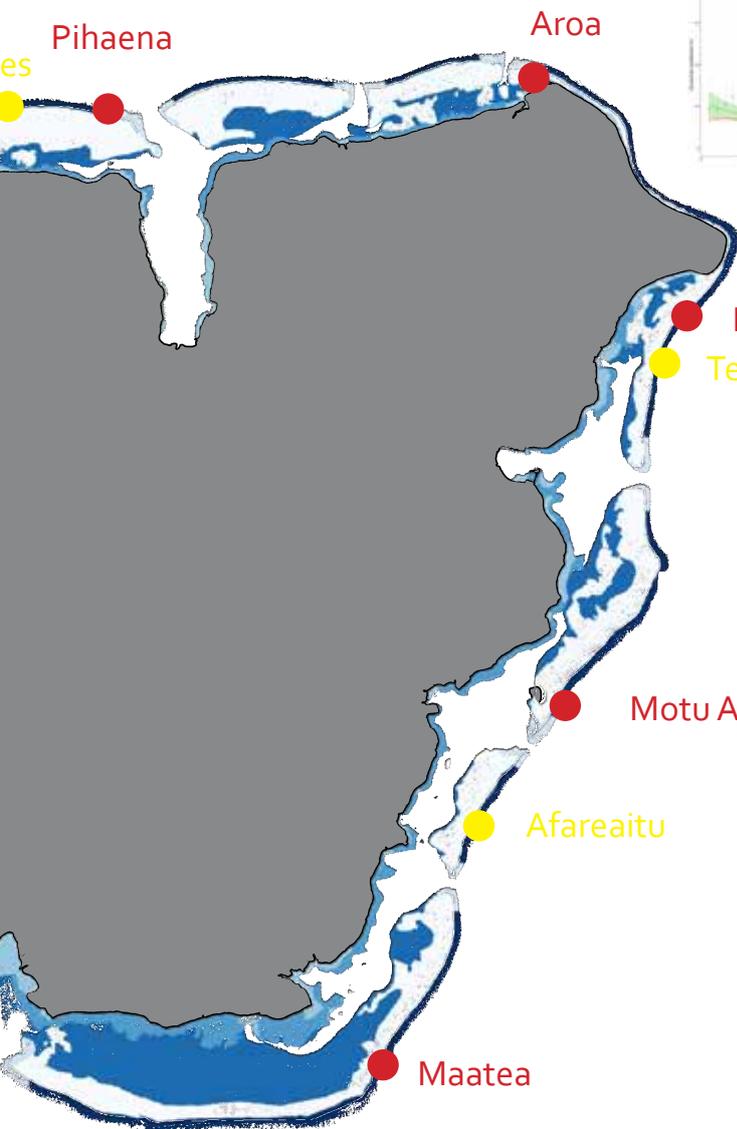
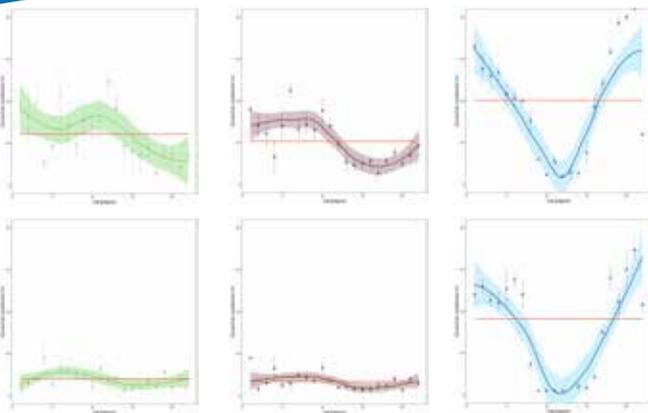
Recouvrement corallien dans les AMP vs AMT de Moorea (%) - 2020



Pourcentage de recouvrement corallien dans les AMP et AMT de Moorea, sur les trois habitats suivis (frangeant = vert, barrière = rose, pente externe = bleu) depuis la première campagne de suivi en 2004 jusqu'en 2020.

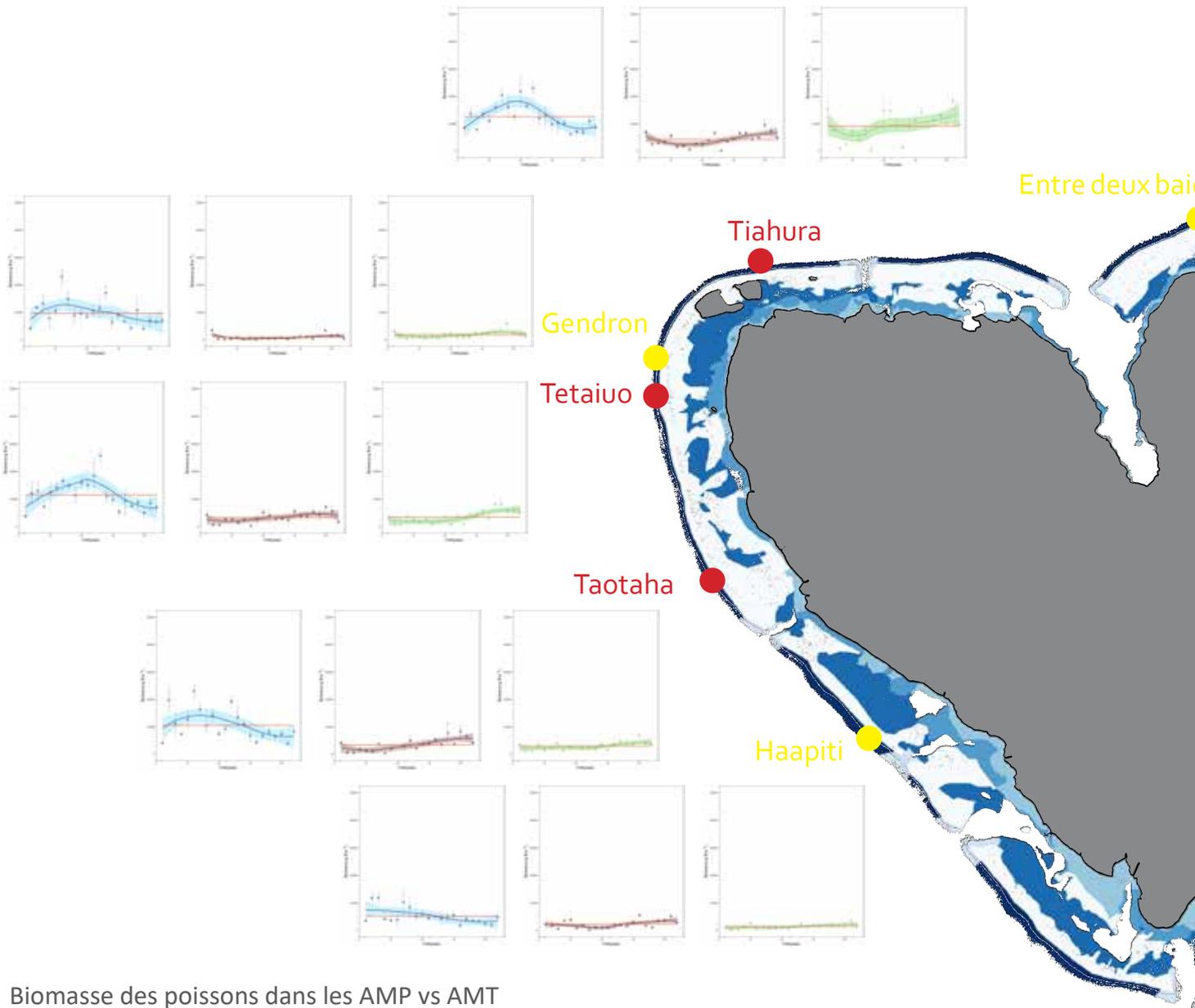
Légende

- Récif frangeant
- Récif barrière
- ▲ Pente externe

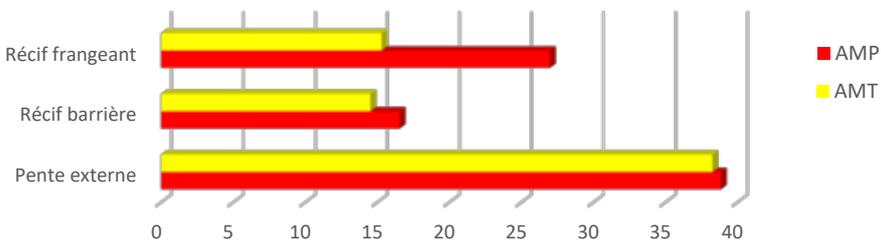


Résultats

Biomasse des poissons



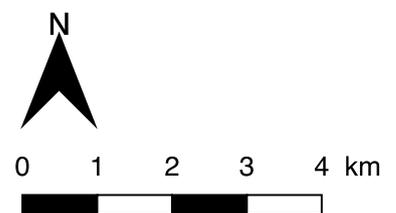
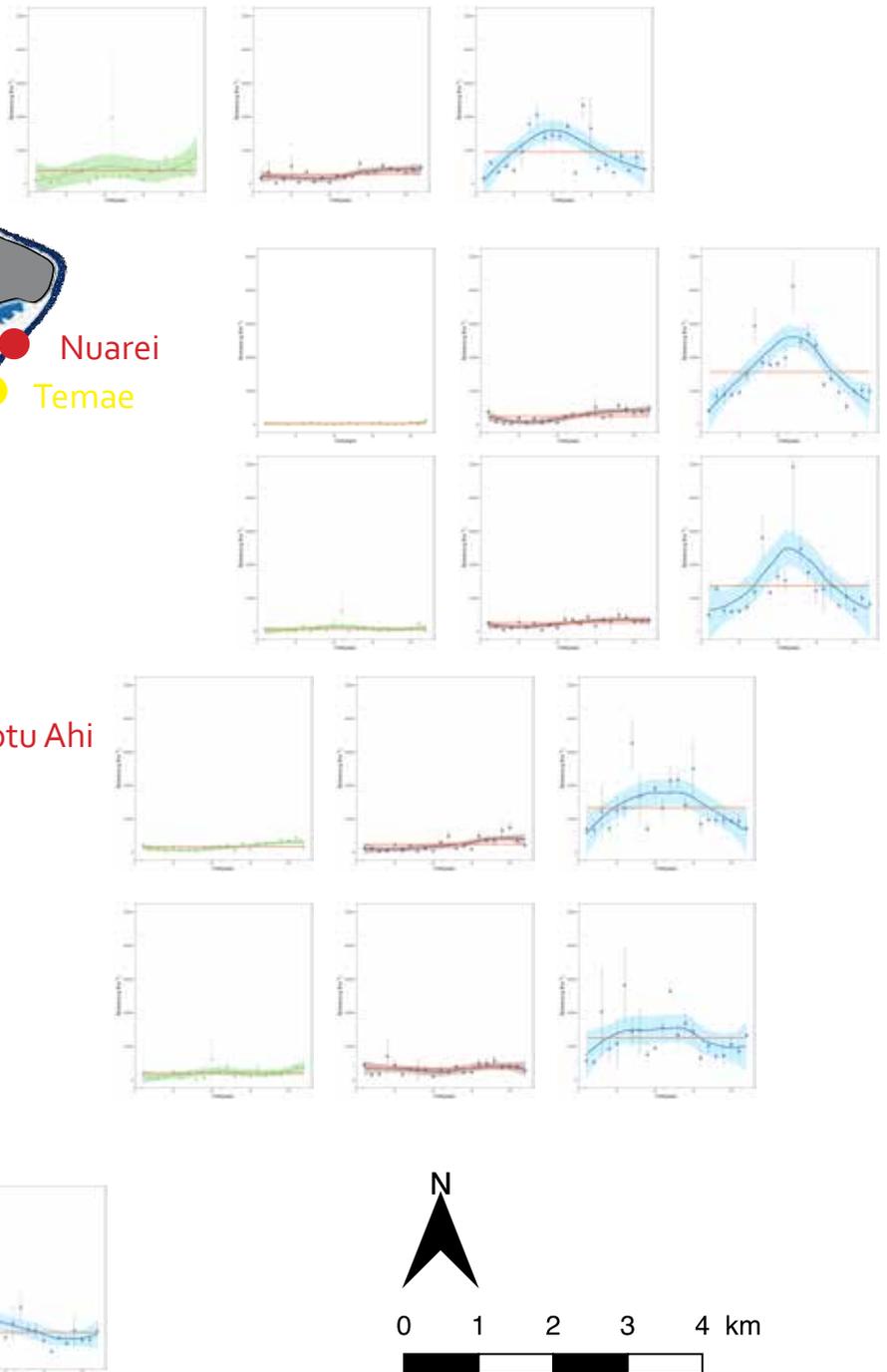
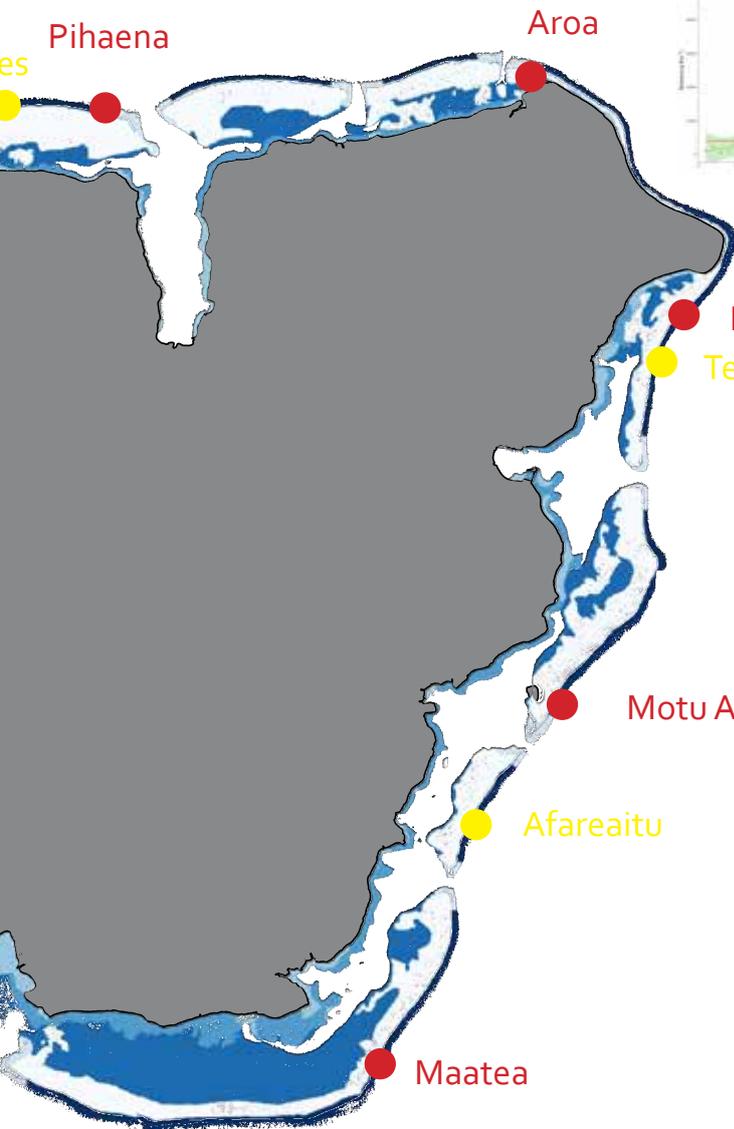
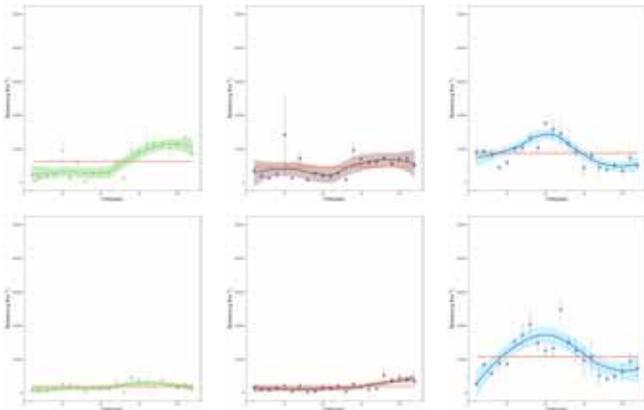
Biomasse des poissons dans les AMP vs AMT de Moorea (kg/250m²) - 2020



Biomasse des poissons (g.50m⁻²) dans les AMP et AMT de Moorea, sur les trois habitats suivis (frangeant = vert, barrière = rose, pente externe = bleu) depuis la première campagne de suivi en 2004 jusqu'en 2020.

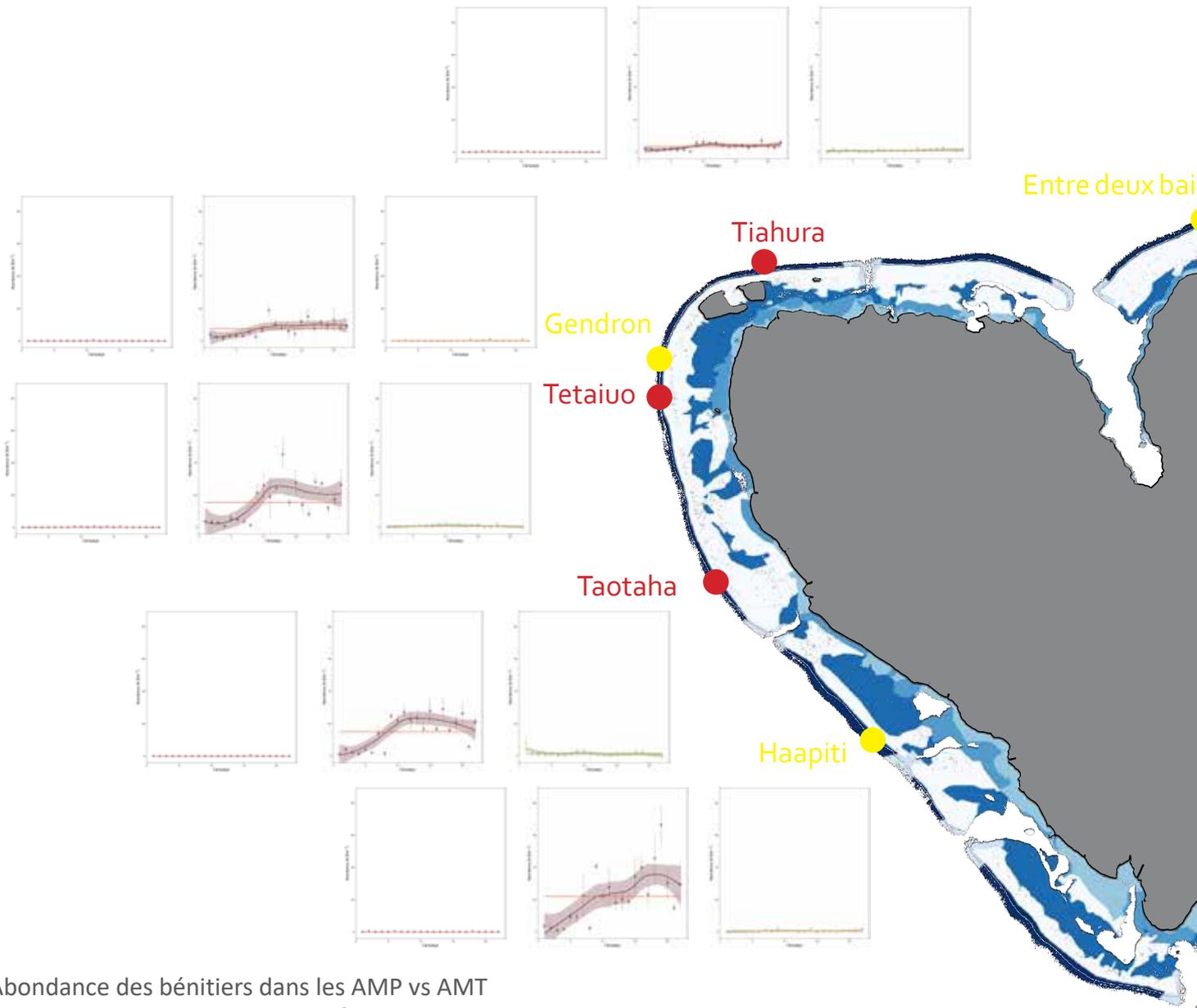
Légende

- Récif frangeant
- Récif barrière
- ▲ Pente externe

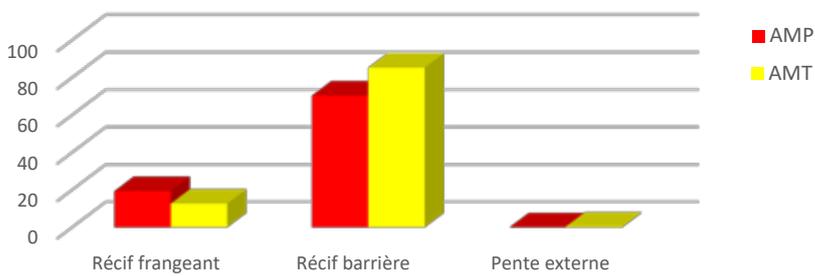


Résultats

Abondance des béditiers



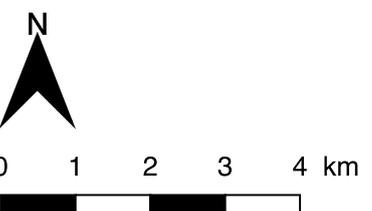
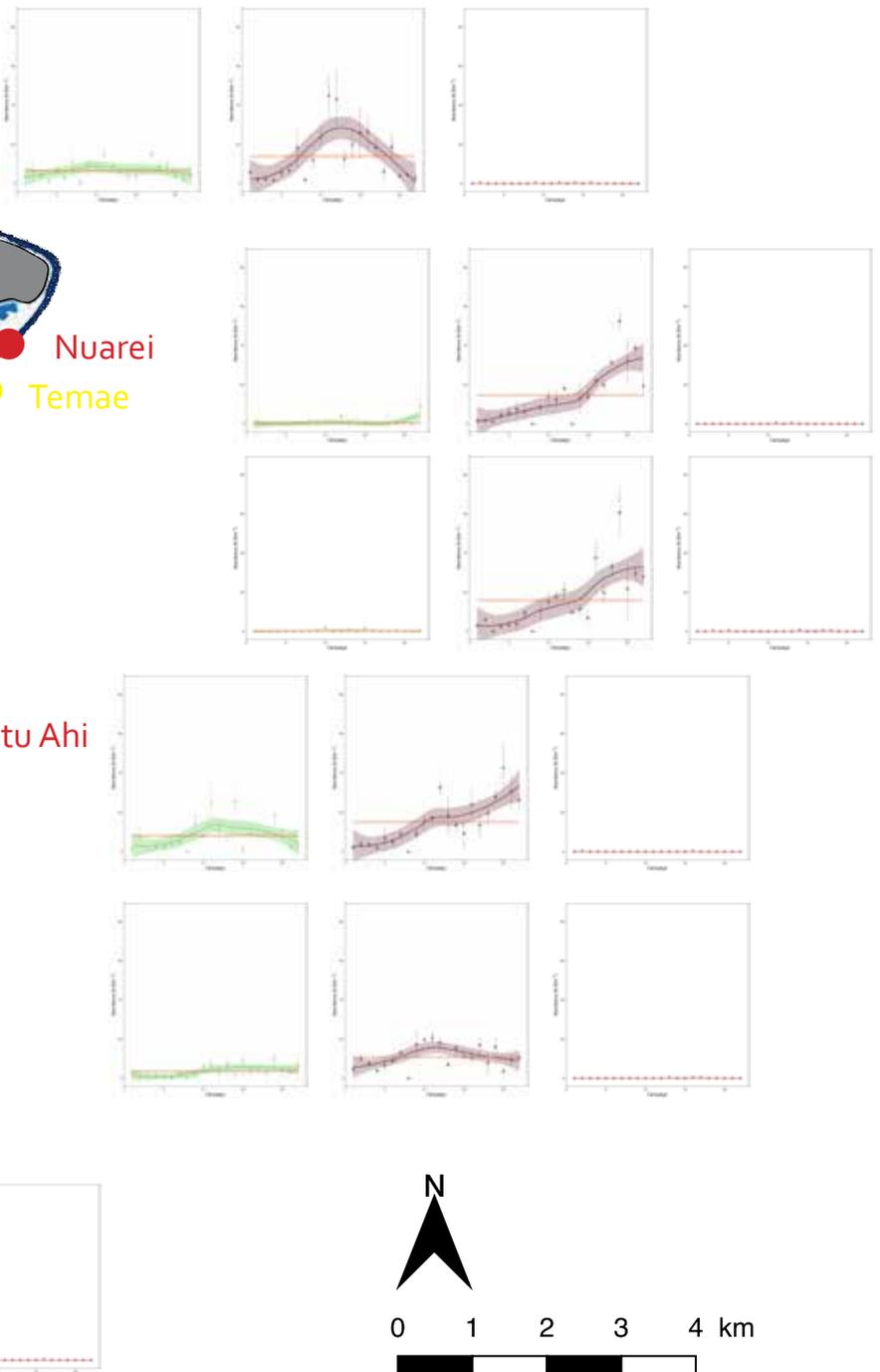
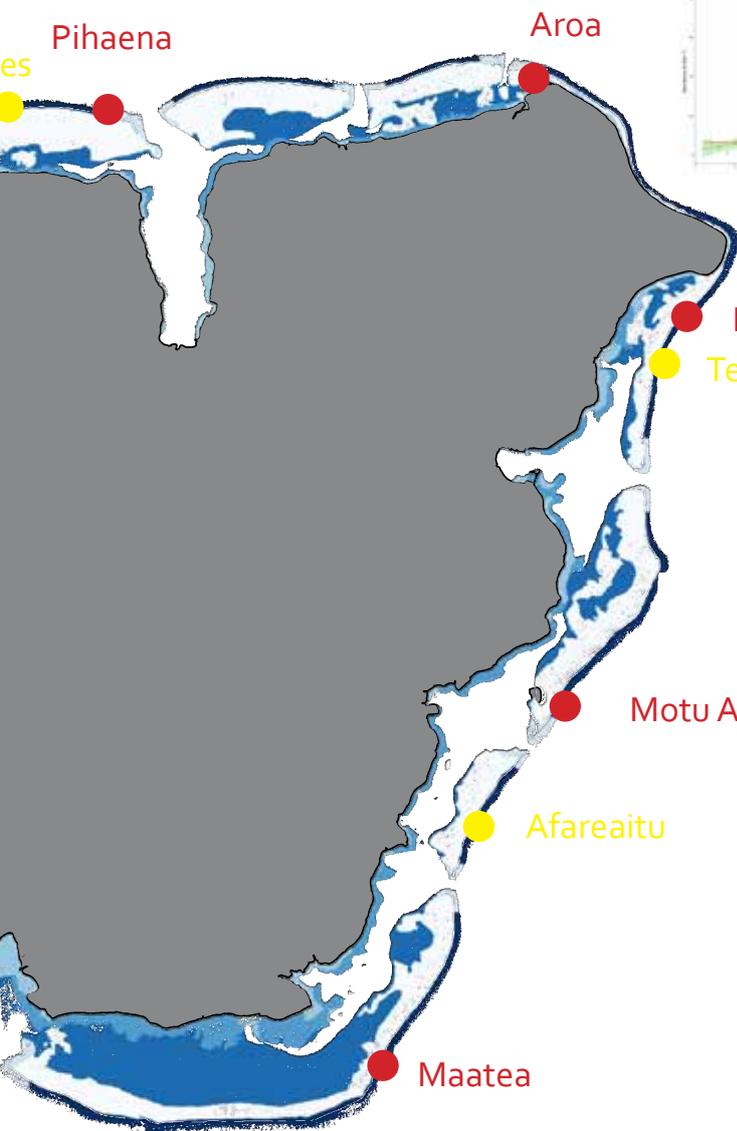
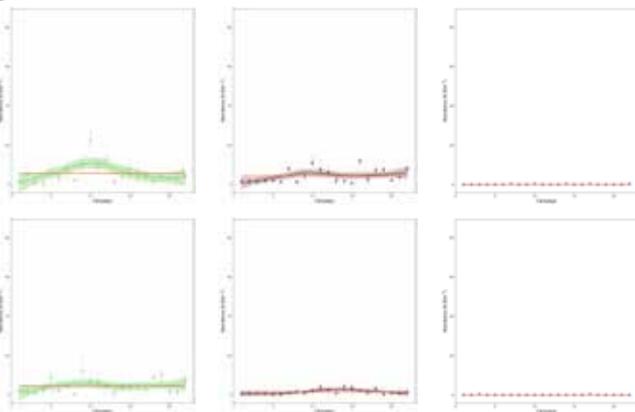
Abondance des béditiers dans les AMP vs AMT de Moorea (Nbr indv/250m²) - 2020



Abondance des bnitirs (N.50m⁻²) dans les AMP et AMT de Moorea, sur les trois habitats suivis (frangeant = vert, barrière = rose, pente externe = bleu) depuis la première campagne de suivi en 2004 jusqu'en 2020.

Légende

- Récif frangeant
- Récif barrière
- ▲ Pente externe





SUIVI À LONG TERME
DE LA RADIALE
DE TIAHURA

Méthodologie

SUIVI DU BENTHOS

Le suivi se fait sur la radiale de Tiahura depuis 1987. Le repère de la radiale sur la plage est une coupure perpendiculaire au récif, puis cette radiale passe par trois patates de corail à la station 8 (voir page de droite), et enfin est alignée sur la bouée jaune mouillée sur -40 mètres dans l'océan. Un quintuple décimètre (A) est déroulé perpendiculairement à la plage. Au repère 25m de ce quintuple décimètre est déroulé perpendiculairement un quintuple décimètre (B) qui se retrouve ainsi parallèle à la plage. Sur ce deuxième quintuple décimètre et tous les mètres nous regardons avec un fil à plomb le type de substrat rencontré selon 7 catégories:

- R (rubbles)
- S (Sable)
- T (Turf)
- A (macroAlgues)
- P (Porolithon / algues calcaires)
- D (Dalle)
- C (Corail vivant)

L'opération est répétée ainsi 22 fois jusqu'aux -25 mètres en pente externe

SUIVI DES POISSONS

Le suivi est réalisé depuis 1982 sur le récif frangeant de Tiahura, le récif-barrière et la pente externe par 12 m de profondeur. Les poissons sont comptés quatre fois à la même station. Les quatre comptages réalisés successivement à une même station peuvent donc être considérés comme des répliques temporels. Les comptages sont effectués deux fois par an, respectivement autour des mois de mars et de septembre entre 9 et 11h autour du premier quartier de lune dans le lagon.

Les régimes alimentaires des poissons sont :

- les herbivores
- les omnivores
- les brouteurs d'invertébrés
- les carnivores diurnes
- les carnivores nocturnes
- les piscivores
- les zooplanctonophages

ECHANTILLONNAGE PAR ZONE GÉOMORPHOLOGIQUE

Pente externe (-12m, GPS DMS:17°28'58,2»S 149°53'58,0»W)

Transect de 50 m x 2 (100m²), parallèle à la crête récifale

L'ensemble du transect est régulièrement observé afin d'observer l'occurrence de grands individus et/ou d'espèces très mobiles. Pour les plus petits individus, ou les espèces plus territoriales, le transect est virtuellement subdivisé en sub-sections de 5 m dans lesquelles seuls les individus qui y sont présents sont identifiés. Un deuxième passage est consacré au comptage des individus de l'espèce *Ctenochaetus striatus*, très abondants sur les transects.

Récif Barrière (GPS DMS : 17°29'05,1»S 149°53'58,9W)

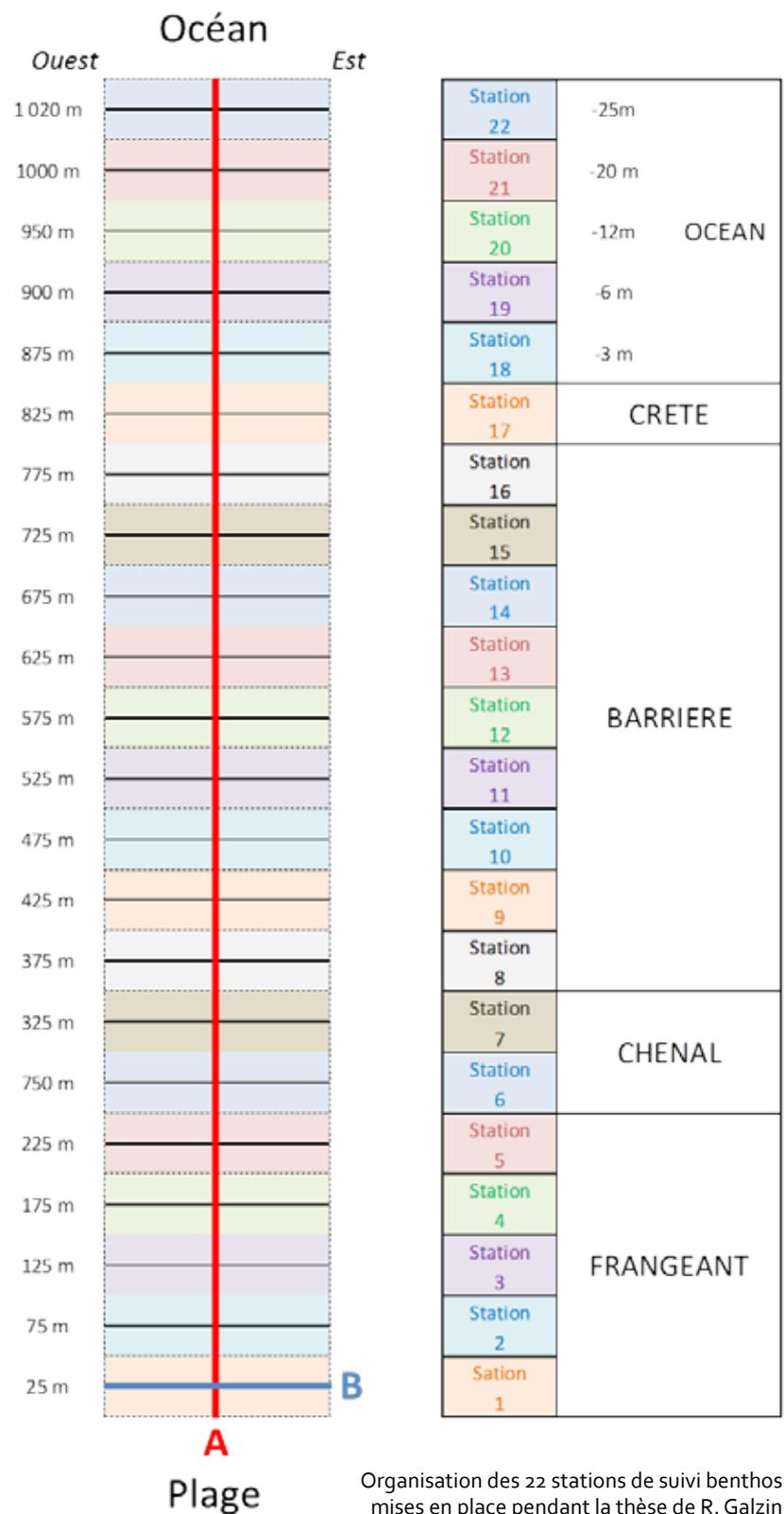
Transect de 50 m x 2 (100 m²), parallèle à la crête récifale

Tous les poissons sont comptabilisés lors du même passage.

Récif frangeant (GPS DMS : 17°29'20,2»S 149°53'58,3»W)

Transect de 50 m x 2 (100m²), parallèle à la ligne de rivage

Le premier et le troisième passage (avec le courant) sont consacrés aux *Thalassoma hardwicke* et *Ctenochaetus striatus*. Le quatrième et le deuxième passage (contre le courant) sont consacrés aux *Stegastes nigricans* et à toute la faune ichtyologique, sauf les trois espèces précédentes.



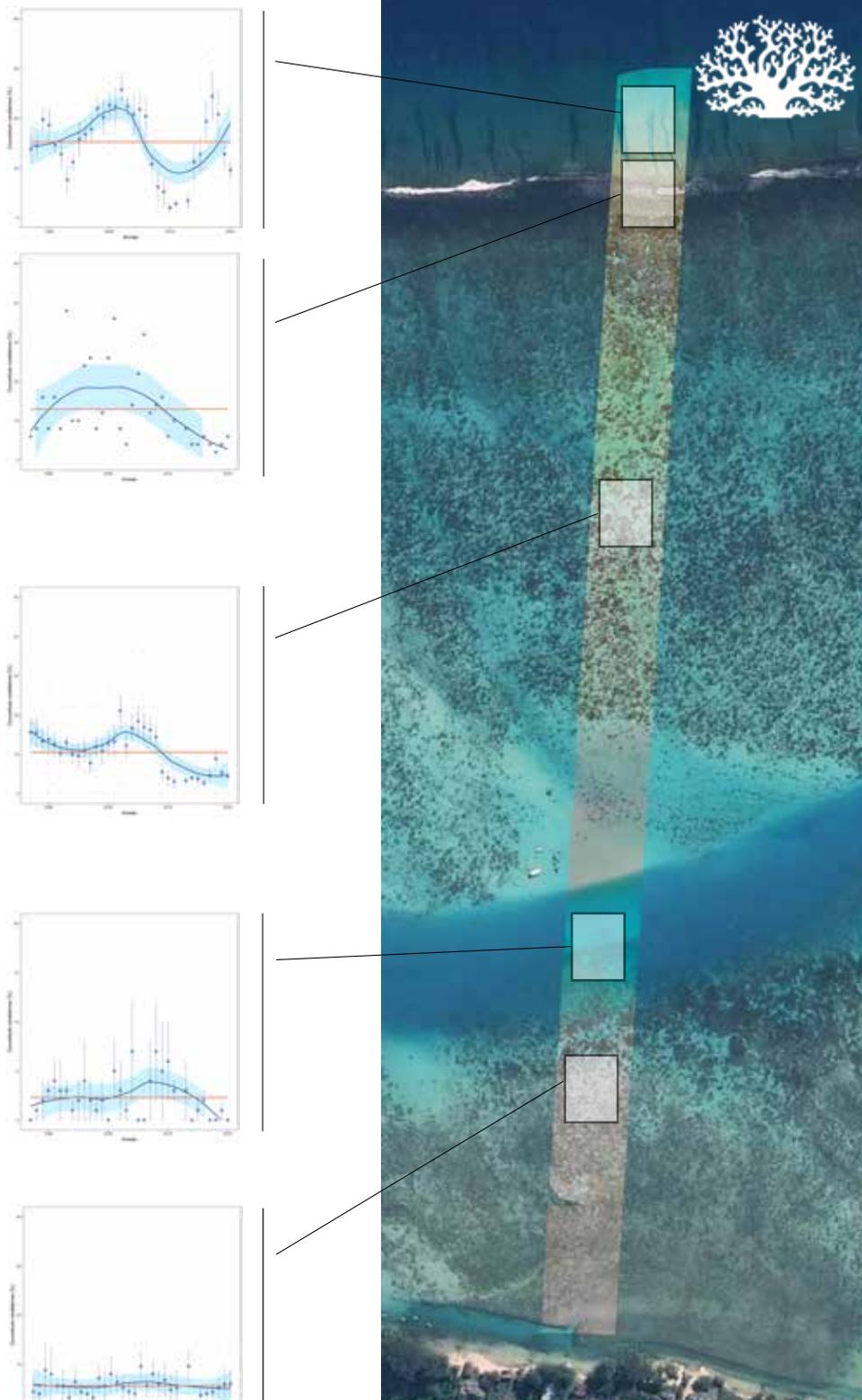
Référence bibliographique

Augustin D., Galzin R., Legendre P., Salvat B., 1997 - Variation interannuelle des peuplements récifaux du récif-barrière de Tiahura (île de Moorea, Polynésie française). *Oceanologica Acta*, 20 (5) : 743- 756

Galzin, R. (1985). *Ecologie des poissons récifaux de Polynésie française. Thèse de Doctorat es Sciences, Université des Sciences et Techniques du Languedoc*

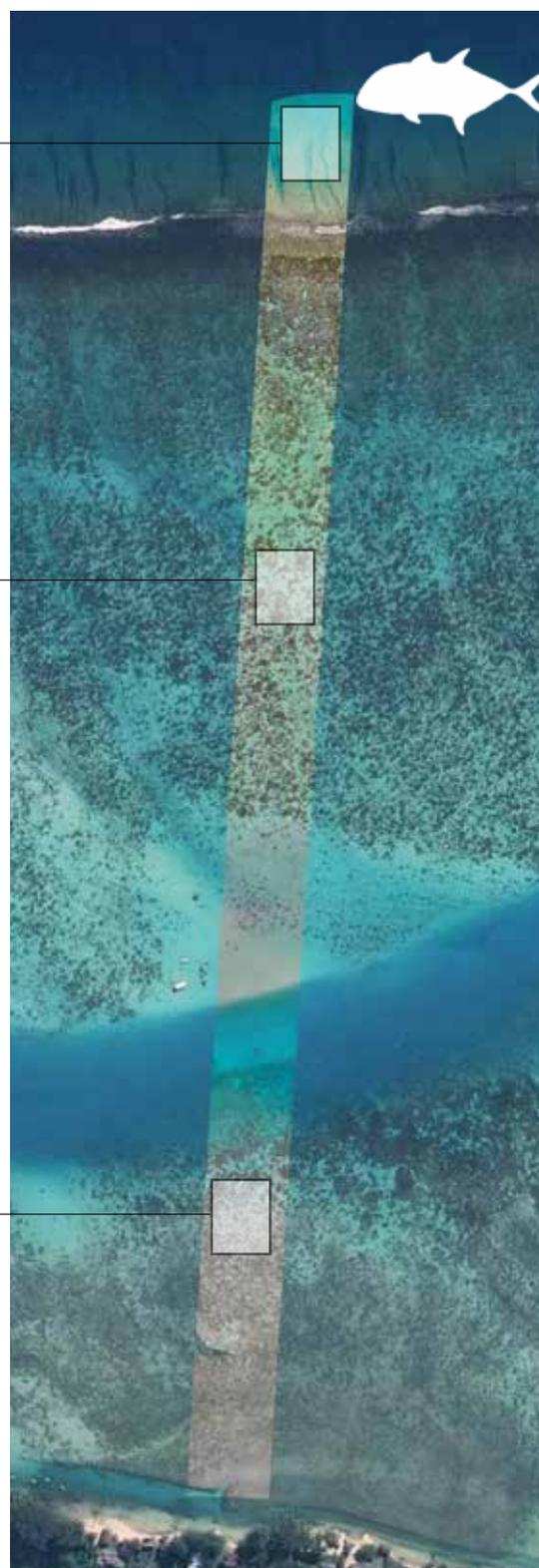
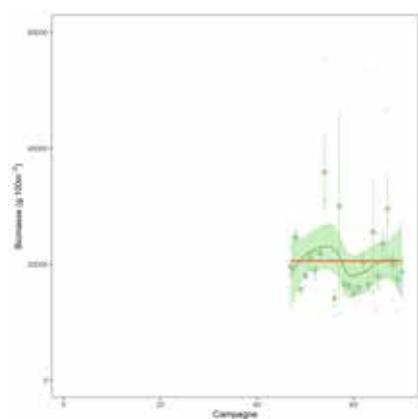
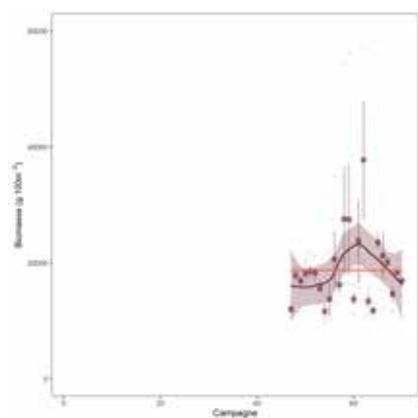
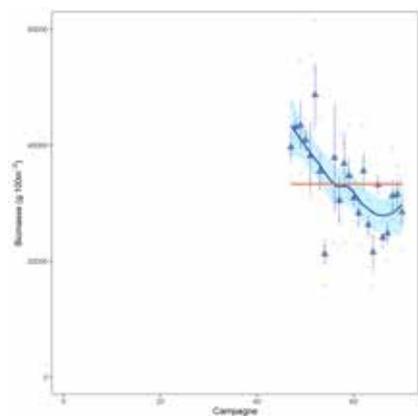
Résultats

Recouvrement corallien

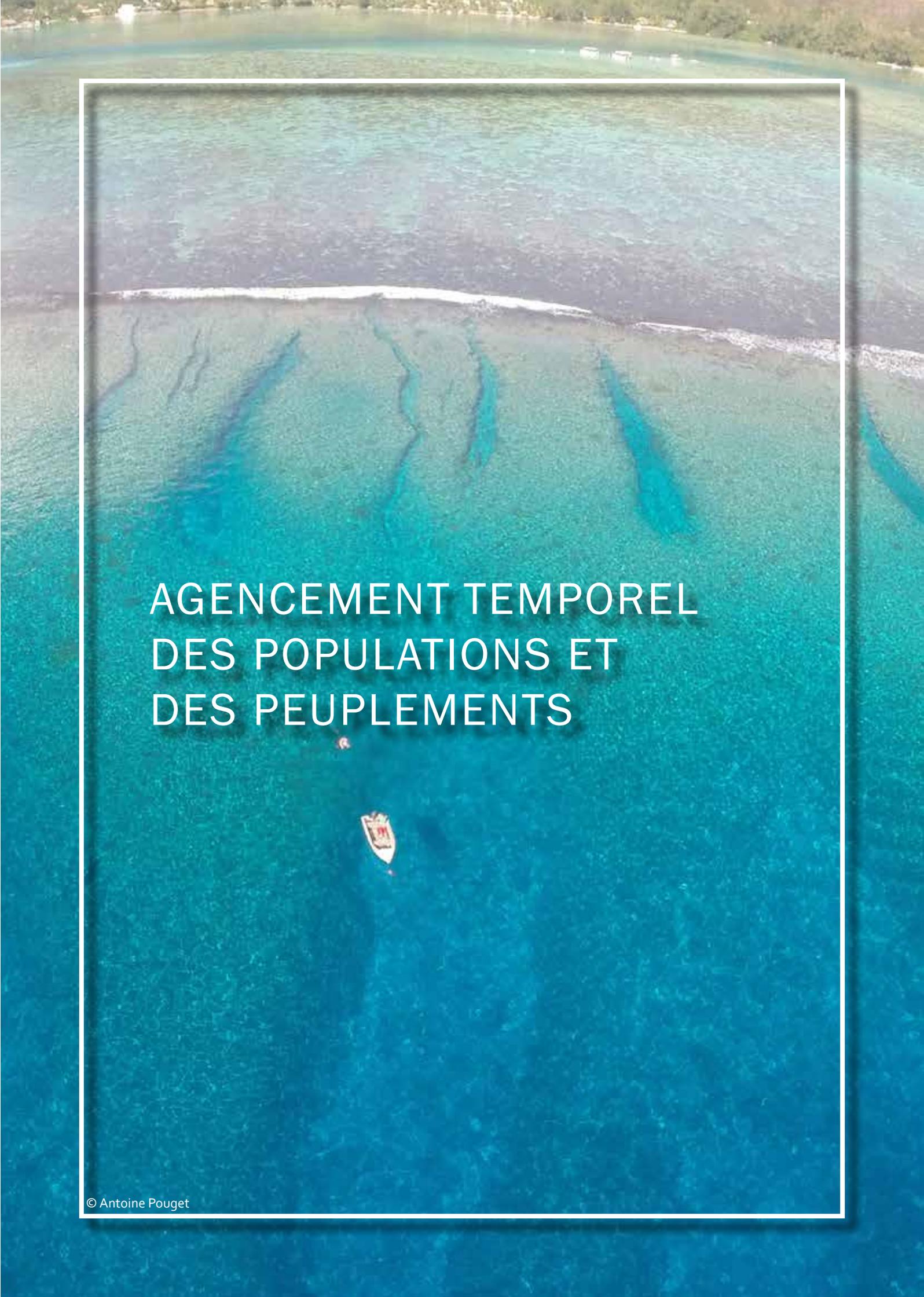


Évolution de la couverture corallienne le long de la radiale de Tiahura de 1987 à 2020

Biomasse des poissons



Évolution de la biomasse en poissons sur le récif frangeant (rond vert), le récif barrière (carré violet) et la pente externe (triangle bleu) de la radiale de Tiahura de 2010 à 2020

An aerial photograph of a tropical coastline. The top of the image shows a dark, calm body of water. Below it is a white sandy beach. The water in the foreground is a vibrant turquoise color, with several darker, winding channels or sandbars visible. A small white boat with a red stripe is in the lower center of the frame. The entire image is framed by a white border.

AGENCEMENT TEMPOREL DES POPULATIONS ET DES PEUPELEMENTS

Méthodologie

Le programme de recherche «Agencement Temporel des Populations et des Peuplements» (ATPP) a été initié en 1990 sur le récif-barrière et en 1991 sur la pente externe de Tiahura sur la côte nord de Moorea.

Ce récif a été choisi compte tenu de la connaissance des organismes et du site qui y est acquise depuis 1971 et qui en font un véritable site atelier.

L'intervalle de temps entre deux échantillonnages est d'une année. Les poissons sont dénombrés une fois par an au cours du premier semestre, vers 10h du matin et aux environs de la pleine lune pour la pente externe et du dernier quartier pour le récif barrière.

Les autres peuplements sont échantillonnés simultanément aux poissons.

OBJECTIFS DE RECHERCHE DE CE PROGRAMME

1. Décrire la variabilité interannuelle des peuplements

- variabilité de chaque peuplement
- variabilité de la composition trophique de la biocénose

2. Tenter d'expliquer cette variabilité à partir de :

- corrélations entre la variabilité des populations, des peuplements et des facteurs abiotiques
- l'étude de la dynamique des populations et des peuplements tout en y intégrant la composition biologique du recrutement

L'étude du recrutement ne porte que sur les poissons et celle des facteurs abiotiques ne concerne que la température de l'eau de mer et les manifestations climatiques exceptionnelles comme les cyclones.

Descripteurs quantitatifs (valables pour le récif-barrière et la pente externe)

- le pourcentage de recouvrement
- la richesse spécifique (nombre d'espèces pour 100 m²)
- la densité (nombre d'individus pour 100 m²)

Catégorie du régime trophique des poissons adultes (pour variation interannuelle)

1. Les herbivores
2. Les omnivores
3. Les brouteurs d'invertébrés
4. Les carnivores diurnes
5. Les carnivores nocturnes
6. Les piscivores
7. Les zooplanctonophages

Peuplements étudiés

CINQ PEUPELEMENTS SOUS-MARINS MAJEURS

- Les **algues** ont été dissociées en trois groupes : les macroalgues, les algues filamenteuses formant des gazons algaux et les algues calcaires encroûtantes.

- Les **coraux** sont pris, ici, au sens large et concernent l'ordre des Cnidaires constructeurs d'un squelette calcaire, soit les espèces appartenant aux Hydrocoralliaires (classe des Hydrozoaires) et aux Madréporaires (classe des Anthozoaires).

Les autres ordres de coraux à squelette rigide tels que les Stylasteridés (classe des Hydrozoaires) ou les Antipathaires (classe des Anthozoaires), par exemple, ne sont pas présents sur la zone de travail, que ce soit dans le lagon ou sur la pente externe.

Les Hélioporidés et les Stolonifères (classe des Anthozoaires) sont absents de la Polynésie française.

- Pour les **mollusques** et les **échinodermes**, toutes les espèces épigées d'une taille adulte supérieure à cinq centimètres sont considérées. Les espèces endogées vivant dans le sable n'ont pas été échantillonnées.

Exemples d'espèces prises en compte : *Diadema*, *Echinometra mathaei*, *Echinothrix* Blanc, *Echinothrix* Crénelé, *Echinothrix* Noir, *Bohadschia argus*, *Microthele nobilis*, *Arca ventricosa*, *Chama imbricata*, *Spondilus* sp., *Tridacna maxima*, Anémone, Trocas, Cots.

- Les **poissons** sont comptés à l'intérieur de trois classes d'âge estimées *in situ* à partir de leur taille : les juvéniles de l'année, les juvéniles des années antérieures et les adultes sexuellement matures. Les poissons sont rassemblés en deux ensembles : les juvéniles de l'année et le reste du peuplement que nous nommerons par convention les adultes.



Oursin, poisson demoiselle, algues turbinaria, corail acropora © Criobe

TABLEAU 1 : descripteurs des peuplements. Parmi les cinq peuplements étudiés, trois d'entre eux le sont au rang spécifique : les mollusques, les échinodermes et les poissons. Les algues et les coraux sont déterminées au genre.

Peuplements étudiés	Niveau Taxonomique	Descripteur quantitatif	Unité
Macroalgues	Genre	Recouvrement	Pourcentage
Gazons algaux ¹	-	Recouvrement	Pourcentage
Algues calcaires ²	-	Recouvrement	Pourcentage
Coraux	Genre	Recouvrement	Pourcentage
Mollusques	Espèce	Richesse spécifique et densité	Nbre d'espèces et d'individus.100 m ²
Echinodermes	Espèce	Richesse spécifique et densité	Nbre d'espèces et d'individus.100 m ²
Poissons	Espèce	Richesse spécifique et densité	Nbre d'espèces et d'individus.100 m ²

¹ Les gazons algaux appartiennent essentiellement aux Rhodophycées

² Les algues calcaires encroûtantes (Rhodophycées) appartiennent aux genres Lithothamnion et Porolithon

Récif barrière

A partir d'une photographie aérienne (échelle au 1/30000, prise de vue réalisée en 1986), une zone d'échantillonnage de 100 m de large sur 200 m de long (longueur parallèle à la crête récifale) a été choisie. Cette zone a été découpée en 200 unités d'échantillonnage (UE) de 100 m² chacune (2x50 m), toutes disposées parallèlement à la crête récifale. Dix d'entre elles, nommées UEB1 à UEB10 (Unité d'Échantillonnage Barrière), ont été sélectionnées à partir d'un échantillonnage aléatoire simple. **Ces unités d'échantillonnage sont suivies années après années depuis 1990 sur le récif-barrière.**

TRANSECT LINÉAIRE À POINTS ÉQUIDISTANTS (PIT)

La corde de chacun des transects mesure 50 m de long une fois tendue entre les deux pitons d'acier inoxydable. Sur chaque corde, la distance séparant deux points successifs est de 50 cm. La nature du substrat est donc notée à la verticale de 100 points par transect. Un fil de plomb permettant de déterminer en son lieu de chute le type de substrat a été systématiquement utilisé (10 répliqués sont réalisés).



Méthode du PIT avec fil de plomb © Criobe

Ces transects sont également utilisés comme ligne centrale le long de laquelle les relevés de densité des organismes benthiques sont réalisés en considérant deux couloirs de 1 m de chaque côté de cette ligne (soit une surface de 100 m²).

Organismes benthiques pris en compte :

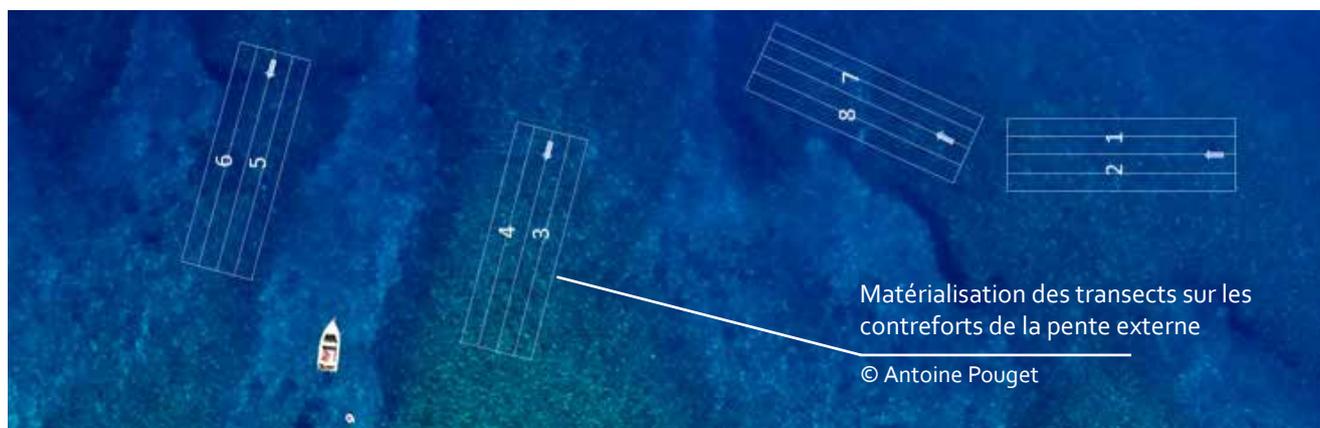
- *Tridacna maxima* (bénitier)
- *Chama imbricata* (bivalve)
- *Spondylus sp.* (bivalve)
- *Turbo marmoratus* (burgo)
- *Trochus niloticus* (trocas)
- *Arca ventricosa* (bivalve)
- *Acanthaster planci* (étoile de mer)
- *Echinothrix sp.* (oursin)
- *Echinometra mathai* (oursin)
- *Diadema sp.* (oursin)
- *Halodema atra* (holothurie)
- *Thelenota ananas* (holothurie ananas)
- *Bohadshia argus* (holothurie léopard)
- certaines espèces rares dans les comptages (*Cypraea tigris*, *Lambis truncatus*, etc.)

QUADRAT

La matérialisation de chacun des quadrats sur le terrain nécessite la mise en place de cordes à chacune des unités d'échantillonnage. De part et d'autre de la corde longue de 50 m, un couloir large de 2 m est estimé lors des comptages (1 m de part et d'autre). Les mollusques, les échinodermes et les poissons y sont comptés. La surface ainsi échantillonnée est de 100 m² (2x50 m) par quadrat.

Sur le récif-barrière, le comptage de l'ensemble du peuplement des poissons n'est obtenu qu'à l'issue de deux passages successifs sur un même quadrat. Lors du premier passage, un arrêt tous les 10 m, y compris au début de l'unité d'échantillonnage, permet le comptage des espèces fuyantes (*Scaridae*, *Labridae*...). Puis, en nageant lentement sur 10 m, les espèces sédentaires et cryptiques sont comptées (*Serranidae*, *Pomacentridae*, *Holocentridae*...) à l'exception des girelles tournant autour du plongeur (*Thalassoma hardwicke*) et d'une espèce de poisson chirurgien (*Ctenochaetus striatus*). Lors du second passage, réalisé en sens inverse, ces deux espèces sont alors comptées lors d'une nage rapide sans halte (10 répliqués sont réalisés).

Pente externe



Le choix de l'échantillonnage s'est porté sur les contreforts coralliens situés aux environs de 12 m de profondeur. Il a été possible de délimiter huit unités longues chacune de 25 m. Ces unités sont regroupées par paire (1/2, 3/4, 5/6 et 7/8) et cinq cordes sont nécessaires pour délimiter chaque paire (cordes de 25 m de long, toutes parallèles entre elles et distantes de 2 m deux à deux pour une paire d'unité donnée). **Ces unités d'échantillonnage sont suivies année après année depuis 1991 sur la pente externe.**

TRANSECT LINÉAIRE À POINTS ÉQUIDISTANTS (PIT)

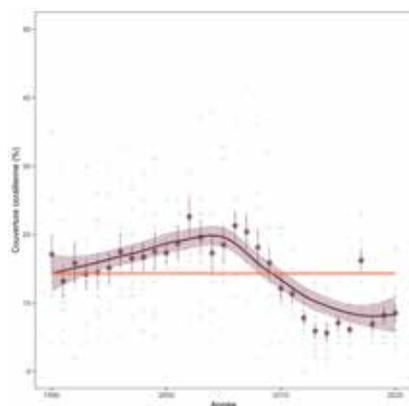
Cette méthode est employée depuis 1991 pour déterminer la nature du substrat (algues, coraux, sable, débris grossiers et dalle). Sur la corde centrale séparant deux unités d'échantillonnage contiguës, la nature du substrat est notée tous les 25 cm. L'emploi d'un fil à plomb n'a pas lieu d'être contrairement à ce qui est fait sur le récif-barrière puisqu'une très faible hauteur d'eau seulement sépare la corde et le substrat (inférieure à 30 cm et parfois égale à zéro lorsque celle-ci repose sur des colonies coralliennes). Le nombre de répliques est égal à 4.

TABLEAU II : Substrats étudiés sur le récif barrière et la pente externe

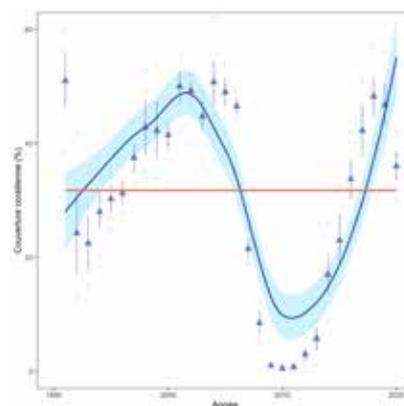
Substrats	Détails
Débris (R pour Rubble)	Tous les fragments coralliens durs et non fixés compris entre 0,2 et 15 cm.
Sable (S)	Sédiment dont les fragments sont de taille inférieure à 0,2 cm et qui ne restent pas en suspension lorsqu'on les remue.
Corail vivant (C)	Tous les coraux durs vivants y compris sans distinction des genres
Gazon algal (T pour turf)	Toutes les algues de type gazon fin
Algues calcaires (P)	Toutes les algues calcaires encroûtantes sans distinction taxonomique
Macroalgues (A)	Toutes les algues non calcaires de grande taille facilement identifiable à la vue.
Autres (O pour Other)	Tout autre organisme (anémones, coquillages, déchets, coraux mou...).
Dalle corallienne (D)	Tous les fonds nus durs et compacts dépourvus d'algues encroûtantes, de gazon ou de macro algues. NB : cette catégorie reste très minoritaire dans les comptages.

Résultats

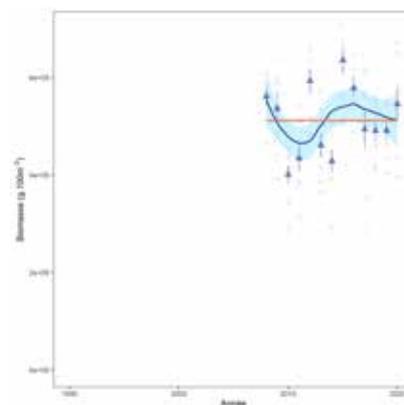
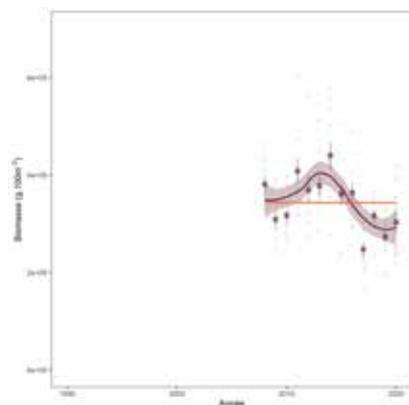
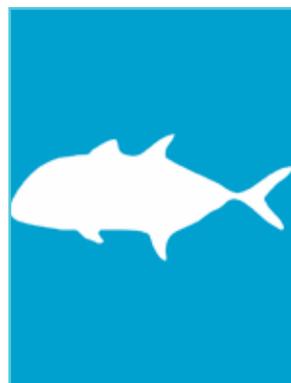
RÉCIF BARRIÈRE



PENTE EXTERNE

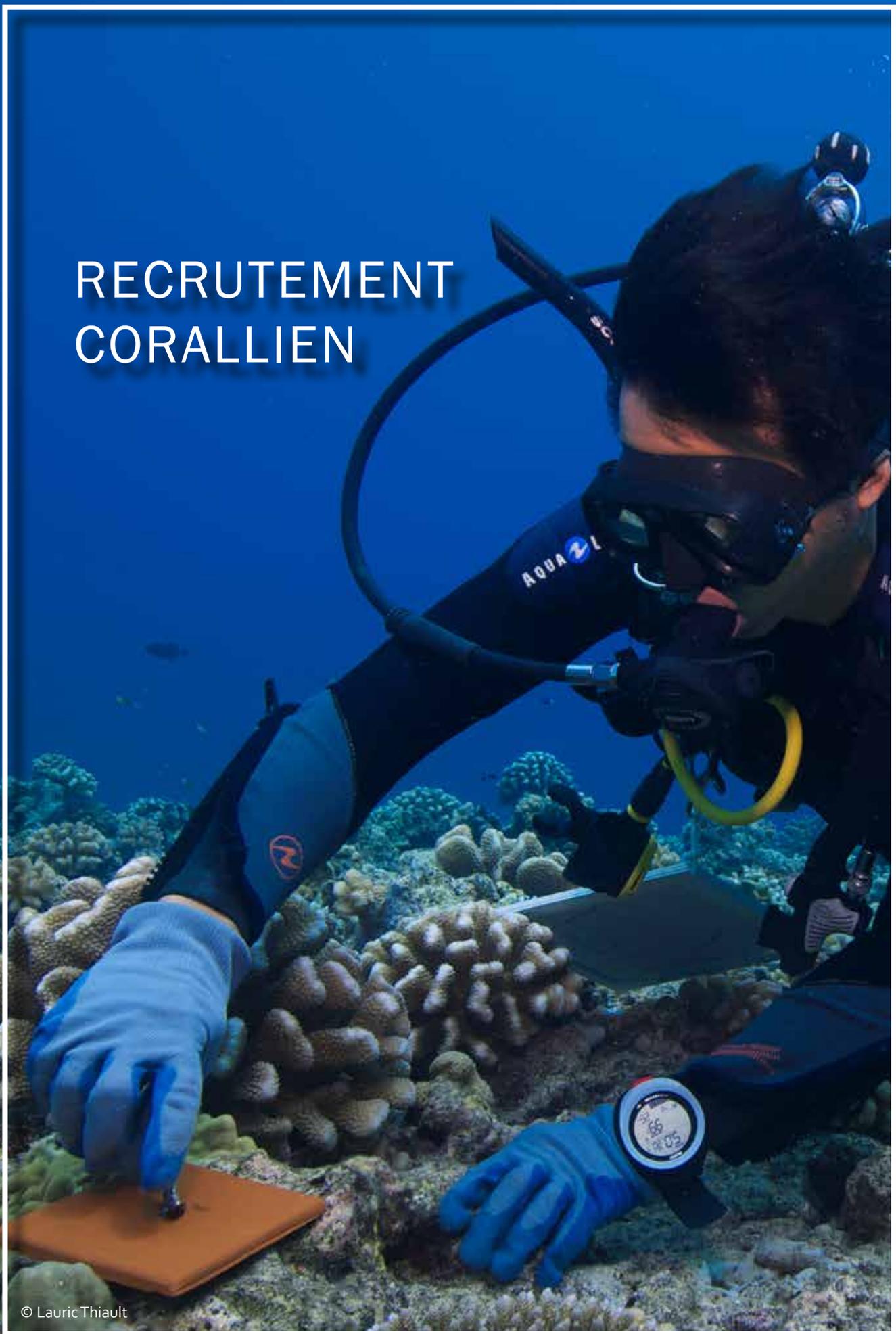


Évolution du recouvrement corallien sur le récif barrière (RB, à gauche) et la pente externe (PE, à droite) depuis le début du suivi ATPP (1990 pour le RB et 1991 pour la PE).



Évolution de la biomasse en poissons sur le récif barrière (à gauche) et la pente externe (à droite) depuis le début du suivi ATPP (à partir de 2008 pour des comptages avec tailles des poissons).

RECRUTEMENT CORALLIEN



Méthodologie

SUBSTRAT ARTIFICIEL

L'échantillonnage des recrues est effectué à l'aide de substrat artificiel de fixation selon la technique de l'attachement direct décrite par Mundy (2000). Autour de Moorea, 3 sites ont été choisis, Haapiti à l'ouest, Tiahura et Vaipahu au nord, avec 3 profondeurs par site : 6, 12 et 18m. A chaque profondeur ou «station», 20 platines métalliques ont été disposées de manière aléatoires sur une surface d'environ 100 m² et fixées de façon définitive sur le fond. Chacune de ces platines présente une vis centrale en acier inoxydable permettant d'y fixer une plaque de terre cuite (11 x 11 x 1 cm) préalablement trouée. Alors que les platines sont fixées de façon permanente, les plaques de terre cuite, qui servent de substrat de recrutement, peuvent facilement être échangées.



Une fois récupérées, les plaques sont blanchies à l'eau de Javel, séchées au soleil, et examinées à la loupe binoculaire. Les recrues présentes sur les plaques sont comptées et identifiées au niveau de la famille pour les Acroporidae, les Pocilloporidae et les Poritidae et deux catégories supplémentaires ont été définies : « autres familles » et « cassés ».

Référence bibliographique

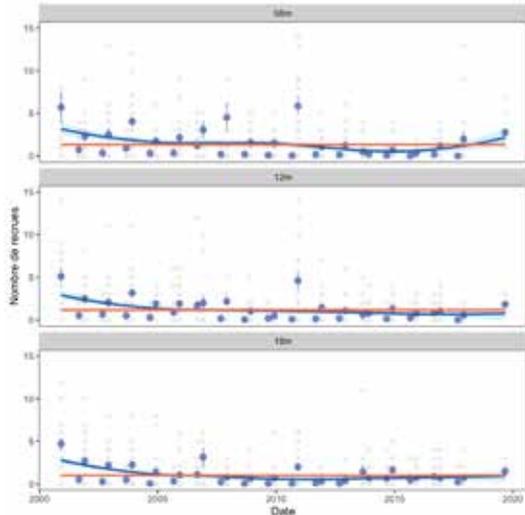
Mundy CN. 2000. An appraisal of methods used in coral recruitment studies. *Coral Reefs* 19: 124-131

TRANSECT-COULOIR

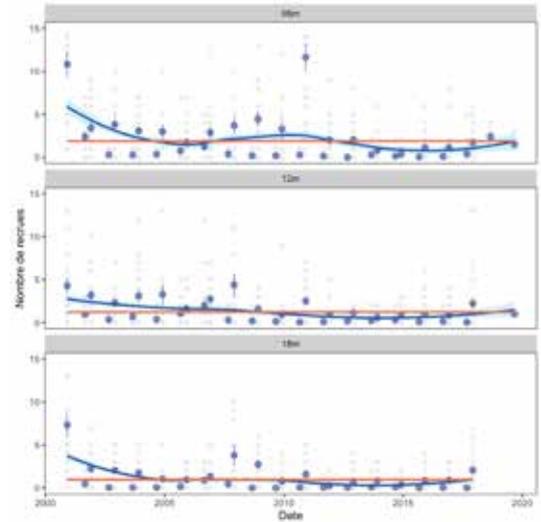
A chacune des neuf stations d'étude, trois transects-couloirs fixes de 10 m² (1 x 10 m) ont été délimités. Ces transects-couloirs sont disposés parallèlement au front récifal et espacés d'au moins 2 m. L'ensemble des transects-couloirs d'une station est donc compris dans une zone avoisinant les 100 m². Deux piquets permanents solidement plantés dans le substrat matérialisent les extrémités de la ligne médiane de chaque transect-couloir. Une corde tendue entre ces piquets et un gabarit de 1 m de large permettent de relocaliser le transect-couloir d'année en année, avec une précision d'environ 5 cm. Toutes les colonies adultes ($\varnothing > 5$ cm) et juvéniles ($1 \text{ cm} < \varnothing < 5$ cm) partiellement ou complètement présentes dans ces transects-couloirs sont ainsi comptées et identifiées au niveau du genre, qui est le niveau taxonomique maximal auquel peuvent être déterminés les juvéniles.



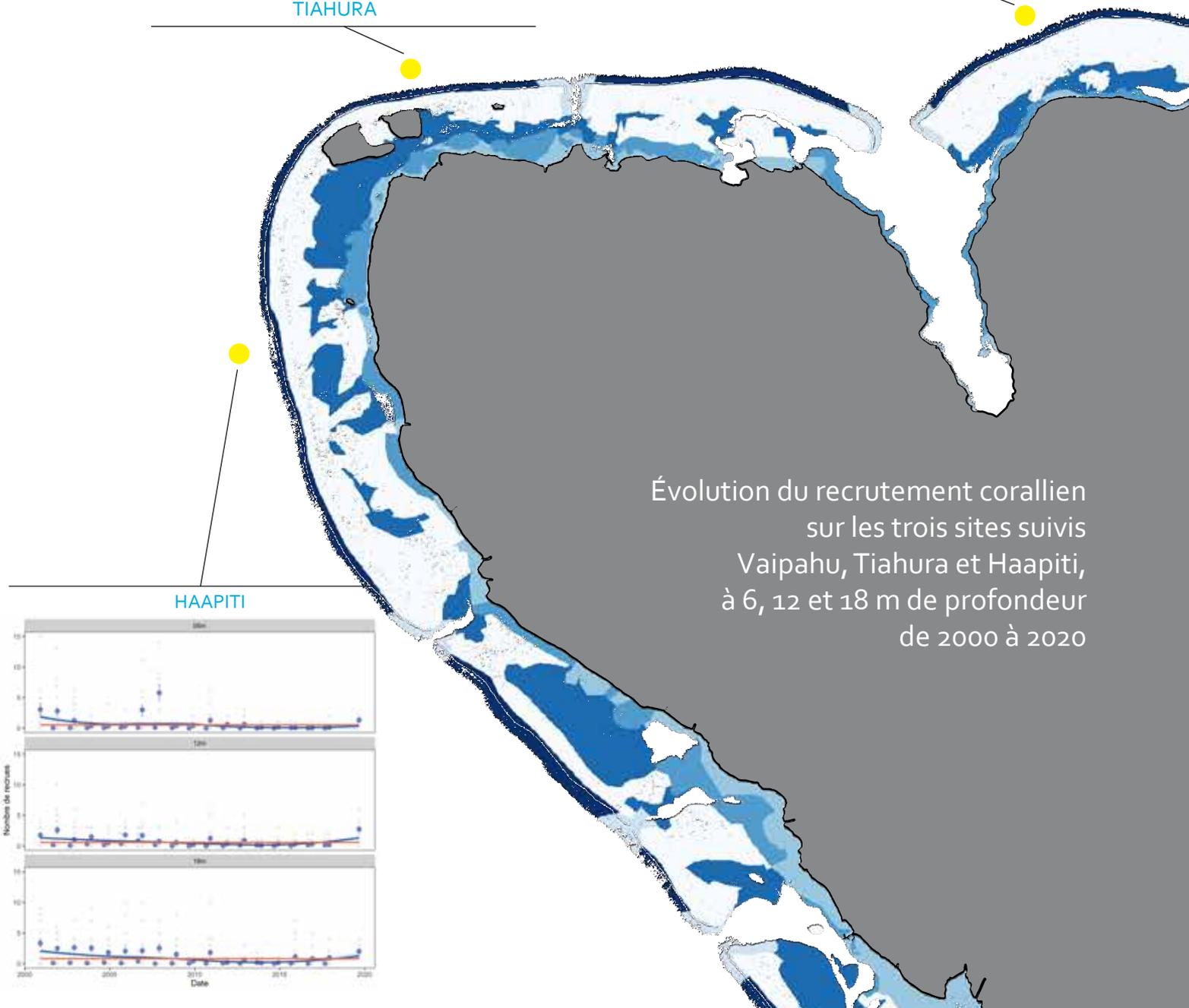
Résultats



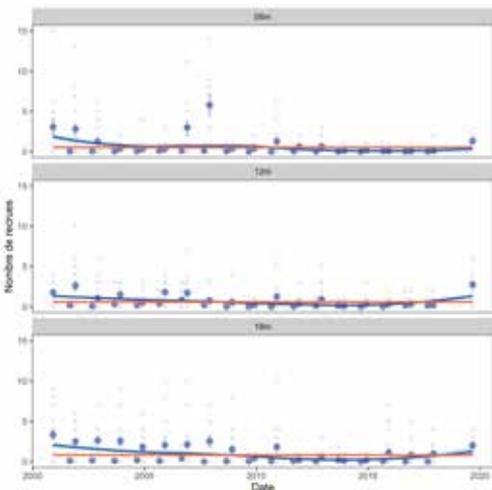
TIAHURA



VAIPAHU

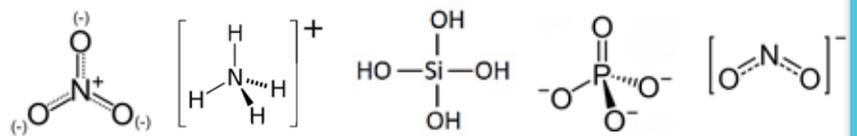


HAAPITI



Évolution du recrutement corallien sur les trois sites suivis Vaipahu, Tiahura et Haapiti, à 6, 12 et 18 m de profondeur de 2000 à 2020

ANALYSES DES SELS NUTRITIFS



Méthodologie



Le prélèvement des sels nutritifs est réalisé une fois par mois sur la radiale de Tiahura. Ils sont analysés par le CRIOBE depuis 2013.

ECHANTILLONNAGE

Prélèvement de 125ml en triplicat sur :

- la pente externe (à -20m)
- le récif barrière (mi-profondeur soit -0,5m)
- le récif frangeant (mi-profondeur soit -0,5m)

MÉTHODES D'ANALYSES

Les analyses sont réalisées au CRIOBE grâce à l'Autoanalyser AA3 (SEAL Analytical, photo ci-dessous), selon les méthodes décrites par Aminot & Kérouel, 2007.

SELS NUTRITIFS ANALYSÉS

- Phosphate PO_4 (μM)
- Nitrates NO_3 (μM)
- Nitrites NO_2 (μM)
- Silice $\text{Si}(\text{OH})_4$ (μM)
- Ammonium NH_4^+ (μM)

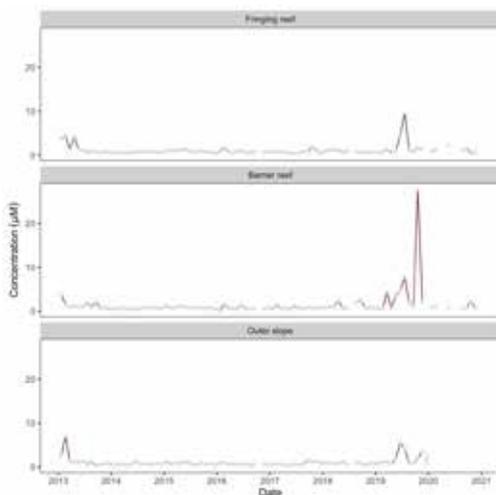
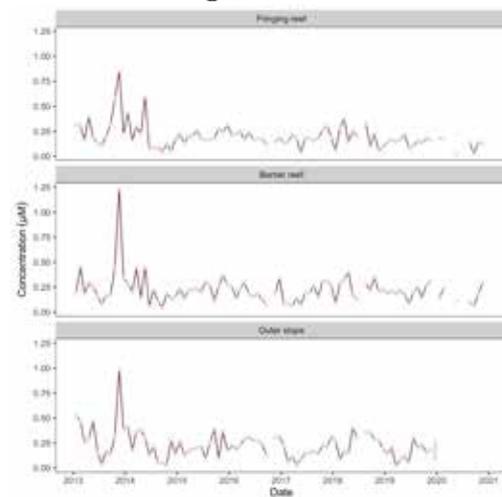
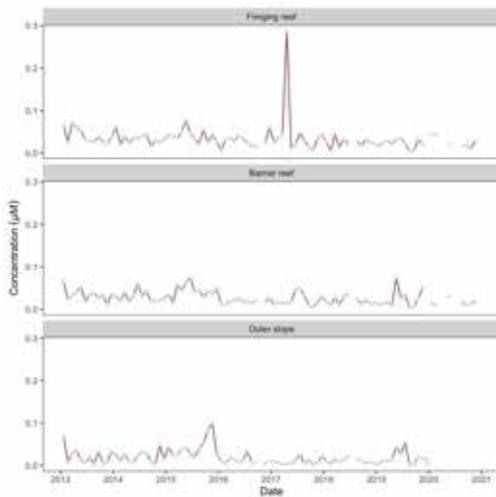
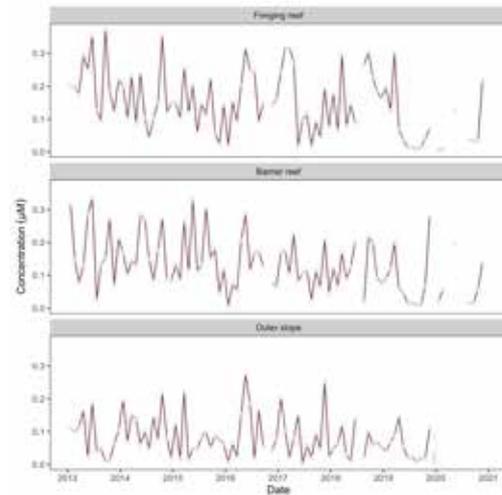
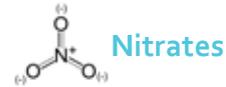
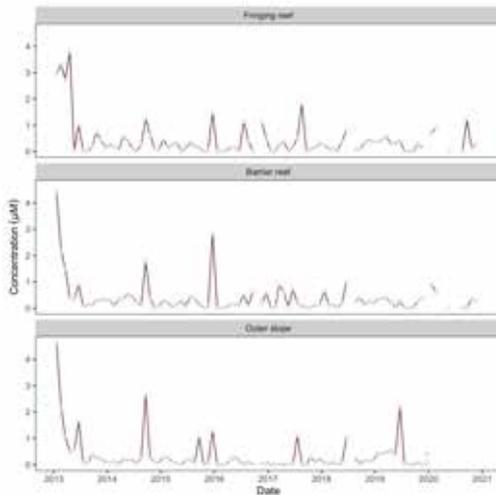
TABLEAU I : coordonnées gps des prélèvements

Echantillonnage	Latitude (WGS84)	Longitude (WGS84)
Pente externe	17°28.995'S	149°54.071'W
Récif barrière	17°29.178'S	149°54.051'W
Récif frangeant	17°29.376'S	149°54.055'W

Référence bibliographique

Alain Aminot, Roger Kérouel. Dosage automatique des nutriments dans les eaux marines. Edition Quae, 2007

Résultats



Résultats de l'analyse des sels nutritifs depuis 2013 sur la radiale de Tiahura.

De gauche à droite, de haut en bas : ammonium, nitrates, nitrites, phosphate, silice.

SYNTHÈSE DES SUIVIS 2020

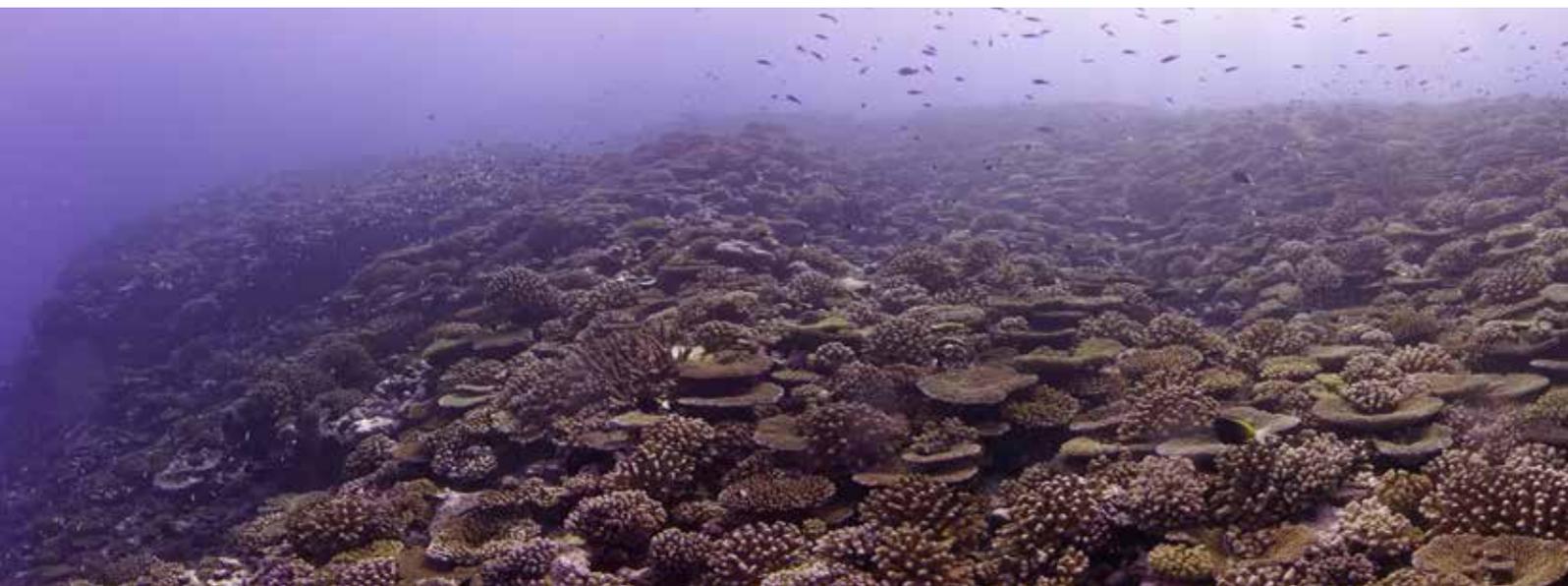
Ce rapport intermédiaire s'inscrit dans une année particulière, 2020, pendant laquelle il n'a pas été possible de réaliser certaines missions, notamment dans les pays voisins en raison du contexte sanitaire lié à la pandémie de Covid-19. Ce rapport fait, entre autres, le bilan de l'état de santé des récifs coralliens des pentes externes récifales de 5 îles (sur 15 au total) à partir de données benthiques récoltées en fréquence biennale sur 6 sites du réseau Polynesia mana. Il fait ainsi le point partiel de l'évolution à échelle régionale entre les précédents relevés effectués en 2018 et les plus récents réalisés en 2020 sur ces îles et sites. Il intègre aussi les données récoltées à l'échelle insulaire de Moorea avec un maillage spatial et temporel plus fin (pentes externes et lagon, tous les ans, tout autour de l'île) et avec une plus grande diversité de paramètres biologiques dans le contexte notamment des suivis annuels des aires marines protégées de l'île depuis 2004, du programme ATPP depuis 1991 et de la série Tiahura depuis 1987. La synthèse de l'état de santé générale des récifs qui suit se base sur deux compartiments biologiques majeurs et fondamentaux : le corail et les poissons.

Le bilan synthétique pour la partie corail, ci-après, est réalisé sur la base du paramètre standardisé et simplifié de couverture totale en corail vivant.

A L'ÉCHELLE RÉGIONALE SUR LE RÉSEAU POLYNESIA MANA

Sur la décennie passée dans l'archipel des îles du vent, les récifs de pentes externes continuent, jusqu'à début 2019, leur reprise rapide commencée en 2010 après les épisodes *Acanthaster* et cyclone Oli. Cette phase de résilience s'inverse brusquement après 2019 et notamment à Moorea sur les 2 sites relevés en 2020, en raison du très fort phénomène de blanchissement qui a touché l'île de mars à juillet 2019, avec des mortalités coralliennes induites sans précédent dans l'historique des suivis du SNO Corail depuis 30 ans.

Dans l'archipel voisin des îles sous le vent (site de Raiatea), le phénomène de blanchissement, également observé sur la même période, était de moindre intensité et n'a pas provoqué de fortes mortalités. Les valeurs de recouvrement corallien continuent leur hausse initiée en 2010. Sur l'archipel des Marquises (site de Nuku hiva), le peuplement corallien reste stable dans les valeurs très basses, inférieures à 5%, observées depuis le début des suivis en 2008. Sur l'archipel des Tuamotu, les sites des atolls de Tikehau et Takapoto sont sur une dynamique de résilience après 2016 suite à un phénomène de blanchissement cette année-là, avec des valeurs de recouvrement corallien en 2020 situées autour des 25%.



Par l'équipe du Service National d'Observation CORAIL

A L'ÉCHELLE INSULAIRE SUR MOOREA

Les programmes ATPP, PGEM-AMP et série Tiahura, avec des maillages temporels et spatiaux plus fins, rendent compte de la remarquable homogénéité des tendances du recouvrement corallien observé sur les pentes externes de l'île. Ils valident ainsi la représentativité des résultats obtenus dans le contexte du Polynesia mana. L'historique sur la décennie pour ces autres programmes est ainsi similaire à celui des sites Polynesia mana avec une phase de croissance rapide commencée en 2010 après l'épisode Acanthaster (et en moindre mesure le cyclone Oli) suivie d'une inversion brutale de tendance en 2019 en raison d'un très fort épisode de blanchissement. Des différences sont cependant observées selon les côtes avec des valeurs plus fortes en général sur la face nord comparativement aux faces est et ouest de Moorea.

Les programmes du SNO rendent compte de la remarquable homogénéité des tendances du recouvrement corallien observé sur les pentes externes des îles suivies

Dans le lagon, les amplitudes de variations sont beaucoup moins marquées et les valeurs de recouvrement maximales atteintes sont plus faibles

(souvent inférieures à 20%) que sur les pentes externes. Les tendances évolutives sont moins synchrones d'un site à l'autre et les causes explicatives sont difficiles à identifier. La tendance générale semble cependant montrer, sur les 3 dernières campagnes de relevés et sur la majorité des sites frangeants et des sites barrières, une hausse des valeurs de couverture en corail vivant.

Le bilan synthétique pour l'évolution du peuplement de poissons prend en compte les différentes échelles d'études du SNO.

Globalement, que ce soit à l'échelle de la Polynésie française ou à l'échelle plus locale de Moorea, l'évolution des peuplements de poisson ne montre pas de changement significatif. En effet, pour les sites ayant subi des déclin de biomasse dans les années 2008-2012, on n'observe pas de récupération et, pour les sites en situation stable dans le passé, l'évolution sur 2020 maintient cette stabilité. Seul le site de Nuku Hiva montre une situation avec une dynamique de croissance. Un autre site semble à surveiller dans le futur, il s'agit de l'atoll de Tikehau dont on peut s'inquiéter du déclin de la biomasse observée, alors que le site se caractérise par une activité de pêche importante, notamment avec l'utilisation de parc à poissons.



LES DONNÉES SNO CORAIL

Les données du Service National d'Observation CORAIL sont mises à disposition gratuitement à toute personne qui en fait la demande. Ainsi chaque année, une vingtaine d'accords de

partage de données sont signés entre le SNO et divers scientifiques internationaux. La société SEABOOST (détails ci-contre) a bénéficié d'un de ces accords au cours de l'année 2020.

TABLEAU I

Liste des demandes d'accords de partage de données avec le SNO CORAIL sur l'année 2020.

PAYS D'ORIGINE	LABORATOIRE	PROGRAMME	TYPE DE DONNÉES
Etats-Unis	100 Island Challenge	Polynesia Mana	substrat
France Polynésie française	Agrocampus Ouest USR3278 CRIOBE	AMP ATPP	Poissons Substrat
Canada	Climate and Coastal Ecosystems Laboratory, University of British Columbia	Polynesia Mana	substrat
Angleterre	Lancaster University	AMP	substrat
Allemagne	MARUM - Center for Marine Environmental Sciences, University of Bremen	Polynesia Mana	temperature
France	Septentrion Environnement	Polynesia Mana	substrat
Polynésie française	Te Mana o Te Moana	Polynesia Mana	température
France	Université CEREGE-AIX- MARSEILLE	AMP	substrat
Belgique	Université de Liège	AMP	Poissons Substrat Invertébrés
France	USR3278 CRIOBE	AMP	Invertébrés
France	USR3278 CRIOBE	Température Tiahura	température
France	USR3278 CRIOBE	AMP ATPP Tiahura	Poissons Substrat Invertébrés
France	USR3278 CRIOBE	Polynesia Mana AMP	tous
France	USR3278 CRIOBE	Polynesia Mana	temperature
France	USR3278 CRIOBE	AMP	substrat
Polynésie française	USR3278 CRIOBE	Polynesia Mana	substrat
Polynésie française	USR3278 CRIOBE	AMP	tous
Polynésie française	USR3278 CRIOBE	Tiahura	Sels Nutritifs
Polynésie française	USR3278 CRIOBE/Seaboot	Recrutement	substrat

SEABOOST

SEABOOST : L'INFLUENCE DE DIFFÉRENTS MATÉRIAUX ARTIFICIELS SUR LE RECRUTEMENT CORALLIEN

Seaboost est une entreprise d'ingénierie écologique basée à Montpellier, qui développe des solutions de restauration de la biodiversité marine. Basées sur le concept du biomimétisme, ses solutions sur-mesure reposent sur la reconstitution d'habitats spécifiques, naturels ou artificiels, dans le but de stimuler des fonctionnalités écologiques clés pour l'équilibre des milieux tout en supportant des fonctionnalités techniques clés d'intégration environnementale, d'atténuation de vagues, d'ancrage, etc. Ces solutions répondent de ce fait aux enjeux écologiques des projets tant milieu tropical que tempéré comme aux contraintes de faisabilité technique et économique

En collaboration avec Dr Laetitia Hédouin, CNRS-CRIOBE, Seaboost a lancé en 2019 deux expériences sur la pente externe du récif de Mo'orea visant à étudier l'influence sur le recrutement corallien de :

- La nature des différents matériaux innovants
- La complexité de surface / texture du substrat

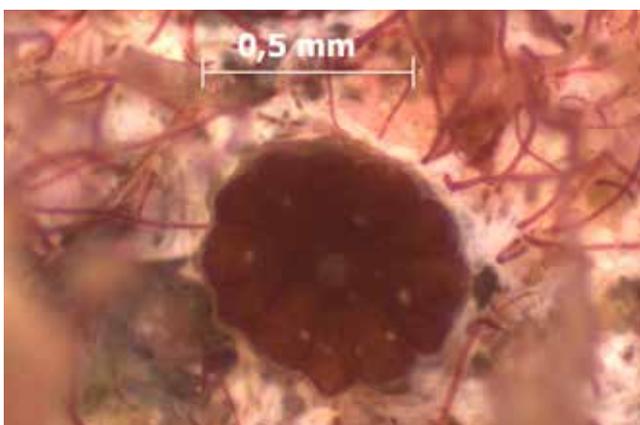
Des dallettes de 10x10 cm de dix matériaux différents et de 4 textures différentes ont été installées sur la côte Nord de Mo'orea, entre 7 et 13 mètres de profondeur. Six mois plus tard, nous avons pu observer que de nombreuses recrues (jeunes colonies coralliennes) coralliennes s'étaient fixées sur ces supports. Quand les dallettes étaient abritées de la prédation, les matériaux lisses comme le PVC et le béton, ainsi que ceux issus de l'impression 3D montraient le plus grand nombre de recrues. Au contraire, les matériaux poreux ne présentaient que très peu de coraux. Quand

les dallettes étaient exposées à la prédation, les matériaux offrant des trous de l'ordre du millimètre au centimètre montraient des taux de recrutement plus élevés que les matériaux lisses. Ainsi, nous émettons l'hypothèse que lorsque le support est exposé, plus la complexité de surface est élevée, plus les coraux juvéniles sont protégés de la prédation par les poissons brouteurs et corallivores.

Le Service national d'observation Corail réalise chaque année des relevés de plaques de recrutement permettant d'évaluer le recrutement corallien dans différents sites autour de Mo'orea. En 2017, ils observent une moyenne de 0,92 recrues par 100 cm² sur les faces inférieures (protégées) de plaques posées 6 mois sur le site de Vaipahu. Sur le même site, nous avons observé une moyenne de 5,46 recrues par 100 cm² sur les faces abritées de nos dallettes. Ainsi, un assemblage de différents matériaux et de complexités distinctes est peut-être plus favorable pour le recrutement corallien.

Ces résultats permettent de mieux appréhender les paramètres des matériaux testés, dont leur texture, qui vont avoir la plus grande influence sur la phase de recrutement des coraux. Cela permettra in fine également de développer des approches et outils de restauration écologiques (récifs artificiels, écoconception d'ouvrages, supports de transplantation, etc.) favorisant le recrutement corallien dans un futur proche et ainsi de restaurer plus efficacement les récifs coralliens les plus endommagés.

Article signé Camille Leonard, Laetitia Hédouin et Julien Dalle



Recrue corallienne (gauche © Camille Léonard) et chandellier avec les dalles SEABOOST (droite © Pierrick Harnay)

PARTENARIAT PUBLIC-PRIVÉ

AMÉLIORER LES SONDES DU SNO

La communauté scientifique et la société civile ont besoin de suivis d'observation de longue durée. L'objectif est de déterminer l'évolution du milieu à partir d'un certain nombre de paramètres représentatifs (température, salinité, oxygène dissous, pH, turbidité, fluorimétrie, etc.) en s'inscrivant dans une continuité sur des échelles de temps de l'ordre de plusieurs décennies. Seules ces longues séries de mesures permettent en effet de décrire l'évolution naturelle ou perturbée d'un système. Par ailleurs un suivi temporel permet de mettre en évidence et d'étudier les phénomènes épisodiques majeurs (comme les cyclones ou des pollutions) ; et l'étude des écosystèmes coralliens a besoin de s'appuyer sur les paramètres représentatifs du milieu.

Le SNO CORAIL déploie depuis 1990 des thermographes dans le lagon et sur la pente externe dans le cadre de ses différents suivis. En 2008, des sondes multi-paramètres sont utilisées pour la première fois à Moorea. Elles se composent d'une sonde *Seabird SBE16* qui mesure la température et sur laquelle se connectent un capteur de pH (*SBE18*), un capteur d'oxygène dissous (*SBE43*) ainsi qu'un fluorimètre et un turbidimètre (*Wetlabs FLNTUs*). Cet ensemble est autonome en batterie pendant près de 6 mois pour une mesure par heure.

En 2011, ce système, installé à Moorea sous une bouée, est équipé d'un moyen de communication en GPRS (téléphone portable 2G) en surface afin d'obtenir les paramètres en temps réel. La liaison de la sonde à la surface se fait alors par un câble de communication classique à base de fils de cuivre. En 2013, cette liaison est améliorée en utilisant un simple câble en acier comme support de communication. Le module de communication *Seabird SBE 44* permet d'encoder l'information en impulsions électromagnétiques. En surface, il est alors nécessaire de développer un système embarqué (*Raspberry Pi*) qui pilote la récolte des données et leur envoi sur internet.



En 2018, le SNO CORAIL commence une collaboration avec la société BIOCEANOR qui propose une solution complète de bouée connectée par *IoT* (Internet of Things) avec capteurs intégrés. Une première itération est installée fin 2018 afin de faire les essais en mer et les premiers tests de robustesse des capteurs.

Fin 2020 une bouée plus robuste est installée et les essais de capteurs peuvent commencer. Une dernière barrière sera levée quand le système de communication passera du système Lora, avec relai antenne à terre, vers une communication par satellite.

Bouée
BIOCEANOR

© Franck Leroureur



Service National d'Observation CORAIL



Rapport d'activités 2020

