



RAPPORT DE MISSION

du 06 au 13 août 2018

Photo@ F. Aurat

ATOLL DE CLIPPERTON-LA PASSION

Auteurs :

Eric Clua, François Aurat, Nicolas Bin, Sophie Bin, Emilie Boissin, Yann Chavance, Daniel Cron, Amanda Eleneau, Martin Hertau, Jonathan Lancelot, Jean-Marc Moro, Clémentine Moulin, Alexis Pey, Claudia Pogoreutz, Thibaut Pollina, Romain Troublé, Serge Planes

Avec un
co-financement de:



Ministère
de la
Transition
Ecologique



agnès b.



MISSION TARA PACIFIC
SUR L'ATOLL DE CLIPPERTON
(île de La Passion - France)

du 06 au 13 août 2018

Compilé et mis en forme par

Eric Clua, Directeur d'Etudes à l'Ecole Pratique des Hautes Etudes

Avec la contribution de

Aurat, F., Bin, N., Bin, S., Boissin, E., Chavance, Y., Cron, D., Elineau, A., Hertau, M.,
Lancelot, J., Moro, J-M., Pey, A., Pogoreutz, C., Pollina, T., Planes, S.

Août 2018

Citation:

Clua, E., Aurat, F., Bin, N., Bin, S., Boissin, E., Chavance, Y., Cron, D., Hertau, Elineau, A., M., Lancelot, J., Moro, J-M.,
Moulin, C., Pey, A., Pogoreutz, C., Pollina, T., Troublé, R., Planes, S. (2018) Mission Tara Pacific sur l'atoll de Clipperton
(île de La Passion - France) du 06 au 13 août 2018. Rapport de mission. CRIIBE USR3278 CNRS-EPHE-UPVD et
TARA PACIFIC. RA272. 72 pp.



Cette expédition organisée par la **Fondation TARA expéditions** a reçu l'autorisation du haut-commissaire de la République en Polynésie française (réf. N°HC/1195/CAB du 13 juin 2018) pour un débarquement sur l'atoll de Clipperton.

Toutes les photos de ce rapport ont été prises par E. CLUA,
sauf mention explicite de l'auteur.

TABLE DES MATIÈRES

Résumé exécutif 4-5

Participants 6-7

Profil des organisations8

Présentation de Tara Pacific 10-11

Protocoles de Tara Pacific 12-13

CHAPITRE 1 14-15

INTRODUCTION

Contexte et justification

Objectifs de l'expédition

Montage institutionnel et financier

Moyens techniques et humains

Déroulement

Vie à bord

Couverture médiatique

CHAPITRE 222-23

L'ATOLL DE CLIPPERTON: VOLET TERRESTRE

Aperçu général du milieu terrestre

Débarquement

Souveraineté de la France

Déchets apportés par la mer

Suivi des épaves

Empreintes des séjours humains

Couverture végétale

Crabes et rats

Oiseaux

Réouverture des passes

CHAPITRE 346-47

L'ATOLL DE CLIPPERTON: VOLET MARIN

Aperçu général du milieu sous-marin

Activités en mer

Etat de santé du corail

Peuplements ichtyologiques (poissons)

Identification de nouvelles espèces de poisson

Dénombrements des requins

Présentation des dynamiques régionales sur la connectivité spatiale des requins

Récupération des données requins

Mammifères marins

Océanographie

BIBLIOGRAPHIE..... 72



RESUME EXECUTIF

Tara Pacific qui a débuté en mai 2016 et qui se terminait par ces récifs sous juridiction française avant un 32ième site sur l'île de Coiba au Panama. Tara Pacifique, dont la direction scientifique est assurée par le CRIOBE USR3278 EPHE-CNRS-UPVD et le Centre Scientifique de Monaco, se focalise sur la compréhension de la résilience des récifs coralliens face aux changements globaux actuels



et opère sur la base de prélèvements de coraux et de poissons, de même que la collecte d'eau océanique et côtière, pour étudier la flore microbienne de ces différents compartiments. A ces opérations de routine menées par sept scientifiques appuyés par un équipage de six personnes et deux opérateurs média, se sont rajoutés deux volets traitant respectivement des requins et des poissons, co-financés par le Ministère de de la transition écologique et solidaire.

Servie par une fenêtre météo de 48h, la goélette Tara a quitté Cabo San Lucas au Mexique le 2 août pour atteindre l'atoll de Clipperton le 6 août, soit deux jours avant la coupure décalée de sa trajectoire par l'ouragan John. Sur place, les conditions de mer, dominées par une houle de Sud-Ouest, ont été très favorables aux débarquements à partir du mouillage situé à l'Est de l'atoll, en face de l'ex-camp américain.

En mer, trois sites principaux d'investigation ont été mis en oeuvre, respectivement à l'Est, au Sud et à l'Ouest de l'atoll, sur lesquels s'est opérée la méthodologie classique de Tara Pacifique. Les résultats préliminaires démontrent un état de santé du corail exceptionnellement bon à l'échelle du Pacifique. La diversité corallienne est certes

faible avec trois espèces (massives, encroûtantes et à branches très courtes) très dominantes, à savoir des *Porites*, *Pavona* et *Pocillopora*, mais la couverture moyenne en corail vivant est autour de 70%, et les signes de maladies ou de blanchissement relativement faibles. La présence de l'espèce *Millepora platyphylla* a été mise en évidence pour la première fois sur l'atoll, et une carotte d'une longueur exceptionnelle de 133 cm a été prélevée dans un des *Porites* géants de la zone.

Conformément au protocole Tara Pacific, dix spécimens de chirurgien bagnard *Acanthurus triostegus* ont été prélevés, de même que cinq individus de poisson cocher *Zanclus cornutus*, afin d'étudier leur microbiome associé. A ces deux espèces clefs, se sont rajoutés le prélèvement de plus de 200 échantillons d'ADN parmi 38 espèces de poissons de récifs différentes, en se focalisant sur les espèces endémiques telles que le poisson ange de Limbaugh *Holacanthus limbaughi* dont une courbe de croissance pourra être calculée afin de mieux appréhender sa résilience. Deux nouvelles espèces de poissons (connues mais jamais observées sur Clipperton) ont été identifiées, à savoir le poisson ange royal *Holacanthus passer*, et le poisson perroquet étoilé *Calotomus carolinensis*. Les peuplements ichtyologiques sont apparus en très bonne santé, avec une biomasse en meso-prédateurs (notamment les gros mérous et murènes) extrêmement importante.

Concernant les requins, en comparaison avec les observations alarmantes de 2016, les observations convergent vers une augmentation de la densité et de la taille des individus, en particulier sur l'espèce dominante qui est le requin à pointes blanches *Carcharhinus albimarginatus*. D'une moyenne de 4,2 requins observés par plongée en 2016, la moyenne est passée à environ 11 requins par plongée, soit quasiment trois fois plus. La deuxième espèce en densités observées est le requin des



Photo@ F. Aurat

Galapagos *C. galapagensis*, au sein de laquelle dominant aussi les individus d'une longueur inférieure à 90 cm (64%), mais les adultes de plus de 120 cm de long sont aussi présents. Le requin corail *Trianodon obesus*, qui n'avait pas été observé en 2016, a lui aussi été observé à plusieurs reprises, dont certains individus > 150 cm LT. Idem pour le requin marteau à festons *Sphyrna lewini*, dont une demi-douzaine d'individus entre 250 et 400 cm LT ont été observés en plongée, en deçà de 20 m de profondeur. Outre les observations, de la pêche à partir des bateaux et des biopsies sous-marines (à l'aide d'une arbalète) ont permis de collecter une vingtaine d'échantillons de requins à pointes blanches et de requins des Galapagos, de même que quatre échantillons de requin corail.

Dans le cadre d'une étude sur la connectivité spatiale des requins à l'échelle régionale, trois récepteurs acoustiques ont été installés sur Clipperton en 2010. Des résultats préliminaires montrent des déplacements des requins entre l'archipel des Revillagigedo (Mexique) au Nord et l'archipel des Galapagos (Equateur) au Sud et ce, via Clipperton (France) au sein de ce que l'on considère comme le 'corridor du Pacifique Tropical Est'. Les batteries de ces récepteurs ont été changées et les données récupérées. Elles montrent la présence d'une vingtaine de requins différents, dont certains sont potentiellement extérieurs à Clipperton, ce qui confirmerait de nouveau

la nécessité d'envisager la gestion de ces espèces migratrices à une échelle internationale.

A terre, plusieurs débarquements ont permis de remettre en place un drapeau français sur la stèle à l'ouest de l'atoll, et de constater que la plaque commémorative posée en 2015 par le député Folliot avait disparue, probablement victime d'un acte de vandalisme.

L'atoll est toujours jonché d'une quantité impressionnante de déchets, essentiellement en plastiques et venus par la mer. Subsistent néanmoins aussi les traces encore très visibles de la présence humaine dans le camps de Bougainville et l'ancien camp américain au sein duquel de nombreux obus désamorçés ont été empilés dans des sacs à gravas pour apparemment être exportés de l'atoll, opération qui semble ne pas avoir aboutie, ce qui donne



une piètre image de l'endroit. Il n'y a pas de nouvelle épave conséquente de bateau à déplorer, et les anciennes s'érodent inexorablement. Deux tombes datées de 2016, apparemment humaines, ont été observées au Nord-Est de l'atoll.

La mesure des cordons littoraux au niveau des anciennes passes naturelles, montre une stabilité depuis 2016, malgré des signes d'érosion omniprésents autour de l'atoll. La largeur la plus étroite mesurée au niveau du rocher au Sud débouche sur 15 m (14 m mesurée en 2016) et 35 m au Nord-Est, alors qu'un passage fréquent d'eau semble exister dans une dépression du socle phosphato-calcaire, sur une longueur de 47 m.

La végétation rampante semble en extension, de même que les cocotiers (>1400 de plus de 1 m de haut contre 800 en 2016). En revanche, les crabes *Johngarcia planatus*, les rats *Rattus rattus* et les populations d'oiseaux, notamment de fous masqués *Sula dactylactra* (<30 000 individus au sol entre 7h et midi) semblent en baisse. Les frégates *Fregata minor* (>500) et nodis bruns *Anous stolidus* (>800) semblent en revanche en hausse.

EQUIPE SCIENTIFIQUE



Serge PLANES

Docteur en Ecologie Marine

Directeur de Recherche au CNRS, actuellement responsable du CRILOBE USR3278 EPHE-CNRS-UPVD depuis 2007 et directeur depuis 2011 du labex CORAIL qui rassemble tous les laboratoires français de l'outremer travaillant sur les écosystèmes coralliens. Serge est spécialiste en génétique et travaille sur tous les aspects touchant à la résilience des récifs coralliens face aux changements globaux. Il représente régulièrement la France auprès de l'International Coral Reef Initiative (ICRI), notamment via la contribution du Polynesia Mana (réseau de surveillance des récifs du Pacifique Centre-Est rattaché au CRILOBE) au Global Coral Reef Monitoring Network (GCRMN) qui effectue un suivi de l'état de santé des récifs à l'échelle mondiale, en produisant un rapport synthétique tous les quatre ans. Serge a co-conçu le programme scientifique de TARA PACIFIQUE et oeuvré pour son co-financement.

Email : planes@univ-perp.fr



Eric CLUA

Vétérinaire, Docteur en Ecologie Marine

Directeur d'études à l'Ecole Pratique des Hautes Etudes et affecté au sein du CRILOBE USR3278, spécialisé dans la biologie et l'écologie comportementale des requins. Il oeuvre pour la conservation de ces animaux à travers ses études et la production de supports télévisuels ou de conférences pour le grand public.

Email : eric.clua@univ-perp.fr



Emilie BOISSIN

Docteur en écologie marine

Dr. Emilie Boissin, chercheur post-doctorante au CRILOBE (USR3278), coordinatrice scientifique de l'expédition TARA Pacific, travaille sur les coraux de feu *Millepora spp* et les invertébrés marins en général et étudie les patrons de distributions et les mécanismes à la base de la biodiversité marine.

Email : emilie.boissin@univ-perp.fr



Claudia POGOREUTZ

Docteur en écologie marine

Post-doctorante à la King Abdullah University for Science and Technology (KAUST) en Arabie Saoudite. Claudia travaille sur les cycles nutritifs et la microbiologie fonctionnelle des coraux holobiontes, en particulier la bactérie *Endozoicomonas* au sein des coraux.

Email : claudia.pogoreutz@kaust.edu.sa



Alexis PEY

Docteur en écologie marine

Dr. Alexis PEY, Directeur de la société THALASSA

Marine research & Environmental awareness, engagé sur l'expédition TARA Pacifique par l'IRCAN (Institute for Research on Cancer and Aging, INSERM U1081 - CNRS UMR 7284) comme plongeur expert des biomarqueurs de réponses aux stress des cnidaires symbiotiques.

Email : pey.alexis@yahoo.fr



Amanda ELINEAU

Master2 en écologie marine

Titulaire d'un master universitaire,

actuellement ingénieur d'études responsable de la Plateforme d'Imagerie Quantitative et du Centre de Collection Planctonique à l'Institut de la Mer de Villefranche sur Mer.

Email : elineau@obs-vlfr.fr



Thibaut POLLINA

Bio-ingénieur

Après un master à l'EPHE, Thibaut commence sa carrière au CNRS en étudiant les

échantillons de Tara Ocean notamment les interactions entre les cyanobactéries et les protistes. Il se spécialise ensuite dans le développement d'instruments liés à la microscopie dans le cadre du projet Plankton Planet.

Email : tpollina@stanford.edu

EQUIPE LOGISTIQUE ET MEDIA



Martin HERTAU

Capitaine

Originaire de Saint-Malo, Martin obtient

son brevet de capitaine 500 en 2004 et son brevet de mécanicien 750 kw en 2011. Attiré par les régions polaires depuis toujours, il fera trois saisons comme capitaine au Groenland puis en Antarctique. En août 2011 il embarque sur Tara pour la première fois dans le cadre de Tara Oceans.

Email : captain@tara5.oceanbox.net



Nicolas BIN

Second

Marin professionnel depuis 2001, Second

capitaine à bord de Tara depuis 2015, Nicolas a une solide expérience de la navigation dans le grand Sud (Antarctique, Patagonie) et grand Nord en passant par la Polynésie française. Pianiste, ceinture noire de judo 2ème Dan, Nicolas ne manque pas de souplesse et d'agilité (comme les cowboys).

Email : nicolargo@tara5.oceanbox.net



Jonathan LANCELOT

Chef des opérations hyperbares

Montagnard d'origine, la vie de saisonnier

conduit très rapidement Jonathan vers la nature et les grands espaces. Brevet d'état de plongée, pisteur secouriste, formateur de scaphandriers, ou skipper professionnel, tous les moyens sont bons pour vivre au contact de la nature terrestre et marine et oeuvrer pour sa préservation.

Email : Jon.lancelot@laposte.net



Sophie BIN

Chef cuisinière

Suite à une formation en beaux-arts et une expérience de

Journaliste rapporteur d'images, Sophie s'est orientée vers des postes de chef cuisinière embarquée afin d'assouvir sa soif de liberté au contact de l'océan et de ses habitants, notamment les cétacés.

Email : sophiebin@hotmail.fr



François AURAT

Chef de pont

Chef d'entreprise

pendant 15 ans, François s'est laissé convaincre par son attirance pour la mer et a rejoint le voilier Tara sur lequel il travaille depuis 10 ans comme chef de pont. Il fait aussi office de photographe et de pilote de drone.

Email : francois.aurat83@gmail.com



Daniel CRON

Chef mécanicien

Officier de marine marchande, Malouin

d'origine, Daniel poursuit une carrière caractérisée par ses multi-compétences techniques et une disponibilité à toute épreuve. Avant Tara, a rejoint l'expédition Under The Pole sur le Why en 2014 sur le leg groenland.

Email : daniel@tara5.oceanbox.net



Jean-Marc MORO

Producteur/réalisateur

Entrepreneur depuis 1993, Jean-Marc a

une formation d'instructeur en plongée sous-marine et plongeur professionnel. Il a aussi une expertise en engins sous-marin filoguidés. Il développe actuellement des projets en réalité virtuelle en milieu sous-marin avec des technologies innovantes.

Email : jeanmarc@oceanview-vr.com



Yann CHAVANCE

Journaliste indépendant

Après une licence en biologie cellulaire et

un master de médiation scientifique, Yann devient journaliste scientifique indépendant, travaillant pour différents grands médias nationaux, particulièrement en presse écrite : Le Monde, Libération, Geo, National Geographic, Science & Vie... Il se spécialise dans la couverture d'expéditions scientifiques, notamment les missions menées par le Muséum national d'Histoire naturelle et la Fondation Tara Expéditions.

Email : yann.chavance@gmail.com

PROFIL DES ORGANISATIONS

FONDATION TARA EXPEDITIONS

La **Fondation Tara Expéditions**, première fondation reconnue d'utilité publique consacrée à l'Océan, développe, avec la goélette Tara, une science de l'Océan ouverte, innovante et inédite devant permettre de prédire et mieux anticiper l'impact du changement climatique. Elle utilise cette expertise scientifique de très haut niveau pour sensibiliser et éduquer les jeunes générations mais aussi mobiliser les décideurs politiques et permettre aux pays en développement d'accéder à ces nouvelles connaissances. La Fondation Tara est Observateur spécial à l'ONU et participe activement aux Objectifs du Développement Durable de l'Agenda 2030 de l'ONU. La Fondation souhaite faire de l'Océan une responsabilité commune. L'Océan est un écosystème continu que nous devons comprendre et préserver comme un tout.



Les expéditions organisées ont permis des découvertes qui transforment la façon dont nous appréhendons l'océan avec notamment :

- 100 000 nouvelles espèces marines découvertes et plus de 150 millions de gènes issus du monde marin découverts;
- La une du journal **Science** en 2015 et plus de 70 publications scientifiques dont 10 dans les revues **Science** et **Nature** depuis 2015.

LES EXPÉDITIONS MAJEURES

Tara Arctic 2006 – 2008: Dérive arctique menée 113 ans après celle de Nansen en 1893

Tara Oceans 2009 – 2013: Première étude globale de l'écosystème planctonique;

Tara Méditerranée 2014: Etude de la pollution plastique sur l'écosystème marin;

Tara Pacific 2016-2018: Etude de la capacité d'adaptation des récifs coralliens au changement climatique.

L'ÉDUCATION

- Plus de 70 000 enfants sensibilisés à bord en France et autour du monde;
- Plus de 150 000 élèves ont suivi les programmes éducatifs développés par la Fondation.

Contact: www.taraexpeditions.org

CRIOBE - UNITÉ DE SERVICE ET DE RECHERCHE (USR) 3278, EPHE-CNRS-UPVD

Le Centre de Recherches Insulaires et Observatoire de l'Environnement (CRIOBE) est une unité de recherche scientifique qui a une double implantation géographique à travers une station de terrain située en Polynésie Française à Moorea, et un centre situé sur le campus de l'université de Perpignan, au Sud de la France. Il inclut une soixantaine de chercheurs et techniciens spécialisés sur les écosystèmes méditerranéens et tropicaux, en particulier les récifs coralliens.

La direction du Centre est assurée par Serge Planes, Directeur de Recherches CNRS et Directeur d'Études cumulant EPHE. Les activités scientifiques du CRIOBE concernent la Recherche de base et appliquée, l'Enseignement et la Formation (thèses et stages d'élèves) et l'Information (articles de presse, vulgarisation



scientifique). Le CRIOBE fait partie du TOP20 mondial des laboratoires spécialistes du fonctionnement des écosystèmes récifs-coralliens, en particulier en ce qui concerne les effets du changement climatique sur les écosystèmes coralliens. Il est le premier laboratoire français concernant l'étude des requins tant sur les thématiques de la connectivité spatiale et génétique que celle de l'écologie comportementale.

Contact: www.criobe.pf

Photo@Y. Chavance



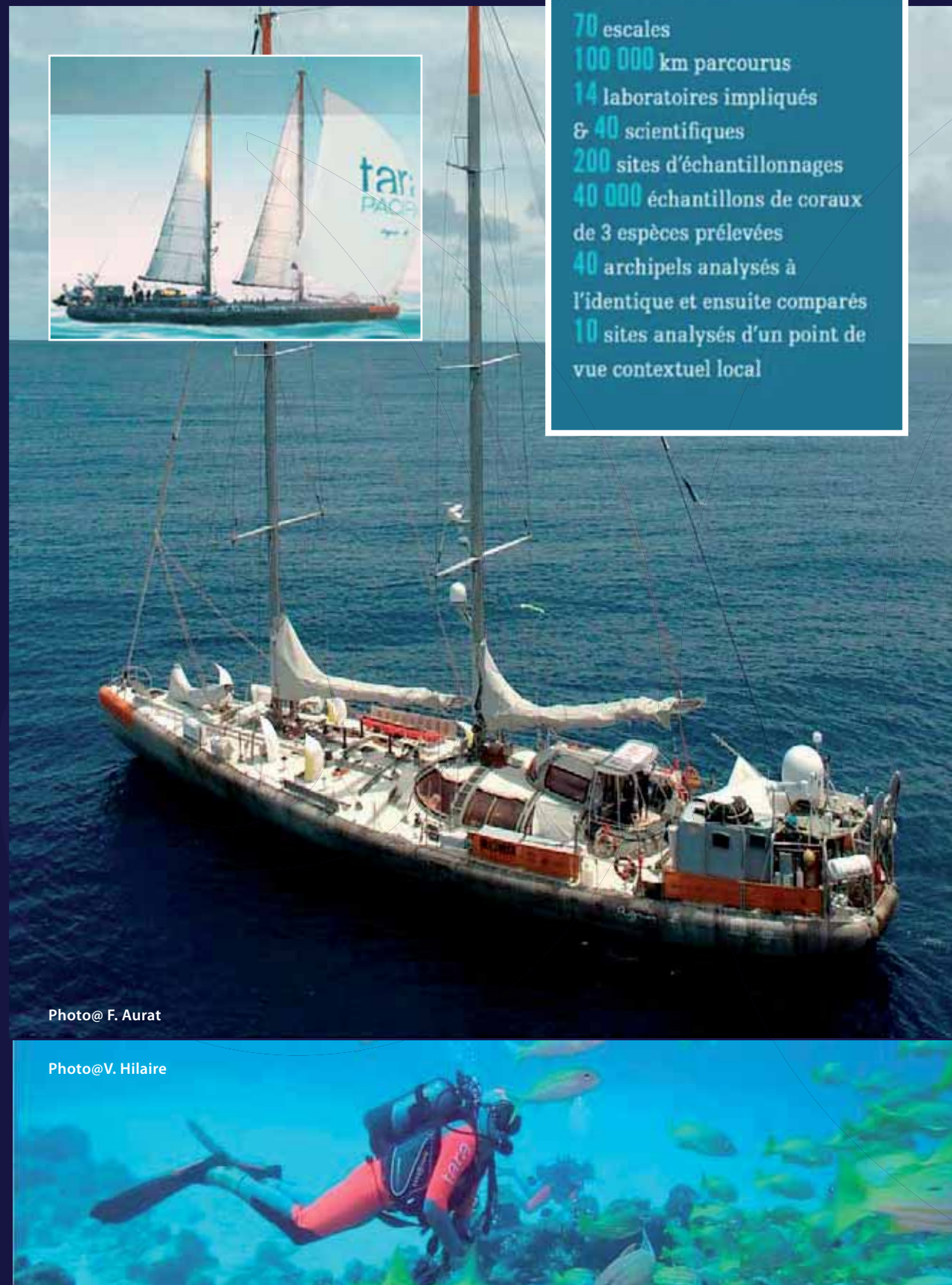


Fig. 1. La goélette TARA accuse une longueur de 36 m et est spécifiquement équipée pour l'expédition TARA PACIFIC, notamment pour des prélèvements et filtration d'eau en haute mer et de la plongée scientifique incluant du forage manuel ou encore du scooter sous-marin.

Entre 2016 et 2018 la goélette scientifique Tara (Fig. 1) sillonne l'océan Pacifique sur près de 100.000 km avec, à son bord, une équipe scientifique interdisciplinaire, coordonnée par le CNRS et le Centre Scientifique de Monaco (CSM). Leur objectif est d'ausculter la biodiversité des récifs coralliens et leur évolution face au changement climatique et aux pressions anthropiques. Les récifs coralliens couvrent moins de 0,2% de la superficie des océans mais réunissent près de 25% de la biodiversité marine connue, végétale ou animale, dont 800 espèces de coraux, 8 000 de poissons, 25 000 de mollusques. Les scientifiques estiment, qu'au total, plus d'un million d'espèces de plantes et d'animaux sont associés à l'écosystème corallien. A l'image des forêts tropicales humides, les récifs coralliens sont un véritable réservoir de biodiversité pour notre planète. Leur santé est donc capitale pour les espèces qu'ils abritent mais aussi pour l'humanité et les services qu'ils lui rendent. C'est pourquoi, d'Est en Ouest et du Sud au Nord, la goélette Tara parcourt l'océan Pacifique pour découvrir la diversité des récifs coralliens et mieux appréhender leurs capacités d'adaptation. Du canal de Panama à l'archipel du Japon (2016-2017), puis de la Nouvelle Zélande jusqu'en Chine (2017-2018), la goélette croiera 11 fuseaux horaires à travers l'océan le plus vaste de la planète, joignant ainsi les terres insulaires et les récifs les plus isolés du globe (cf Fig. ci-dessous).

ENJEUX SCIENTIFIQUES

La récolte de nombreux échantillons de coraux et leur étude (voir le protocole de l'expédition pages suivantes) avec les moyens de la méta-génomique permettra de constituer une grande base de données génétiques, vironnementales, morphologiques et écologiques. L'expédition Tara Pacific a été imaginée dans la continuité de l'expédition Tara Oceans que la Fondation Tara avait menée entre 2009 et 2013 pour l'étude du plancton. Grâce aux résultats de cet échantillonnage



nous pourrions définir finement ce qu'est un récif en bonne santé, comment il s'adapte et comment il souffre des dégradations de son environnement. Les coraux vivent en symbiose avec de nombreux organismes. Les zooxanthelles, algues unicellulaires qui fournissent près de 90% des apports nutritifs nécessaires à la croissance des coraux, sont accompagnées par de nombreuses bactéries, cyanobactéries et virus qui eux aussi vivent avec le corail et participent à sa santé, son dynamisme et sa capacité d'adaptation aux variations de l'environnement. Cette expédition révélera la diversité de ces associations. En complément de ces données génétiques, sont aussi récoltées de nombreuses données physico-chimiques. Les scientifiques peuvent faire des corrélations entre la diversité génétique et les paramètres de l'environnement. Tara échantillonne une très grande variété de situations : des récifs pauvres en espèces coralliennes et exposés à de nombreuses pollutions du Panama, à ceux très riches mais menacés par la surpopulation du triangle de corail en passant par ceux des îles désertes du milieu de l'océan Pacifique. L'ampleur et la diversité de la collecte est le gage de résultats passionnants, nouveaux et significatifs sur la biologie de ces organismes et sur la façon dont les symbiotes contribuent à leurs capacités d'adaptation. Parallèlement à cette mission principale, d'autres études sont réalisées sur une espèce de poisson chirurgical, le plancton vivant autour du récif et au large entre les îles.

LES PROTOCOLES DE TARA PACIFIC

TARA PACIFIC : UNE APPROCHE ÉCOSYSTÉMIQUE UNIQUE DES RÉCIFS CORALLIENS

POUR CHAQUE RÉCIF CORALLIEN
Étude du poisson chirurgien bagnard

Sur l'expédition Tara Pacific près
de **1 000 poissons chirurgiens**
bagnard seront étudiés.

POUR CHAQUE RÉCIF CORALLIEN
Échantillonnage de la colonne d'eau

- Prélèvement d'eau à 1 m au dessus
du récif corallien.
- Prélèvement d'eau au sein du récif
corallien sur 2 colonies d'une même
espèce.

Sur l'expédition Tara Pacific
400 prélèvements d'eau
seront réalisés répartis
sur les 100 sites.

COLONIE CORALLIENNE

FAUNE

COLONNE D'EAU

FLORE

**PENDANT LES NAVIGATIONS
ENTRE LES RÉCIFS CORALLIENS**
Étude de l'ensemble de l'écosystème
planctonique de surface.

PLANCTON

- Collecte en surface d'une trentaine
d'échantillons, destinés à des
laboratoires différents.

Sur l'expédition Tara Pacific,
20 000 échantillons seront prélevés
pendant les navigations entre les
récifs coralliens.

SUR LES Récifs CORALLIENS

© Infographie - Agence Dactula

TARA PACIFIC
EXPEDITIONS
FOUNDATION

TARA PACIFIC : MÉTHODES DE PRÉLÈVEMENT

2/3

**PRÉLÈVEMENT D'ÉCHANTILLONS
D'EAU DE MER AU DESSUS
ET DANS LES Récifs CORALLIENS**

POUR CHAQUE RÉCIF CORALLIEN
Étude des herbiers

- Prélèvement d'échantillons
d'herbiers sur 1 site par île.

PRÉLÈVEMENT DES MICRO-ORGANISMES
1 mètre au dessus du récif corallien avec des filets de différents maillages
permettant d'échantillonner des organismes de taille différente.

**OBJECTIFS COMMUNS AUX 2 TYPES
DE PRÉLEVEMENTS**
Répertorier et quantifier les différents micro-organismes présents
au-dessus et dans les récifs coralliens afin d'étudier
la biodiversité de cet écosystème.

SUR LES Récifs

© Infographie - Agence Dactula

TARA PACIFIC
EXPEDITIONS
FOUNDATION

TARA PACIFIC : MÉTHODES DE PRÉLÈVEMENT

1/3

RÉCOLTE MANUELLE
des 10 fragments de coraux (quelques grammes) par colonie.

OBJECTIFS
Étudier, grâce à chaque fragment, le patrimoine génétique
et l'évolution du corail dans le temps, ainsi que les virus
et bactéries hébergés par les récifs coralliens.

CAROTTAGE
La foreuse (ou carotteuse) permet de forer une colonie de corail
afin d'en extraire un cylindre de squelette.

OBJECTIFS
Étudier l'environnement dans lequel le récif corallien s'est
développé - ensoleillement, température et acidité de l'eau
ainsi que la vitesse de croissance de la colonie - pour mieux
comprendre sa capacité à s'adapter.

SUR LES Récifs

© Infographie - Agence Dactula

TARA PACIFIC
EXPEDITIONS
FOUNDATION

TARA PACIFIC : MÉTHODES DE PRÉLÈVEMENT

3/3

**PRÉLÈVEMENT D'UNE ESPÈCE DE POISSON
DE RÉCIF**
Des échantillons sont prélevés sur le chirurgien bagnard.

OBJECTIFS
Étudier l'écosystème et l'environnement dans lesquels le poisson a évolué durant
sa croissance.

PRÉLÈVEMENT D'EAU DE SURFACE
durant les navigations entre les récifs

OBJECTIFS
Échantillonner l'ensemble de l'écosystème planctonique de surface, du zooplancton aux virus,
en passant par les bactéries. Le plancton est la nourriture du corail ; le jeune corail fait partie
de l'écosystème planctonique lorsqu'il est relâché dans les courants. Étudier le plancton
sur la route de la goélette fournira des informations clés pour mieux comprendre
les communautés coralliennes du Pacifique et les échanges entre les îles.

SUR LA COLONNE D'EAU

© Infographie - Agence Dactula

TARA PACIFIC
EXPEDITIONS
FOUNDATION



Figure 1-1. Situation géographique de l'atoll de Clipperton dans le Pacifique Est tropical à plus de 1200 km à l'Ouest du premier continent, et dont les eaux adjacentes (dans un rayon de 200 miles) forment une zone économique exclusive quasi-équivalente à la surface de la France métropolitaine (Source: C. Jost).

Présentation brève de l'atoll de Clipperton-La Passion

Nombre de rapports se sont penchés sur l'histoire mouvementée de cet atoll annexé par la France en 1758, avant que la pleine souveraineté française ne soit confirmée par un arbitrage du roi d'Italie Victor -Emmanuel III en 1931, suite à une contestation portée par le Mexique au début du XXème siècle après une occupation de l'atoll de 1798 à 1915 (Jost 2005a).

L'atoll de Clipperton doit son nom au pirate éponyme qui y fût abandonné lors d'une mutinerie par son équipage en 1705, juste avant que l'île ne fût découverte par deux navires français un vendredi saint en 1711, d'où sa dénomination d'île de "La Passion".

Cette terre émergée lointaine se situe dans le Pacifique Est tropical, à la latitude du Nicaragua et à environ 1200 km à l'Est du Mexique (Fig. 1-1). Il s'agit d'un atoll corallien fermé, avec une couronne relativement étroite jonchée de cocotiers et d'un rocher de lave durcie (Fig. 1-2).

Si la zone économique exclusive adjacente à cet atoll, unique dans l'environnement du Pacifique Est Tropical, héberge des ressources halieutiques qui sont au



coeur de l'intérêt que portent les flotilles de pêche, en particulier la mexicaine, à cette zone, l'atoll lui-même et les pentes récifales exubérantes de vie qui l'entourent attirent régulièrement des navires transportant des touristes en quête de destinations extrêmes et de plongées exceptionnelles.

Le débarquement sur l'atoll est assujéti à une autorisation délivrée par le haut-commissariat de la République de Papeete (Polynésie française) et les eaux territoriales - dans un rayon de 12 km autour de l'atoll - bénéficient d'une protection légale depuis 2016, sous l'impulsion de la Ministre S. Royal.

Figure 1-2. Vue aérienne (depuis l'Ouest) de la partie Sud de l'atoll de Clipperton qui permet notamment de distinguer le rocher présent au Sud de la couronne corallienne.

Objectifs de la mission

L'objectif principal de cette expédition reposait sur la mise en oeuvre du protocole de TARA PACIFIC entre Cabo San Lucas (Mexique) et Panama via Clipperton et l'île panaméenne de Coiba. A noter que ce rapport ne concerne que les activités menées en amont et sur l'atoll de Clipperton.

Sur le plan scientifique, la mission sur l'atoll englobait trois axes :

- 1) L'axe principal consistait à mettre en oeuvre le protocole TARA PACIFIC pendant les navigations et dans trois sites sur l'atoll de Clipperton (incluant principalement un travail sur le corail et deux espèces de poissons);
- 2) Un axe secondaire consistait à poursuivre une étude en cours sur la connectivité spatiale et génétique des requins au sein du corridor du Pacifique Tropical de l'Est ; NB: outre son intérêt scientifique, cette étude menée conjointement entre des équipes française, mexicaine et colombienne a une dimension politique importante étant donné les revendications du Mexique sur l'atoll.
- 3) Un axe tertiaire consistait à observer à terre les principaux indicateurs de l'évolution de la biocénose et du biotope propres à l'atoll de Clipperton, en tant que laboratoire naturel des effets du changement climatique, conjugués à des impacts anthropiques.

Montages institutionnel et financier de la mission

Cette expédition sur l'atoll de Clipperton s'inscrit dans la campagne TARA PACIFIC, qui a débuté en mai 2016 (départ de Lorient). Il s'agissait du dernier leg, qui inclut un stop sur Clipperton et un autre sur l'île panaméenne de Coiba, avant une arrivée sur Panama début septembre, puis un retour en métropole via New York. La logistique bateau de TARA PACIFIC est financée par TARA Fondations, les programmes de recherche sont quant à eux co-financés par, entre autres, PSL Research Universities, le CNRS (Inée), France génomique, Agence Nationale pour la Recherche. Concernant cette mission sur Clipperton, un financement spécifique du Ministère de l'Écologie et du Développement Durable venait en appui (via le CRILOBE) d'une collaboration régionale pour l'étude de la connectivité spatiale de la méga-faune dans le corridor du TPE, reposant sur une convention tripartite signée en 2017 par le CRILOBE USR3278 (France), la fondation Malpelo (Colombie) et l'association Pelagios Kakunja (Mexique).

Moyens humains et techniques

L'équipage se compose d'un capitaine et d'un second, d'un chef-mécanicien et d'un chef de pont, d'une chef cuisinière et d'un chef de plongée professionnelle. Concernant la plongée, le capitaine et le chef mécanicien sont titulaires du certificat d'aptitude à l'hyperbarie Classe IB et peuvent contribuer à cette activité. A noter la présence de deux drones aériens à bord.

Le voilier embarque deux annexes semi-rigides de respectivement 4,3 et 4,7 m de long avec des moteurs hors-bord de 50 et 70 CV respectivement (Fig. 1-3). Une grue disposée à tribord arrière peut lever jusqu'à 400 kg (Fig. 1-4) et un portique placé en poupe a une puissance de levage de 750 kg. Des eménagements spéciaux ont été apportés afin de mettre en oeuvre de la traction de matériel scientifique de collecte d'eau et de plancton (un 'dolphin' et un HSN - voir chapitre "Océanographie" en p. 68-69). Un laboratoire humide ('wetlab') est installé sur le pont arrière du voilier, atenant à un système de pompage d'eau de mer, à côté d'une table de travail (Fig. 1-5). Un laboratoire sec ('drylab') est installé à l'intérieur du bateau, près des cabines; il est aussi dédié à des analyses d'eau, notamment issue d'un pompage permanent grâce à un passe-coque.

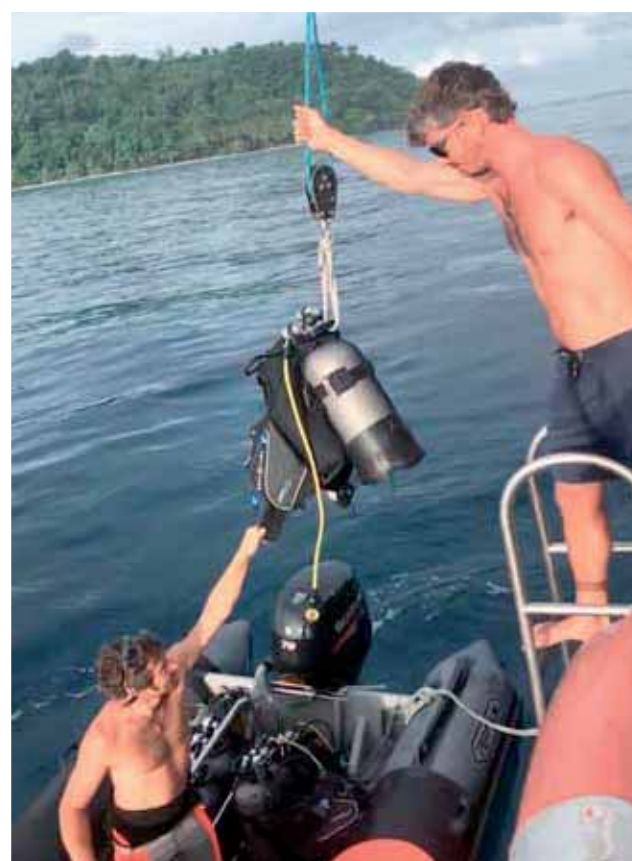


Figure 1-4. Grue positionnée à tribord arrière, ici manoeuvrée par N. Bin et J. Lancelot, avec une capacité de levage de 400 kg, et qui sert notamment au chargement et déchargement du matériel sur les annexes et au déploiement du 'dolphin' (cf. ci-après).



Figure 1-5. Vue générale sur la table de travail mis à disposition des scientifiques sur l'arrière pont du voilier et qui permet les manipulations dès la sortie de l'eau pour le conditionnement des échantillons de corail, de poisson ou encore d'eau de mer. Sur la photo: C. Pogoreutz (droite), A. Pey (droite fond) et S. Planes (gauche).



Figure 1-3. Gauche: Annexes du voilier TARA avec au premier plan le Césaire, un semi-rigide de 4,7 m équipé d'un moteur hors-bord de 70 CV et au fond le Kiwi, un semi-rigide de 4,3 m équipé d'un moteur hors-bord de 50 CV. Droite: Vue aérienne du pont avant de Tara où sont chargées les annexes lors des navigations en haute mer; à droite un des deux kayaks (rouge) gonflables disponibles pour de la logistique légère.

Déroulement

Cabo San Lucas, le jeudi 2 août à 14 heures locales, après mure réflexion (Fig.1-6), la goélette Tara a appareillé et fait route vers le Sud en direction de l'atoll de Clipperton. A son bord l'équipe de 15 personnes composée de huit scientifiques et sept hommes d'équipage, pour une navigation de quatre jours. Ce départ s'est fait malgré l'existence au sud-est de la péninsule de basse Californie d'une dépression se dirigeant vers le nord et évoluant vers le statut de cyclone (source/ NOAA). La trajectoire proche des 320° de cette dépression (avant d'obliquer vers l'Ouest à environ 500 km de la péninsule), a permis au voilier d'assumer une route plein sud (Fig.1-7), en maintenant une distance confortable entre la dépression cantonnée à l'Est, de même que d'autres phénomènes identiques qui sont apparus dans les jours suivants, en suivant les mêmes trajectoires.

Paradoxalement et concernant la saison censée être propice aux dépressions, la météo durant tout le séjour de sept jours près de l'atoll a été, à quelques grains près, extrêmement favorable, qu'il s'agisse du confort au mouillage ou de la sécurité des débarquements. La houle la plus présente et la plus forte étant de Sud-Ouest, l'expédition a choisi et conservé le mouillage situé à l'Est de l'atoll, légèrement au Nord du camp américain (mentionné comme "ancien site de débarquement" sur la carte Fig. 2-2 à suivre).



Figure 1-6. Le capitaine M. Hertau étudiant la situation sur les cartes météo avant de prendre la décision de quitter Cabo San Lucas vers Clipperton, juste avant le passage des dépressions.



Figure 1-7. Photo satellitaire du 8 août qui montre la trajectoire (en vert) suivie par le voilier Tara qui a quitté la Basse-Californie le 2 août pour arriver à Clipperton le 6 août et ce, malgré des dépressions, certaines évoluant en cyclone (notamment John), qui ont croisé (en pointillés rouges) cette trajectoire à 48h près.

Vie à bord

Le voilier TARA a été aménagé pour l'accueil de 16 personnes, en huit cabines doubles. L'équipage compte un minimum de cinq personnes, les autres naviguants étant des scientifiques ou des personnes impliquées dans la communication. Le bateau bénéficie d'un grand carré avec une cuisine adjacente, qui sert aux repas et au travail devant ordinateurs (Fig. 1-8). Une large plage arrière est dédiée au stockage du matériel de plongée, qui peut facilement accommoder jusqu'à huit plongeurs, pour deux voire trois plongées par jour, grâce à un compresseur de 400 cm³.

Les équipages tournent sur des rotations de deux à quatre mois, plus longues que celles des scientifiques.

Des équipes mixtes de trois personnes, se chargent à tour de rôle de toutes les tâches ménagères et touchant aux repas.

En navigation, les quarts sont effectués par l'équipage dans la journée et par des équipes mixtes (un membre d'équipage et un scientifique) pendant la nuit sur quatre périodes de trois heures (entre 20h et 8h du matin). L'équipage vient en appui des manipulations d'océanographies qui se déroulent le matin et le soir à la tombée de la nuit (déploiement du dolphin et HSN). Il contribue aussi à certaines manipulations sur les sites de plongées, comme la collecte de plancton par scooter, le pompage d'eau ou encore le carotage.



Figure 1-8. Vue générale de la table principale de la salle à manger où se déroulent les repas, mais aussi le travail de classement des échantillons (haut) ou le travail sur ordinateur (bas), selon l'horaire.

COUVERTURE MEDIATIQUE

Articles de presse et magazines

Tara Pacific est une expédition scientifique, mais également médiatique et pédagogique, financées grâce aux soutiens financiers et matériels des mécènes de la Fondation Tara. Pendant cette mission de deux ans et demi, un correspondant de bord était sur Tara, et l'équipe au QG parisien fût en charge d'enrichir le site internet de la Fondation Tara (<http://oceans.taraexpeditions.org>) de textes, photos et vidéos ainsi que les interactions avec les classes scolaires. Le correspondant coordonne également les visites et interviews des journalistes locaux aux escales. A plusieurs reprises, des journalistes et des équipes de tournage, ont également embarqué sur Tara, par exemple pour GEO en Papouasie ou Le Monde à Hawaï.

«Durant le passage de Tara à La Passion-Clipperton, j'étais à bord en tant que journaliste indépendant (bien qu'ayant embarqué à plusieurs reprises sur Tara en tant que correspondant de bord par le passé). Durant tout le mois d'août, j'ai publié six articles sur le travail scientifique à bord pour le site internet de Libération. Le troisième épisode de cette série traitait spécifiquement des travaux annexes menés sur Clipperton par les deux chercheurs au Criobe Eric Clua et Serge Planes. Un article plus global sur la mission Tara Pacific sera publié dans la version papier de Libération à l'occasion du retour du bateau à Lorient fin octobre 2018.

J'ai également réalisé un reportage radio pour l'émission « C'est pas du vent » diffusée sur RFI traitant de ces travaux menés sur Clipperton lors de cette mission. Enfin, je produirai un reportage (texte et photos) entièrement centré sur Clipperton et son histoire, sans lien direct avec la mission Tara Pacific, publié dans un magazine français encore à définir...»



Yann CHAVANCE,
Journaliste indépendant



Figure 1-9. En permanence au contact des scientifique travaillant sur l'expédition, le journaliste Yann Chavance s'est fendu d'une soirée et d'une nuit en bivouac passée sur l'atoll, pour mieux s'imprégner de cet endroit, notamment dans sa dimension sonore, et probablement mieux le raconter par l'image et... le son.

OCEANVIEW VR: la réalité virtuelle terrestre et sous-marine à 360°



Jean-Marc MORO,
Réalisateur, directeur de
Ocean View VR

Une première coopération a amené OceanView VR à réaliser et à co-produire avec la Fondation Tara un premier film en réalité virtuelle intitulé: 'TARA Au Coeur Du Corail', filmé en Papouasie Nouvelle Guinée en Novembre 2017. Une nouvelle fois la Fondation Tara, Océan View VR et Nexus Forward, se sont associés pour co-produire un nouveau projet immersif, cette fois-ci lié à Clipperton.

«Les films en réalité virtuelle sont maintenant bien établis comme nouveau media puissant et novateur qui prend tout son sens dans le format documentaire. Une sorte de téléportation instantanée dans un lieu lointain, en totale stéréoscopie, par le simple port d'un casque de réalité virtuelle.

TARA : Objectif Clipperton est une aventure visuelle et sonore, émotionnelle et reflexive, simple et importante. Loin des poncifs du documentaire rébarbatif, nous souhaitons proposer une démarche intuitive, presque cognitive, un parcours de proche en proche entre les émotions et la pensée qu'elles suscitent aux acteurs de l'expédition.»



Figure 1-10. Le système innovant repose sur des rigs de captations constitués de multiples cameras et permettent de restituer une vision binoculaire des scènes filmées. Les treize cameras qui le constituent produisent, après post production, une image en 8K. L'utilisation peut être terrestre ou sous-marine avec un caisson Ad hoc qui capte à 360° dénommé BelugaVR.



Photo@ F. Aurat

Figure 2-1. Vue aérienne de l'atoll de Clipperton sur sa façade Sud-Est montrant l'uniformité de sa couronne et la présence d'un lagon fermé dont la couleur révèle la présence dominante d'algues et végétaux.

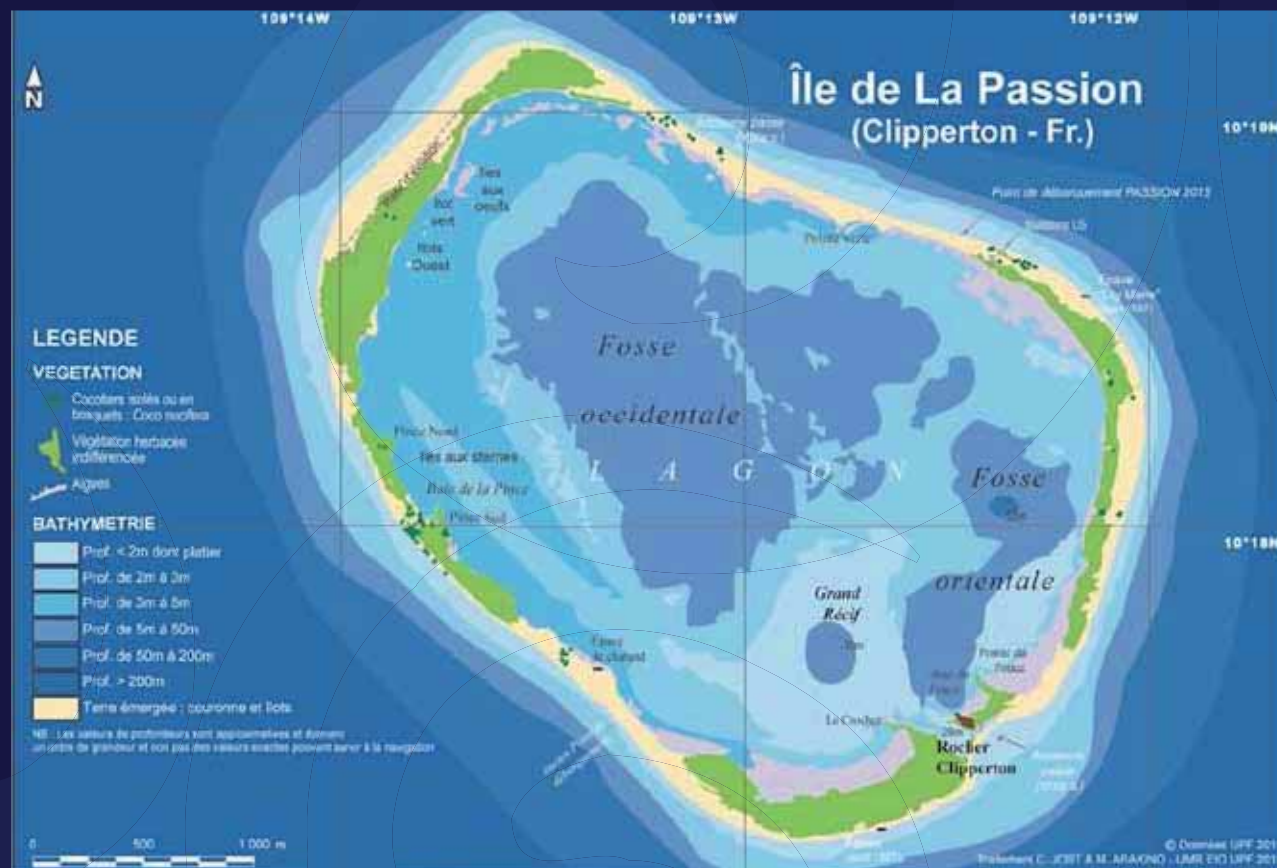


Figure 2-2. Schéma de l'atoll de Clipperton avec des éléments concernant le couvert végétal et la bathymétrie. Sont mentionnés certains points remarquables liés à la présence de l'homme (D'après Jost et al. 2015).

Clipperton, côté terre...

Seul atoll, ou presqu'atoll car flanqué d'un rocher volcanique de 29m de haut, Clipperton est un anneau corallien fermé de 1,7km² de terres émergées et de forme ovoïde, d'environ 3 kilomètres sur 4 kilomètres et d'une circonférence (couronne externe) de 11,9 km de long (Fig. 2-1).

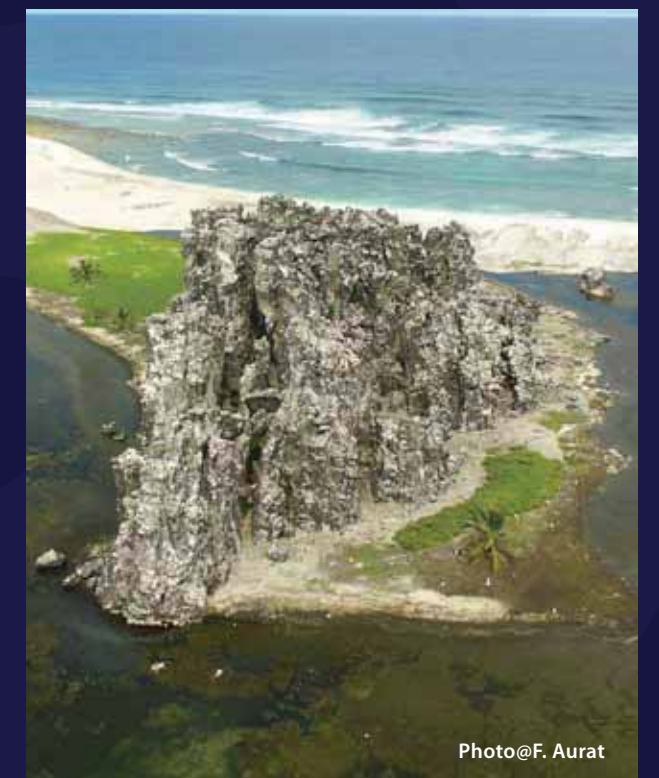
Il enferme un lagon dont le confinement et l'apport massif d'eau douce débouchent sur une combinaison unique au Monde de gradients de salinité, pH, oxygène, hydrogène sulfuré et lumière. L'eutrophisation omniprésente permet notamment un développement massif d'algues et végétaux qui confèrent à ce lagon une couleur verte atypique (Fig. 2-1). Seuls deux autres sites au Monde, en Mer noire et dans une fosse au large du Venezuela, hébergent de tels processus (Galand et al. 2012).

Concernant la biocénose terrestre, la couronne corallienne est essentiellement peuplée de milliers d'oiseaux marins et crabes, et partiellement recouverte d'une végétation rampante et de cocotiers en pleine expansion (Jost et al. 2015) (Fig. 2-2).

L'abordage de Clipperton n'est pas une opération aisée et s'effectue traditionnellement, selon la houle, soit au Sud-Ouest sur le site dénommé "Port Jaouen", comme ce fût le cas pour la mission Etienne en 2004, soit à l'Est aux abords de l'épave du Lily Mary, comme ce fût le cas pour d'autres missions.

Une stèle accolée à un mât pour drapeau se situe, quant à elle, à l'Ouest, à proximité du Camps Bougainville établi entre 1966 et 1969 par l'armée française. Les divers camps installés par l'homme ont laissés des vestiges de bâtiments ou du matériel, tels que décrits par les précédentes missions. A cet impact anthropique ancien mais encore visible, se rajoute le rejet par la mer d'innombrables déchets (Jost et al. 2015).

Enfin, Clipperton est aussi unique en tant qu'atoll par la présence d'un imposant rocher issu de lave volcanique, d'environ 30 m de hauteur qui trône au Sud de l'île, à proximité d'une ancienne passe (Fig. 2-3). Façonné par une érosion intense, de couleur noire sur laquelle la blancheur des fientes d'oiseau prend irrémédiablement le dessus, son aspect est unique pour qui aura le loisir de le contempler...



Photo@F. Aurat

Figure 2-3. Vue arienne de la façade nord du rocher au sud de l'atoll, d'origine volcanique, la couleur blanche provenant des fécès d'oiseaux.

A la palme et en kayak

La priorité résidant dans le travail marin -qui prend au minimum une journée par site et ce, pour trois sites-, le premier débarquement conséquent s’est effectué le 10 août, au cours duquel huit personnes ont mis pied à terre vers 13 h pour effectuer une visite partielle de l’atoll (Fig. 2-4). Au préalable, le journaliste Y. Chavance et le réalisateur J-M Moro avaient effectué un débarquement en fin d’après midi le 8 août afin de bivouaquer sur l’île jusqu’au lendemain midi et pouvoir effectuer des images/photos et prises de son. Ces deux débarquements, de même que ceux qui suivront, se sont effectués à la palme, en s’approchant du rivage en nageant afin de surfer les dernières vagues avant de se relever et prendre pied. L’équipement était quant à lui confiné sur des kayaks qui, la plupart du temps, étaient acheminés sur

la plage en veillant à ce qu’ils ne se retournent pas (Fig. 2-5). Après le débarquement du 10 août qui comprenait essentiellement des scientifique de l’équipe, ce fût au tour d’une partie de l’équipage, sous la direction du capitaine, de débarquer pour un tour complet de l’île, qui a intégré le levée de drapeau traditionnel (cf chapitre suivant).

Si elle a permis la prise de certaines mesures telles que celles du cordon littoral, l’excursion du 10 août n’a pas permis d’être exhaustif au niveau des observations terrestres. Aussi, un binôme composé de E. Clua et S. Planes a redébarqué le 14 août pour un tour d’île complet qui a notamment permis une évaluation du nombre d’oiseaux (cf chapitre afférent) et un comptage des cocotiers (cf chapitre afférent) (Fig. 2-6)



Figure 2-5. Vue terrestre panoramique du débarquement du groupe de huit personne qui a effectué la visite du 10 août sur le site de l’ancien débarquement au onrd-est, avant un départ à pied vers le sud en direction du rocher.



Figure 2-4. Les divers débarquements se sont effectués au même endroit sur la côte nord-est de l’atoll, à proximité de l’ancien camp militaire américain (ancien point de débarquement de la carte en Fig. XX). Le déferlement des vagues était léger à moyen selon le jour et n’a jamais empêché le débarquement qui s’est effectué en nageant à la palme, avec un kayak pour transporter le matériel. Un seul chavirement de kayak sans conséquence grave est à déplorer sur la dizaine de débarquements au total.



Figure 2-6. Carte synoptique des deux débarquements effectués les 10 (huit personnes) et 14 (deux personnes) août 2018 qui ont notamment permis de mesurer l’évolution du cordon terrestre séparant le lagon de l’océan sur les deux sites correspondant à la localisation des anciennes passes.

SOUVERAINETE DE LA FRANCE

Des revendications persistantes de la part du Mexique

Si la souveraineté de la France ne pose *a priori* aucun problème réel au niveau diplomatique officiel, une frange populiste et nationaliste, certes marginale, de certains mouvements mexicains continue à alimenter des revendications de souveraineté mexicaine concernant l'atoll et ce, à travers des articles sur internet et certaines publications (Foliot 2016). Un argument majeur de cette position repose sur l'absence d'occupation physique et réelle de l'atoll par la France. Aussi, apparaît-il opportun de rester vigilant quant aux indicateurs de cette tendance qui pourrait se manifester sur l'atoll. Cela concerne notamment la stèle de la République et le drapeau français, censé flotter en permanence sur l'atoll.

Levée du drapeau

La cérémonie de levée du drapeau lors de la mission de 2016, en présence de plusieurs ressortissants mexicains, a été l'occasion de ré-affirmer la souveraineté de la France. Cette dimension politique n'existait pas en 2018, mais une cérémonie formelle a permis de remplacer le drapeau français qui avait disparu sur le mât prévu à cet effet (Fig. 2-7).

Actes de vandalisme délibérés

Il est opportun de noter que la plaque posée par le député Foliot en 2015 a disparu de la stèle et la fiabilité de son sertissage laisse penser qu'il s'agit d'un acte de vandalisme délibéré (Fig. 2-8). Dans le même esprit, la stèle posée par la marine en 1988 a, elle aussi, été légèrement vandalisée en lien avec la souveraineté française (Fig. 2-8).



Figure 2-7. Mât de support du drapeau français sur lequel le fanion avait disparu, apparemment de façon naturelle, probablement sous l'effet conjugué du sel, du soleil et du vent. Il a été remplacé à l'occasion de cette mission par le capitaine du voilier, Martin Hertau (au centre en noir), accompagné d'une partie de son équipage (de gauche à droite: Daniel Cron, Jonathan Lancelot et Sophie Bin) lors de leur tour d'île du 11 août.



Figure 2-8. Haut: A droite, photo de la stèle de la République française datant de février 2016 et montrant la présence de la plaque posée par le député Foliot, qui a disparu (à l'endroit indiqué par la flèche rouge) sur un cliché équivalent pris en août 2018. Bas: Plaque commémorative posée par la marine (près du rocher) sur laquelle le mot "française" a été sciemment rayé.





Figure 2-9. Exemple d'amas de déchets plastiques tel qu'on en trouve fréquemment sur l'atoll, parfois à plusieurs dizaines de mètres de la plage. La grande majorité sont des bouteilles, bidons, jouets, chaussures, etc. dont la plupart semble provenir d'Amérique centrale selon les étiquettes.



Figure 2-10. Fou masqué (*Sula leucogaster*) qui s'est emménagé un nid à base de déchets plastiques divers trouvés sur l'atoll qui sont parfois plus accessibles que le matériel végétal normalement utilisé à ces fins.

Déchets et nouvelles épaves

S'il est un élément omniprésent sur l'atoll de Clipperton, auquel l'œil humain ne peut pas échapper, c'est bien celui des déchets, qu'ils aient été ponctuellement abandonnés par l'homme lors des divers séjours sur l'atoll ou rejetés par la mer de façon continue. La mission Clipperton 2015 a effectué un recensement géoréférencé de ces déchets, de même qu'une récolte partielle qui avait permis l'évacuation par la Frégate de Surveillance, le *Prairial*, de 169 kg de déchets pour un volume de 2,65 m³ (Jost et al. 2015). Nous nous en tiendrons dans ce rapport à donner un aperçu général en distinguant les déchets apportés par la mer, avec une mention spéciale pour les épaves de bateaux, de ceux laissés par l'homme.

Tout le pourtour de l'atoll et ce, avec des zones de forte concentration, est recouvert de divers déchets, constitués en premier lieu par du plastique: tel que bidons, bouteilles, jouets démantelés, ustensiles de cuisine, etc. (Fig. 2-9). Les oiseaux semblent très bien s'en accommoder et il n'est pas rare d'observer des nids constitués essentiellement d'objets inertes en lieu et place de brindilles et autres matières végétales qui sont normalement utilisés par les oiseaux (Fig. 2-10).

Les déchets les plus imposants relèvent quant à eux de la pêche haurière et sont constitués soit de radeaux (fait de rondins végétaux ou de tubes en PVC assemblés par des sangles soit des engins de géolocalisation, qui servent aux pêcheurs à suivre les Dispositif Concentrateurs de Poissons (DCP) itinérants ou des flotteurs de sennes (Fig. 2-11).

Il convient de mentionner la présence de nouvelles épaves légères, constituées par des barques de pêcheur en fibre, qui se sont échoués sur le haut de la plage dans la zone en face du rocher. C'est aussi là qu'a atterri la proue d'une barque qui s'est apparemment disloquée en mer ou en arrivant sur l'atoll, en provenance d'Amérique centrale.

Figure 2-11. Trois exemples de matériel lourd de pêche échoué sur le rivage, classiquement trouvé sur les rivages de l'atoll. Deux photos du haut: bouées auto-émétrices annexées à des palangres. Au milieu: bouée solaire accompagnant les DCP dérivants. Bien que ce matériel puisse dériver sur de très longues distances, ce constat est probablement à mettre en perspective avec une activité halieutique intense dans la zone.





Figure 2-12. Vestiges de l'épave du Lily Mary à proximité du camp américain sur la façade Est (voir Fig XX) qui s'est échoué là en 2000. En haut aspect de l'épave en février 2016 et en bas, la même épave deux ans et demi après: le bas de la coque s'est affaissé et disloqué la surface en taule a diminué d'environ 10%. Une autre différence réside dans la configuration de la plage qui intègre une cassure franche dans le sable, marque d'une érosion marquée de la plage à cet endroit (photo du bas).



Pas de nouvelle épave majeure...

Depuis les années 2000, l'atoll n'a a priori pas enregistré d'échouage majeur qui se soit soldé par l'abandon d'une épave imposante comme ce fût le cas pour le Lily Mary (côte Est) et l'épave Costaricaine (au Sud Ouest du rocher - voir carte Fig. 2-2). Ces deux épaves sont toujours visibles et se démantèlent peu à peu, sous les effets des houles récurrentes.

Le Lily Mary est toujours bien visible et a peu évolué en deux ans (Fig. 2-12). Quant à l'épave Costaricaine, elle a subi un démantèlement plus prononcé, avec des morceaux qui jonchent désormais la plage, au nord de l'épave (Fig. 2-13).

A titre anecdotique, deux épaves de barques légères ont été repérées à proximité du rocher (Fig. 2-14).

Figure 2-14. Ci-dessous: épave de barque de pêche en fibre sur la plage à proximité du rocher au sud de l'atoll.



Figure 2-13. Au-dessus: vestige de la coque de l'épave costaricaine du sud de l'atoll, en grande partie disloquée. En haut à droite: morceaux de l'épave qui jonchent la plage à proximité de l'épave principale.

EMPREINTES DES SEJOURS HUMAINS

Les traces des présences humaines, notamment autour du camp Bougainville et de l'ancien camps américain, restent toujours -et malheureusement- très visibles et ce, malgré leur ancienneté (à savoir les années 40 et fin des années 50 respectivement). D'autres missions se sont implantées dans ces mêmes endroits, et ont contribué au résultat actuel qui génère une certaine frustration (Fig. 2-15).

Concernant l'ancien camps américain, force est de constater que les munitions, si elles ne présentent *a priori* plus de danger réel, constituent aussi une pollution visuelle regrettable. La mission Bougainville de septembre 2017 a apparemment procédé à la dépollution pyrotechnique du stock de munitions dans la continuité des premières opérations réalisées par le B2M D'Entrecasteaux en juin 2016 et le B2M Bougainville en novembre 2016. Néanmoins, beaucoup de munitions ont été rassemblées dans des sacs à gravas, probablement pour être exportées hors de l'atoll, et sont restées sur place (Fig. 2-16). Certaines carcasses de véhicules sont aussi toujours visibles (Fig. 2-17).

A noter la présence, à l'orée du premier bosquet de cocotiers qui se trouve à droite sur les abords du lagon lorsque l'on quitte l'aérodrome, de deux tombes, apparemment humaines, qui datent d'octobre 2016 (selon les inscriptions) de dénommés "Pollo" et "Perkins", de nationalité inconnue (Fig. 2-18).



Figure 2-15. Vestiges et déchets au sein de l'ancien camp Bougainville.



Figure 2-16. En haut et en bas à droite: tas de munitions qui ont été désamorçées et entassées dans des sacs à gravas, apparemment pour leur exportation hors de l'atoll qui ne semblent pas avoir aboutie.

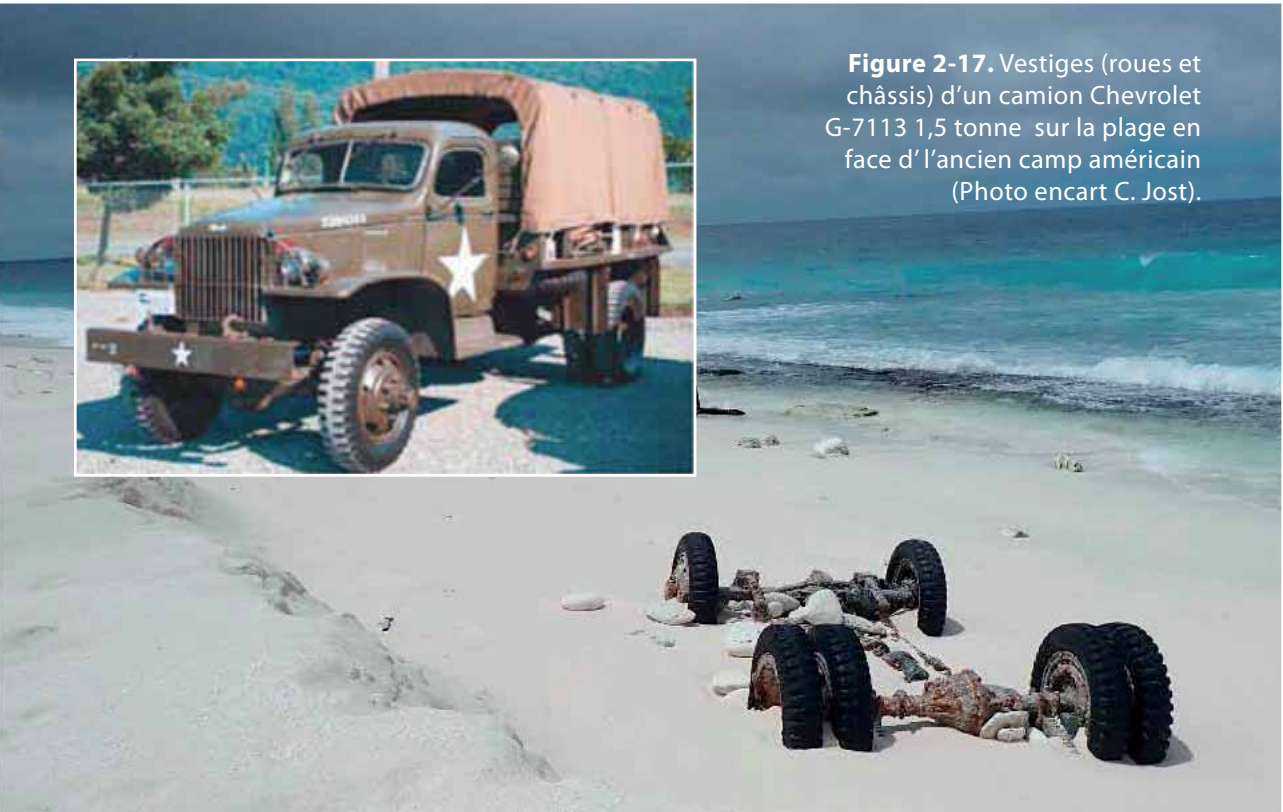


Figure 2-17. Vestiges (roues et châssis) d'un camion Chevrolet G-7113 1,5 tonne sur la plage en face d' l'ancien camp américain (Photo encart C. Jost).



Figure 2-18. Tombes situées à l'orée de la première cocoteraie qui se trouve sur les abords du lagon en quittant l'aérodrome vers le sud.



COUVERT VEGETAL

La mission Passion 2015 a réalisé la première cartographie de la couverture végétale de l'île et a montré que 46% de la surface émergée de l'atoll était convert par une quinzaine d'espèces végétales, alors qu'aucune couverture n'existait en 2001, probablement par la surconsommation des crabes omnivores *Johngarcia planatus* dont le nombre se comptait alors en millions (Jost et al. 2015).

L'évaluation du couvert végétal en février 2016 (Clua 2016) avait conclu à un dynamisme indéniable du couvert végétal, probablement facilité par la régression des crabes. Cette tendance est confirmée par les observations d'août 2018, notamment par un nombre de cocotiers (*Cocos nucifera*) en constante progression. A ce titre, un total de 865 cocotiers de plus de 1 m de haut a été répertorié lors du tour d'atoll de Février 2016, alors que ce chiffre était de 847 en avril 2015 (Jost et al. 2015). Aujourd'hui, le comptage exhaustif débouche sur 1405 cocotiers de plus de 1 m de haut (Fig. 2-19).

Concernant les plantes rampantes, une extrême vivacité semble aussi de mise à l'échelle de l'atoll, en particulier dans les prairies d'*Ipomea triloba* ou d'*Ipomea pes-caprae* à l'Est de l'atoll (Fig. 2-20). La zone de l'aérodrome semble aussi s'être densifiée (Fig. 2-21) de même que le Sud-Est (Fig. 2-22).

Une photo aérienne globale de l'atoll a été réalisée et devrait permettre un nouveau calcul du couvert végétal, probablement supérieur à l'évaluation de 2015 (Jost et al. 2015).

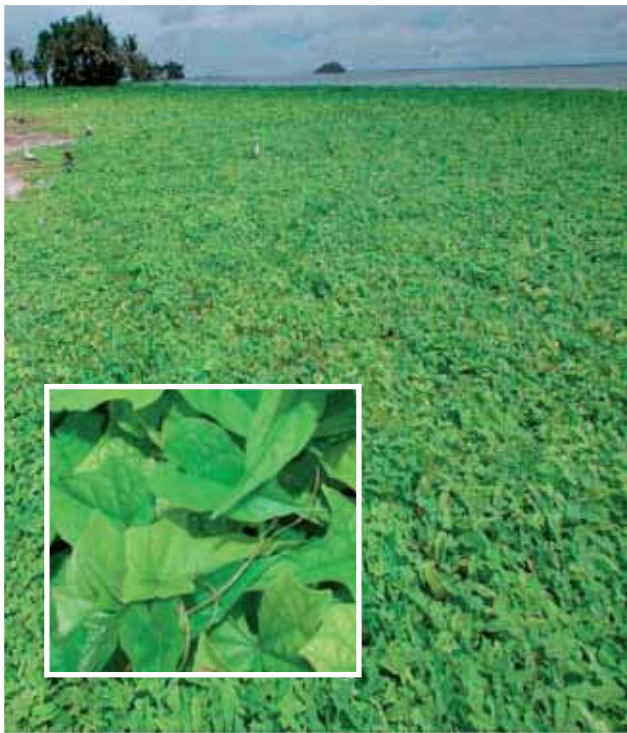


Figure 2-20. Parterre très dense d'*Ipomea triloba* au Nord-Est de l'atoll où cette plante rampante s'est beucup développée. Les tiges s'apparentant à des lianes semblent néanmoins poser des problèmes aux oiseaux, adultes et jeunes, qui s'y emmèlent les pattes.



Figure 2-19. Jeunes pousses de cocotier (*Cocos nucifera*) dans la zone Nord-Est de l'atoll où les cocoteraies se sont densifiées. Par ailleurs, la prédation de ces jeunes pousses par les crabes semble très marginale.



Figure 2-22. Haut: Parterre très dense d'*Ipomea pes-caprae* à l'Est de l'atoll, et au Sud du camp américain, qui semble plus propice à la nidification des fous plus présents que dans les parterre d'*I. triloba* de l'Ouest. A droite ci-contre: cette plante rampante s'est beaucoup développée à l'Est, comme en témoigne une présence importante d'expansions pionnières et ce, malgré une submersion régulière de ces zones par la mer.



Figure 2-21. Parterre très dense impliquant a minima deux espèces végétales dominantes, des herbacées suffrutescentes (= à tige ligneuse) à arbrisseau, de la famille des *Malvaceae*, à savoir *Corchorus aestuans* L. (à gauche) et *Sida rhombifolia* (à droite), au Nord, entre l'aérodrome et le lagon.

CRABES ET RATS (ET CAFARDS)



Figure 2-26. Photo des gauches: cadavre frais d'oiseaux qui a été à peine déprédaturé et est délaissé par les crabes. La déprédation semble d'ailleurs plutôt due à des rats, tel que le suggère l'encart. Photo de droite: scolopendre observé sous un rocher sur une plage à l'Est.



Photo@ Y. Chavance



Figure 2-25. Vue extérieure d'un bloc de calcaire présentant des trous propices à une colonisation par les crabes de petite taille. La présence d'individus de petite taille est inédite par rapport aux observations de 2016.

Concernant les crabes *Johngarcia planatus*, le dernier recensement précis date de 2005 avec 1,25 millions d'individus (Bouchard and Poupin 2009). De prime abord et tel que constaté en 2016 (Clua 2016), il semblerait que nous soyons assez loin de ce chiffre et qu'actuellement le nombre de crabes ne dépasse pas quelques centaines de milliers. Cette impression peut certes en partie être due au fait que l'observation s'est effectuée en plein jour alors que ces crabes lucifuges sont à l'abri (Fig. 2-23), mais la tendance semble étayée par un faisceau d'indicateurs. Les premiers concernent la végétation avec d'une part la flore rampante qui, anciennement étouffée par les crabes, semble aujourd'hui très vivace, et d'autre part l'absence globale de consommation des jeunes pousses de cocotiers par les crustacés. A ce titre, la grande majorité des noix ayant germé conservent des pousses intactes, en particulier sur toute la façade Ouest de l'atoll (Fig. 2-19). Un autre indicateur concerne la présence de nombreux cadavres d'animaux non déprédaturés par les crustacés terrestres omnivores. En fait, il n'a été observé qu'un seul cadavre d'oiseau qui était prédaté par les crabes lors du tour d'île complet effectué le 14 août (Fig. 2-24). Le point le plus remarquable en 2018 concerne la présence de très nombreux juvéniles de crabes (Fig. 2-25), ce qui n'avait pas du tout attiré notre attention en 2016.

Contrairement à 2016, la présence des rats *Rattus rattus* nous est apparue très discrète. Un cadavre d'oiseau trouvé dans la zone de l'aérodrome semblait avoir été déprédaturé par ces mammifères, sans que cela soit sûr (Fig. 2-26).

En revanche, Y. Chavance, qui a passé une nuit sur l'atoll, a rapporté la présence de scolopendres ($n = 4$) (longueur d'une dizaine de cm) (Fig. 2-26), de même que de nombreux cafards, actif dès la tombée de la nuit.



Figure 2-24. Cadavre d'oiseau déprédaturé par des crabes, tableau certes spectaculaire mais unique lors du tour d'île de cette mission Clipperton 2018; la plupart du temps, les cadavres étaient délaissés par les crabes, ce qui semble être en désaccord avec les observations antérieures à 2010 décrivant une pression importante des crabes, y compris à l'égard de l'homme.



Figure 2-23. Groupe de crabes qui passent la journée à l'abri de la lumière pour redevenir très actifs au coucher puis au lever du soleil.

OISEAUX

L'évaluation fournie dans le cadre de ce rapport repose sur un comptage effectué le 14 août, entre 7:40 et 11:40 par E. Clua. Seuls les oiseaux posés à terre ont été recensés, aussi cette évaluation ne saurait être considérée comme exhaustive. Elle permet néanmoins de fournir une tendance, notamment vis à vis de l'évaluation faite en février 2016 par le même opérateur.

D'un point de vue relatif, et tel que décrit par Weimerskirch et al. (2005), l'écrasante prédominance du fou masqué (*Sula dactylatra*) sur le pourtour de l'atoll n'est pas remise en cause (Fig. 2-27). Vient ensuite le fou brun (*Sula leucogaster*) (Fig. 2-28) qui lui aussi est très fréquent. Néanmoins, leurs densités respectives semblent en baisse par rapport aux derniers recensement, à savoir respectivement 24 500 fous masqués et 4 000 fous bruns. Les autres tendances, à la hausse cette fois-ci, concernent les frégates (*Fregata minor*) (Fig. 2-29) et les nodis bruns (*Anous stolidus*), dénombrées à hauteurs de 600 pour les premières et 900 pour les seconds (notamment deux grosses concentrations >500 au Nord) (Fig. 2-30).

En terme de présence très marginale, on notera une centaine de fous à pieds rouges (*Sula sula*) (Fig. 2-28), de même que quatre gygis (*Gygis alba*) qui semblent nicher dans le rocher. Enfin, le nombre important (n>50) de foulques (*Fulica americana americana*) est confirmé sur le littoral du Sud-est, de même qu'un limicole (probablement un chevalier) sur la plage.

Figure 2-29. Haut: Frégates (*Fregata minor*) au repos dans la zone au Sud-est de l'atoll où une colonie importante semble s'être implantée. Bas: *Gygis alba* voletant aux abords de son nid dans le rocher.



Figure 2-30. Vue d'une concentration de nodis bruns (*Anous stolidus*) posés dans la zone en face de l'île de Negg, au sein de l'immense reposoir de Fou masqué (*Sula dactylatra*) adultes au Nord de l'atoll.



Figure 2-28. Présentation de deux espèces nicheuses présentes sur l'atoll avec à droite le fou à pieds rouges (bec bleu sur la photo) (*Sula sula*) qui niche sur les arbres. A gauche, quatre fou brun (*Sula leucogaster*), nichant au sol. A noter la présence des deux robes possible chez cette espèce, à savoir la plus classique chez l'oiseau de droite (tête et cou brun foncé), et la variante propre à certains individus de la côte Est mexicaine, qui présentent un dégradé centrifuge de marron qui s'estompe en blanc du cou vers la tête.



Figure 2-27. Concentration de Fou masqué (*Sula dactylatra*) adultes au repos dans la zone de l'aérodrome (Nord de l'atoll). En incrustation une zone au Sud-Est de l'atoll où naguère se concentraient beaucoup d'individus de cette espèce, aujourd'hui absents. Bien que dominante, cette espèce semble en déclin sur l'atoll.

REOUVERTURE DES PASSES

Historique et enjeux

Dans le contexte de cette mission, le fait historique le plus intéressant concerne la mention via une carte réalisée en 1840 par Sir Edouard Belcher, de l'existence de deux passes dans la couronne corallienne de l'atoll. L'une, plus large que l'autre, se situait au Nord-Est de l'atoll, l'autre au Sud-Est, à proximité du rocher qui était déjà mentionné à l'époque (Fig. 2-31). Ces passes se seraient naturellement comblées dans la décennie qui a suivi dès lors qu'elles n'étaient plus présentes dans la description faite en 1858 par Le Coët de Kerveguen, lors de la revention de l'atoll (Jost 2005b). L'érosion agressive de ces dernières décennies laisse néanmoins anticiper une ré-ouverture potentielle de ces passes et constitue un enjeu important du suivi de terrain.

Les précipitations tropicales importantes (jusqu'à 5 000 mm) dans ce lagon fermé ont provoqué une forte désalure et débouché sur des eaux saumâtres plus ou moins salées à partir de 1861 (Charpy et al. 2010). Les eaux superficielles sont oxygénées jusqu'à une dizaine de mètre, et deviennent anoxique ensuite. La chimie se déroulant au delà de 14 m de profondeur entraîne l'émission de sulfure d'hydrogène (H_2S), qui s'avère toxique pour l'homme (Fig. 2-32). Ce

milieu est très eutrophisé, ne permettant guère que le développement d'algues et de phanérogames (Fig. 2-33), combiné à la présence de bactéries à biogénèse d'hydrocarbures. Des macro-invertébrés, type crustacés, ou vertébrés, type poissons, y vivaient jusque dans les années 1980 mais ont depuis disparu.

La ré-ouverture naturelle et potentielle du lagon de Clipperton est un enjeu majeur concernant l'évolution des phénomènes chimiques très particuliers qui se déroulent au sein du lagon, identifiés dans seulement deux autres endroits au monde, à savoir une fosse au large du Vénézuéla et en mer noire. Les dernières analyses, en particulier celle de C. Jost (2015), font état d'un rétrécissement du cordon en divers points de la couronne. Aussi, c'est sur sa suggestion que nous avons procédé à une nouvelle mesure du cordon à deux endroits particuliers, au Nord-Est et au Sud-Est, correspondant à l'emplacement des anciennes passes notifiées au XIXème siècle (Fig. 2-31).

Figure 2-32. Représentation synoptique des cycles chimiques présents au sein du lagon de Clipperton.

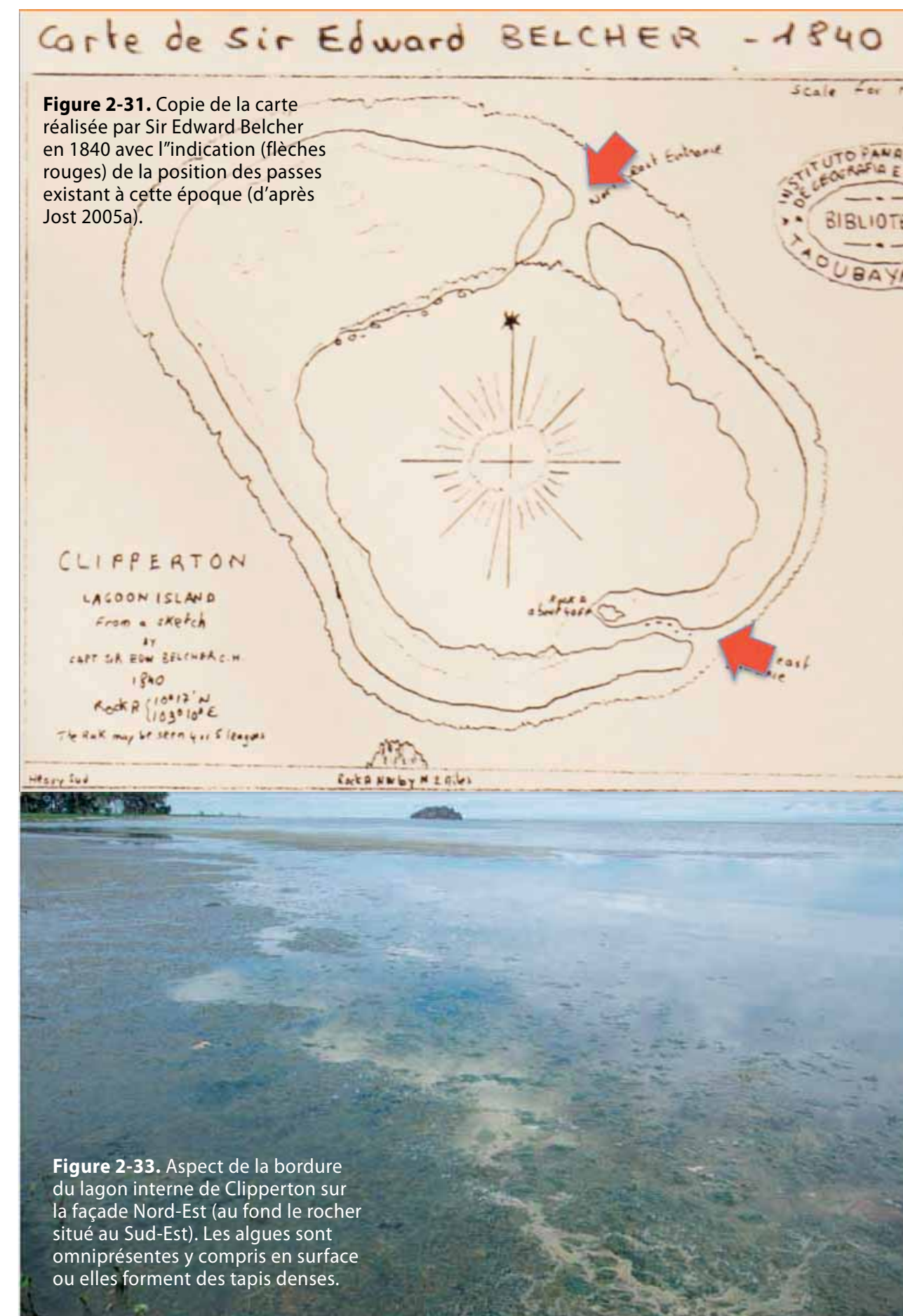
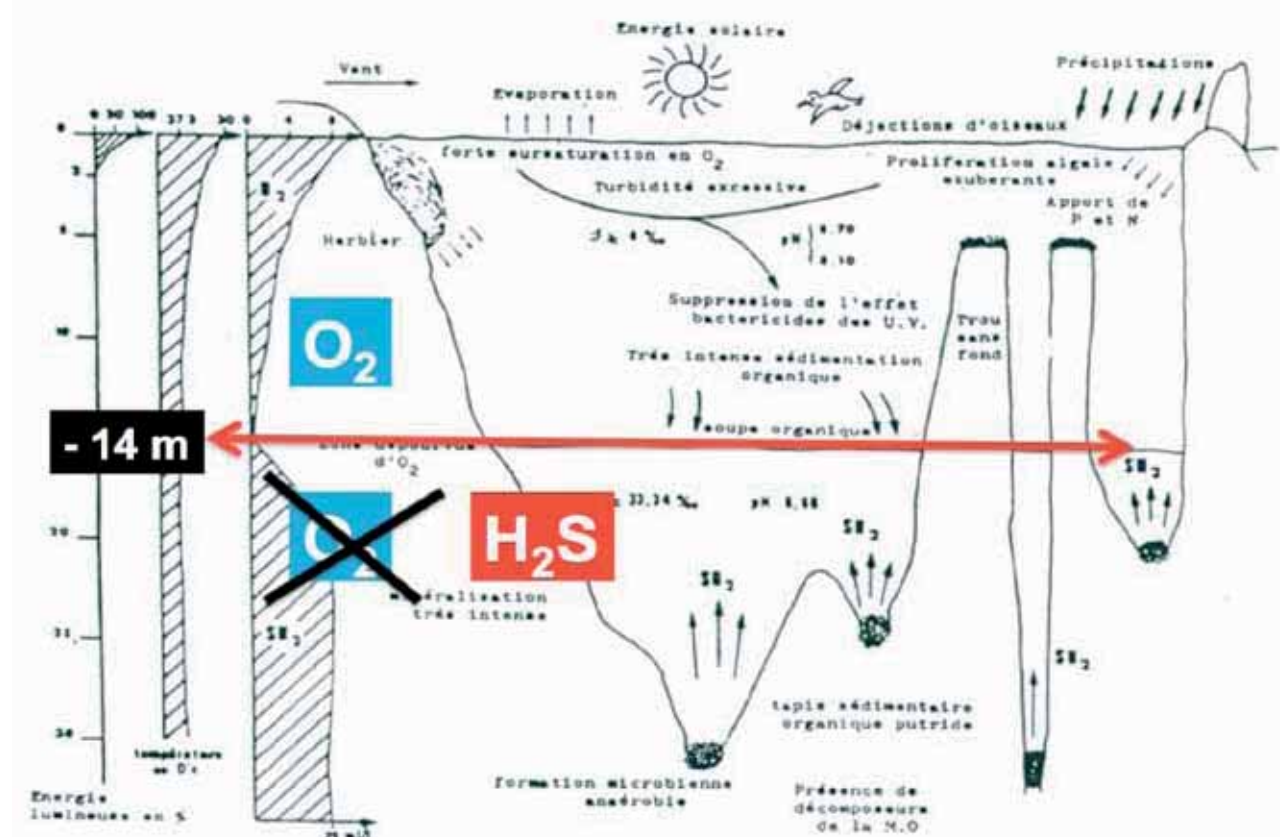


Figure 2-33. Aspect de la bordure du lagon interne de Clipperton sur la façade Nord-Est (au fond le rocher situé au Sud-Est). Les algues sont omniprésentes y compris en surface ou elles forment des tapis denses.

Passé Sud-Est: état des lieux

Le premier site de ré-ouverture naturelle potentielle du lagon se situe à proximité du rocher au Sud-Sud-Est de l'atoll, sachant qu'une extension lagunaire contourne à cet endroit-là le rocher pour dessiner un cordon sablonneux qui est le plus étroit de toute la couronne (Fig. 2-34). C'est à ce même endroit que des mesures avaient été conduites en 2016, respectivement en février par E. Clua et en juin par C. Jost. E. Clua avait évalué la largeur du cordon à 16 m (Fig. 2-35) (Clua 2016) et C. Jost à 14 m quelques semaines plus tard (Jost et al. 2016).

La mesure effectuée en août 2018, matérialisée sur une vue aérienne de l'endroit grâce à l'utilisation d'un drone manié par F. Aurat, débouche sur une longueur minimale de 15 m et 17 m (Fig. 2-36). Cette mesure fait état d'une situation stable, malgré des marques de remaniements importants des amas de débris coralliens qui tapissent le sol à cet endroit-là. Aucune mesure précise n'a été faite, mais il semblerait que la hauteur du monticule de débris soit plus importante qu'il y a deux ans.

Un détail nous est apparu important à mentionner, à savoir l'existence d'un flux constant d'eau d'un débit non négligeable (Fig. 2-37) à l'extrémité de l'échancrure la plus prononcée de la lagune correspondant à la mesure M1 sur la Fig. 2-36. Au goût il semblerait s'agir d'eau saumâtre peu salée, probablement une résurgence des nappes phréatiques identifiées au début des années 2000 (Jost 2002).



Figure 2-37. Au centre du cercle en pointillé: vaguelettes matérialisant le flux constant d'une eau saumâtre résurgente à l'extrémité du bras lagunaire le plus échancré près du rocher (indiqué par la flèche rouge sur la Fig. 2-36).



Figure 2-34. Vue aérienne du rocher au Sud de l'atoll, dans la zone où existait une passe au XIXème siècle. L'endroit est identifié comme le plus probable pour une ré-ouverture naturelle, notamment au niveau de la langue lagunaire qui se détache à droite du rocher.



Figure 2-35. A: Matérialisation de l'endroit où le cordon littoral de 16 m a été mesuré en 2016 à proximité du rocher, emplacement de la passe du Sud-est mentionné dans la carte du XIXème siècle (Belcher 1840). B: Petit canal d'une largeur avoisinant 1 m qui relie la lagune située au Sud du rocher et le lagon de l'atoll. Cet endroit s'est aussi significativement rétréci au fil des dernières années.



Figure 2-36. Vue aérienne du cordon à proximité du rocher où ont été re-mesurées les distances les plus faibles séparant les eaux lagunaires de l'océan. M1 a été mesuré à 15 m et M2 à 17 m en août 2018.

Passé Nord-Est: état des lieux

Concernant le site du Nord-Est, nous avons effectué une mesure à deux endroits différents, à savoir i) le site 1 qui nous a semblé, non pas le plus étroit, mais le plus en dépression avec des marques prononcées de passages d'eau fréquents en provenance de l'océan (Fig. 2-38A), et ii) le site 2 préconisé par C. Jost comme étant le plus étroit dans cette zone, juste au sud d'une avancée du cordon vers le lagon (Fig. 2-38B).

La mesure de l'épaisseur du cordon débouche respectivement sur une largeur de 35 m (voir M2 sur Fig. 2-39) et de 47 m (voir M1 sur Fig. 2-39). Si une largeur moindre du cordon peut jouer en faveur du site 2 concernant le passage d'eau, il se trouve que la hauteur du cordon est à cet endroit significativement plus importante, notamment par la présence de conglomérats phosphato-calcaires qui, bien qu'érodés en plusieurs endroits, constituent une barrière pour les vagues (Fig. 2-40). En revanche, le site 1, bien que plus large, semble beaucoup plus propice au passage régulier d'eau comme en témoigne le ravinement apparent (Fig. 2-41), de même que l'amoncellement de matériaux visible sur la photo aérienne (Fig. 2-38A), témoin d'un passage fréquent de l'eau.



Figure 2-40. Vue au sol de la partie extérieure (côté océan) du point de mesure M2 qui montre la présence des agrégats phosphato-calcaires durs qui gênent probablement le franchissement par les vagues, même si une érosion semble exister à l'endroit où a été effectuée la mesure M2 (en face du pneu au sol).



Figure 2-41. Vue au sol de la partie extérieure (côté océan) du point de mesure M1 qui montre un sol en dépression et raviné par le passage fréquent d'eau. Le trottoir est interrompu à cet endroit-là.



Figure 2-39. Vue aérienne (en plan large) des deux sites où a été mesurée la largeur du cordon littoral afin d'évaluer la possibilité de ré-ouverture naturelle d'une passe. Le point M2 correspond à l'endroit le plus étroit qui est néanmoins a priori pénalisé par la hauteur du cordon et la présence d'agrégats durs (cf. Fig. 2-40) limitant le franchissement des vagues. En M1, le cordon est plus long mais le sol est plus bas et en dépression, ce qui semble faciliter le passage de l'eau (cf. Fig. 2-41).

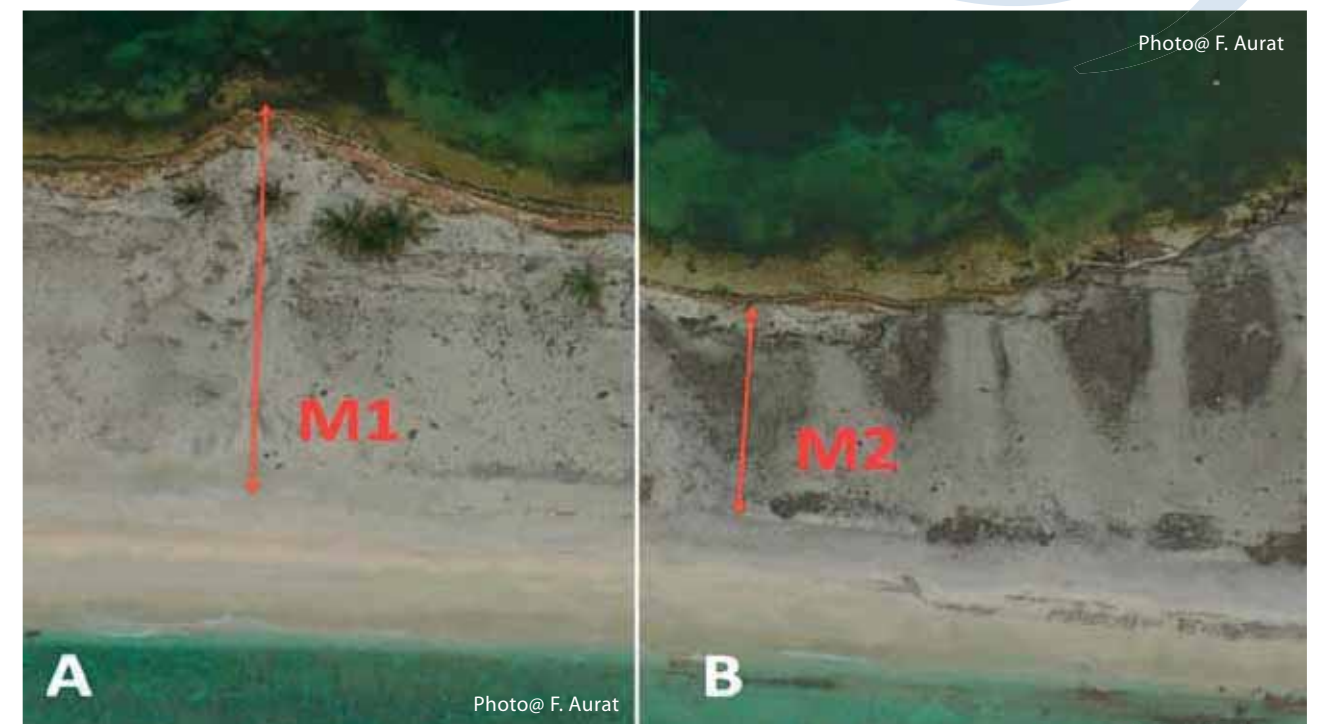


Figure 2-38. Vue aérienne (plan serré) des endroits mesurés avec le pentadécamètre avec la mesure de M1 (A) et de M2 (B). En M1, on peut discerner côté lagon (haut) une expansion qui correspond probablement à l'amoncellement de matière apportée par les vagues franchissantes, plus fréquentes qu'en M2.

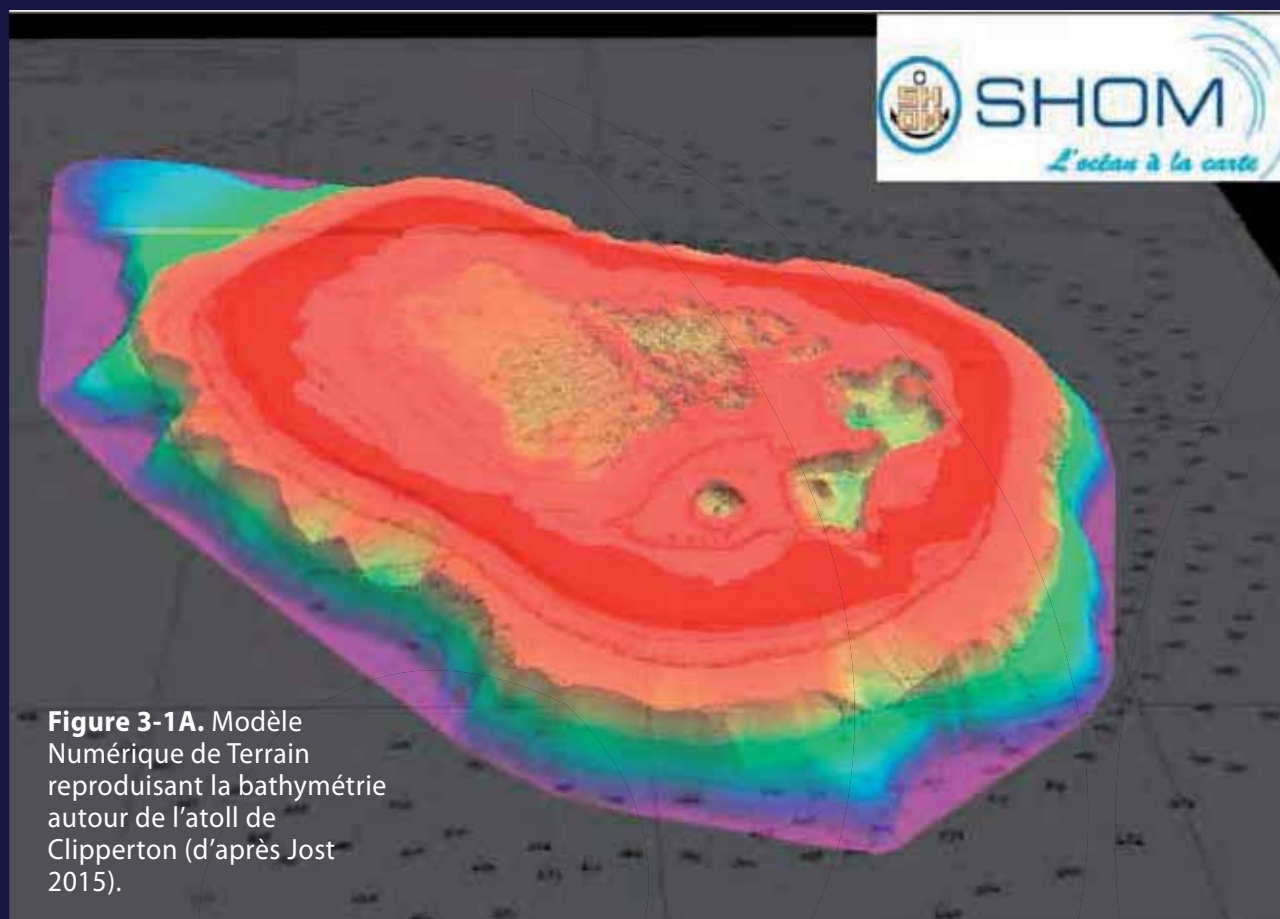


Figure 3-1A. Modèle Numérique de Terrain reproduisant la bathymétrie autour de l'atoll de Clipperton (d'après Jost 2015).



Figure 3-1B. Vues sous-marines du début du tombant (vers 15 m) sur la façade Sud-Ouest de l'atoll de Clipperton, montrant la dominance des coraux massifs et un taux de couverture en corail vivant extrêmement élevé, de même qu'une biomasse exceptionnelle, notamment de meso-prédateurs.

Clipperton, côté mer...

Aperçu du biotope sous-marin

L'atoll de Clipperton est bordé sur sa façade extérieure d'un récif frangeant se présentant dans les premiers mètres de profondeur sous la forme d'une dalle calcaire fortement érodée, sur laquelle vient se briser la houle du large. Ces structures calcaires confinent par certains endroits des enclavements d'eau à proximité de la plage, que l'on pourrait assimiler à de mini-lagons dans lesquels évoluent essentiellement des poissons chirurgiens (Acanthuridae), perroquets (Scaridae) et autres balistes (Balistidae).

Dès les premiers mètres d'eau, les édifices coralliens prédominent largement dans une zone à sillons et éperons coralliens peu profondes (<2 m). Sur les sites du Sud-Ouest de l'atoll, un plateau en pente douce prédomine ensuite entre 8 et 12 m, à peine sur quelques dizaines de mètres de largeur, avant qu'une pente externe abrupte plonge sur 45 m de prodoneur (Fig. 3-1A). Sur la côte Est, ce plateau semble plus court et la pente débute plus tôt, à quelques mètres de la zone des brisants, et chute plus rapidement. Au cours de toutes les plongées, la colonne d'eau est apparue très chargée en matières organiques et minérales en suspension, limitant la visibilité entre 10 et 20 m.

Sur la pente, les coraux sont essentiellement massifs, avec de nombreux *Porites* et coraux encroûtants (Fig. 3-1A). Quelques parterres sont formés de coraux branchus (*Pocillopora*), dont les branches restent toujours très courtes et de couverts coralliens formant des façades étagées (*Pavona*) (Fig. 3-2). Les espaces sans coraux sont très rares. Ces assemblages offrent une quantité d'abris appréciable, avec un taux « d'habitabilité » (Clua 2007) important, facilitant le développement des espèces de poissons cryptiques (nécessitant l'accès à des refuges). Entre 10 et 25 m, le corail paraît globalement en excellente santé, avec souvent des taux de recouvrement en corail vivant qui dépassent les 70% (Fig. 3-2).



Figure 3-2. Vue de la pente entre 15 et 20 m de profondeur, avec une dominance des coraux massifs et recouvrant, en grande majorité vivants, et offrant une habitabilité importante pour les espèces cryptiques.

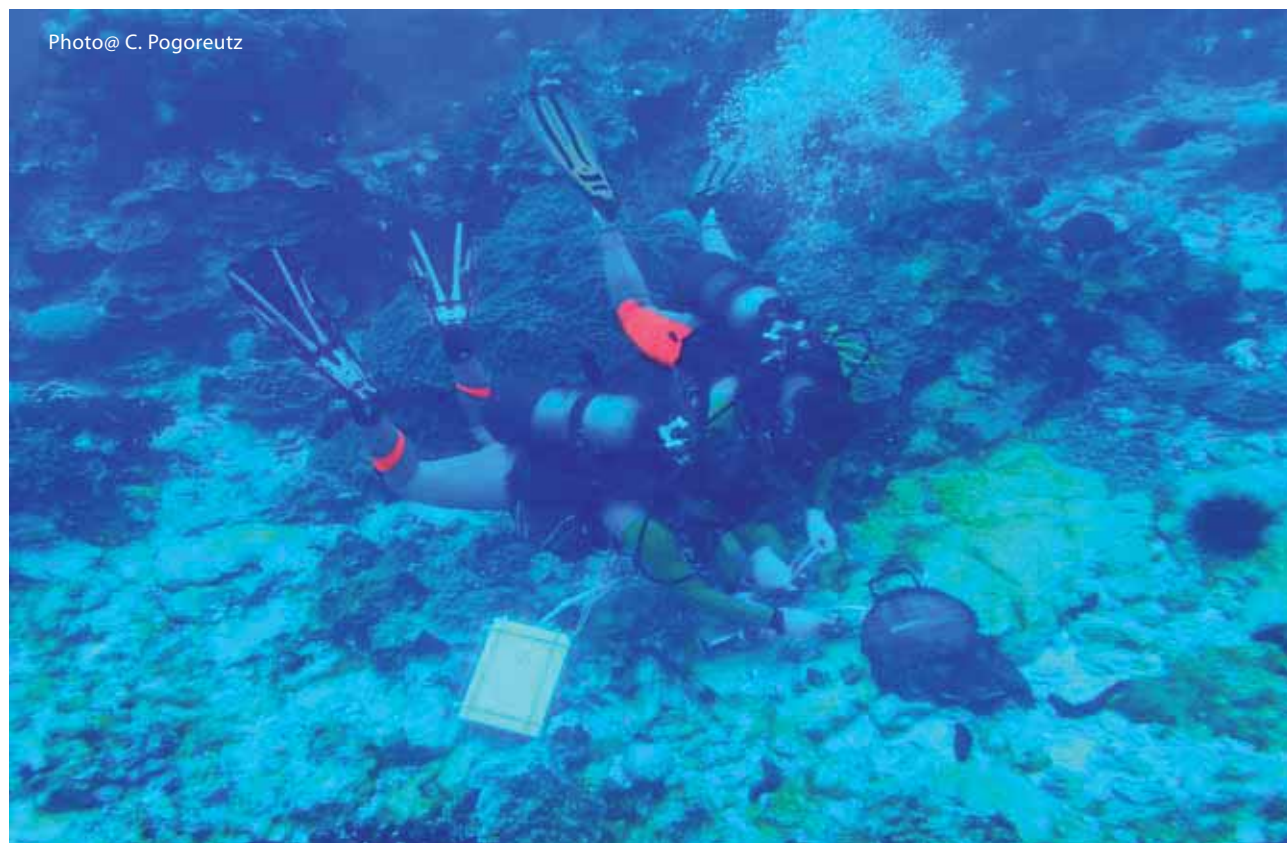


Figure 3-3. Plongeurs scientifiques mettant en oeuvre le volet "corail" du protocole de TARA Pacifique, ici A. Pey (à droite) et E. Boissin (à gauche) en train de collecter des colonies de corail.



Figure 3-4. Pêche au requin à partir d'un semi-rigide opérée par E. Clua (à gauche) et F. Aurat (à droite) qui sont en train de maîtriser un requin à pointes blanches *Carcharhinus albimarginatus*, avant de lui prélever un morceau de peau en vue d'analyses génétiques.

Protocole TARA et activités annexes

Les activités en mer peuvent se scinder en trois axes qui sont:

- la mise en oeuvre du protocole TARA (semblable dans chaque site de l'expédition) ; cela concerne notamment le prélèvement de cinq colonies de *Porites lobata*, de *Pocillopora meandrina* et *Millepora platyphylla* pour chacun des deux binômes (Fig. 3-3). Un carottage de *Porites* devait aussi être effectué, de même qu'un pompage d'eau du récif et des traits de filets à plancton dans la colonne d'eau.

- un volet sur les requins qui incluait en priorité le remplacement des récepteurs acoustiques (n=3) placés autour de l'atoll depuis 2010 et demandant un changement de batteries annuel. En marge de cette démarche, un autre objectif consistait à collecter de l'ADN de requins (Fig. 3-4), éventuellement de marquer des

requins avec des tags acoustiques ou satellitaires.

- un volet sur les poissons téléostéens qui consistait à constituer une collection d'ADN pour un maximum d'espèces présentes autour de l'atoll, avec un effort particulier concernant les espèces endémiques, notamment le poisson ange de Limbaugh (*Holocanthus limbaughii*).

Spatialement, ces activités se sont réparties en six sites différents (Fig. 3-5). Au total, 100 plongées en scaphandre autonome (air non enrichi) ont été effectuées, ce qui représente un total de 101h40mn sous l'eau. La grande majorité sur la façade Est de l'atoll, entre 5 et 20 m, une quinzaine jusqu'à 30 m. Une dizaine d'heures d'apnée ont aussi été effectuées à des fins de pêche sous-marine et biopsies.



Figure 3-5. Localisation des diverses activités marines menées lors de la mission 2018, qui ont débuté par la mise en oeuvre de la méthodologie TARA sur le site 1 (Nord-Est), puis le site 2 (Ouest) et le site 3 (Sud-Est) (croix bleues). Sur ces trois sites se sont ensuite greffés des pêches de collection ichthyologique (P rouge), et le déploiement de transects (T orange) permettant d'évaluer la couverture en corail vivant. Ces deux opérations ont aussi été conduites au Sud-Ouest de l'atoll, à proximité du récepteur acoustique VR21 qui a été remplacé, à l'instar des deux autres récepteurs VR22 (Nord-Est) et VR23 (Nord). Une session de pêche s'est aussi déroulée à proximité du VR23, de même qu'à l'Est, à proximité du carottage d'un *Porites* (D vert).

ETAT DE SANTE DU CORAIL

Aperçu général du milieu sous-marin

Les récifs situés autour de l'île de Clipperton – Île de La Passion sont de toute évidence en excellente santé avec une couverture de coraux vivants exceptionnelle, allant jusqu'à une couverture totale des fonds de 85 % (70 % en moyenne sur l'ensemble des 4 sites étudiés durant cette expédition) (voir chapitre suivant). La diversité corallienne en revanche est faible avec seulement une vingtaine d'espèces répertoriées à Clipperton et les coraux présents appartiennent majoritairement aux genres *Porites* et *Pocillopora*. Les deux espèces cibles de TARA Pacific appartiennent d'ailleurs à ces deux genres : *Porites lobata* et *Pocillopora meandrina*.

Le protocole TARA Pacific a donc pu être réalisé pour cette 31ième île visitée pendant les deux années de cette expédition. Des fragments de 10 colonies par espèce pour chacun des 3 sites sélectionnés autour de l'île ont été récoltés (Fig. 3-5), de même que des échantillons d'eau aux abords des colonies et dans la colonne d'eau (Fig. 3-6). Ces échantillons permettront :

- * génomique (metabarcoding, metagénomique et metatranscriptomique) afin de révéler toute la biodiversité des micro-organismes (bactéries, algues



Figure 3-6. Haut: plongeur scientifique en train de collecter de l'eau à proximité d'une colonie de *Pocillopora sp.* dont sera extrait un microbiome comparé à celui trouvé dans la colonne d'eau environnante. Bas: l'opération est répétée dans la colonne d'eau pour le plancton, à l'aide d'un scooter.

zooxanthelles, virus, protistes, champignons etc) présents dans les coraux mais aussi la diversité génétique de ces coraux et l'expression de leurs gènes;

- * biomarqueurs et télomères pour révéler l'état de stress du corail et de ses algues zooxanthelles ;
- * métabolomique afin de mettre à jour la diversité des métabolites secondaires présents chez les coraux ;
- * microscopie électronique à transmission afin de décrire les virus présents chez l'hôte corallien ;
- * histologie afin de prendre en compte le stade de reproduction et son effet potentiel sur le microbiome du corail
- * taxonomie afin d'avoir une collection de référence de tous les échantillons prélevés pendant ces deux années.



Figure 3-5. Prélèvement in situ de corail vivant à l'aide d'un marteau et d'un burin. Ces échantillons seront ensuite retailés afin d'obtenir un nombre d'échantillons représentatifs du site considéré.



Figure 3-7. Plongeur scientifique, ici A. Pey, en train de prélever des colonies de corail du genre *Porites*. Ce genre a été choisi dans le protocole pour son ubiquité et sa vulnérabilité vis à vis des stress climatiques, notamment les maladies et le parasitisme (cf photo ci-dessous) sur l'atoll de Clipperton.

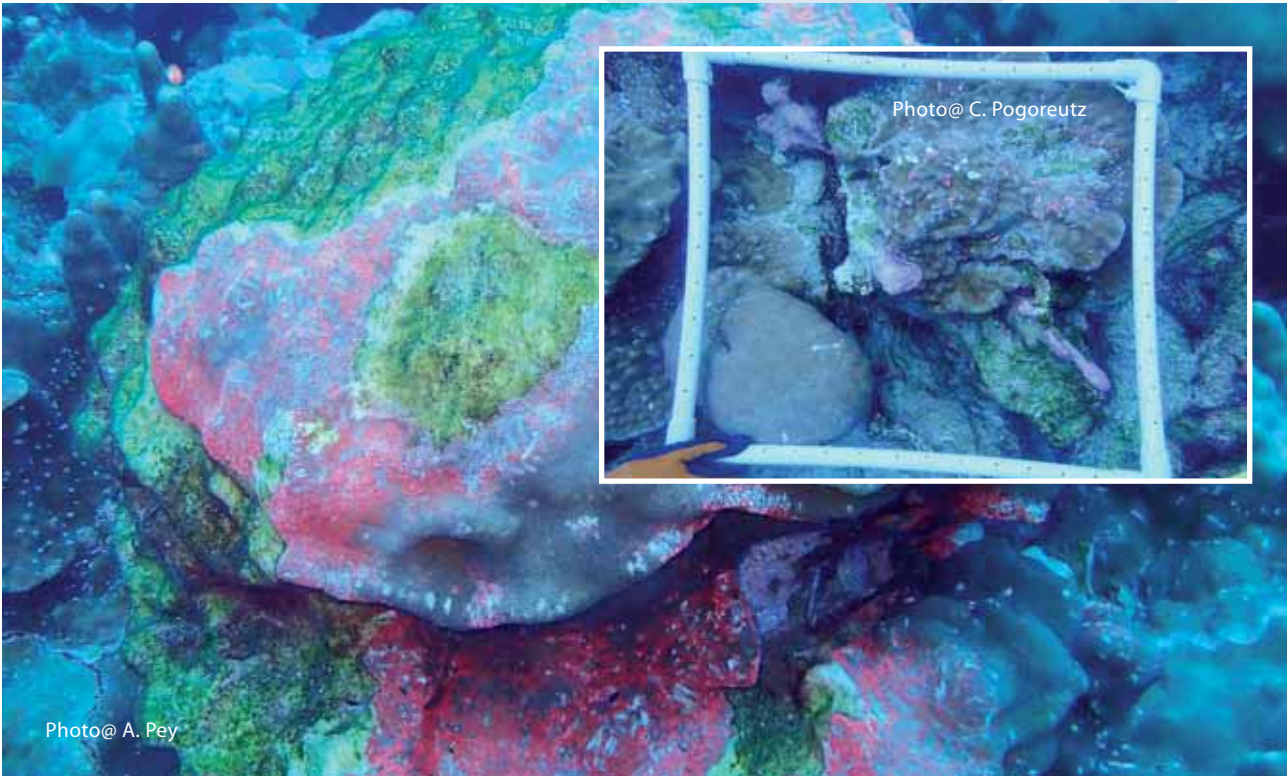


Figure 3-8. Photo principale: Colonies de *Porites* infectées par des maladies (« pink diseases ») observées par 12m de profondeur. La partie morte a été colonisée par des algues vertes. Encart: Colonies de *Porites* soumises à une importante infection par des parasites perforants entraînant la présence de pustules rosâtres à la surface du corail.

POINTS REMARQUABLES SUR LE CORAIL

Patates de tailles exceptionnelles

La présence impressionnante de colonies de *Porites* de plus deux mètres de hauteur a été observée au Nord de l'île. A cet endroit de gros morceaux de colonies sont fractionnés et renversés à terre, témoins des tempêtes et cyclones passés sur cette côte Nord. L'équipe de TARA Pacific a effectué un carottage sur l'une de ces colonies, qui permettra d'obtenir des informations sur la température et la chimie de l'eau de ce récif depuis les cents dernières années. Les résultats de ce carottage seront comparés à ceux des carottes prélevées tout au long de l'expédition dans le Pacifique depuis deux années et permettront de rechercher les spécificités de l'atoll de Clipperton (Fig. 3-9). Nous avons également noté l'absence de gorgonaires et de coraux mous aux profondeurs échantillonnées (max. 30m de profondeur).

Présence inédite de *Millepora* !

La 3ième espèce cible de l'échantillonnage de TARA Pacific, le corail de feu *Millepora platyphylla*, n'avait jamais été répertoriée à Clipperton. L'équipe de plongeurs a cependant trouvé cinq colonies de cette espèce à des profondeurs allant de 28m à 31m sur la côte Nord de

Clipperton (Fig. 3-10). Ce nouvel enregistrement étend la distribution de cette espèce dont la plus proche implantation est la Polynésie Française. *M. platyphylla* était toutefois présente dans les années 70-80 au Panama (Golfe de Chiriqui) mais a été extirpée de l'Est Pacifique après le blanchissement de 1982-1983 (De Weerd&Glynn 1991).

Blanchissement et maladies

Nous pouvons toutefois noter la présence marginale de quelques colonies de *Porites* sp. blanchies ou en cours de blanchissement (voir Fig. 3-11), ainsi que quelques colonies présentant des signes de maladies (colorations bleues ou roses, voir Fig. 3-8). La présence importante d'infection par des vers parasites perforant les colonies de *Porites* sp. a également été observée, visible par la création de pustules rosâtres à la surface du corail. De plus, sur certaines colonies de *Porites* sp., nous avons pu observer la colonisation de macroalgues recouvrant la colonie. Pour l'heure, nous ne connaissons pas véritablement les impacts qu'ont ces ennemis naturels sur les récifs de Clipperton.



Figure 3-11. La technique du photo-quadrat fait partie intégrante de la méthodologie développée par TARA PACIFIC. Elle permet de disposer instantanément d'une surface connue et d'obtenir ainsi des données quantitatives sur divers paramètres comme la couverture de corail vivant ou ici la présence de zones touchées par le blanchissement.



Figure 3-9. Patates de *Porites* sp. sectionnées à leur base et renversées, probablement lors d'un évènement cataclysmique qui a touché l'atoll dans les dernières années. Cette espèce est particulièrement présente à Clipperton ou une patate de grosse taille (h>180 cm) a fait l'objet d'un carottage de 133 cm (encart).



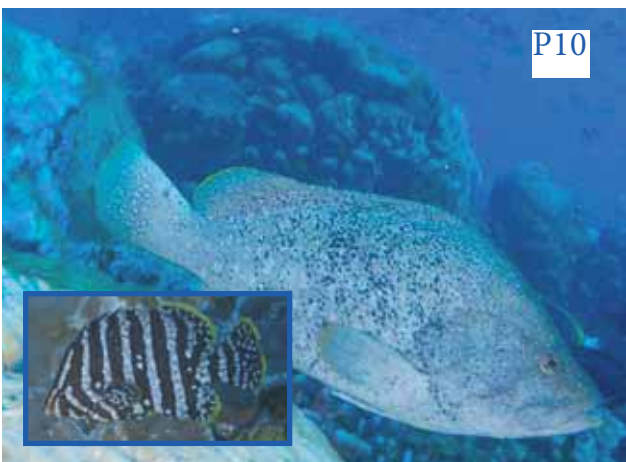
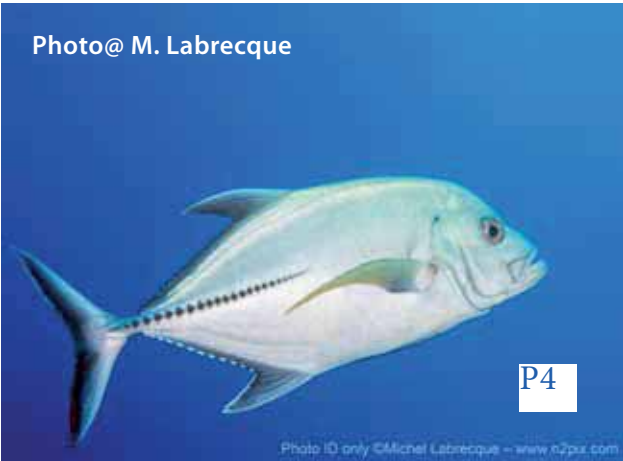
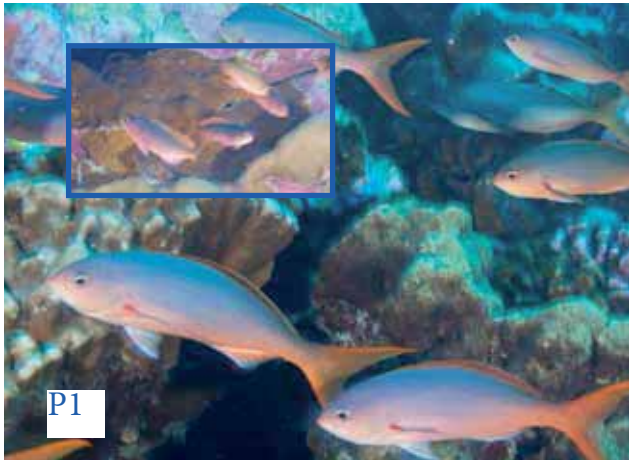
Figure 3-10. Vue d'une colonie de corail de feu *Millepora platyphylla*, avec sa couleur jaune moutarde et ses colonnes caractéristiques. A droite un poisson ange endémique de Clipperton.

PEUPLEMENTS ICTHYOLOGIQUES (POISSONS)

La première impression visuelle sous l'eau relève d'une profusion de poissons de récifs, avec l'omniprésence de bancs de plusieurs centaines d'individus de fusilliers rouges (*Paranthias columnus*) (P1) de taille adulte (entre 15 et 25 cm) dans la colonne d'eau et des milliers de juvéniles (autour de 5 cm) qui tourbillonnent autour des édifices coralliens, en chasse de plancton.

A cette espèce très grégaire, se juxtaposent d'autres bancs comprenant des dizaines d'individus tels que les lutjans (*Lutjanus viridis*) (P2) ou les barbillons (*Mulloidichthys spp.*) (P3) eux aussi à proximité des récifs.

Dans la colonne d'eau, ce sont les bancs de carangues de quelques individus qui prédominent, en particuliers les carangues noires (*Caranx lugubris*) (P4) et les carangues bleues (*C. melampygus*) (P5), avec parfois des bancs plus conséquents de carangues à gros yeux (*C. sexfasciatus*) (P6), aux moeurs plus pélagiques et donc plus éloignées des récifs. A noter que la carangue géante (*Caranx ignobilis*), (P7) observée pour la première fois en 2016 (Clua et al. 2016), n'a pas été observée en 2018, malgré plus de 100 plongées/homme. Quelques individus épars de coureurs arc-en-ciel (*Elagatis bippinulata*) ou calligères (*Kyphosus spp.*) (P8) croisent aussi en pleine eau. Dans certaines zones, des bancs de centaines de balistes noirs (*Mellicthys niger*) (P9) occupent la colonne



d'eau, alors qu'une autre espèce de baliste (*Xanthichthys mento*) est elle moins concentrée mais omniprésente en eau libre.

A ces espèces grégaires se rajoutent des poissons plus sédentaires, très présents aussi mais de façon isolée. Les plus gros et visibles sont des mérous (Serranidae). L'espèce la plus visible, notamment par la taille imposante des adultes est le mérou cuir (*Dermatolepis dermatolepis*) (P10) (jusqu'à 70 cm), avec des robes très différentes selon l'âge de l'animal. Plus cryptiques mais néanmoins très nombreux sont les mérous à points blancs (*Epinephelus labriformis*) (P11), parfois difficiles à distinguer de l'espèce endémique de Clipperton (*Epinephelus clippertonensis*) (P12). LA robe du premier apparaît plus claire par la présence de points blancs, alors que la livrée du second reste globalement marron sombre.

Le labre coq (*Bodianus diplotaenia*) (P13) est aussi présent et visible à tous les stades de son développement, du juvénile d'une quinzaine de cm, à l'adulte mâle arborant sa bosse frontale et mesurant jusqu'à 40 cm.

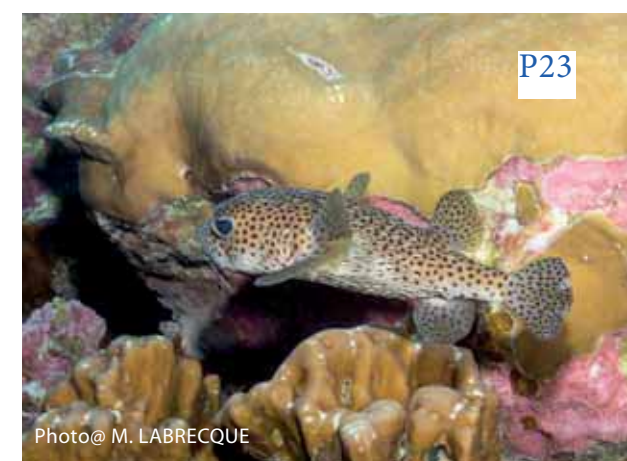
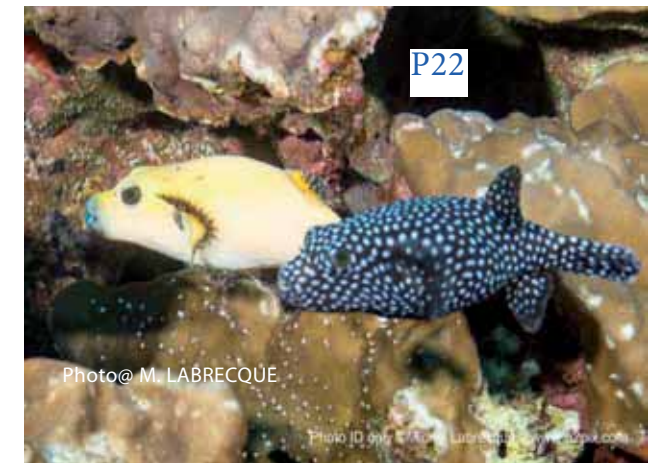
Avec une taille parfois exceptionnelle (>30 cm) pour ce genre, les chirurgiens à points blancs (*Ctenochaetus marginatus*) (P14) sont très nombreux, souvent mêlés à des chirurgiens à queue blanche (*Acanthurus nigricans*) (P15). Les chirurgiens bagnards (*Acanthurus triostegus*) (P16) sont quant à eux omniprésents, entre la zones





battue (2 m de profondeur) jusqu'à une dizaine de mètres de profondeur. En densités moindres, sont néanmoins fréquents les poissons papillons jaunes (*Forcipiger flavissimus*) (P17). A trou ou à proximité immédiate, les poissons soldats, notamment à dorsale jaune (*Myripristis murdjan*) (P18) sont extrêmement denses. Parmi les espèces de taille réduite, Les demoiselles endémiques de Clipperton (*Stegastes baldwini*) (P19) mesurent en moyenne 10 cm et sont en densités très importantes et inféodées au substrat dur. Les poissons papillons nettoyeurs (*Johnrandalli nigrirostris*) (P20) sont plus mobiles et soit isolés soit en bancs entiers pour opérer leur nettoyage de parasites

sur divers hôtes, en coopération avec de petits labres. Très furtif mais omniprésent est le poisson épervier moucheté (*Cirrhitichthys oxycephalus*) (P21). Le tétodon à points (*Arothron meleagris*) (P22) est assez fréquent quant à lui, dans une gamme de tailles très diverses. Des espèces telles que le diodon (*Diodon hystrix*) (P23), ou la sole tropicale (*Bothus mancus*) sont difficiles à observer, contrairement aux poissons cochers (*Zanclus cornutus*) (P17) qui est très réquent, souvent par paire. Certaines espèces d'Acanthuridae qui, selon certains auteurs (Randall 2005), peuplent de façon stochastique et ponctuelle les récifs de l'atoll au gré de recrutements ponctuels n'impliquent



que quelques individus difficiles à observer. Ce point concerne les nasons planctonophages pélagiques tels que *N. hexanchus* (deux individus observés, dont un de prélevé pour la génétique). A l'inverse de 2016, le nason à éperons oranges *N. lituratus* n'a pas été observé pas plus que des chirurgiens herbivores tels que *Acanthurus achille*. En revanche un individu de *A. xanthopterus* ainsi que plusieurs dizaines de *A. guttatus* ont été répertoriés.

Les murènes sont en densités exceptionnelles, en particulier la murène à petits points (*Gymnothorax dovii*) (P25), et très souvent en train de se déplacer en pleine eau et ce, en plein jour, au ras du substrat,

comportement particulièrement surprenant de la part de ces poissons normalement très cryptiques et à activité nocturne dans le reste du Pacifique tropical plus occidental.

Côté Scaridae (poissons perroquets), le poisson perroquet lie de vin (*Scarus rubroviolaceus*) (P26) est omniprésent, avec des robes variables selon le sexe; les gros mâles avec une taille >60 cm sont très fréquents., normalement en compagnie de deux ou trois femelles bicolores. L'expédition de 2018 a permis d'identifier un comportement particulier de cette espèce, à savoir une agrégation massive de femelles se déplaçant sur le récif (voir page suivante Fig. 3-12).



PEUPLEMENTS ICHTYOLOGIQUES (SUITE)



Figure 3-12. Agrégation de plusieurs centaines de femelles (en livrée bicolore avec la partie antérieure du corps foncée et la partie postérieure du corps claire - voir détail en P26) de perroquet lie de vin *Scarus rubriviola*, dans la zone Sud-Est de l'atoll (site 3). Les animaux nageaient de concert en se déplaçant de quelques mètres par minute, nombreux en train de se nourrir en broutant sur le substrat. La motivation de ce comportement reste à définir sachant que l'absence de mâle joue en défaveur d'une dynamique de reproduction. Il pourrait s'agir d'une stratégie de protection individuelle contre la prédation (le nombre faisant hésiter les prédateurs qui perdent en efficacité), tel qu'observé chez de nombreuses espèces de poissons pélagiques.

Plus de 200 prélèvements génétiques au sein de 38 espèces de poissons

Le protocole TARA implique la collecte de 10 *Acanthurus striostegus* et cinq *Zanclus cornutus* par site, ce qui a été effectué sur les trois sites de Clipperton.

Outre ces prélèvements, l'équipe d'ichtyologues (S. Planes et E. Clua) a prélevé 36 autres espèces de poissons afin de constituer une base génétique. Certains spécimens n'ont été prélevés qu'en un seul exemplaire, la plupart du temps en deux exemplaires et certaines autres espèces en une dizaine d'exemplaires afin de pouvoir effectuer des études de variabilité génétique. Parmi ces espèces, on notera la présence du poisson épervier vert (*Cirrhitus rivulatus*) (Fig. 3-13) dont l'adulte de cette espèce atteint une taille impressionnante (jusqu'à 45 cm) pour cette famille normalement confinée à des tailles dépassant rarement 15 cm. A noter aussi la présence d'un échantillon du labre de Robertson, endémique à l'île (Fig. 3-13) et de deux espèces nouvelles pour l'île (voir ci-après).

Identification d'une nouvelle espèce de Scaridae pour Clipperton

Les sessions de pêche scientifique ont permis la capture d'un individu de perroquet à oeil étoilé *Calotomus carolinus* (Valenciennes in C & V, 1840), espèce qui n'avait jamais été repérée à ce jour sur l'atoll de Clipperton (Fig. 3-14). Cette espèce de Scaridae, connue pour son affinité pour les macro-algues, a la particularité d'être la seule à posséder des dents non fusionnées (Fig. 3-14).

L'animal d'une longueur de 31 cm (taille max. de l'espèce autour de 50 cm de long) était une femelle, avec une livrée marron foncée relativement uniforme. Elle a été capturée alors qu'elle évoluait en compagnie d'individus de l'autre espèce de perroquet *S. rubriviola*.

Cet individu a été capturé sur le site 3 (Sud-Est de l'atoll). A noter qu'un autre individu a été aperçu et formellement identifié comme un mâle de cette espèce, d'une longueur de 40 cm, sur la côte Ouest, sur le site 2. Sa capture n'a pas été possible.



Figure 3-13. Haut: Spécimen de poisson épervier vert *Cirrhitus rivulatus* d'une longueur totale de 36 cm. Les adultes de cette espèce semblent inféodés au substrat dur dans la zone de déferlement (entre deux et huit mètres), sur des parterres de *Pocillopora* qui leur servent d'abris. Les individus de petite taille et les juvéniles sont extrêmement rares et difficiles à observer. Bas: Spécimen mâle de 98 mm de labre de Robertson *Thalassoma robertsoni*, endémique de l'atoll de Clipperton.



Figure 3-14. (Ci-contre et en haut) : détail de la dentition du perroquet à oeil étoilé *Calotomus carolinus* montrant des dents séparées. En bas: Spécimen femelle de 31 cm (LT) capturée au sud-Est de l'atoll de Clipperton, par 8 m de fond.



Des progrès sur la connaissance des poissons ange endémiques et colonisants

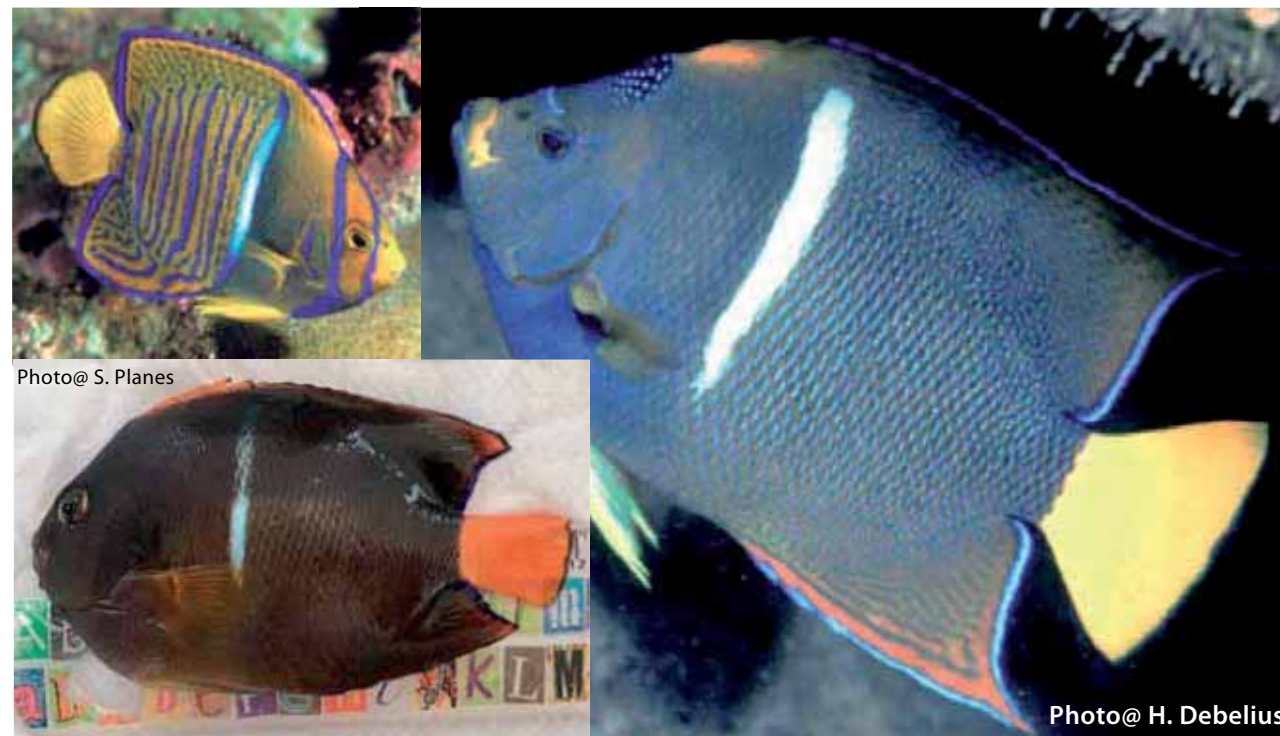
Le poisson ange de Limbaugh (du nom de l'ichtyologue américain qui a travaillé sur Clipperton dans les années 50), connaît une notoriété mondiale de par son endémicité à cet atoll isolé. Ce poisson élégant, de forme ronde avec une robe uniforme de couleur bleu foncé et arborant une tâche blanche bilatérale au milieu du corps, est censé mesurer jusqu'à 25 cm de long (Fig. 2-34A). Il est particulièrement prisé par les collectionneurs et peut se négocier jusqu'à 10 000 US\$ pièce et ce, illégalement dès lors que sa commercialisation n'est pas autorisée par la France, en raison de la méconnaissance de son statut actuel et de sa résilience. Sa survie est potentiellement menacée par les phénomènes de réchauffement des eaux liés aux phénomènes El Niño dans le Pacifique oriental. Néanmoins, sa capacité à vivre profond (jusqu'à 40 m) où les températures seraient moins défavorables, le rend *a priori* moins vulnérable que certaines autres espèces de Pomacanthidae (Poissons anges) de la zone. Pour cette raison, il est classé comme «presque en danger» (*nearly threatened*) par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN) (Craig et al. 2010).

Les missions de 2016, à la fois celle de février (impliquant E. Clua du CRIOBE) et celle de Juin (impliquant Alan Friedlander de l'université d'Hawaii et Jennifer Caselle de la SCRIPPS), avaient permis une évaluation des densités de *H. limbaughi*, de même qu'une évaluation de la population globale de ce poisson, qui se situerait

autour de 50 000 individus (Clua et al. in review). Néanmoins, cette donnée quantitative ne permet pas d'appréhender avec précision la résilience possible de cette espèce dont nous ignorons les caractéristiques biologiques. Aussi, la mission 2018 a-t-elle été dédiée à la capture d'une vingtaine d'individus de tailles diverses (entre 10 et 27 cm) sur lesquels ont été prélevés non seulement des échantillons d'ADN, mais aussi les otolithes, qui permettront de connaître l'âge de chaque individu et d'en déduire la courbe de croissance, et le taux de mortalité naturelle (Fig. 3-15).

A noter la capture d'un individu de poisson ange roi *Holacanthus passer*, dont la présence n'avait jamais été répertoriée à ce jour sur Clipperton (Fig. 3-16). Cette espèce est très présente dans les archipels proches et une analyse génétique permettra potentiellement d'identifier la source de colonisation.

Figure 3-16. Ci-contre à droite: Adulte de poisson ange roi (King angelfish) *Holacanthus passer*, arborant sa robe bleu nuit uniforme flanquée d'une bande verticale blanche bleutée sur le tiers antérieur de chaque flanc, avec une queue jaune. Cette même bande est présente chez le juvénile en milieu naturel (en haut à gauche), de même que sur le spécimen capturé à Clipperton (en bas à gauche), sur le site 1, dans cinq mètres d'eau.



Photo@ S. Planes

Photo@ H. Debelius

PEUPLEMENTS ICHTYOLOGIQUES (SUITE)



Figure 3-15. Ci-contre en haut: Poisson ange endémique de Clipperton *Holacanthus limbaughi*, arborant sa robe bleu nuit uniforme flanquée d'une tache blanche sur le tiers supérieur de chaque flanc. Ci-contre milieu et bas: un spécimen de petite taille (12 cm LT) et un spécimen de grande taille, à savoir la taille maximale observée au cours de la mission, soit 27 cm (n = 3 individus).



Photo@ S. Planes



Photo@ S. Planes

LES REQUINS

Dénombrement sous-marin des requins

A l'instar d'autres récifs éloignés et indemnes de tout impact anthropique, les eaux bordant l'atoll de Clipperton hébergeaient encore dans les années 1950-60 des densités impressionnantes de requins. Ce fait est clairement établi par les missions scientifiques de l'institut américain de recherche SCRIPPS sous la responsabilité de Conrad Limbaugh, lui-même spécialiste du comportement des squales. Ce dernier a laissé des témoignages poignants, spécifiant que les premières tentatives d'exploration sous-marines avaient dû être interrompues lors de la première mission en 1953 à cause du comportement agressif des requins à l'égard des plongeurs (Limbaugh 1963). A tel point que Limbaugh avait confectionné une cage spéciale afin de pouvoir s'immerger lors de la mission suivante pour étudier les requins sans risquer sa vie. Un autre témoignage appuyé d'images convaincantes, provient de la mission de l'équipe Cousteau en 1980 qui avait constaté des densités importantes de requins, en particulier de requins marteaux (*Sphyrna lewini*) en banc de plusieurs dizaines d'individus dans les eaux adjacentes à l'atoll.

Néanmoins, dès la fin des années 1990, la rareté des observations de requins en plongée a été soulignée par des plongées exploratrices effectuées en 1997 et 2001 (Pauly 2009). L'hypothèse probable d'une surpêche motivée par le marché des ailerons de requins en développement dans le Sud-Est asiatique était alors avancée. Cette hypothèse est aujourd'hui corroborée par la présence de nombreux vestiges (calcifiés pour la plupart) de palangres emmêlés dans les coraux.

Dans le cadre de Clipperton 2016, la taille et le nombre de requins avaient été dénombrés par E. Clua lors des six plongées. Un total de 28 requins avait été dénombrés, soit une abondance moyenne de 4,6 requins/plongées. Néanmoins, seul un requin à pointe blanche (*C. albimarginatus*) (Fig. 3-17) de taille imposante (250 cm LT) avait été observé lors de la plongée à l'Est de l'atoll, et un requin des Galapagos (*C. galapagensis*) de taille moyenne (120 cm LT) lors d'une plongée à l'Ouest de l'atoll. La taille moyenne des 26 autres requins était d'environ 90 cm (+/- 10 cm) indiquant que l'extrême grande majorité étaient des animaux juvéniles, avec 82% de requins à pointes blanches et 18% de requins des Galapagos. Ces chiffres étaient extrêmement inquiétants, à peine tempérés par le fait d'être en présence de juvéniles, qui laissait envisager un possible rétablissement à terme des populations, à condition de stopper les prélèvements dès que possible.

La mission de 2018 confirme une augmentation globale de la densité des requins et, même si les juvéniles <90 cm LT dominant toujours (64%), de nombreux requins de

taille adulte ont aussi été observés. En 12h25mn d'observations réparties sur cinq sites différents autour de l'atoll, un total de 142 requins de la famille des Carcharhinidae - parmi trois espèces (pointes blanches, galapagos et corail *Trianodon obsesus* - cf Fig. 3-18)- ont été observés. En moyenne et à des fins de comparaison avec 2016, il a été observé en 2018 environ 11 requins par plongée, soit quasiment trois fois plus qu'en 2016. Parmi les requins observés, 64% mesuraient <100 cm LT, 34% entre 100 et 160 cm LT et 2% >160 cm LT. Ces chiffres confirment que les juvéniles sont encore prépondérants, mais que les adultes sont en plus grande densité, à des tailles cohérentes avec les juvéniles observés deux ans plus tôt.

Parmi les fait marquants, il faut souligner l'observation de plusieurs requins corail (non observé en 2016), d'une femelle de requin des galapagos d'environ 220 cm LT au Sud-Ouest (VR21), mais aussi de plusieurs requins marteaux à festons, essentiellement à l'Est et au Nord-Est de l'atoll (Fig. 3-19).



Figure 3-18. Adulte de requin corail *Trianodon obsesus*. A noter que cette espèce, qui n'a pas été vue en 2016 a été observée à plusieurs reprises lors de cette expédition de 2018. Quatre prélèvements génétiques ont même pu être effectués sur cette espèce (cf ci-après).

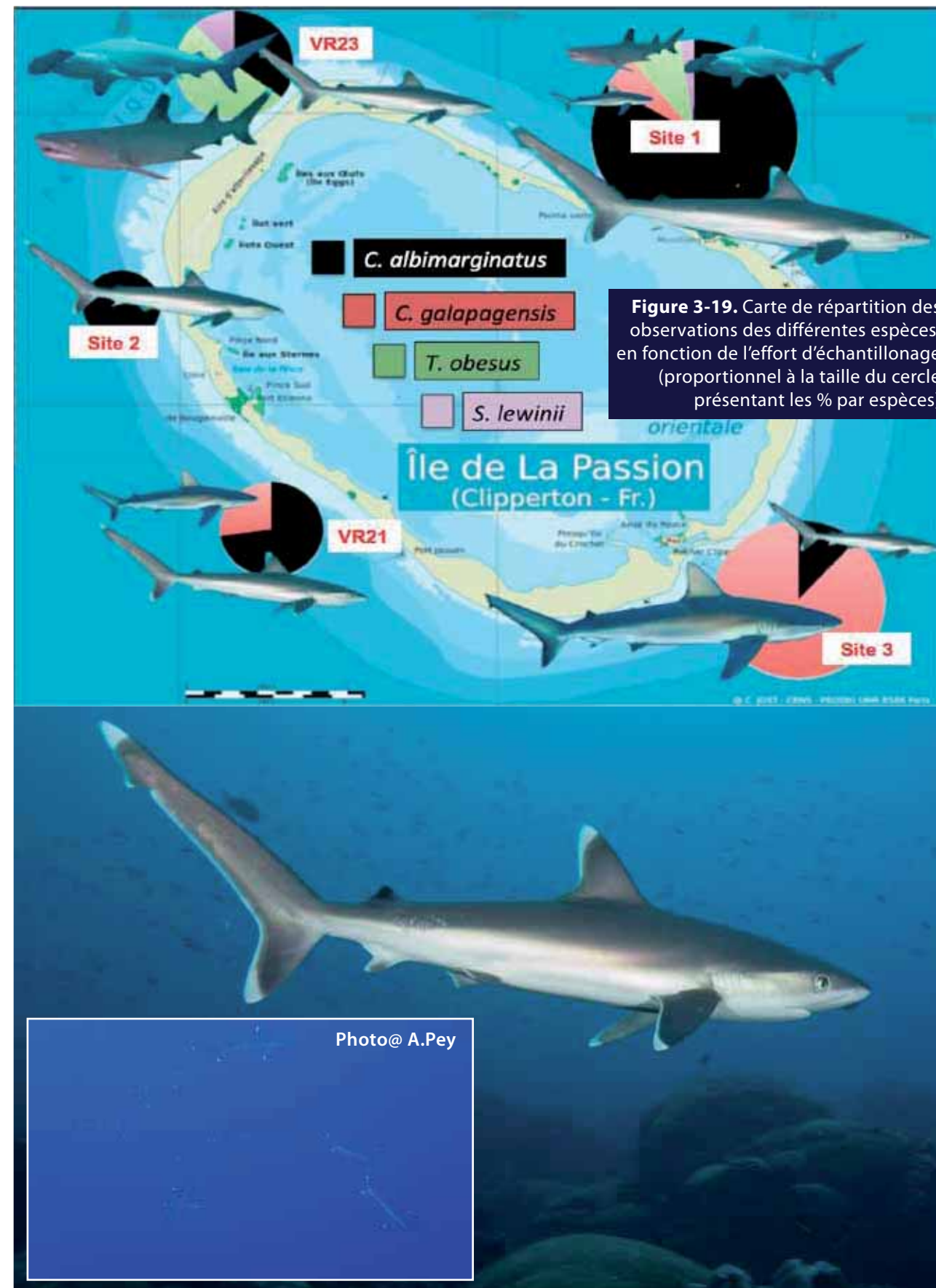


Figure 3-19. Carte de répartition des observations des différentes espèces, en fonction de l'effort d'échantillonnage (proportionnel à la taille du cercle présentant les % par espèces)

Figure 2-17. Juvénile de requin à pointes blanches *Carcharhinus albimarginatus*. Cette espèce semble s'être bien ré-implantée après la surpêche constatée il y a deux ans, et il n'est plus rare actuellement d'observer simultanément plusieurs individus (cf encart où se distinguent sept animaux distincts).

LES REQUINS (SUITE)

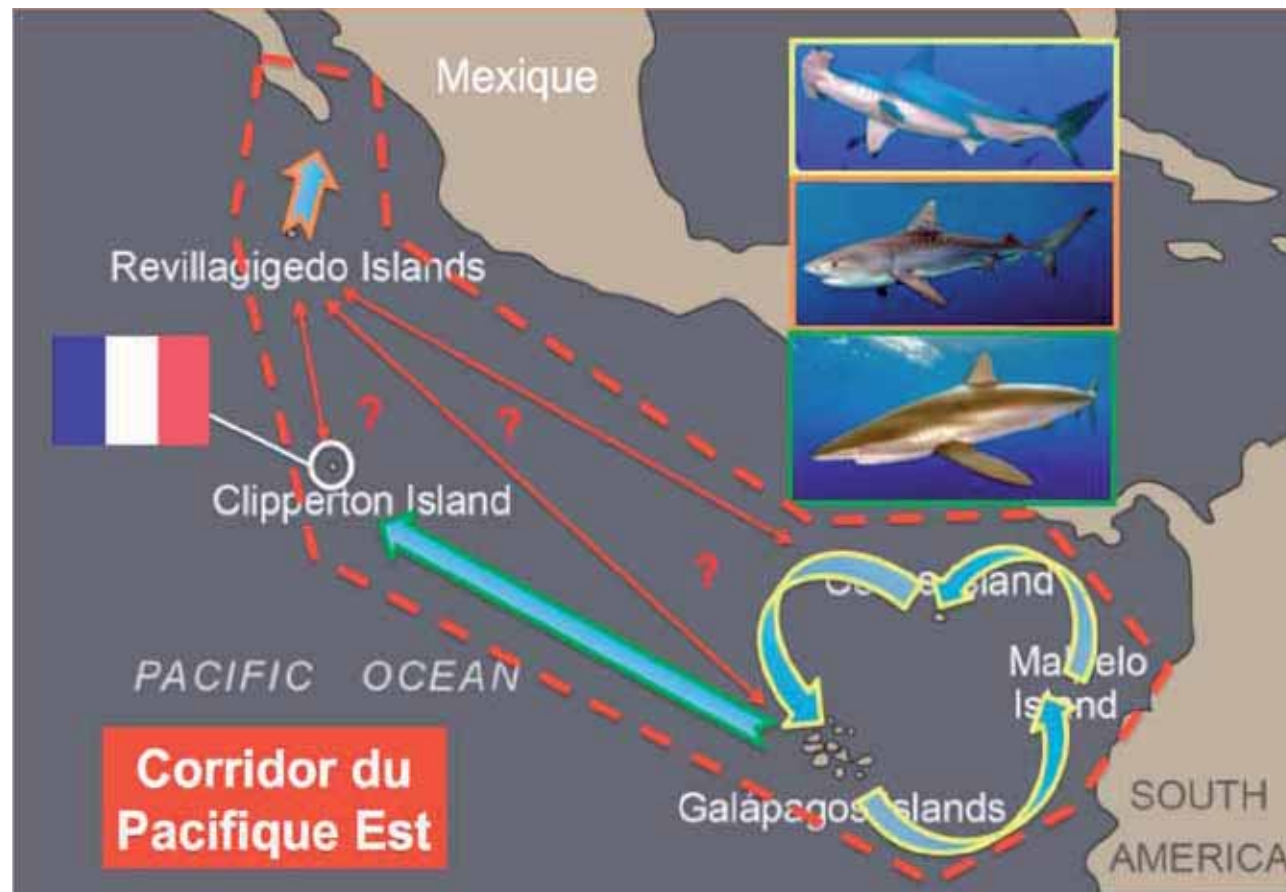


Figure 3-20. Localisation spatiale des divers archipels et îles océaniques du Pacifique Tropical Est qui font partie du réseau MIGRAMAR. Les flèches verte, orange et jaune représentent les échanges d'animaux (respectivement de requins soyeux, tigre et marteaux) qui ont été prouvés par les études en cours, avant 2017, au sein du "Corridor du Pacifique Tropical Est".

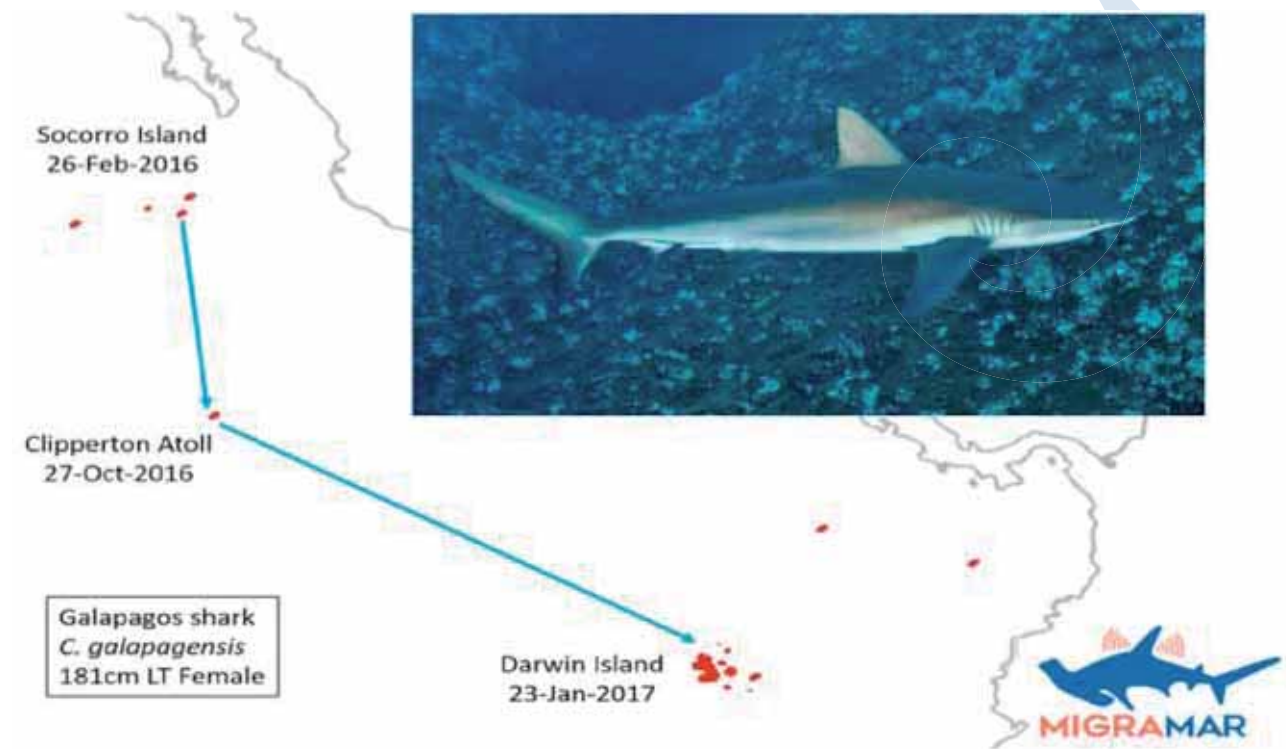


Figure 3-23. Trajet d'un requin des Galapagos *Carcharhinus galapagensis* qui a migré de Socorro island (Mexique) vers les Galapagos (Equateur), en passant par Clipperton (France), entre février 2016 et janvier 2017.

Présentation des dynamiques régionales sur la connectivité spatiale de la méga-faune

Un enjeu scientifique important de cette expédition concernait l'étude des requins et plus précisément la connectivité spatiale et génétique de ces animaux à l'échelle régionale. D'un point de vue spatial, le Pacifique Tropical Centre-Est (PTE) qui s'étend entre la basse Californie au Nord et le pays Equateur au Sud, se caractérise par la présence d'îles ou d'archipels éloignés, agissant autant comme oasis d'une intense vie marine que comme relais pour une méga-faune migratrice telle que les requins, mais aussi tortues, mammifères marins voire oiseaux (Fig. 3-20). Ces sites remarquables sont du Sud vers le Nord l'Archipel des Galapagos, Malpelo, Coiba island et Cocos island qui dépendent respectivement de l'Equateur, de la Colombie, du Panama et du Costa Rica.

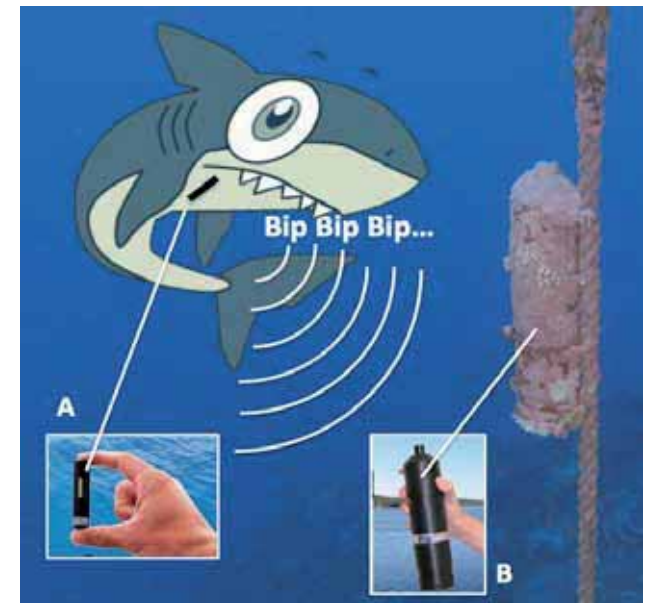


Figure 3-21. Télémétrie acoustique qui a recours à un émetteur (A) placé sur un animal à partir duquel il émet régulièrement des ondes qui sont captées par un récepteur (B), dès lors que l'animal passe dans le rayon de détection (en général de 500 à 1000 m).

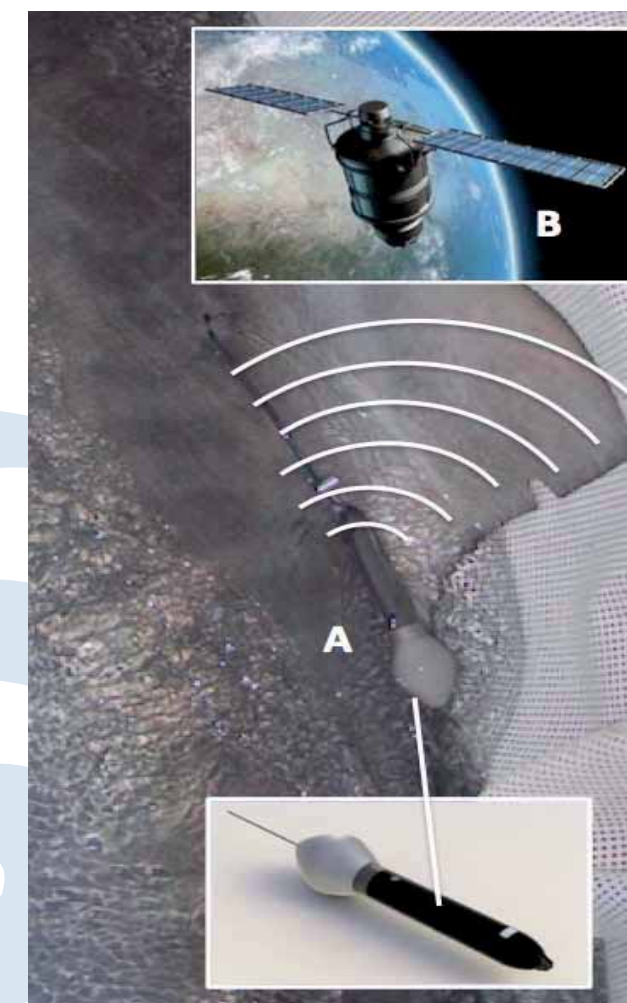


Figure 3-22. Télémétrie satellitaire qui a recours à la pose d'une balise archive (A) sur un animal afin que cette dernière enregistre des données (température, profondeur, lumière, etc.) qui, lorsque la balise se libère de l'animal pour retourner à la surface, sont retransmises via un satellite (B). La luminosité sert à retracer le parcours de l'animal via un algorithme.

Toutes ces îles bénéficient de mesures de protection qu'il s'agisse de parcs ou d'Aires Marines Protégées. En 2004, les quatre pays sus-mentionnés ont créé le «Corridor du Pacifique Tropical Est», dénommé CMAR. Cette instance mettant en relation leurs Ministères de l'environnement respectifs se réunit régulièrement et a mis en place des réseaux scientifiques sur diverses thématique d'intérêt commun. Parmi ces thématiques, la méga-faune migratrice, en particulier les requins et les tortues, est étudiée via le réseau MIGRAMAR qui a recours à la télémétrie acoustique et satellitaire et regroupe les données à l'échelle du PTE. C'est dans le cadre de ce réseau que l'étude de la méga-faune migratrice a été étendue plus au Nord en 2010, avec l'intégration de l'archipel mexicain des Revillagigedo et de l'atoll de Clipperton, au sein desquels ont été installés des récepteurs acoustiques, en même temps que des requins étaient marqués acoustiquement (Fig. 3-21). Par ailleurs, des animaux étaient aussi équipés de marques satellitaires (type Pop-up Archival Tags – PAT) pour aussi étudier leurs mouvements (Fig. 3-22).

Récemment, l'étude a pu mettre en évidence la migration en 2017 d'un requin des Galapagos (*C. galapagensis*) de l'archipel des Revillagigedo aux Galapagos, via Clipperton (Fig. 3-23). Ce premier résultat confirme les hypothèses d'échanges d'animaux à l'échelle régionale.

Dans ce contexte, l'expédition Clipperton2018 avait pour objectif la récupération des données collectées par les récepteurs acoustiques autour de l'atoll et leur maintenance (batterie).

Pêche et biopsies de requins

La pêche des requins s'est effectuée au cours de trois sessions en début de soirée (entre 17 et 19h30), à partir du voilier TARA. Les requins étaient appâtés avec des morceaux de poissons de récif (essentiellement des Carangidae) pêchés plus tôt dans la journée. Un opérateur (E. Clua) maniait la ligne équipée d'un filin en nylon et d'un câble d'acier au bout duquel était disposé un hameçon sans ardillon (afin de ne pas blesser les animaux et faciliter le retrait de l'hameçon). Une fois ferré, l'animal était hissé, selon sa taille, soit sur la plateforme du bateau, soit à proximité du boudin, où il était ensuite maîtrisé par un opérateur, avant que ne lui soit prélevé un morceau de peau, généralement à la pointe de la dorsale et ce, afin de faciliter la reconnaissance visuelle d'un poisson déjà pêché et ne devant pas refaire l'objet d'un prélèvement (Fig. 3-24). Un total de 10 prélèvements de requins à pointes blanches *C. alimarginatus* et deux prélèvements de requins des Galapagos *C. galapagensis* ont été cumulés de la sorte. Les animaux mesuraient entre 80 et 110 cm de longueur totale (LT).

A cette pêche, se sont rajoutées des sessions de biopsies sous-marines en apnée effectuées par E. Clua, à l'aide d'une arbalète à sandows équipée d'une flèche de 7 mm munie d'un emporte-pièce (Fig. 3-25). Ce dis-



Photo@ C. Pogoreutz



Photo@ D. Cron

Figure 3-24. En haut: contention hors de l'eau par D. Cron d'un requin des Galapagos de petite taille avant biopsie (l'émersion dure rarement plus d'une minute). En bas: contention à la surface par F. Aurat d'un requin à pointes blanches par immobilité tonique: le requin reste figé dans cette position antalgique qui permet de le manipuler en limitant ses réactions de défense.



Photo@ Y. Chavance

Figure 3-25. Gros plan sur l'emporte pièce fixé à l'extrémité de la flèche d'une arbalète classique. Aidé par la quantité de mouvement de la flèche, ce tube dont les bords sont en biseau pénètre dans le muscle jusqu'à la rondelle en caoutchouc, en découpant une carotte de chair incluant un morceau circulaire de peau, sur laquelle sont ensuite effectuées des analyses génétiques. Le tir se fait dans les muscles dorsaux généralement.

positif permet de récupérer une petite carotte de chair d'environ 2 cm de long sur 5 mm de diamètre, généralement sur les muscles du dos en dessous de la dorsale. Un total de huit prélèvements de *C. galapagensis* et six prélèvements de *C. alimarginatus* ont été récupérés de la sorte. Cette approche sous-marine a aussi permis de biopsier quatre spécimens de requin corail *Trianodon obesus*, entre 90 et 160 cm. Un individu mâle a été biopsé aux abords du VR21 (Sud-ouest de l'atoll), alors que trois individus, dont une grosse femelle de 160 cm, ont été biopsés aux abords du VR23 (Nord-Est de l'atoll). Les requins des Galapagos ont été, quant à eux essentiellement prélevés aus Sud-Est (site 3) et à l'Est (Site 1). Les pointes blanches dans les divers sites de pêche (voir carte Fig. 3-19).

Marquage acoustique et satellitaire de requins

Plusieurs tentatives de marquage d'un requin avec un mini-PAT (tag archive satellitaire) se sont montrées infructueuses par absence d'un bon candidat, à savoir

soit un requin à pointes blanches ou des Galapagos de taille imposante (>160 cm LT), soit un requin marteau à festons *Sphyrna lewinii* (>220 cm LT). Cette stratégie visait à optimiser les chances que le requin marqué migre de l'atoll de Clipperton vers un autre archipel du corridor de l'Océan Tropical Est et contribue à notre connaissance de la connectivité spatiale dans cette zone et ce, sachant que les petits spécimens (majoritaires autour de Clipperton) sont sensiblement plus sédentaires. Concernant les tags acoustiques (en lien avec les récepteurs VR2 disposés autour de l'atoll - voir chapitre suivant), l'absence de structure adaptée à bord du voilier pour la contention convenable des animaux a hypothéqué l'objectif de mise en oeuvre, conjugué à l'absence globale d'individus de grande taille, plus intéressants à marquer que les juvéniles. Ces échecs de déploiement de tags satellitaires et acoustiques ne remettent pas en cause le programme en cours d'étude de la connectivité spatiale, sachant que la priorité concernait le changement de batteries des récepteurs VR2 et le téléchargement des données de la dernière année (cf chapitre suivant), sachant qu'une vingtaine de requins sont actuellement acoustiquement marqués et actifs autour de Clipperton.

LES REQUINS (SUITE)

Récupération des récepteurs acoustiques et des données

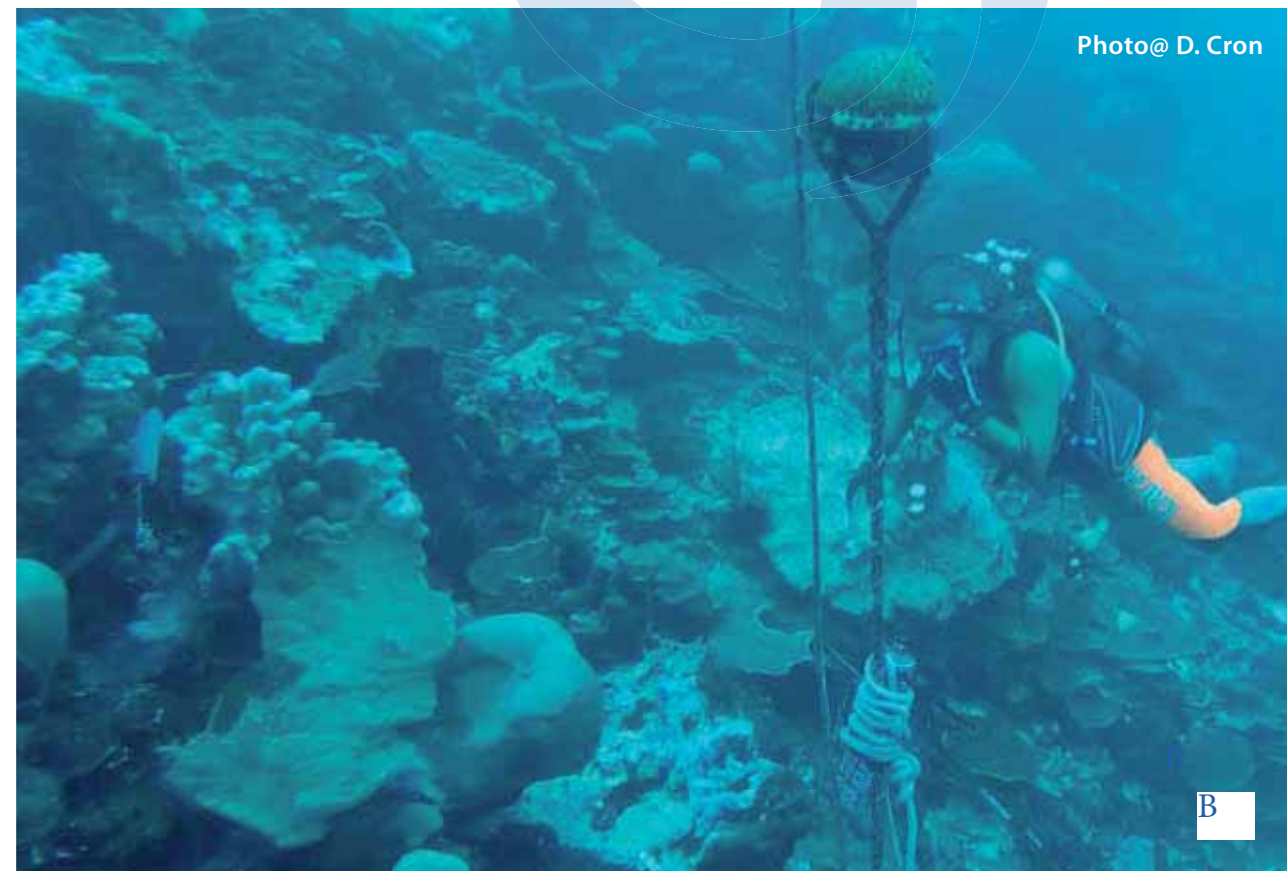
Trois récepteurs avaient été placés par le chercheur mexicain Dr Mauricio Hoyos en 2010 autour de Clipperton, à savoir l'un au Sud-Ouest, un au Nord-Est et un au Nord-Ouest (Fig. 3-5). Ils ont été entretenus et les données récoltées jusqu'en 2017, date à laquelle les batteries avaient été changées pour la dernière fois. Chacun de ces récepteurs est fixé par des sereflex à un boot ancré sur le substrat corallien et maintenu à la verticale par une bouée immergée incompressible et ce, autour de 30 m de profondeur (Fig. 3-26A).

Les trois VR2 ont été récupérés lors de trois plongées dédiées à cette opération; à chaque plongée, le VR2 en place, recouvert d'algues encroûtantes, était récupéré et remplacé par un nouveau VR2 conditionné. A noter que deux thermomètres fournis par l'équipe mexicaine de James Ketchum, ont été installés à proximité des VR21 (sud-ouest) et VR22 (Est) (Fig. 2-26B). Il seront récupérés par une nouvelle équipe en 2019.

Suite au téléchargement et sans que les données n'aient pu être analysées en détail à ce stade, il apparaît néanmoins qu'elles sont nombreuses (> 1500 réceptions issues de vingt requins différents) et devraient permettre une analyse intéressante de la connectivité des requins, incluant potentiellement des requins qui auraient été marqués hors de Clipperton.



A



Photo@ D. Cron

B

Figure 3-26. A: Aspect du VR23 de la côte Nord, après son remplacement. B: E. Clua à proximité du VR21, après son remplacement et l'ancrage d'une sonde température (à gauche sur la photo - cf flèche). La même sonde a été placée à proximité du VR22.

LES MAMMIFERES MARINS

Le groupe de grands dauphins *Tursiops truncatus*, toujours présent...

La mission de 2016 avait permis d'observer un groupe de grands dauphins qui s'étaient manifestés à deux reprises, dont une fois pendant une plongée à l'Est de l'atoll (Clua 2016).

Cette mission de 2018 a permis de confirmer la présence de cette espèce autour de Clipperton, qui s'est manifestée chaque jour de la mission et ce, tout autour de l'atoll. Le groupe semble comporter plusieurs dizaines d'individus qui ont de nouveau été filmés et photographiés (Fig. 3-27).

Une première comparaison des photos devrait permettre l'identification d'animaux présents au sein des deux observations et un début de suivi de cette population.



Photo@ D. Cron

Août 2018



Photo@ D. Cron

Août 2018



Photo@ D. Cron

Août 2018

Figure 3-27. Exemples de photos de divers grands dauphins *Tursiops truncatus* tels qu'observés quasiment chaque jour, tout autour de l'atoll. Une analyse exhaustive des prises de vues exploitables doit être effectuée, en comparant celles de 2016 et celles de 2018..

Le volet océanographique de l'expédition Tara Pacific s'effectue principalement en haute mer lors de la navigation entre deux sites coralliens. L'intérêt étant de caractériser l'eau de surface des mers et océans du globe et d'agrémenter les bases de données génétiques existantes. Le plancton, catégorie d'organismes située à la base de la chaîne alimentaire marine, répond instantanément aux changements climatiques et aux pollutions anthropiques, il est pour cela utilisé comme un excellent bio indicateur de la qualité des eaux. L'expédition s'intéresse aussi aux concentrations en microplastiques en dehors et à l'intérieur des gyres du Pacifique.

Les paramètres physiques (température, salinité, turbidité), les paramètres chimiques (pH, teneur en métaux, en fer, pigments, etc...) ainsi que les paramètres biologiques des virus jusqu'aux organismes planctoniques végétal et animal ont ainsi été analysés quotidiennement à minima au cours d'une session de jour (matin) et une session à la tombée de la nuit.

Les données chimiques et biologiques sont à chaque session prélevées par une bouche en inox appelé communément le "dolphin" (Fig. 3-28) qui aspire de l'eau de mer qui est pompée jusqu'au mur de filtration du 'wetlab' situé sur



Figure 3-29. Wetlab: Manipulation par T. Pollina pour fixer des virus extraits de l'eau collectée par le dolphin.

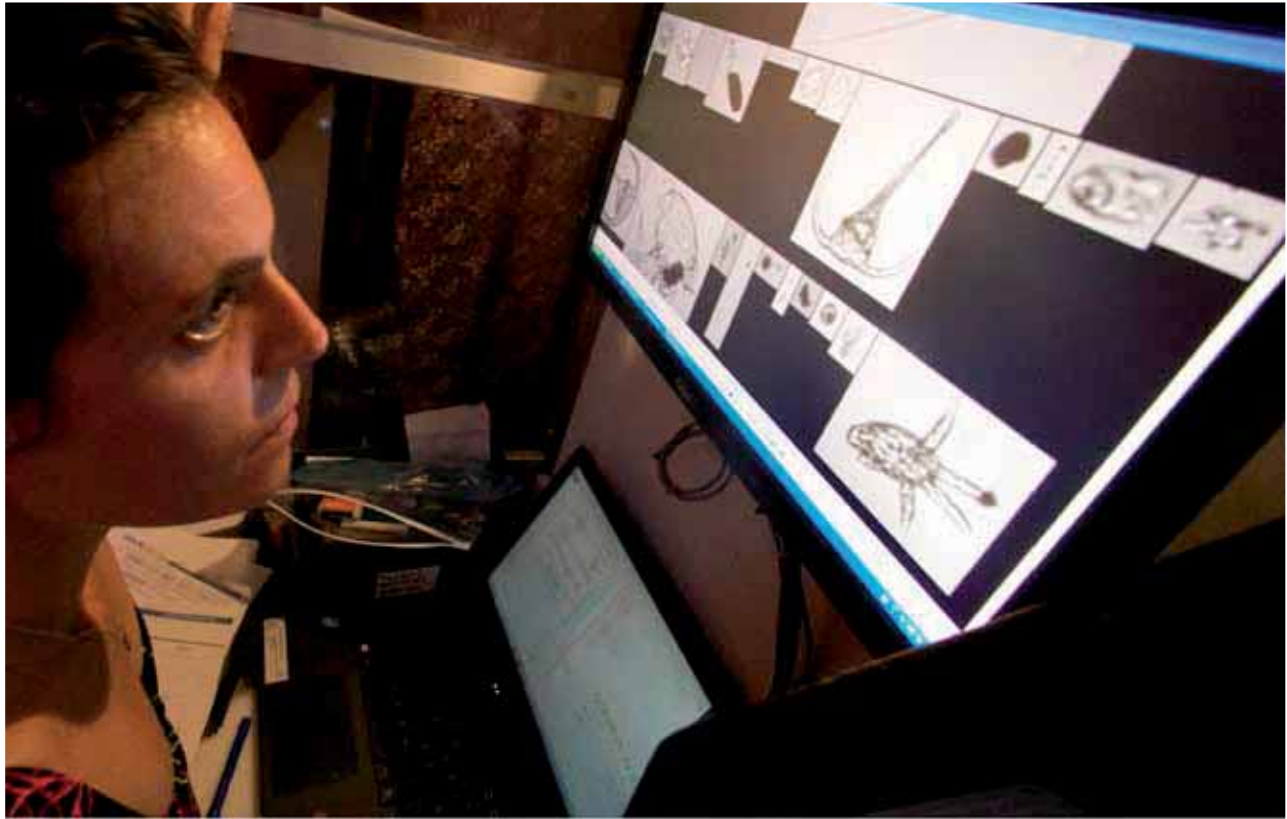


Figure 3-31. Drylab: acquisition par A. Elineau d'images par le 'flowcam' (instrument d'imagerie quantitatif) suite au pompage du dolphin et d'une filtration sur le mur (cf photo ci-contre) à l'aide d'une soie de 20 microns. Sont observables sur l'écran une nauplii de crustacé (en bas à droite) et au centre un neoceratium (phytoplancton).

le pont arrière du navire (Fig. 3-29). Cette eau va ensuite connaître différents types de fixation selon les analyses souhaitées via des produits chimiques ou par congélation voire surgélation dans de l'azote liquide.

En parallèle, le HSN (High Speed Net - un filet fixé sur un support en inox profilé) est déployé sur le pont arrière lors des sessions de jour comme de nuit (Fig. 3-30). Ce filet planctonique possède une bouche équipée de deux ailes permettant au filet de "surfer" à la surface de l'eau. Il pourra ainsi capturer les organismes zooplanctoniques de surface (neuston) ainsi que les particules de microplastiques d'une taille supérieure à 300 microns. Nous pouvons alors connaître le rapport microplastiques/plancton dans les eaux côtières et hauturières. La nuit s'ajoute un instrument appelé UBAT qui analyse en continu la bioluminescence des organismes.

Tous ces échantillons sont ensuite envoyés aux différents instituts spécialisés dans chacun des domaines: imagerie du plancton, génétique, bactériologie, optique, etc....qui en compilant toutes ces données pourront donner un état des lieux des écosystèmes marins.

En parallèle, le 'drylab' analyse continuellement les données physiques de l'eau de surface grâce à une sonde située sous la coque du navire (Fig. 3-31).



Figure 3-30. Vue du dispositif HSN (High Speed Net) avant son déploiement de jour à la poupe du voilier, pendant en moyenne 90 mn.



Figure 3-28. A gauche: vue sur le déploiement du 'dolphin' de jour sur tribord arrière. La carcasse inox munie d'une fente verticale antérieure est profilée et bardée d'un poids pour stabiliser le débit d'eau recueillie. A droite: cette eau est ensuite transférée sur le 'mur à tuyaux' où elle est destinée à divers traitements.



BIBLIOGRAPHIE

- Allen, K. R. (1971). Relation between production and biomass. *Journal of the Fisheries Board of Canada*, 28(10), 1573-1581.
- Bouchard, J. M., & Poupin, J. (2009). Éléments d'écologie et nouveau recensement de la population du crabe terrestre *Gecarcinus planatus* Stimpson, 1860 (Decapoda: Brachyura). Clipperton: environnement et biodiversité d'un microcosme océanique. IRD, Marseille, Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, Patrimoines Naturels.
- Charpy, L., Rodier, M., Coute, A., Perrette-Gallet C., Bley-Loez, C. (2010). Clipperton, a possible future for atoll lagoons. *Coral Reefs* (2010) 29:771–783. DOI 10.1007/s00338-010-0627-0
- Clua, E. (2016). Mission internationale sur l'atoll de Clipperton (île de La Passion - France) et les îles Revillagigedo (Mexique) du 28 janvier au 11 février 2016. Rapport de mission. CRIOBE USR3278 CNRS-EPHEUPVD. RA231. 62 pp.
- Clua, E., & Vignaud T. (2016) Possible collapse of reef shark populations in remote coral reef ecosystems in the Coral Sea (Western Pacific). *Cybiurn* 2016, 40(1): 51-59.
- Clua, E., Bessudo S., Labrecque M., and Hoyos-Padilla, M. (2016). First record of giant trevally (*Caranx ignobilis*) around the Clipperton Atoll-La Passion Island (North-Eastern Tropical Pacific). *Cybiurn*, 40(3): 259-260.
- Clua, E., Bessudo, S., Caselle, J., Jost, C. & Friedlander, A. (in review) First comprehensive population assessment of a rare coral reef fish: the case of the endemic angelfish *Holocanthus limbaughii* from Île de La Passion-Clipperton Atoll (Tropical Eastern Pacific). *J of Endangered Species*.
- Craig MT, Pyle R, Rocha LA (2010). *Holocanthus limbaughii*. The IUCN Red List of Threatened Species 2010: e.T165836A6144988. <http://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2010-4.RLTS.T165836A6144988.en>. Downloaded on 05 September 2016.
- Glynn, PW & De Weerd, G. (1991). Elimination of two reef building hydrocorals following the 1982-1983 El Nino warming event. *Science*, 253, p. 69-71.
- Fourrière, M., Reyes-Bonilla, H., Rodríguez-Zaragoza, F. A., & Crane, N. (2014). Fishes of clipperton atoll, eastern pacific: Checklist, endemism, and analysis of completeness of the inventory. *Pacific Science*, 68(3), 375-395.
- Galand, P. E., Bourrain, M., De Maistre, E., et al. (2012). Phylogenetic and functional diversity of Bacteria and Archaea in a unique stratified lagoon, the Clipperton atoll (N Pacific). *FEMS microbiology ecology*, 79(1), 203-217.
- Jost, C. (2005a). Bibliographie de l'île de Clipperton-Île de La Passion (1711-2005). *Le Journal de la Société des Océanistes*, (120-121), 181-197.
- Jost, C. (2005b). Risques environnementaux et enjeux à Clipperton (Pacifique français) *Environnement hazards on Clipperton Island (French Pacific): what is at stake?*. *Cybergeo*, 1(314).
- Jost C. et al., 2015, Rapport de l'expédition scientifique internationale PASSION 2015 à l'île de Clipperton, UPF/UNC/ULR/UNAM/AFD/MAEDI/MOM. Tahiti, Polynésie française, 90 pages .
- Limbaugh, C. (1963). Field notes on sharks. *Sharks and survival*, 2, 63-94.
- Robertson, D. R., & Allen, G. R. (1996). Zoogeography of the shorefish fauna of Clipperton Atoll. *Coral Reefs*, 15(2), 121-131.
- Randall, J. E. (2005). Reef and shore fishes of the South Pacific: New Caledonia to Tahiti and the Pitcairn Islands (Vol. 1). University of Hawaii Press, Honolulu.
- Weimerskirch, H., Le Corre, M., Jaquemet, S. and Marsac, F. (2005) Foraging strategy of a tropical seabird, the red-footed booby, in a dynamic marine environment. *Marine Ecology Progress Series*, 288, 251–61.