

An underwater photograph of a coral reef. A large grey shark is swimming in the upper left. Several yellow-striped snappers are swimming around the coral. The water is clear blue.

# L'ATOLL DE CLIPPERTON (ÎLE DE LA PASSION) : BIODIVERSITÉ, MENACES, ET RECOMMANDATIONS POUR SA CONSERVATION

RAPPORT AU GOUVERNEMENT DE LA FRANCE

Août 2016





# L'ATOLL DE CLIPPERTON (ÎLE DE LA PASSION) : BIODIVERSITÉ, MENACES, ET RECOMMANDATIONS POUR SA CONSERVATION

RAPPORT AU GOUVERNEMENT DE LA FRANCE

Août 2016

Par: Christian Jost<sup>1,2</sup>, Alan Friedlander<sup>3,4</sup>, Enric Ballesteros<sup>5</sup>, Eric Brown<sup>6</sup>, Jenn Caselle<sup>7</sup>, Brad Henning<sup>3</sup>, Mauricio Hoyos<sup>8</sup>,  
Pelayo Salinas de León<sup>9</sup>, Paul Rose<sup>3,10</sup>, Chris Thompson<sup>11</sup> & Enric Sala<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Université de la Polynésie Française

<sup>2</sup> Centre de Recherche Insulaires et Observatoire de l'Environnement - CRIOBE, France

<sup>3</sup> National Geographic Pristine Seas, USA

<sup>4</sup> Fisheries Ecology Research Lab, Université d'Hawaii

<sup>5</sup> Centre d'Estudis Avançats de Blanes-CSIC, Espagne

<sup>6</sup> National Historical Park, US National Park Service

<sup>7</sup> Marine Science Institute, University of California, Santa Barbara

<sup>8</sup> Pelagios Kakunjá, Mexique

<sup>9</sup> Fondation Charles Darwin, Galápagos, Équateur

<sup>10</sup> Royal Geographical Society, Grande Bretagne

<sup>11</sup> Centre for Marine Futures, University of Western Australia



# TABLE DES MATIÈRES

---

1. RÉSUMÉ EXÉCUTIF.....	5
2. REMERCIEMENTS .....	8
3. INTRODUCTION .....	9
3.1. Objectifs de ce rapport	
4. LA BIODIVERSITÉ ET LES ÉCOSYSTÈMES DE CLIPPERTON .....	11
4.1. L'atoll	
4.2. Le lagon	
4.3. Le récif corallien	
4.4. Les eaux profondes	
4.5. Le large	
5. LES MENACES À L'ÉCOLOGIE DE CLIPPERTON.....	57
5.1. La pêche	
5.2. Le déclin des oiseaux	
5.3. Les rats	
5.4. Erosion côtière	
5.5. De la souveraineté de la France	
5.6. De la sécurité	
6. RECOMMANDATIONS .....	68
6.1. Bénéfices pour la France	
7. BIBLIOGRAPHIE.....	73
8. MÉTHODOLOGIE .....	76
9. ANNEXES .....	87





# 1. RÉSUMÉ EXECUTIF

---

Clipperton – l'île de La Passion – est le seul atoll corallien et territoire français du Pacifique oriental et l'une des îles les plus isolées au monde. Au regard des constats faits lors d'une mission National Geographic Pristine Seas de mars 2016 et de ceux des missions précédentes qui sont ici intégrés, ce document argumente pour la création à très brève échéance d'une réserve marine autour de Clipperton et pour l'installation d'une station scientifique permanente, afin :

- (1) d'assurer la protection de cet écosystème et patrimoine unique de la France et du monde,
- (2) de renforcer la souveraineté de la France et d'assurer une gestion durable de sa Zone Economique Exclusive (ZEE),
- (3) de créer un observatoire mondial de référence scientifique, notamment des impacts du changement climatique sur les océans.

## UN EXTRAORDINAIRE ATOUT ÉCOLOGIQUE ET SCIENTIFIQUE

- Malgré les pressions et forçages, le récif corallien est encore parmi les mieux conservés de la planète, avec plus de 50% des fonds qui sont couverts de corail vivant. Pour comparaison, les récifs coralliens des Caraïbes ne présentent actuellement que 5 à 10% en moyenne de couverture corallienne en bonne santé.
- Avec 4,4 tonnes par hectare, la biomasse de poissons de récif est extraordinaire et comparable aux milieux vierges les mieux protégés du Pacifique.
- Clipperton possède des espèces marines que l'on ne trouve nulle part ailleurs au monde, dont des poissons de récif et des poissons et invertébrés d'eaux profondes qui n'ont pas encore été décrits par la science.
- Ses eaux marines sont le territoire de dauphins, de tortues de mer, de thons et d'autres espèces vitales dans la chaîne alimentaire des requins et des oiseaux de mer. La zone est une des plus riches au monde en thonidés.
- Le lagon fermé de Clipperton est en surface un lac d'eau douce unique en plein océan, avec des espèces de plantes d'eau douce et des oiseaux migrants comme des canards.
- L'île est un site d'intérêt ornithologique unique qui abrite la plus importante colonie au monde de fous masqués, la seconde plus importante de fous bruns et deux autres espèces de fous.
- Clipperton est une étape-relais clé et un tremplin vital pour les espèces migratrices du Pacifique oriental comme les oiseaux de mer et les requins. Ainsi un requin tagué dans la réserve marine des Galápagos a nagé deux fois jusqu'à Clipperton puis est revenu aux Galápagos, couvrant ainsi une distance de 6800 kilomètres.

## CLIPPERTON EST GRAVEMENT MENACÉ

- Clipperton fait partie du couloir de migration des espèces, parallèle à la côte américaine, mais c'est le seul territoire insulaire de la région qui n'est pas protégé.
  - La pêche industrielle incontrôlée et l'utilisation clandestine de l'atoll menacent gravement ce trésor naturel de la France. Senneurs de plus de 1000 tonnes d'emport et palangriers pêchent au plus près de la côte et sont vus en action à chaque visite.
  - Les prélèvements annuels par la pêche sont estimés à 50.000 tonnes de thons, mais aussi de requins. Ainsi pour la seule année 2015, 23 navires de pêche ont été en activité dans la ZEE de Clipperton pendant 3.000 heures (125 jours).
  - Sur le récif corallien il y a plus de lignes et filets de pêche que de requins. Et la majorité des requins sont de petite taille. Sur les plages aussi, fils, filets, Dispositif Concentrateurs de Poissons (DCP), bouées émettrices (14 en 2015, 5 autres en 2016) ou encore flotteurs de sennes attestent d'une intense activité de pêche.
  - Les prélèvements massifs de la pêche fragilisent l'équilibre de tout l'écosystème récifal et océanique et le rendent moins résilient au réchauffement global, ce qui accélère sa destruction.
  - La plus grande colonie au monde de fous masqués est déjà en déclin. En 2005 on comptait plus de 100.000 individus, mais avec environ 40.000 dénombrés en mars 2016, la baisse de la population apparaît comme une réponse du milieu à la surpopulation et à la surpêche. La population des oiseaux marins dépend de la santé et de la stabilité des populations de petits poissons et de calmars qui sont chassés vers la surface par les bancs de thon. Or la surpêche du thon réduit le nombre de petites espèces en surface sources de nourriture des oiseaux marins. Les fous, chaque jour obligés d'aller chercher leur nourriture jusqu'à 132 milles nautiques (244 km) ont été observés à 400km et 800km vers le SW là où il n'y a aucune terre.
  - La côte est menacée par l'érosion marine, accélérée par la montée du niveau marin et par l'intensification des phénomènes climatiques. Toutefois, comme tous les atolls qui se construisent à partir du corail arraché au récif, l'île ne disparaîtra pas, mais subit des changements rapides qu'il faut prendre en compte dans une perspective d'aménagements nécessaires pour accompagner la mise en protection et la valorisation scientifique de l'île.
  - La plupart des visites sur l'atoll ne sont pas autorisées et sont mal ou pas documentées, notamment sur les risques de débarquement et rembarquement. Ainsi un accident mortel s'est produit en mars 2016 quand des touristes sans autorisation ont plongé trop près de la côte.
  - Les impacts des visites clandestines sur la faune et la flore, pour pêche au gros, pêche depuis les plages, plongée d'aventure ou pêche en plongée d'espèces d'aquarium, ne sont pas connus. Certaines publications, films ou images bien médiatisées sont aussi des menaces et ont un impact dévastateur sur l'image de la France. La mise en vente à 10.000US\$ d'une espèce endémique de poisson de Clipperton, ou l'image d'une « île oubliée abandonnée par la France » (voir nombreuses pages web « Clipperton, île oubliée » en sont deux exemples).
-



## BESOIN D'UNE RÉSERVE MARINE ET RECOMMANDATIONS PRINCIPALES

L'analyse des observations cumulées des missions des vingt dernières années et la nouvelle vision sous-marine apportée par la mission 2016 montrent que Clipperton, malgré un état général plutôt en bonne santé, est aujourd'hui à un point de non-retour ! L'île de Clipperton peut être protégée maintenant, sa splendeur et ses services écosystémiques peuvent encore être restaurés et elle peut devenir un site mondial de référence scientifique, ou, elle peut être perdue pour toujours.

Ainsi, trois axes de mesures indissociables se dégagent. Ces propositions conduisent à renouveler, parfois à préciser et compléter certains points des recommandations du rapport parlementaire du député Philippe Folliot<sup>1</sup>.

Une nouvelle réglementation et des moyens de contrôle doivent être rapidement mis en place :

### **1. La création d'une réserve marine intégrale (dans laquelle aucune activité de pêche ou d'extraction n'est autorisée) de 100 milles nautiques (185 kms) autour de l'atoll.**

- L'aire protégée couvrirait 109.000 km<sup>2</sup> mais ne représenterait pourtant que 25% de la ZEE. La Réserve inclurait les eaux marines et les habitats profonds et une partie de l'atoll et du lagon.
- La Réserve sera la plus grande aire marine totalement protégée de toutes les eaux françaises.
- Les activités de recherche et d'éco-tourisme strictement réglementées et gérées seront autorisées dans la Réserve.
- Une surveillance satellite, déjà opérée par la Marine nationale, pourrait être complétée par les services gracieux de Global Fishing Watch.

**2. La mise en place d'une réglementation stricte des pêches et des activités dans le reste de la ZEE et sur l'île.** La pêche aux thons pourra se poursuivre dans le reste de la ZEE (75%). Si la France mettait en place des licences payantes et une taxation des prises à la tonne, le montant des redevances récupérables pourrait se situer entre 4 et 8 million d'euros par an, ce qui permettrait de financer largement les coûts de gestion de la réserve marine et la station de recherche et fournir encore un bénéfice.

**3. L'installation d'une station scientifique permanente, est préconisée pour être un site mondial de référence scientifique sur le réchauffement climatique et les relations océan-atmosphère.** La station scientifique serait aussi un dispositif de surveillance in situ, assistée de gendarmes (et idéalement d'une vedette d'intervention rapide), pour compléter la surveillance satellitaire et pour fournir une dissuasion forte.

<sup>1</sup> Nous reprenons une partie des recommandations du rapport parlementaire du député Philippe Folliot, auquel Prof. C. Jost a participé, afin de préciser et compléter certains points eu égard à l'évolution rapide de la situation. Les autres recommandations sont nouvelles et font suite aux observations de la mission National Geographic Pristine Seas 2016.

## BÉNÉFICES POUR LA FRANCE

- La création d'une réserve marine dans un rayon de 100 milles nautiques autour de l'atoll permettra à la France de réaffirmer avec force sa souveraineté à travers une mesure phare de protection de cette zone océanique.
- La réglementation stricte des pêches dans les 75% restants de la ZEE et des activités et leur contrôle apportera des redevances et un retour sur investissement et permettra un autofinancement d'une station permanente.
- Une réserve de 100 milles nautiques autour de l'atoll représentera le 1% des eaux françaises, ce qui contribuera à atteindre l'objectif des 20% d'eaux françaises protégées en 2020.
- Cette réserve marine sera la plus grande zone strictement protégée du Pacifique Tropical Est, même mieux que les fameuses réserves marines des Galápagos en Equateur ou des îles Cocos du Costa Rica. Cela placerait la France parmi les leaders mondiaux dans la conservation marine.
- La désignation de Clipperton comme site global de référence scientifique pour l'étude du réchauffement climatique sera le prolongement naturel du leadership de la France affirmé lors de la COP21.
- La réserve marine permettra à la France de rejoindre le réseau CMAR « Corridor du Pacifique Tropical Est », dont elle est absente, et d'avoir un rôle clé dans la gestion et la protection des ressources marines du Pacifique oriental.

## 2. REMERCIEMENTS

---

Que Monsieur le Ministre des affaires étrangères et du développement international, Madame la Ministre des Outre-mer, et Monsieur le Haut-commissaire de la République en Polynésie française en soient vivement remerciés. Nous tenons également à remercier Madame la Ministre Ségolène Royal, Ministre de l'Environnement, de l'Énergie et de la Mer ; Monsieur Marc Vizio, Conseiller Outre-mer de Monsieur le Président de la République ; et Monsieur Frédéric Potier, Conseiller Outre-mer de Monsieur le Premier ministre, pour leur écoute à notre retour de mission et le suivi attentifs de la question Clipperton. Merci à Monsieur le député Philippe Folliot pour son soutien, ses encouragements et ses idées sur la question Clipperton - La Passion. Merci à l'équipage de l'Argo pour son aide avant, pendant et après l'expédition de 2016 à Clipperton ; à Juan Mayorga, Chris Costello et Pelagios/Migramar pour de données non publiées sur la pêche et les requins.

L'expédition organisée par National Geographic Pristine Seas de 2016 a reçu l'autorisation du Haut-commissariat de la République en Polynésie française (réf. N° HC/167/CAB/BSIRI/MG du 03 février 2016) pour un débarquement sur l'atoll de Clipperton et l'autorisation du MAEDI (réf. NV N° 2016.177320/DGM/DCERR/ESR du 07 mars 2016) pour une campagne océanographique dans la ZEE de Clipperton.

---

### 3. INTRODUCTION

L'atoll de Clipperton (Île de La Passion) est un atoll corallien inhabité dans l'océan Pacifique oriental, à 1080 km au Sud-Ouest du Mexique (Fig. 1). C'est le récif de corail le plus isolé et le plus à l'Ouest du Pacifique tropical oriental (PTO). Clipperton est le seul atoll du PTO et son récif corallien de 3,7 km<sup>2</sup> est le plus grand de la région (Glynn *et al*, 1996). L'atoll contient un lagon intérieur unique sans sortie, un relief topographique bas, et est entouré de récifs coralliens bien cimentés qui se prolongent à des profondeurs >40 m et sont composés principalement des coraux des genres *Porites*, *Pavona* et *Pocillopora* (Glynn *et al*. 1996). Le lagon fermé a un fort gradient de salinité vertical, et les eaux sont presque fraîches en surface et très eutrophe (PNUE/UICN 1988). La flore du lagon est abondante, avec de vastes herbiers d'eau douce qui couvrent 45 % de la surface du lagon (IFRECOR 1998).

**FIGURE 1.**

Localisation de l'atoll de Clipperton - L'Île de la Passion.



Le PTO est isolé du Pacifique central et occidental par la dorsale du Pacifique Oriental (DPO), la plus grande barrière biogéographique marine du monde (Ekman 1953). Ceci confère à la zone un intérêt biogéographique tout particulier, car elle héberge des assemblages insolites de flore et de faunes Indo-Pacifique et Panaméenne (Robertson et Allen, 1996). Il est possible que Clipperton soit un tremplin important pour la connexion entre ces biorégions. Clipperton a la plus forte concentration de poissons de récif endémiques par unité de surface retrouvée partout dans le monde (Allen, 2008).



L'île a été identifiée comme zone importante d'oiseaux par BirdLife International avec la deuxième plus grande colonie de fous bruns et la plus grande colonie de fous masqués au monde. Parmi les oiseaux de Clipperton, 13 espèces se reproduisent sur l'île dont 4 espèces de fous, et 26 autres espèces sont visiteurs (Weimerskirch, 2005). On trouve 4 espèces de sternes, trois espèces de hérons, six de canard, des noddis bruns et noirs, la frégate du Pacifique qui se reproduit sur place, des foulques, puffin et paille-en-queue. Des changements spectaculaires se sont produits au cours des dernières décennies, dont l'explosion de la population du crabe *Jongarthia planata*, une désertification presque complète de l'île, et une augmentation des fous masqués (Jost et Andréfouët 2006). Depuis 2000, la population des crabes a diminué car ils ont peut-être atteint la capacité de charge maximale (Poupin *et al.*, 2009) après avoir dévoré toute la végétation herbacée (Jost, 2005). La diminution des crabes et l'apparition du rat (*Rattus rattus*) vers 2000 a permis à la végétation de se régénérer et de recouvrir déjà 46% des terres en avril 2015 (Jost *et al.*, 2015).

L'atoll a été occupé fin du 19e et début du 20e siècle par des exploitants du guano, des aspirants colons ou des militaires, principalement du Mexique, pays qui contestait la découverte française de 1711, et la souveraineté française affirmée en 1858, jusqu'à l'arbitrage international de 1931 qui octroie définitivement Clipperton à la France. L'atoll a ensuite été occupé en 1944 par l'armée américaine et par la France entre 1966 et 1969. Domaine public d'Etat qui relève du Premier ministre qui délègue sa gestion à la Ministre des Outre-mer, son administration est confiée au Haut-commissaire de la république en Polynésie française dont Clipperton ne fait pas partie. Malgré son éloignement à 1000km du continent, l'île est utilisé par des sociétés étrangères pour la pêche au gros, la plongée ou un tourisme d'aventure, et sa zone marine est pillée par des senneurs étrangers de plus de 1000 tonnes de capacité d'export qui pratiquent une pêche ravageuse des thons et des requins assistée d'hélicoptères, de vedettes rapides et de DCP que l'on retrouve sur les plages.

### 3.1 OBJECTIF DE CE RAPPORT

L'objectif de ce rapport est de décrire les valeurs naturelles de Clipperton et des écosystèmes marins autour de l'atoll, d'analyser les menaces pesant sur ces écosystèmes et de proposer des recommandations pour sa préservation et sa gestion. Ces propositions conduisent à renouveler, voire à préciser et à compléter certains points des recommandations du rapport parlementaire du député Philippe Folliot<sup>2</sup> (2016) sur l'importance de valoriser l'atoll de Clipperton.

Au regard des constats faits lors de la mission de National Geographic - Pristine Seas de mars 2016 et de ceux faits lors des missions précédentes qui sont ici intégrés, ce document argumente pour la création à très brève échéance d'une réserve marine autour de Clipperton et pour l'installation d'une station scientifique permanente, ceci afin :

- (1) d'assurer la protection de cet écosystème et patrimoine unique de la France et du monde,
- (2) de renforcer la souveraineté de la France et d'assurer une gestion durable de sa Zone Economique Exclusive,
- (3) de créer un observatoire mondial de référence scientifique, notamment des impacts du changement climatique sur les océans.

<sup>2</sup> Nous reprenons une partie des recommandations du rapport parlementaire du député Philippe Folliot, auquel Prof. C. Jost a participé, afin de préciser et compléter certains points eu égard à l'évolution rapide de la situation. Les autres recommandations sont nouvelles et font suite aux observations de la mission National Geographic Pristine Seas 2016.

## 4. LA BIODIVERSITÉ ET LES ÉCOSYSTÈMES DE CLIPPERTON

### 4.1. L'ATOLL

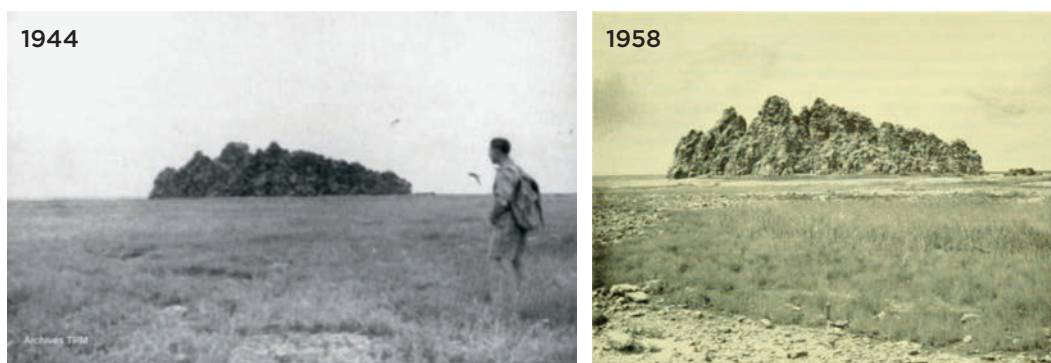
#### 4.1.1. LA VÉGÉTATION

Après avoir été décrit comme désertique au 19<sup>e</sup> siècle, Clipperton connaît un bouleversement écologique à partir du début du 20<sup>e</sup> siècle. Deux premiers plants de cocotiers (*Cocos nucifera*) et un couple de porcs ont été importés en 1897. Les cocotiers se sont multipliés jusqu'à être une quarantaine répartie en trois bosquets en 1935 en 1935 (Gauthier 1949), tandis que les cochons, laissés sur place au départ des Mexicains en 1917, se sont aussi multipliés pour être une cinquantaine en 1958 (Sachet 1962). Au cours de ces décennies, la végétation herbacée, quelques buissons et arbustes se sont également développés et ont fini par couvrir une grande partie de la couronne de l'atoll, comme en témoignent les photographies aériennes de la Jeanne d'Arc de 1935 et des photographies au sol de Taylor de 1948. En 1958, la végétation herbacée, essentiellement d'Ipomées, couvrant jusqu'à 80% de l'atoll surtout dans le Sud et l'Ouest de l'atoll (Fig. 2) (Sachet, 1962).

La couronne nord de l'atoll dénuée de toute végétation, probablement du fait de la tempête 1957 (Sachet 1960). En 1967-1968, lors des Missions militaires françaises Bougainville, Ehrhardt note une réduction drastique de la couverture végétale de l'atoll (Fig. 3) (Ehrhardt 1971). La principale cocoteraie (nommée Bois de Bougainville) était en bonne santé avec 150 stipes de cocotiers, pour un total de 590 arbres inventoriés sur l'atoll. En 1980, Taxit (1981) a identifié seulement quelques taches d'arbustes et quelques cocotiers sur la couronne orientale et autour de la baie de la Pince. Les tentatives en 1980 pour régénérer la cocoteraie en plantant des cocos germées entre le Bois de Bougainville et Le Rocher ont échoué puisque la plupart des nouvelles plantes n'étaient pas visibles en 1982 (Fig. 3).

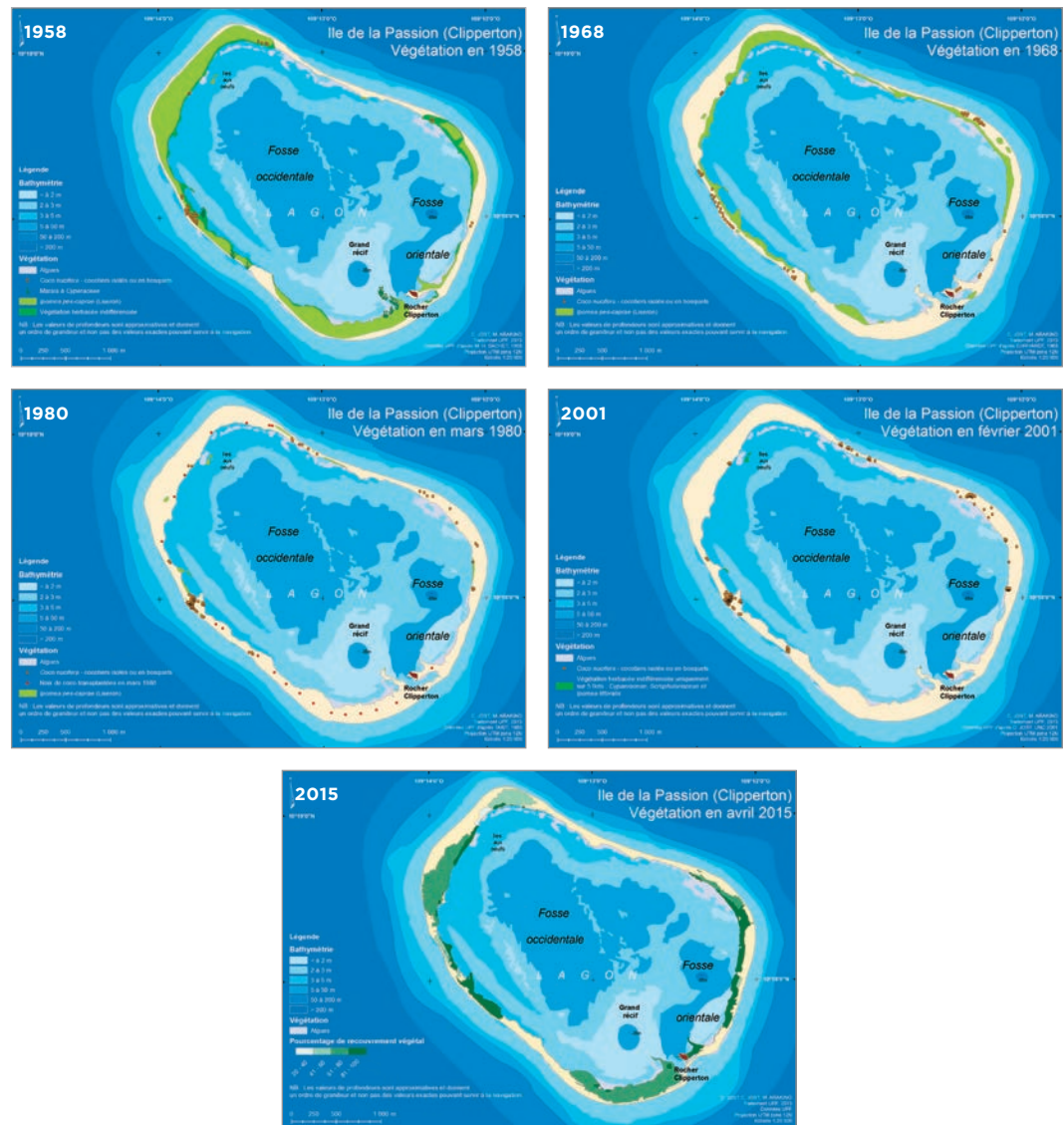
**FIGURE 2.**

Couvert végétal continu en 1944 et 1958 au sud-est de l'île, vue sur le « Rocher » du sud-ouest vers le nord-est (photos : Taylor 1944 et MH Sachet 1958)



**FIGURE 3.**

Cartes de la couverture végétale à Clipperton en 1958, 1968, 1980, 2001 et 2015 (C. Jost, UPF, d'après différents auteurs)



En Novembre 1997, Jost (1997, 2003) relève une absence total de couverture herbacée sur la couronne, hormis les cocotiers et quelques îlots herbeux. En Février 2001, Jost et l'équipage de la frégate militaire Latouche-Tréville qui l'assiste pour le comptage, dénombrent 674 cocotiers sur l'ensemble de l'île, dont 449 grands (>4 m), 109 moyens (de 2 à 4m) ; 121 petits (de 1m à 2m de bonne vigueur). 479 toutes tailles confondues forment la cocoteraie du Bois ou Camp de Bougainville (Jost 2001, 2003) (Fig. 4). Seulement six îlots du lagon étaient encore couverts par de la végétation, principalement des Cyperaceae, des Scrophulariaceae, et certaines Convolvulaceae tels que *Ipomoea pes-caprae*. En 2001, les changements ne sont pas très importants par rapport à 1997, mais on remarque la réduction de la couverture végétale sur l'un des deux îlots aux Sternes. Les observations de la flore sur les Îles aux Œufs ont seulement révélé une demi-douzaine d'espèces présentes sur ces îlots.



La végétation est réapparue depuis les années 2005, suite à la baisse de la population de crabes terrestres (*Jongarthia planata*). Jost a observé une extension rapide de la végétation depuis 2001 puis 2013 et 2015, au détriment de l'espace occupé par les fous, notamment les fous masqués qui nichent habituellement à même le substrat minéral et sont désormais gênés par les stolons (lianes) que développent les Ipomées (*Ipomea pes caprae* et *Ipomea triloba*) dans lesquels ils se prennent les pattes. Les oiseaux n'occupent que les espaces où le sol peut encore apparaître en marge ou au milieu des Ipomées. Les cocotiers (*Cocos nucifera*), progressent non seulement en nombre mais gagnent de nouveaux espaces. Les bosquets se multiplient et se densifient.

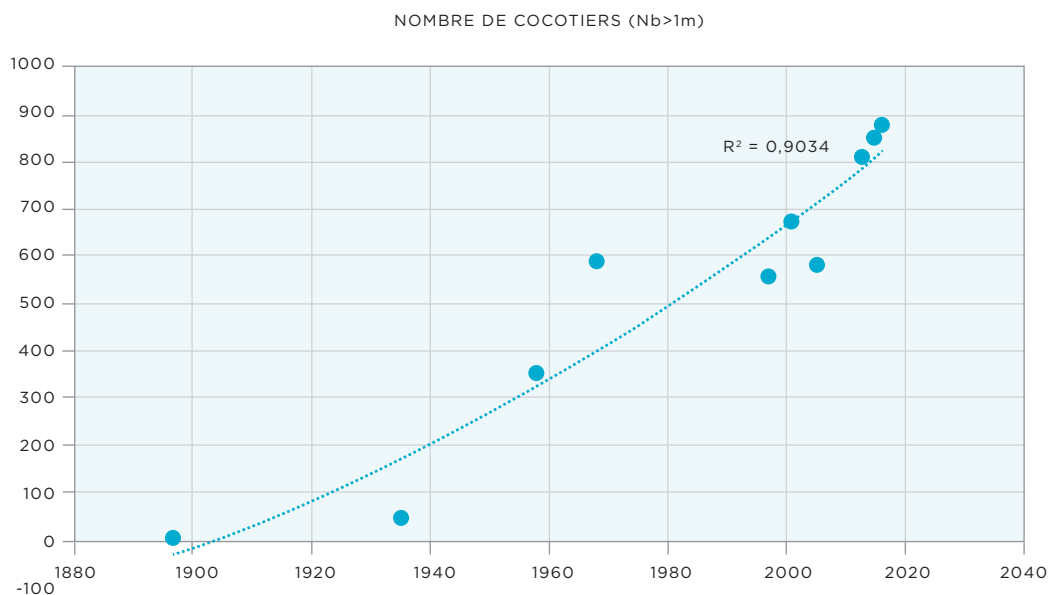
Si en 2001 Jost en dénombrait 674 au stipes de plus d'un mètre de haut, 806 en 2015, 865 en février 2016, ils étaient 873 en mars 2016 à plus ou moins cinq individus près à chaque comptage (Fig. 3).

#### 4.1.2. LES OISEAUX

Clipperton est connu depuis une quinzaine d'année comme l'île abritant la plus grande colonie au monde de fous masqués (*Sula dactylatra*) (Fig. 5). Les recensements réalisés en 1997 et 2001 (Jost, 2001), en 2003 (Pitmann, 2003), 2005 (Weimerskirch *et al.*, 2009) font tous état d'une population de fous masqués entre 100 000 et 110 000 individus. L'évolution de la population d'oiseaux est montrée dans le Tableau 1.

**FIGURE 4.**

Evolution du nombre de cocotiers (*Cocos nucifera*) supérieurs à un mètre au cours des années depuis son introduction en 1897 (C. Jost, 2016)



**FIGURE 5.**

Fous masqués sur nids dits actifs. Début de reconstitution des couples en fin de journée lors du retour de la pêche de l'un des adultes. Photo de drone à très basse altitude ; vue vers le NE vers 17h00 le 15 mars 2016. (©Jon Betz - NG-PS)



La population des oiseaux n'avait pas été recensée depuis 2005 (Weimerskirch *et al.*, 2009). Le dénombrement exhaustif des fous masqués (*Sula dactylatra*) réalisé en mars 2016 évalue la population des fous masqués à 37 000 individus, soit entre 35 000 et 40 000 individus, (Fig. 6).

**FIGURE 6.**

Répartition des fous masqués (*Sula dactylatra*) par secteurs en mars 2016 et pourcentage de la population des secteurs par rapport au total général. Les points noirs indiquent les colonies de fous bruns observées sans être une représentation exhaustive des colonies (C. Jost, UPF).

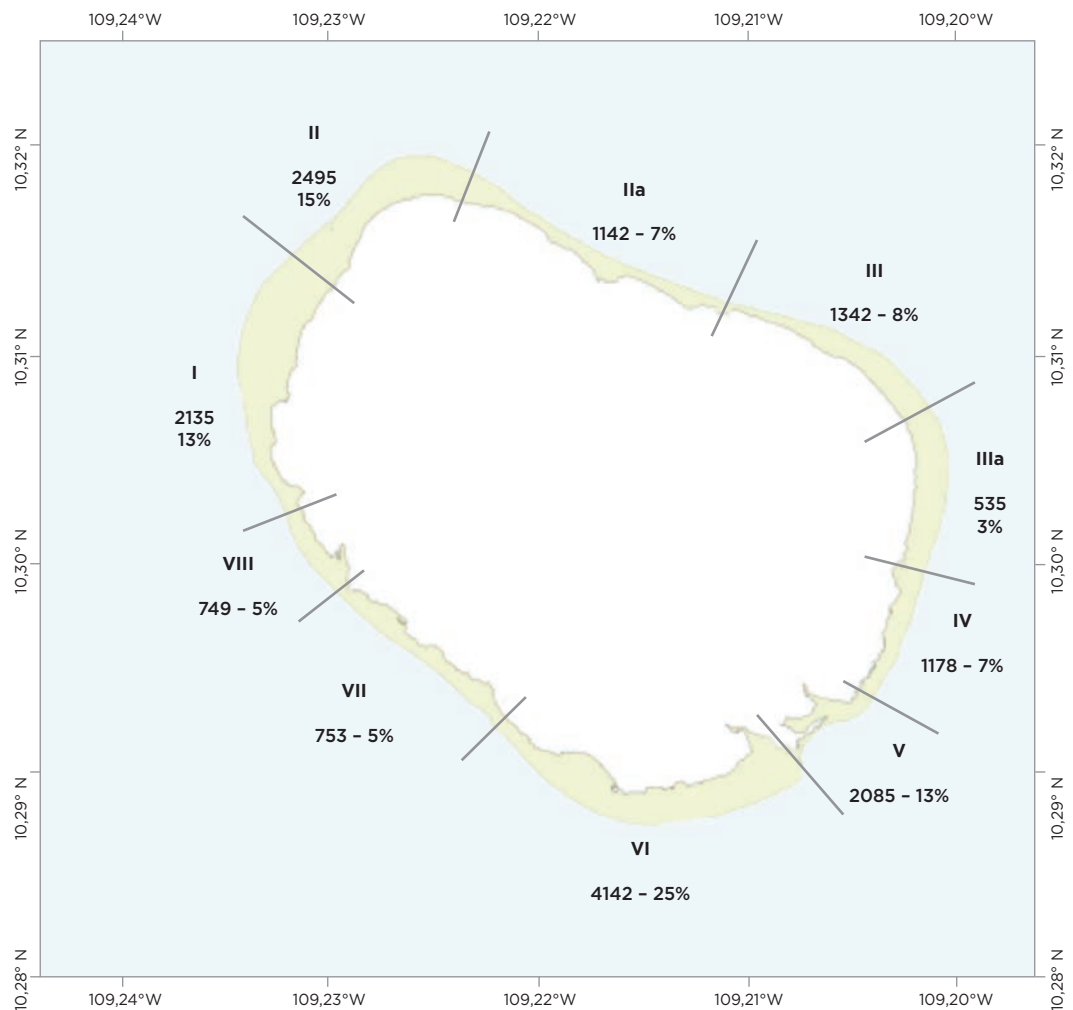


TABLEAU 1.

Liste des oiseaux se reproduisant sur Clipperton (\*13 espèces en 2005 selon Weimerskirch *et al.*). \*\* Le fou de Grant a été assimilé au fou masqué sauf en 2005 où il a été compté à part.

Famille	Espèces	Nov. 1901 Beck	Août 1958 Stager	Juil. 1968 Ehrhardt	Mar. 1980 Taxit & Ehrhardt	Nov. 1997 Jost	Fév. 2001 Jost	Fév 2005 Weimerskirch <i>et al.</i>	Mar. 2016 Jost
<b>Sulidés</b>	Fou masqué ( <i>Sula dactylatra</i> )	plusieurs milliers	<150	4239	8000	~ 100 000	~ 110 000	100 000	37 000
	Fou brun ( <i>Sula leucogaster</i> )		<500	15 300	25 500	>500	> 2000	7000	2000
	Fou à pieds rouges ( <i>Sula sula</i> )		occasionnel	293	450			<500	300
	Fou de Grant**							<50	
<b>Laridés genre Anous</b>	Noddi brun ( <i>Anous stolidus ridwayi</i> )		abondant	3374	150 - 200			<1000	100
	Noddi noir ( <i>Anous minutus</i> )		abondant	1374	0			<1000	
<b>Laridés genre Onychoprion</b>	Sterne fuligineuse ( <i>Sterna fuscata</i> )		~ 1000	200	0	600-800	0	2000	0
	Sterne Gygis ( <i>Gygis alba candida</i> )		50	10	4	1	1	6	6
<b>Fregatidés</b>	Frégate du Pacifique ( <i>Fregata minor</i> )		~250	642	1000-1300	>500	>500	1350-1675	1500
<b>Rallidés</b>	Foulque ( <i>Fulica americana</i> )			200					150
	Poule d'eau ( <i>Gallinula chloropus</i> )						50		
<b>Phaéthontidés</b>	Paille-en-queue à brins rouge ( <i>Phaeton rubricauda</i> )		occasionnel	6	0			8	
<b>Procellariidés genre Puffin</b>	Puffin du Pacifique ( <i>Puffinus pacificus</i> )			4	0			<100	
<b>TOTAL</b>		thousands	2000	25 662	33 954	ND	ND	ND	ND

ND = Non disponible



Il n'est donc plus certain que la population des fous masqués soit encore la plus grande colonie au monde.

- La population des fous bruns (*Sula leucogaster*) (Fig. 7) est toujours répartie en colonies d'une centaine d'individus en général, parfois moins, tout autour de la couronne. Les colonies sont principalement situées sur la grève ou sur le haut de plage, rarement sur la pente interne vers le lagon. De 7000 en 2005 leur nombre a apparemment baissé à environ 2000 individus en mars 2016. Les fous à pieds rouges (Fig. 8), estimés à moins de 500 en 2005, se localisent essentiellement dans les cocoteraies et localement dans les rares arbustes près de la piste d'aviation coté lagon (secteurs II, IV, VIII). Ils construisent des nids dans les cocotiers (Fig. 8).
- Les fous de Grant n'ont pas pu être distingués des fous masqués auxquels ils étaient assimilés jusqu'en 2003 (Pitman, 2003). Seule une cinquantaine d'individus a été distinguée en 2005.

**FIGURE 7.**

Petite colonie de fous bruns (*Sula leucogaster*) comme on les trouve tout autour de la couronne sur la grève ou sur les hauts de plage et quelques couples dans les cocoteraies (Fig. 6 carte) (C. Jost)



**FIGURE 8.**

Fou à pieds rouges (*Sula sula*) et son juvénile dans le nid, et fou brun (*Sula leucogaster*) à gauche.  
(© C. Jost)



#### Autres oiseaux :

- Frégates du Pacifique (*Fregata minor*) estimées à environ 1500 individus Fig. 9) ;

**FIGURE 9.**

Frégate du Pacifique au sol au milieu des déchets, côte nord-est  
(©C. Jost)





- Sternes : 3 sternes blanches *Gygis alba* (deux au Rocher et quatre dans le bois de Bougainville) (Fig. 10) ; pas de sternes fuligineuses, espèce migratrice, observées seulement en 1997 et 2005 sur les îlots aux Sternes ;

**FIGURE 10.**

Sterne blanche  
(©C. Jost)



- Foulques (*Fulica americana*) : 50 individus dans le lagon nord quittant le grand bosquet de cocotiers nord (secteur IIa), une cinquantaine d'individus au niveau de l'ancien camp Passion 2015 dans le secteur III et plusieurs nids avec œufs près du Rocher, soit un total estimé à 150 individus (Fig. 11).

**FIGURE 11.**

Foulques dans  
le lagon, et nid  
près du rocher.



- Des poules d'eau, plutôt que des canards, ont été aperçus à l'ouest du lagon près des îles aux oeufs, mais l'identification a posteriori sur photos et le dénombrement reste incertain, mais il semble plutôt s'agir d'une cinquantaine de poules d'eau (*Gallinula chloropus*) comme déjà décrite dans le passé.

- Noddi brun (*Anous stolidus*) : plus d'une centaine d'individus en couple ont été aperçus dans la broussaille sur la couronne ouest sans pouvoir les dénombrier précisément. Au bois de Bougainville, un couple est arrivé de nuit et s'est posé sur un cocotier (Fig. 12).

**FIGURE 12.**

Noddi brun  
la nuit.



- pas d'observation d'échassier, ni de paille-en-queue ce qui ne signifie pas qu'ils n'étaient pas présents.
- Nombreux oiseaux morts au sol, mais apparente mort naturelle (certains sans doute d'épuisement après longue quête de nourriture en mer) ; pas d'observation de plastiques dans les estomacs (éventration de deux individus morts). Les cadavres ne sont plus rapidement bouloités par les crabes comme il y a dix ans, bien que quelques poussins fassent toujours l'objet d'une consommation par les crabes (Fig. 13).

**FIGURE 13.**

Un crabe  
consommant  
un juvénile  
à côté des  
parents (retour  
de pêche en  
mer de l'un des  
adultes noté à  
17h30)





#### 4.1.3. INVERTÉBRÉS TERRESTRES

- Les crabes (ex *Gecarcinus planatus* Stimpson, devenus *Jongarthia planata* depuis les travaux de l'équipe mexicaine de l'UNAM, PASSION 2015) sont en moyenne de bien plus petite taille qu'il y a quinze ans et surtout bien moins nombreux (Fig. 14). Craignant le soleil, ils sortent de leurs terriers dans le sol ou de sous un rebord de terrassette quand le soleil est au plus bas à partir de 16h30, 17h. Diversivores, ils consomment essentiellement des espèces végétales basses (*Heliotropium curassavicum* notamment), des cocos au sol, des cadavres d'oiseaux et occasionnellement, les plus vigoureux peuvent s'attaquer à un poussin ou prélever un œuf. A l'opposé de leur attitude agressive, à tout le moins sans aucune crainte, dans les années 1990 et 2000, aujourd'hui ils ne s'attaquent plus directement à tout ce qui est à leur portée et ont un comportement beaucoup plus farouche, fuyant à l'approche de l'homme. Leur comptage qui suppose plusieurs personnes travaillant simultanément sur plusieurs jours n'a pas été possible en solo pendant la mission de 2016. Des observations et analyses de la mission Passion 2015 seront publiées dans les prochains mois par l'équipe mexicaine de l'UNAM dirigée par la Dra Solis-Weiss.

**FIGURE 14.**

Le crabe terrestre *Jongarthia planata* est toujours prédateur de la végétation et de la faune aviaire, mais il est en nombre bien inférieur aux précédentes années et peu gênant. (© Photo gauche et droite : C. Jost 2106 © Photo centre : Stéphane Dugast Passion 2016)



- Insectes : l'échantillonnage des arthropodes réalisé en 2015 est en cours d'analyse à l'institut Malardé à Tahiti. Quelques observations 2016 : toujours absence de moustiques ; présences de mouches (taille et genre taon) peu nombreuses ; Blattes observées au sud, pas dans la cocoteraie Bougainville, mais peu gênantes ; contrairement à 2013 où elles étaient omniprésentes et envahissantes dans le premier bosquet de cocotiers au nord du Rocher ; Fourmis : présence dans le Bois de Bougainville (rappel : première colonie aperçue en 2005 uniquement au pied du cocotier N, puis observée et échantillonnée en 2013 et 2015 à d'autres endroits de la couronne, ce qui traduit l'extension de leur territoire.)

#### 4.1.4. DYNAMIQUE CÔTIÈRE ET ÉROSION LITTORALE

L'accélération de l'érosion côtière est manifeste et surprend l'observateur régulier par la rapidité des changements de la côte d'une année sur l'autre, voire même d'une semaine à l'autre. L'évolution du littoral est suivie depuis de nombreuses années, et plus particulièrement le secteur du Rocher, dit de l'ancienne passe sud-est, qui évolue très vite et est suivi depuis 1935. Par ailleurs, pour l'ensemble de l'atoll, le modèle numérique de terrain réalisé lors de la mission *Passion 2015* fournit désormais un « état zéro » très précis à partir duquel les mesures ultérieures qui seront réalisées au DGPS dans les mêmes conditions permettront de chiffrer précisément les volumes de matériaux arrachés à la côte et ceux accumulés (Jost *et al.*, 2015 rapport, dont Dumas P., Arakino M. et le SHOM ; publications en cours).

Durant la mission Pristine Sseas de 2016, seules quelques mesures ponctuelles ont pu être réalisées, mais elles montrent localement les changements rapides entre avril 2015 et mars 2016. La largeur de la couronne a été mesurée par C. Jost au triple décimètre sur la côte nord et sur la côte sud-est au droit du Rocher afin d'évaluer la progression de l'avancée marine (Fig. 15).

- Rappelons que la dynamique de recul du trait de côte au droit du Rocher a été de 1,1m par an de 1935 à 2001, mais de 3,3m par an depuis 2001 (Jost C., Rapport *PASSION 2015*) (Figs. 16-17).

**FIGURE 15.**

Ci-dessus :  
Dépôts  
actuels de  
franchissements  
des vagues  
(dans l'année  
2016) atteignant  
le lagon à  
l'arrière-plan.  
Couronne nord.



A droite :  
Mesure au triple  
décimètre de  
la largeur de la  
couronne Nord  
au point le plus  
étroit. Largeur  
de 20m (sans  
changement par  
rapport à 2015),  
mais la largeur la  
plus étroite était  
de 100m à ce  
point en 1968.



- La largeur du cordon littoral séparant devant le Rocher l'océan de la lagune qui se raccorde au lagon était de au plus étroit de 20m en avril 2015, de 14m en février 2016 (Clua, 2016) et de 11m mesurés le 16 mars 2016 (Figs. 16-18).

**FIGURE 16.**

Point de mesure côté océan ; maximum de montée de la mer en journée, houle de 2,5m de NW et vent de NE (25nds) (16/03/2016)



**FIGURE 17.**

Mesure à 11m de la largeur minimale du cordon littoral entre l'océan et la lagune (au 2e plan) en cours de comblement.



**FIGURE 18.**

En mars 2016, le cordon littoral est à moins de 2m du Rocher et sa largeur minimale n'est plus que de 11m contre 20m en 2015. La réouverture de l'ancienne passe (ou hoa) pourrait se produire au niveau du secteur où il reste 30m de dépôts de sables et graviers à enlever. Noter la position de la ligne de rivage en 1935 (Vue aérienne d'avril 2015 avec indications de mars 2016) (C. Jost, 2016)





- La lagune près du Rocher se réduit d'année en année et est en cours de comblement. Le cordon littoral n'est plus qu'à 2 mètres (Figs. 19-21).

**FIGURE 19.**

Vue de la lagune et du chenal vers le lagon. L'avancée du cordon littoral (sables et graviers ocre clair avançant et comblant la lagune). Au premier plan, secteur de largeur de 11m du cordon littoral. A gauche, au 2e plan, bloc du Rocher effondré.



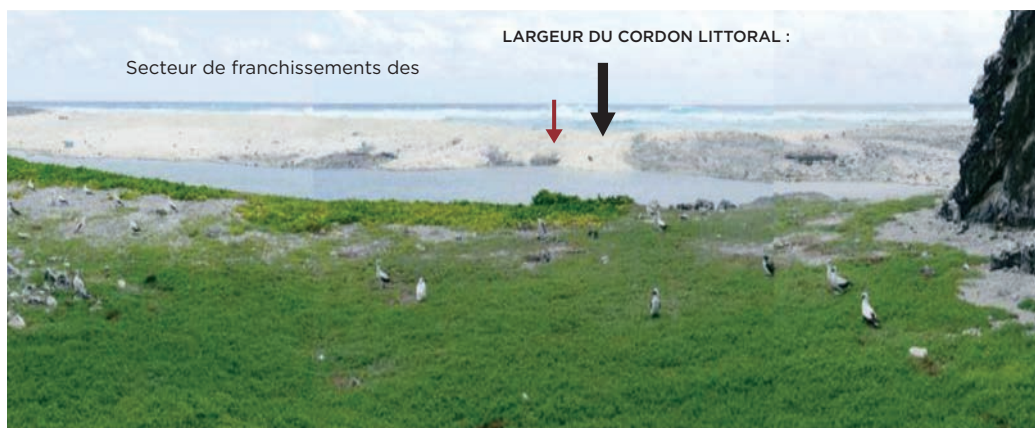
**FIGURE 20.**

Moins de 2m avant que le cordon littoral ne touche le Rocher et ferme la lagune à l'arrière-plan



**FIGURE 21.**

Vue 2016 depuis le Rocher vers l'Est. Au 2e plan, la lagune est en cours de comblement. Le cordon littoral et les dépôts frais de sables et graviers coralliens viennent buter sur le Rocher.

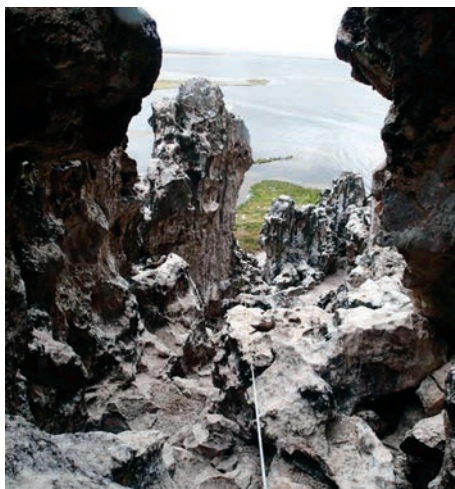




- Rétrécissement de la largeur de la couronne Nord de 100m en 1968 à 20m en 2015 et mesurée à nouveau à 20m en 2016 (cf. Rapport *PASSION 2015*).
- 21 mètres = c'est l'altitude la plus haute à laquelle ont été retrouvés des débris coralliens dans le Rocher (dont l'altitude maximum est de 29m) ! Ces fragments centimétriques de corail, piégés dans des creux de la roche volcanique du Rocher ne peuvent avoir été déposés que par de puissantes vagues lors d'épisodes cycloniques, voire de tsunamis. L'altitude a été calculée par triangulation en tirant une corde droite du point de prélèvement de l'échantillon, dont on veut connaître l'altitude, jusqu'au niveau de base qui correspond au niveau marin zéro (Fig. 22).

**FIGURE 22.**

Point de prélèvement des échantillons de gravier de corail d'où une corde a été tirée jusqu'au niveau de base pour le calcul de l'altitude par triangulation. Ici côté lagon vue vers l'ouest vers le Crochet au 2e plan (© Eric Brown NG-PS).

**FIGURE 23.**

Bulldozer abandonné par l'armée US fin 1944 mis à jour par l'érosion marine entre 2012 et 2013 sur la côte NE entre l'épave du Dixie Isle II et proche du premier bosquet de cocotiers vers le sud. En 2013, et en 2015, la plage était essentiellement sableuse avec quelques gros galets épars. En 2016, la plage était de blocs rocheux de corail et le bulldozer a été dégagé, soulevé et déposé sur un boulder (© C. Jost 2013 et 2016).



#### 4.1.5. MESURES D'AÉROSOLS

Un capteur d'aérosols a été déployé et mis en service à sept reprises pendant des durées d'une heure pour mesurer les particules présentes dans l'air de Clipperton et pour en identifier les éléments et traces pouvant le cas échéant provenir du continent, distant rappelons-le de plus de 1000km. Le capteur, construit par l'équipe de recherche GEPASUD que dirige le Pr Barriot de l'Université de la Polynésie française à Tahiti, est un boîtier métallique percé de deux orifices équipés de filtres le tout étant orienté vers le disque solaire. Un dispositif intégré permet l'enregistrement des images sur carte SD durant l'heure de mesure. Un GPS intégré enregistre la position. Les mesures ont été faites à différents moments de la journée au même lieu, le Bois de Bougainville.

La première mesure a été réalisée le 14 mars entre 07h56 et 09h00 au point : 10° 17.997'N, 109°13.802'W (Fig. 24). Le vent était de NNE de 20km/h en moyenne avec des rafales à 30km/h ; le ciel était clair avec quelques passages de petits cumulus de beau temps. Les autres mesures ont été réalisées les jours suivants aux mêmes heures les 16 et 17/03, et une mesure à 15h35 le 16/3.

Deux mesures supplémentaires ont été faites pour comparaison sur la côte continentale mexicaine à Manzanillo.

Le traitement et les analyses sont en cours.

**FIGURE 24.**

Capteur d'aérosols construit par l'équipe de recherche GEPASUD de l'UPF avec GPS intégré. Site du bivouac dans le Bois de Bougainville sur une dalle de béton, reste des missions Bougainville 1966-1969 (© C. Jost)



## 4.2. LE LAGON

Le lagon (Fig. 25), ouvert par deux passes, au nord et au sud-est, jusque vers 1840 s'est naturellement fermé vers 1850. Il est un des rares lagons à n'avoir aucun hoa (passage d'eau de mer à marée haute). Il est ainsi devenu méromictique, présentant une couche d'eau douce à saumâtre en surface, de 6m dans les années 1960, à 15m d'épaisseur mesurée en 2015, surmontant une couche organique faisant transition avec l'eau salée et sulfureuse en profondeur. Les eaux turbides sont stratifiées avec des salinités de surface allant de 3,5 à 5,3 ‰ et atteignant 34 ‰ dans les zones plus profondes rencontrées dans plusieurs bassins lagunaires clos (Ehrhardt 1971b, NIAUSSAT 1986). Les eaux de surface et les eaux profondes ne se mélangent pas et les eaux anoxiques profondes (> 14m) sont saturés avec de l'hydrogène sulfuré. Sa composition chimique est détaillée dans Bourrouilh-Le Jan *et al.* (1985).

**FIGURE 25.**

Le lagon de Clipperton.



La diversité des poissons est faible dans le lagon, avec quatre espèces déclarées en 1968 (Ehrhardt 1971b). La flore benthique a été signalée comme tout aussi pauvre en espèces avec des phanérogames (*Rupia maritima*) et des algues vertes de la famille Characeae (Bourrouilh Le Jan *et al.*, 1985). Les communautés algales sont abondantes et productives (Murphy et Kremer, 1983) et fertilisées en permanence par la libération de phosphate et de nitrate qui viennent des déjections d'une grande population d'oiseaux (~ 1,8 tonnes / jour pour 35.000 oiseaux en 1968, selon Bourrouilh Le Jan *et al.*, 1985). Il a été estimé précédemment que ces macrophytes couvraient 45% de la lagune, la plupart du temps sur les terrasses peu profondes et intertidales en bordure de la couronne (Ehrhardt, 1971).



## 4.3. LE RÉCIF CORALLIEN

### 4.3.1. LES CORAUX

Vingt espèces de coraux durs au total ont été enregistrées sur l'atoll de Clipperton (Tableau 2) dont une nouvelle espèce (*Leptoseris incrustans*) enregistrée pour cette zone en 2016 (Fig. 26). La couverture corallienne globale en mars 2016 atteint en moyenne 45% avec une couverture corallienne moyenne plus élevée retrouvée à 20 m ( $59,7 \pm 26,4\%$  ET) par rapport à 10 m ( $40,9 \pm 18,0\%$  ET) sur les 14 sites. L'espèce de corail la plus abondante est *Porites lobata*, qui couvre 18,3% du substrat. Les cinq coraux les plus abondants sont *Porites arnaudi* (11,1%), *Pocillopora effusus* (7,1%), *Pavona varians* (5,6%), *Porites lutea* (2,8%) et *Pavona clavus* (2,4%). Les 14 espèces restantes représentent à peine 3,0% de la couverture totale du substrat.

**FIGURE 26.**

*Leptoseris incrustans* à droite, comparé à *Pavona varians* à gauche. Photo prise à 20 m.



La composition des espèces de corail dans la zone peu profonde est dominée par *P. lobata*, *P. lutea* et *P. effusus*. Dans la zone plus profonde, les espèces de coraux prédominants sont *P. lobata*, *P. arnaudi*, *P. varians* et *L. incrustans*. Le corail noir *Antipathes galapagensis*, apparaît d'abord à 40 m et est devenu plus abondant à 50 m, ce qui apparaît comme la limite inférieure de développement des récifs scléactiniaires.



La composition de la communauté corallienne est similaire entre les différents régimes d'exposition aux vagues ( $F_{1,24} = 1,13$ ,  $p = 0,36$ ). Les assemblages coralliens diffèrent toutefois significativement entre les profondeurs ( $F_{1,24} = 16,97$ ,  $p < 0,001$ ), avec une couverture corallienne à la fois plus élevée et plus diversifiée sur les sites à -20 m par rapport aux sites à -10 m. La composition des espèces de corail dans la zone plus profonde est, quant à elle dominée par *P. lobata*, *P. arnaudi*, *P. varians* et *L. incrustans*. Dans la zone peu profonde les coraux prédominants étaient *P. lobata*, *P. lutea* et *P. effusus*. Une analyse SIMPER a révélé que les espèces uniques aux sites à 20 m qui ont le plus contribué à la dissemblance étaient *P. arnaudi* (pourcentage de la contribution de 22,4%), *P. varians* (11,8%), et *L. incrustans* (6,8%). En revanche, *P. effusus* (15,8%) était la principale espèce la plus abondante dans la zone peu profonde par rapport aux sites plus profonds. Il n'y avait aucune interaction significative ( $F_{1,24} = 0,72$ ,  $p = 0,66$ ) entre l'exposition aux vagues et la profondeur, indiquant que le motif dans la composition des communautés de corail était cohérente autour de l'île. La composition de la communauté des coraux sur différents sites était clairement séparée par la profondeur sur les graphiques nMDS, indépendamment des différentes expositions aux vagues, qui montraient une concordance élevée entre les sites (Fig. 27). Le corail noir (*galapagensis Antipathes*) était une espèce remarquable qui est apparue d'abord à 40 m puis est devenu plus abondante à 50 m. D'après les sondages en submersible, cette profondeur était à la limite inférieure de développement des récifs scléactiniaires.

**FIGURE 27.**

Positionnement multidimensionnel, non métrique, de la composition des communautés de corail et des points d'échantillonnage en fonction de la profondeur et de l'exposition aux vagues autour de l'atoll de Clipperton. La profondeur est indiquée par le numéro au-dessus de chaque symbole (10 = 10 m, 20 = 20 m). L'exposition aux vagues est représentée par la couleur et la forme du symbole (carré bleu LP = houle de longue période frappant les rives Nord et Est, Triangle rouge TW = houle des alizés frappant les côtes Sud et Ouest)

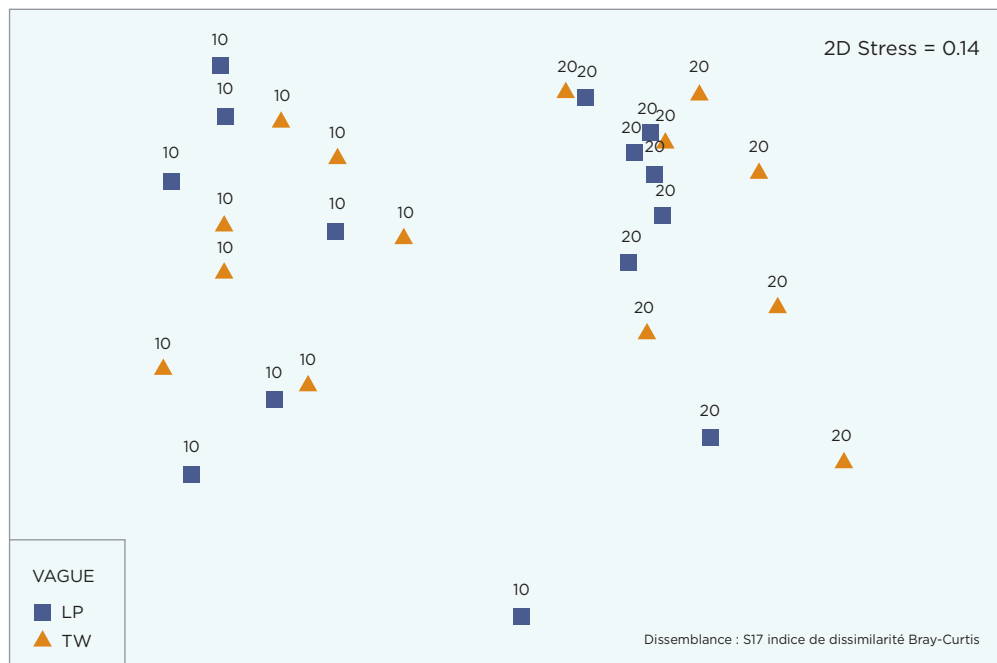


TABLEAU 2.

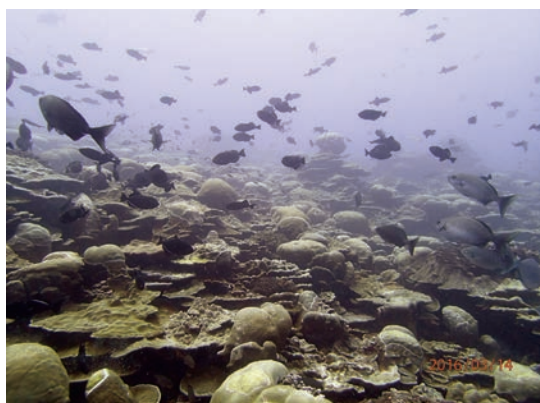
Coraux sclé-  
ractinières et  
non-sclé-  
ractinières signalés  
dans diverses  
études de l'Atoll  
de Clipperton.  
Les références se  
trouvent dans la  
littérature citée.

Famille	Espèce	Glynn et al. 1996	Carricart-Ganivet & Reyes-Bonilla 1999	Veron 2000	Flot & Aderoud 2009	Étude en cours	Nouvel enregis- trement
<b>Coraux sclé- ractinières</b>							
Rhizangiidae	<i>Astrangia sp.</i>		X		X		
Dendrophylliidae	<i>Balanophyllia sp.</i>		X		X		
Caryophylliidae	<i>Cyathoceras sp.</i>		X		X		
Agariciidae	<i>Gardinoseris planulata</i>			X			
Agariciidae	<i>Leptoseris incrusters</i>					X	X
Agariciidae	<i>Leptoseris scabra</i>	X	X	X	X	X	
Caryophylliidae	<i>Paracyathus sp.</i>		X		X		
Agariciidae	<i>Pavona clavus</i>			X		X	
Agariciidae	<i>Pavona explanulata</i>			X		X	
Agariciidae	<i>Pavona gigantea</i>		X	X		X	
Agariciidae	<i>Pavona maldivensis</i>	X	X	X	X	X	
Agariciidae	<i>Pavona minuta</i>	X	X		X	X	
Agariciidae	<i>Pavona varians</i>	X	X	X	X	X	
Pocilloporidae	<i>Pocillopora capitata</i>			X		X	
Pocilloporidae	<i>Pocillopora damicornis</i>			X			
Pocilloporidae	<i>Pocillopora effusus</i>			X	X	X	
Pocilloporidae	<i>Pocillopora elegans</i>			X	X	X	
Pocilloporidae	<i>Pocillopora eydouxii</i>			X	X	X	
Pocilloporidae	<i>Pocillopora inflata</i>			X			
Pocilloporidae	<i>Pocillopora meandrina</i>		X	X	X	X	
Pocilloporidae	<i>Pocillopora sp.</i>	X	X				
Pocilloporidae	<i>Pocillopora verrucosa</i>		X	X	X	X	
Pocilloporidae	<i>Pocillopora woodjonesi</i>				X	X	
Poritidae	<i>Porites arnaudi</i>			X	X	X	
Poritidae	<i>Porites australiensis</i>		X	X	X	X	
Poritidae	<i>Porites lobata</i>	X	X	X	X	X	
Poritidae	<i>Porites lutea</i>		X	X	X	X	
Poritidae	<i>Porites panamensis</i>			X			
Poritidae	<i>Porites sp.</i>	X	X				
Siderastreidae	<i>Psammocora superficialis</i>		X	X	X		
Dendrophylliidae	<i>Tubastraea coccinea</i>	X	X		X	X	
<b>Coraux non sclé- ractinières</b>							
Milleporidae	<i>Millepora exaesa</i>	X	X	X	X		
Coraux		8	18	21	20	20	1
Cnidaires		9	19	22	21	20	1

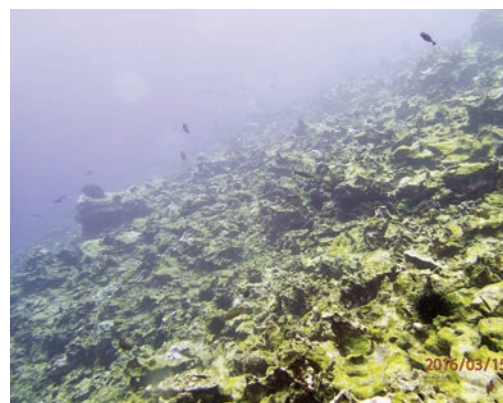
Compte tenu de la paupérisation de l'assemblage corallien autour de Clipperton, le taux de couverture corallienne peu être considéré comme assez élevée si l'on tient également compte son isolement et de sa localisation dans le Pacifique oriental. Les pentes abruptes de l'atoll créent une structure de communauté de corail spectaculaire avec de grandes têtes (1,5 - 2 m) de *P. lobata*, des plaques en terrasses de *P. arnaudi* et des colonies massives de *P. clavus* entourant la majeure partie de l'île (Fig. 28). Comme indiqué dans Glynn *et al.*, (1996), Clipperton est considéré comme le plus grand récif de corail du Pacifique oriental en termes de superficie de récifs (370 ha). Les coraux des genres *Porites*, *Pocillopora*, *Pavona* et *Leptoseris* ont été enregistrés dans d'autres îles du Pacifique tropical oriental (Glynn *et al.*, 1996), mais sont loin d'être aussi abondants qu'à Clipperton, ce qui rend cet assemblage tout à fait distinct (Flot et Adjeroud 2009).

**FIGURE 28.**

Gauche :  
Des colonies coralliennes massives de *P. lobata*, *P. arnaudi* et *P. clavus* dominent la structure des communautés de corail autour de l'atoll de Clipperton sur des pentes récifales à 15-20 m de profondeur.



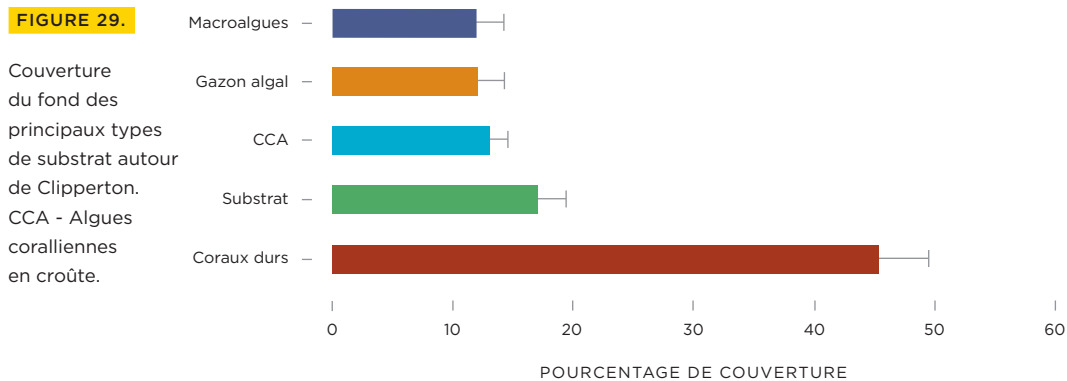
Droite : Site de 7 à 20 m de profondeur montrant des colonies brisées de coraux *Porites* et *Pavona*.



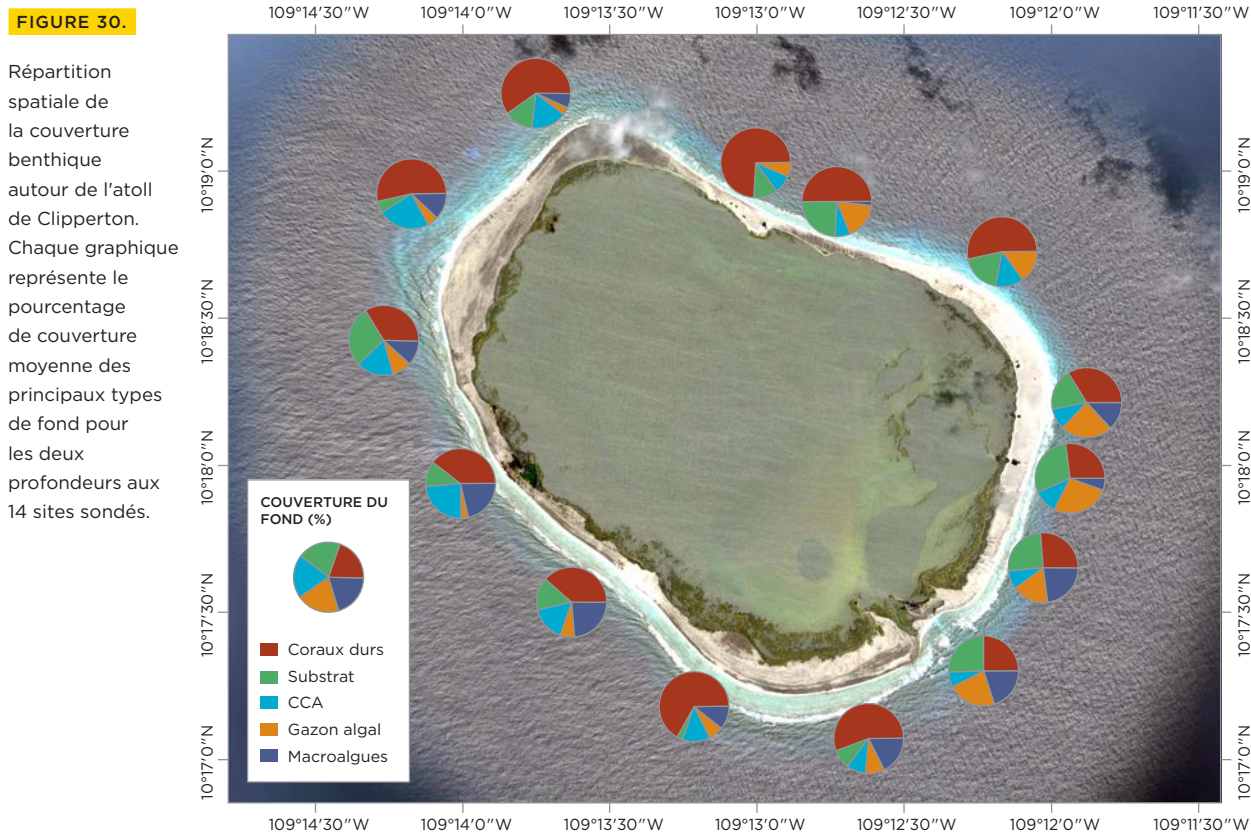
Les communautés benthiques autour de Clipperton sont très homogènes en termes de composition des espèces. *P. lobata* est le corail le plus dominant en termes de pourcentage de couverture. Les récifs profonds à 20 m présentent généralement une couverture corallienne plus élevée que les récifs peu profonds à 10 m. Ces modèles sont similaires à ceux que Glynn *et al.*, (1996) ont rapporté 20 ans auparavant. La couverture spatiale varie, cependant, car certaines sections le long des secteurs Est et Sud-Est de l'atoll montrent des dégâts au récif de type colonies fragmentées ou coraux morts. Ce modèle suggère une exposition saisonnière aux vagues et une distribution de l'habitat contrôlé en profondeur, ainsi que des perturbations périodiques à une échelle de temps supérieure à décennale, compte tenu de la grande taille des colonies observées. D'autres signes de perturbation de la communauté corallienne comprennent des décolorations et des maladies du corail (Fig. 28). La fréquence d'apparition de ces signes a cependant été estimée à moins de 1% au cours de notre enquête.

Les coraux durs représentent 45% de la couverture du substrat total, suivis par le substrat nu (17%), les algues coralliennes en croûte (13%), les gazons algales (12%) et les macroalgues (12%) (Fig. 29). La couverture corallienne la plus faible se trouve le long de la face Est de l'atoll face au vent (Fig. 30). Les gazons algals et les macroalgues étaient les plus fréquents à ces mêmes sites exposés au vent d'Est.

**FIGURE 29.**



**FIGURE 30.**





En comparaison avec les premiers sondages quantitatifs menés par Glynn *et al.*, (1996) en 1994, le pourcentage de la couverture corallienne ne semble pas avoir changé sur les sites sélectionnés. Glynn *et al.*, (1996) ont rapporté un pourcentage de couverture corallienne totale de 81,3% à 16 m de profondeur et de 33,0% à 10 m de profondeur le long du transect 19 (Tableau 3). Ces transects sont à peu près équidistants (250 m) des sites 8 et 11 de la présente étude. Au site 8, cependant, la couverture corallienne totale est de 30,0% (20 m) et 31,6% (10 m) avec des résultats similaires pour le site 11 (27,6% à 20 m, 32,0% à 10 m). Dans cet exemple, il apparaît que le récif plus profond le long de ce secteur Sud-Est de l'atoll a subi d'importants dégâts depuis 1994 par rapport aux récifs peu profonds qui sont restés relativement stables. Des sondages effectués par Flot et Adjeroud (2009) en 2005 sur trois sites (A, B, C) sur trois strates de profondeur (6, 12, 18 m) ont montré une tendance similaire d'une couverture corallienne plus forte sur les récifs profonds par rapport aux récifs peu profonds. Les résultats de pourcentage de couverture corallienne de leur étude étaient un peu plus élevés que dans la présente étude à l'exception notable de la station plus profonde du site B, qui avait près de la moitié de la couverture corallienne décrite dans la présente étude. La différence peut être simplement fonction d'une microrépartition du récif sur ce site.

**TABLEAU 3.**

Pourcentage de couverture corallienne dans des transects comparables entre les études antérieures et l'étude actuelle. Les références se trouvent dans la littérature citée.

Glynn <i>et al.</i> , 1996			Expedition Pristine Seas 2016		
Site	Profondeur (cm)	Couverture corallienne	Site	Profondeur (cm)	Couverture corallienne
19	10	33,0	8	10	31,6
			11	10	32,0
	16	81,3	8	20	30,0
			11	20	27,6
Flot & Adjeroud 2009*					
Site	Profondeur (cm)	Couverture corallienne	Centre	Profondeur (cm)	Couverture corallienne
A	12	26,0	1	10	12,0
	18	93,0		20	69,6
B	12	63,0	10	10	51,2
	18	35,0		20	64,4
C	12	30,0	3	10	42,4
	18	43,0		20	38,0

Les 20 espèces de corail documentées dans l'expédition de 2016 sont comparables aux études précédentes, avec quelques différences notables (Tableau 2). Tout d'abord, la présence de *L. incrustans*, qui n'a pas été préalablement enregistré à Clipperton. Une incertitude taxonomique d'identification sur le terrain de *L. incrustans* et *L. scabra* est possible puisque ces deux espèces étaient signalées dans l'expédition actuelle. En fait, Flot et Adjeroud (2009) présentent une photographie de *L. scabra* à la figure 166 qui pourrait être identifiée comme *L. incrustans*. Les photographies des deux espèces dans la présente étude ainsi que les caractéristiques morphologiques, correspondent cependant bien aux descriptions de Veron (2000). Une autre possibilité pour l'« apparence » de cette espèce dans la présente étude est qu'elle peut être une colonisation récente de l'atoll depuis la dernière expédition en 2005. Glynn *et al.*, (1996) ont déclaré que Clipperton peut agir comme tremplin pour la faune du Pacifique tropical oriental. La majeure partie des colonies de *L. incrustans* était de petite taille (10 - 20 cm de diamètre) et l'abondance était faible (0,8%), suggérant une colonisation récente. Malgré les preuves, il semble que la présence de ce nouvel enregistrement ne peut être confirmée pour le moment, d'autant plus que les modèles d'abondance de *L. incrustans* étaient semblables à *L. scabra* (<0,1%).

Une seconde différence notable dans la composition des espèces des études antérieures, est l'abondance de *Pavona clavus*. Veron (2000) et Hickman (2008) ont déclaré que cette espèce est commune dans le PTO. Veron (2000) ont également indiqué dans des cartes de distribution spatiale qu'une espèce voisine, *P. duerdeni*, a été documentée à partir de cette région, mais aucune autre étude n'a confirmé ce fait. Il est possible que *P. duerdeni* était présent dans l'assemblage de corail, mais la colonie n'a pas montré de structure classique en crêtes parallèles comme on les trouve ailleurs. Flot et Adjeroud (2009) ont signalé la présence d'une espèce similaire, *P. minuta*, qui a été trouvée dans des sondages antérieurs ainsi que dans l'étude actuelle, mais pas dans Veron (2000). De toute évidence, il n'y a pas d'accord sur *Pavona* spp. massive et colonnaire retrouvée à Clipperton.

Troisièmement, plusieurs espèces en eaux profondes, telles que *Astrangia* sp., *Cyathoceras* sp. et *Paracyathus* sp. n'ont pas été observées dans les sondages de plongée de cette étude. Un examen préliminaire de la vidéo submersible documentait *Caryophyllia* sp. à 160 m le long de la pente occidentale. Une analyse plus poussée de la vidéo en eau profonde pourrait révéler la présence d'une ou plusieurs des espèces précédemment signalées.

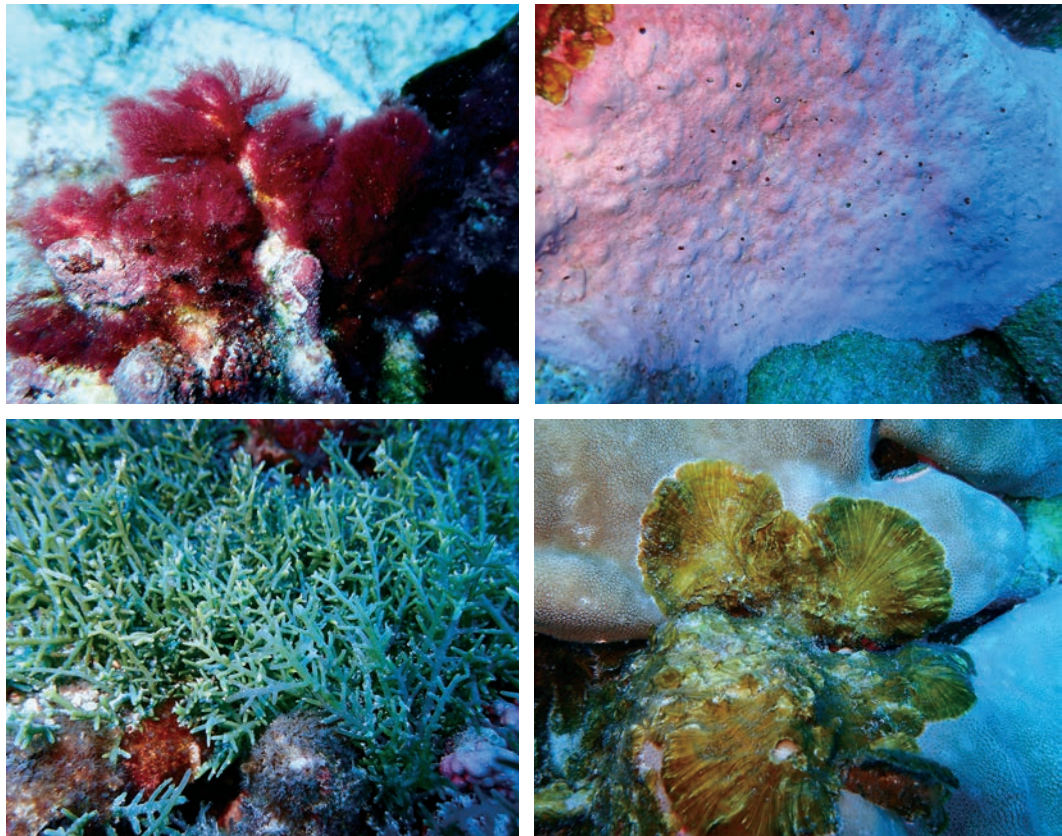
Enfin, l'absence de corail de feu, *Millepora exaesa*, a été une surprise puisque toutes les études précédentes avaient observé cette espèce. Glynn *et al.*, (1996) affiche des photographies de *Millepora* à plusieurs profondeurs dans les plages de sondage de l'étude actuelle. Flot et Adjeroud (2009) ont déclaré que cette espèce a été fréquemment observée à Clipperton en 2005. Peut-être, les colonies restantes de cet hydrocoral ne se trouvent que dans certaines des zones plates de récifs qui n'ont pas été sondées dans l'étude actuelle. Une autre possibilité est que cette espèce a disparu de Clipperton depuis les derniers sondages réalisés en 2005. Les sondages vidéo longue distance opérée par des plongeurs (DOVS) couvraient plus de 6 km de l'atoll et ne documentent pas de colonies de *Millepora*. De plus, aucune trace de squelette mort n'a été retrouvée dans aucun sondage sous-marin. L'absence de cet hydrocoral commun dans la présente étude reste un mystère.

#### 4.3.2. LES ALGUES

La flore marine de Clipperton est extrêmement pauvre: seules 83 espèces d'algues ont été signalées à ce jour (Payri *et al*, 2009). Les seules espèces communes dans les profondeurs sondées (entre 8 et 25 m de profondeur) lors de notre expédition comportaient plusieurs espèces d'algues coralliennes en croûte, principalement *Hydrolithon onkodes*, mais aussi d'autres espèces non identifiées, et l'algue brune *Lobophora variegata*, principalement sous sa forme en croûte. Des algues coralliennes en croûte et *Lobophora* étaient plus abondantes dans les eaux peu profondes (10 m), tandis que la couverture corallienne était plus forte dans les eaux plus profondes (20 m). D'autres flores qui pouvaient être identifiés au cours de nos sondages sur le terrain et comprenaient le genre *Bryopsis* (deux espèces rapportées à Clipperton: *B. pennata* et *B. hypnoides*), la phase tétrasporophyte Falkeinbergia d'*Asparagopsis taxiformis*, les petites lames brunes de *Dictyopteris repens* et les touffes d'une espèce de *Caulerpa* (Fig. 31). Les coraux morts étaient souvent couverts d'algues de petite taille (<1 cm) en tapis, dont l'identification sur le terrain n'est pas possible. Dans certains sites (stations 7 et 8), principalement dans les eaux peu profondes, des tapis bien développés de Cyanobactéries ont été observés, bien que généralement en très faible abondance.

**FIGURE 31.**

Algues communes de l'Atoll de Clipperton. HG : Algues rouge *Asparagopsis Taxiformis*, HD : Algues coralliennes en croûte *onkodes Hydrolithon*, BG: Algues vertes *Caulerpa* sp, BD.: Algues brunes *Lobophora variegata*





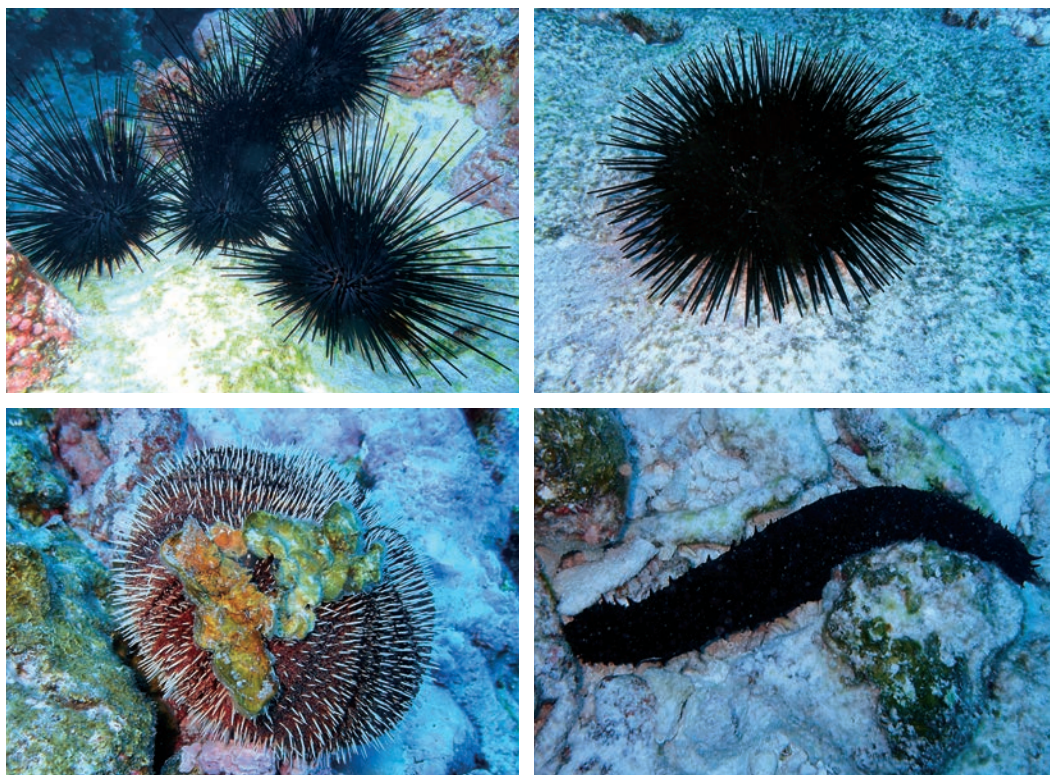
### 4.3.3. LES ÉCHINODERMES

Seules deux espèces d'oursins et un concombre de mer étaient abondants dans les profondeurs échantillonnées à Clipperton : *Echinothrix diadema*, *Diadema mexicanum* et *Holothuria leucospilota* (Fig. 32). *Echinothrix diadema* est uniformément répartie en profondeur, avec des densités moyennes de -5,9 ind./10 m<sup>2</sup> à 18 ind./10 m<sup>2</sup>. *Diadema mexicanum* et *Holothuria leucospilota* sont plus abondants dans les eaux peu profondes (10 m). Les densités de *D. mexicanum* varient entre 0,6 (strate profonde) à 4,3 (strate superficielle) ind./10 m<sup>2</sup>, bien que sa répartition soit inégale sur le récif, n'étant présent qu'à 5 sites. D'autres espèces courantes comprennent des oursins *Echinothrix calamaris* et *Tripneustes depressus*. Trois espèces ont été rarement rencontrées: l'étoile de mer *mithrodia bradleyi*, le concombre de mer *Holothuria atra* et l'oursin de mer *Centrostephanus coronatus*.

Seuls de grands oursins ont été rencontrés à Clipperton. La plupart des *E. diadema* faisaient entre 10 et 17 cm de diamètre testé, tandis que la plupart des *D. mexicanum* faisaient entre 6 et 12 cm (Fig. 33). *Echinothrix calamaris* étaient grande aussi (9 à 12 cm), de même que *T. depressus* (10 à 14 cm). Nos rencontres de grands oursins seulement peuvent résulter de populations asymétriques en raison d'un recrutement épisodique. En outre, les petits individus sont peut-être passés inaperçus car ils se cachent sous les coraux ou dans les interstices du récif.

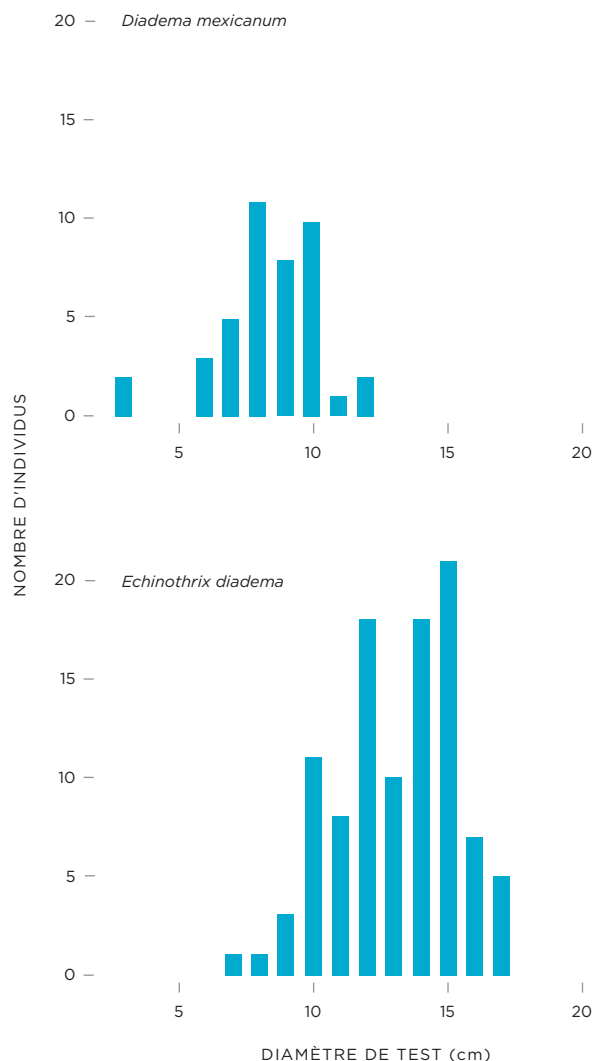
**FIGURE 32.**

Échinodermes communs à Atoll de Clipperton.  
 HG : *Diadema mexicanum*,  
 HD: *Echinothrix diadema*, BG:  
*Tripneustes depressus*,  
 BD: *Holothuria leucospilota*



**FIGURE 33.**

Diamètre de test d'oursin (cm) pour *Diadema mexicanum* et *Echinothrix diadema*.



#### 4.3.4. LES POISSONS

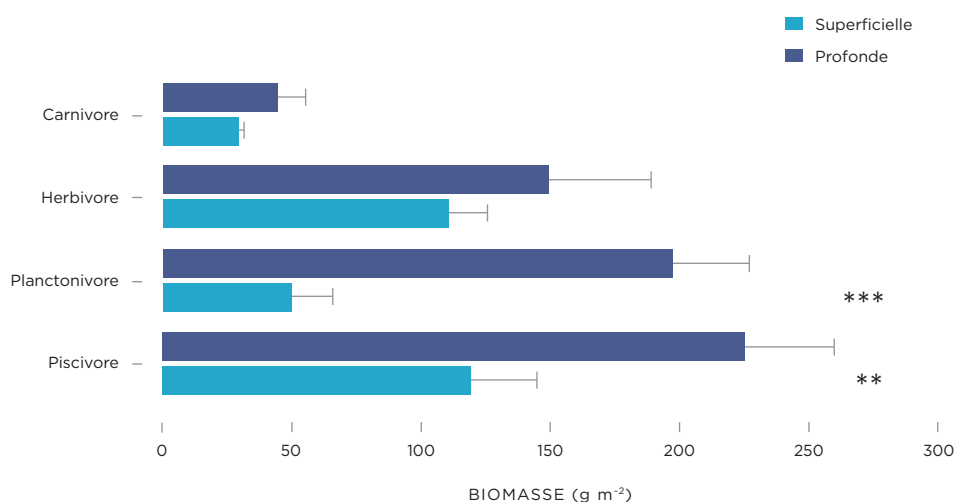
Un total de 197 espèces de 62 familles a été enregistrée pour Clipperton, dont 106 espèces de poissons de récif; la plupart d'entre eux sont des immigrants de l'est du Pacifique et du centre du Pacifique, et seulement sept espèces ont été identifiées comme endémiques de l'atoll (Fourrière *et al.* 2014). Le niveau estimé d'endémisme des espèces récifales (6,6%) est élevé pour le Pacifique oriental dans son ensemble, mais intermédiaire en comparaison avec celles d'autres îles océaniques de la même région.

**Structure d'assemblage** - Sur l'expédition Pristine Seas de mars 2016 nous avons observé en tout 63 espèces de poissons provenant de 29 familles, dont 52 espèces provenant de 25 familles observées sur des transects quantitatifs (Annexe I). Le nombre moyen d'espèces par transect était significativement plus élevé ( $t = 3,01$ ,  $p = 0,003$ ) en profondeur ( $19,1 \pm 2,4$ ) par rapport à la strate peu profonde. Le nombre d'individus par transect (nombre  $m^{-2}$ ) était significativement plus élevé ( $t = 2,49$ ,  $p = 0,02$ ) en profondeur ( $6,7 \pm 1,6$ ) par rapport à la strate moins profonde ( $5,4 \pm 1,1$ ). De même, la biomasse ( $g m^{-2}$ ) était significativement plus élevée ( $t = 4,09$ ,  $p < 0,001$ ) à 20 m ( $6,3 \pm 0,4$ ) par rapport à la strate de 10 m de profondeur ( $5,6 \pm 0,5$ ).

**Structure trophique des poissons** - Les piscivores représentaient 37% de la biomasse totale des poissons, suivi par les herbivores (28%), les planctonivores (27%) et les consommateurs secondaires (8%). Les requins ne représentaient que 10% de la biomasse totale des piscivores. La biomasse des planctonivores était presque quatre fois plus élevée dans la strate plus profonde que dans la strate superficielle (Fig. 34). Les piscivores étaient presque trois fois plus abondants en poids en profondeur par rapport à la strate de faible profondeur.

**FIGURE 34.**

Biomasse trophique des poissons ( $g m^{-2}$ ) par la profondeur de strate. Les barres représentent l'écart type de la moyenne. \*\* -  $p = 0,007$ , \*\*\* -  $p < 0,001$ .



### Espèces de poissons

Dans la strate profonde, la badèche du Pacifique (*Paranthias colonus*) représentait 30% de la biomasse, suivie par le mérou étoilé (*Epinephelus Labriformis* - 11,7%), la carangue étoilée (*Caranx melampygus* - 10,5%) et le mérou cuir (*Dermatolepis dermatolepis* - 8,7%) (Tableau 4). Dans la strate peu profonde, le chirurgien strié (*Ctenochaetus marginatus*) représentait 16,5% de la biomasse, suivi par le poisson perroquet (*Scarus rubroviolaceus* - 14,5%), la carangue rouge (11,7%) et le mérou étoilé (11,0%). La badèche du Pacifique représentait 18% de dissémination entre les profondeurs, suivi par le balistes noir (*Melichthys de Niger* - 8%), la carangue à gros yeux (7%), le calicagère de Cortez (*Kyphosus elegans* - 6,7%) et la carangue bleue (5,5%) (Tableau 5).



TABLEAU 4.

Contributions des espèces dans chaque strate de profondeur. Strate profonde : similitude moyenne - 46,50. Strate superficielle : similitude moyenne - 49,03.

Eaux profondes					
Espèces	Moy. Abond.	Moy. sim.	Sim / ET	% contrib.	% cumul.
<i>Paranthias colonus</i>	109,11	13,95	2,40	30,00	30,00
<i>Epinephelus labriformis</i>	40,24	5,46	2,12	11,75	41,75
<i>Caranx melampygus</i>	44,99	4,91	1,56	10,55	52,30
<i>Dermatolepis dermatolepis</i>	36,85	4,05	1,84	8,72	61,02
<i>Ctenochaetus marginatus</i>	23,68	3,41	1,58	7,34	68,36
<i>Melichthys niger</i>	50,07	2,5	0,68	5,37	73,72
<i>Acanthurus nigricans</i>	16,93	1,99	1,77	4,28	78,00
<i>Scarus rubroviolaceus</i>	19,45	1,53	0,78	3,29	81,29
<i>Caranx lugubris</i>	18,19	1,52	1,01	3,28	84,57
<i>Kyphosus elegans</i>	49,78	1,29	0,51	2,78	87,35
<i>Myripristis berndti</i>	37,98	1,06	0,42	2,27	89,62
<i>Gymnothorax dovii</i>	9,76	0,65	0,8	1,4	91,02
Eaux peu profondes					
Espèces	Moy. Abond.	Moy. sim.	Sim / ET	% contrib.	% cumul.
<i>Ctenochaetus marginatus</i>	35,49	8,11	2,59	16,54	16,54
<i>Scarus rubroviolaceus</i>	28,72	7,11	1,57	14,49	31,03
<i>Caranx melampygus</i>	25	5,73	2,38	11,69	42,72
<i>Epinephelus labriformis</i>	28,93	5,38	1,88	10,98	53,70
<i>Acanthurus nigricans</i>	32,37	4,89	1,20	9,97	63,67
<i>Melichthys niger</i>	23,25	4,15	1,26	8,46	72,13
<i>Paranthias colonus</i>	26,39	2,62	1,33	5,35	77,48
<i>Dermatolepis dermatolepis</i>	19,78	2,45	0,88	5,00	82,48
<i>Sufflamen verres</i>	8,82	2,22	1,71	4,53	87,01
<i>Stegastes beebei</i>	5,12	1,15	1,58	2,35	89,36
<i>Thalassoma robertsoni</i>	4,22	0,84	1,49	1,71	91,07

TABLEAU 5.

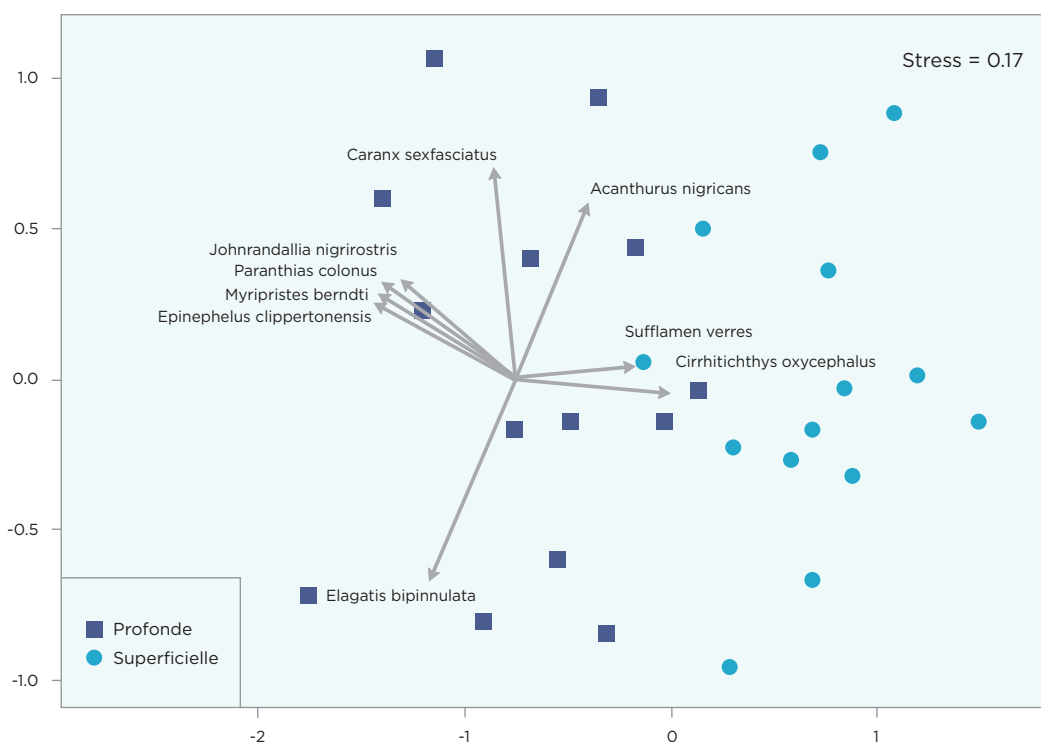
Espèces de poissons comptant le plus pour la dissimilitude entre les profondeurs de strates à Clipperton basé sur l'analyse de similitude des pourcentages (SIMPER). Les valeurs de profondeurs sont la biomasse (t ha<sup>-1</sup>) avec le pourcentage du total entre parenthèses. Moy. Diss. - Dissimilitude moyenne avec écart type (ET).

Espèces	Eaux Profondes Abond.	Eaux peu profondes Abond.	Moy. Diss.	Diss. ET	% Contrib	% Cumul.
<i>Paranthias colonus</i>	109,11	26,39	11,42	1,97	18,21	18,21
<i>Melichthys niger</i>	50,07	23,25	5,16	0,79	8,23	26,44
<i>Caranx sexfasciatus</i>	28,72	29,53	4,43	0,67	7,06	33,5
<i>Kyphosus elegans</i>	49,78	2,58	4,19	0,65	6,68	40,18
<i>Caranx melampyguis</i>	44,99	25,00	3,44	1,05	5,49	45,67

Les assemblages de poissons à Clipperton se chevauchaient, mais étaient clairement différents entre profondeurs ( $R$  global = 0,51,  $p$  = 0,001, Stress = 0,17; Fig. 35). L'Axe 1 séparait les sites par profondeur, tandis que l'Axe 2 décrivait généralement l'exposition aux vagues, avec des sites plus sous le vent au bas de l'Axe 2 se déplaçant vers des sites exposés au vent au sommet. Les principales espèces responsables de la séparation des sites plus profonds comprennent le mérou de Clipperton (*Epinephelus clippertonensis*), le poisson-papillon à nez noir (*Johnrandallia nigrirostris*), le poissons-soldat (*Myripristes berndti*) et la badèche du Pacifique (*Paranthias de colonus*). Le baliste masqué (*Sufflamen verres*) et le poisson-épervier (*Cirrhichthys oxycephalus*) étaient les principales espèces participant à la séparation des sites peu profonds, tandis que deux espèces pélagiques, le coureur arc-en-ciel (*Elagatis bipinnulata*) et la carangue à gros yeux (*Caranx de sexfasciatus*), étaient orthogonaux au grand axe de séparation de profondeur.

FIGURE 35.

Positionnement multidimensionnel non métrique de la biomasse des poissons par espèce et lieu d'échantillonnage entre les deux profondeurs à Clipperton. Les vecteurs sont les principales espèces participant à l'ordination (corrélation du produit-moment de Pearson  $\geq 0,6$ ).



**Affinités biogéographiques** - Plus de 44% des espèces observées étaient d'origine indo-Pacifique, suivies par les espèces endémiques du Pacifique oriental (30%), les espèces circumtropicales (13%) et les espèces endémiques à Clipperton ou Revillagigedo (11%) (Tableau 6). Cependant, l'examen des affinités biogéographiques basées sur l'abondance numérique révèle que 45% de tous les individus observés sur les transects étaient endémiques du Pacifique oriental. 43% des autres espèces étaient endémiques exclusivement à Clipperton (Fig. 36).

**TABEAU 6.**

Affinités biogéographiques des poissons basées sur la richesse et l'abondance numérique des espèces.

Plage	Nombre d'espèces	% d'espèce :	Nb. m <sup>-2</sup>	% nombre
Pacifique oriental	19	30,16	2,75	45,26
Endémique à Clipperton	5	7,94	2,63	43,40
Indo-Pacifique	28	44,44	0,50	8,25
Pacifique Central	1	1,59	0,09	1,42
Circumtropicale	8	12,70	0,08	1,26
Revillagigedo / Clipperton	2	3,17	0,02	0,41
Total	63		6,07	

**FIGURE 36.**

Poissons endémiques de Clipperton: HG : Poisson-ange de Clipperton (*Holacanthus limbaughi*), HD : Mérou de Clipperton (*Epinephelus clippertonensis*), BG : Chauffet de Baldwin (*Stegastes de baldwini*), BD : Labre de Robertson (*Thalassoma robertsoni*).





### Analyse rétrospective des poissons - 1998 et 2016

57 espèces au total ont été enregistrées sur des transects en 1998, et 47 en 2016. La dissimilitude moyenne entre les années était de 52,38%, et principalement due à deux espèces endémiques dominantes, *Thalassoma robertsoni* et *Stegastes baldwini*, qui étaient 3,8 et 9 fois plus élevées, respectivement, en 2016 par rapport à 1998 (Fig. 37, Tableau 7).

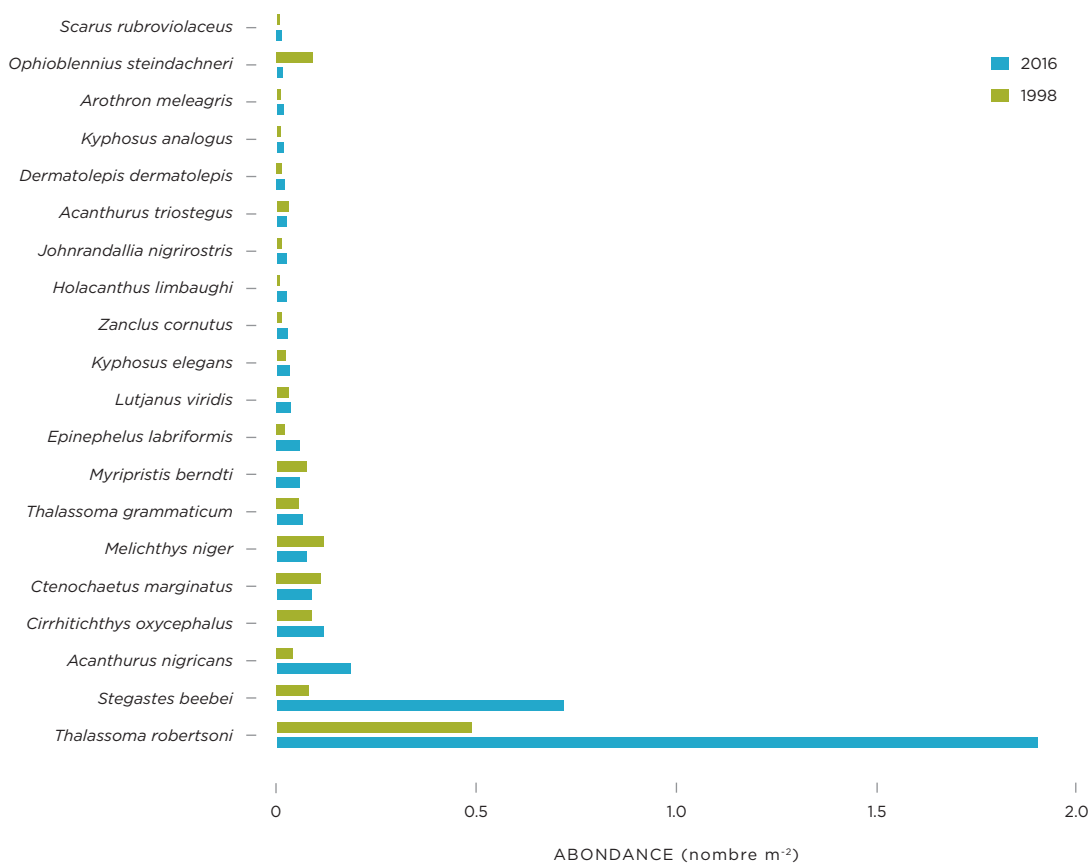
**TABEAU 7.**

Pourcentages de dissimilitude - contributions des espèces de poissons entre 1998 et 2016.

Espèces	abond.moy.2016	abond.moy.1998	Dissim.moy.	% contrib	% cumul.
<i>Thalassoma robertsoni</i>	1,9	0,49	28,63	54,65	54,65
<i>Stegastes beebei</i>	0,72	0,08	12,87	24,56	79,22
<i>Acanthurus nigricans</i>	0,18	0,04	2,91	5,56	84,78
<i>Ophioblennius steindachneri</i>	0,01	0,09	1,52	2,9	87,68
<i>Melichthys niger</i>	0,07	0,11	0,76	1,46	89,14
<i>Epinephelus labriformis</i>	0,06	0,02	0,74	1,41	90,55

**FIGURE 37.**

Abondance (nombre m<sup>-2</sup>) des 20 espèces de poissons du top à Clipperton en 2016 et densités de ces mêmes espèces en 1998.



## Requins

Le statut des populations des requins dans le Pacifique tropical oriental est largement inconnu, bien que les données indiquent une forte exploitation par la pêche. Pour aider à mieux comprendre la connectivité des populations de requins du PTO, nous avons fait des prélèvements d'ailerons sur 42 requins de trois espèces pour analyse génétique (Tableau 8). Tous les requins ont été relâchés vivants et en bon état.

Les requins pointes blanches (*Carcharhinus albimarginatus*) étaient l'espèce la plus abondante prélevée (N = 32) avec une longueur totale moyenne de 81,5 cm. Le sex-ratio des Pointes blanches était de 1:1 et il n'y avait pas de différences significatives de tailles entre les sexes ( $p > 0,05$  pour PCL, FL, et TL). Des prélèvements d'ailerons ont également été recueillis sur 9 requins des Galápagos (*Carcharhinus galapagensis*); 4 femelles et 5 mâles. Les requins Galápagos capturés étaient, en moyenne, 18% plus grands que les Pointes blanches. Presque tous les requins Pointes blanches et Galápagos observés étaient bien en dessous de la taille de reproduction (160-199 cm TL, 170-236 cm TL, respectivement) et reflète probablement une forte pression sur les adultes, comme en témoigne la grande quantité d'engins de pêche repérés sur le récif. Clipperton peut également servir de zone d'alevinage pour ceux-ci, et d'autres espèces de requins. Cinq requins Pointes blanches et deux requins des Galápagos ont été implantés chirurgicalement avec des puces acoustiques (Tableau 9). Les données des trois récepteurs acoustiques autour de Clipperton ont été téléchargés au cours de l'expédition (Figs. 38-39).

**TABLEAU 8.**

Résumé des mesures des requins. Toutes les longueurs en cm. PCL - longueur pré-caudale, FL - longueur à la fourche, TL - longueur totale.

<i>Carcharhinus albimarginatus</i>				
Sexe	N	PCL	FL	TL
Femelle	16	59,9	66,7	82,4
Mâle	16	59,5	65,7	80,6
	32	59,7	66,2	81,5
<i>Carcharhinus galapagensis</i>				
Femelle	4	74,3	82,0	99,0
Mâle	5	72,0	79,2	99,6
	9	73,0	80,4	99,3
<i>Carcharhinus falciformis</i>				
Femelle	1	160,0	172,0	220,0

**TABLEAU 9.**

Résumé des mesures de requins acoustiquement marqués.

Date	Heure	Espèce	Sexe	PCL	FL	TL	Transmetteur S/N
15-Mar-16	06:29	<i>C. albimarginatus</i>	Femelle	-	-	82	1194027
15-Mar-16	07:04	<i>C. albimarginatus</i>	Masculin	57	63	80	1212361
15-Mar-16	07:16	<i>C. albimarginatus</i>	Mâle	54	61	75	1129867
16-Mar-16	06:37	<i>C. albimarginatus</i>	Sexe féminin	69	76	93	1226427
19-Mar-16	07:27	<i>C. albimarginatus</i>	Sexe féminin	69	77	96	1226429
19-Mar-16	06:52	<i>C. galapagensis</i>	Mâle	66	73	95	1226428
19-Mar-16	07:35	<i>C. galapagensis</i>	Masculin	84	90	113	1226430

**FIGURE 38.**

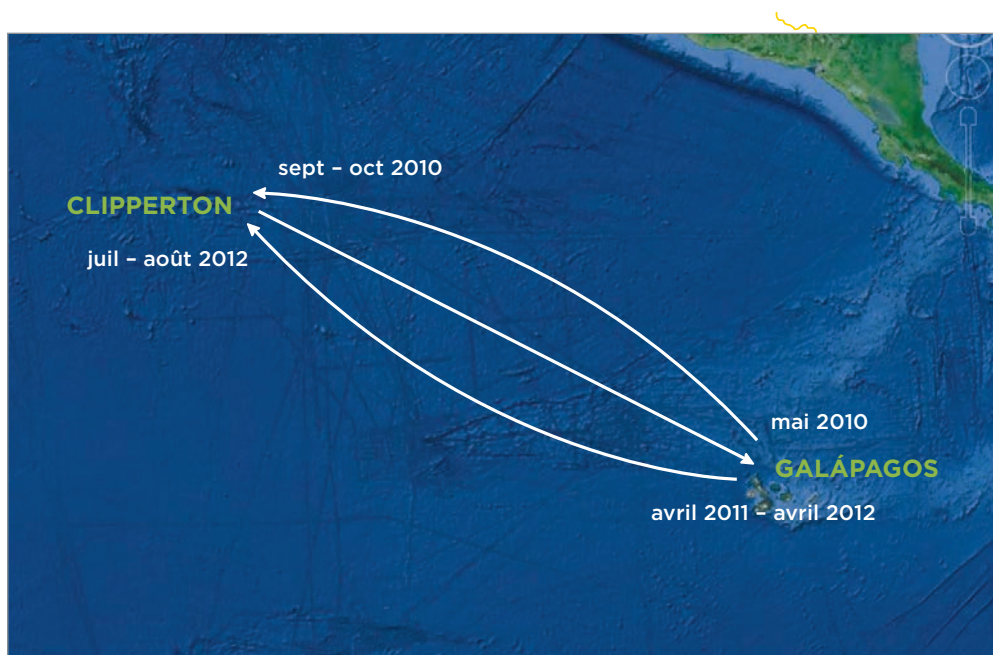
Emplacements des récepteurs acoustiques autour de Clipperton.



L'atoll de Clipperton est en étroite connexion avec l'ensemble de l'écosystème du Pacifique oriental par les requins (Fig. 39).

**FIGURE 39.**

Clipperton est une étape clé dans la migration des requins du Pacifique Est. Un requin tagué dans la réserve marine des Galápagos a nagé jusqu'à Clipperton puis est revenu aux Galápagos deux fois, couvrant ainsi une distance de 6800 kilomètres, pour disparaître en août 2012 à Clipperton... dans les filets d'un senneur ? (Source : Pelagios/Migramar)





## 4.4. LES EAUX PROFONDES

Très peu d'exploration a été menée de la mer profonde autour de Clipperton. Pendant la mission Pristine Seas de 2016 nous avons effectué quatorze déploiements de caméra larguées, d'une durée de 4 à 6,5 heures (165 à 240 minutes d'enregistrement), avec un temps d'enregistrement moyen de trois heures. Les déploiements avaient lieu entre 230 m et 1497 m de profondeur (moyenne =  $868,2 \pm 349,8$  ET). 33 espèces de 29 familles ont été observées et onze classes de sept embranchements étaient représentées dans l'échantillon (Annexe II). Parmi les chordés, les classes d'Actinopterygii et de Chondrichthyes ont été observées. Les Grenadiers (Macrouridae) étaient les poissons le plus souvent dénombrés (fréquence 35,7% d'occurrence), suivis par les Chimères (*Hydrolagus purpureus*) avec 28,6% occurrence (Fig. 40). Des scorpaéniformes (Scorpaeniformes) ont également été observés à l'occasion, avec un nombre maximum de cinq par image dans la crête rocheuse et l'habitat de rocher à 230 m. Parmi les requins, le requin épineux (*Echinorhinus bicus*) et la Holbiche (*Apristurus* spp.) ont tous deux été observés au cours de trois déploiements (14,3% occurrence), entre 230 m et 1146 m de profondeur. À noter d'autres Chondrichthyens dont l'Aiguillat peigne (*Centroscyllium nigrum*) à 1367 m et un requin-marteau halicorne (*Sphyrna lewini*) à 240 m, tous deux observés une seule fois (Fig. 41).

Deux familles d'étoiles de mer (échinodermes) ont été notées; Astropectinidae et Echinasteridae. Cette dernière comprenait un lit d'au moins 200 individus à une profondeur de 696 m, couvrant pratiquement le sable sous-jacent. Cependant, bien qu'abondant lors d'un déploiement, leur fréquence était globalement faible (7,1%). Quatre familles d'arthropodes ont été observées. Les crevettes *Gamba* (Aristeidae) étaient les plus abondantes et souvent rencontrées, vues dans 71,4% des déploiements, et dénombrées jusqu'à 100 par descente (moyenne de 24,6). Les homards squat ou crabe galatheid (Galatheidae; *Munida hispidula*), étaient également abondants, avec un nombre maximum de 100 par image, soit une moyenne de 17,2 par descente, et ont été observés dans 28,6% des déploiements. Le crabe royal *Lithodes nintoku* a été observé dans 21,4% des déploiements (total de 13 observés), entre 895 m et 967 m de profondeur, dans un habitat surtout fait de sable, de galets et de crête rocheuse. Annélides, mollusques et éponges étaient sous-représentés, avec une seule espèce observée par groupe. Des comatules (Charitometridae ; *Glyptometra lateralis*) ont été observées (fréquence d'occurrence 7,1%) à 1367 m, sur des roches plates avec habitat de sable.

Les cnidaires étaient divers, dont dix familles représentées. Les gorgones (*Leptogorgia styx*) étaient abondantes lors d'un déploiement (maximum 60 par image et en moyenne 4,3 par déploiement) à 240 m de profondeur et dans un habitat de roche-crête et de rocher. Les coraux des mers profondes Aphanipathidae, (maximum de 17 par image, et moyenne de 1,2 par déploiement) ont été observés à 754 m et dans un habitat de rochers-galets.

Le substrat était constitué en grande partie de sable, rochers et galets. Deux déploiements ont été classés comme crête de roche diagonale (230 m et 895 m), et deux déploiements ont été classés comme roche plate continue (1367 et 1497 m), entrecoupée de sable et de rochers. Le type de substrat le plus fréquemment rencontré était le sable, avec six déploiements constitués entièrement d'habitat de sable.

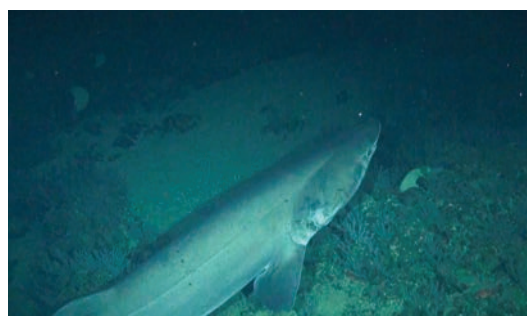
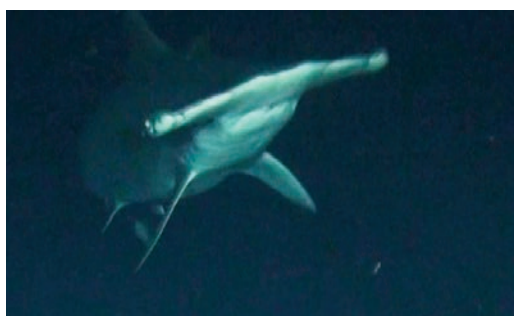
FIGURE 40.

Chimère  
(*Hydrolagus  
purpurescens*) à  
1197 m.



FIGURE 41.

HG : Antimora  
bleu (*Antimora  
rostrate*) à  
1497 m. HD :  
Aiguillat peigne  
(*Centroscyllium  
nigrum*), à  
1497 m. BD :  
Requin épineux  
(*Echinorhinus  
cookei*). BG :  
Marteau  
halicorne  
(*Sphyrna lewini*)  
à 230 m.



## SONDAGES EN SUBMERSIBLE

La mission Pristine Seas de 2016 a aussi effectué 16 plongées en submersible allant de 2 à 2:48 heures, pour un total de 33:12 heures. Les profondeurs maximales allaient de 150 m à 330 m, avec une moyenne de 251 m (ET ± 59). Les crêtes rocheuses étaient le type de substrat dominant rencontré. La roche plate continue et les rochers entrecoupés de sable ont également été fréquemment rencontrés (Tableau 10).

**TABLEAU 10.**

Plongées réalisées au moyen du submersible DeepSee. Les catégories de substrat consistaient de boue (M), sable (S), graviers (P), galets (C), rochers (B), roche plate continue (F), crête rocheuse diagonale (R) et top de roche-sommet vertical (T), d'après Tissot *et al.* (2007)

Date	Plongée #	Profondeur max (m)	Durée (h:min)	Type de substrat	
				>50%	>30%
12-Mar-12	2428	280	2:45	R	S
13-Mar-12	2429	180	2:00	F	R
13-Mar-12	2430	230	2:00	F	S
14-Mar-12	2431	186	2:05	F	S
14-Mar-12	2432	300	2:05	S	B
15-Mar-12	2433	300	2:05	R	S
15-Mar-12	2434	280	2:00	B	S
16-Mar-12	2435	225	1:35	R	S
16-Mar-12	2436	150	1:30	R	S
17-Mar-12	2437	250	1:50	R	S
18-Mar-12	2438	240	1:40	R	S
18-Mar-12	2439	330	2:20	F	S
19-Mar-12	2440	150	2:16	R	S
19-Mar-12	2441	300	2:48		
20-Mar-12	2442	305	2:08	R	S
20-Mar-12	2443	303	2:00	B	S

FIGURE 42.

HG : *Cookeolus japonicus*; HD : *Epinephelus cifuentesi*; BG : *Pontinus* sp.; BD : *Thunnus albacares*.



Neuf embranchements, composés de 48 familles et 98 espèces ont été observés au cours de plongées en submersible (Annexe III). Les vertébrés (chordés) représentaient phylum le plus nombreux et divers, suivi par des cnidaires (dont des coraux durs et mous, des coraux noirs et des gorgones), des échinodermes (oursins et étoiles de mer) et des arthropodes (crustacés, dont des crabes).

Les poissons osseux se composaient de 28 familles et 59 espèces, avec des carangues à gros yeux (Carangidae) bien représentées (8 espèces). Le coureur arc-en-ciel *Elagatis bipinnulata* et la carangue noire *Caranx lugubris*, ont été observés dans 75% et 69% des sondages, respectivement. Les espèces de poissons les plus fréquemment observées (81% des sondages) étaient des rascasses *Pontinus vaughani*. Les serranidés *Paranthias colonus*, étaient l'espèce la plus abondante observée avec plus de 1000 individus observés, souvent en banc dans la colonne d'eau, et observés dans 56% des sondages. Les albacores (*Thunnus albacares*) étaient aussi abondants dénombrés à un peu plus de 1000 au total dans plus de 44% des sondages effectués (Fig. 42). Les requins étaient bien représentés, les requins-marteaux (*Sphyrna lewini*) étant les plus nombreux (128 au total), tandis que les requins soyeux (*Carcharhinus falciformis*) ont été observés le plus souvent (dans 62% des sondages).

Nous avons observé 7 familles et 16 espèces de coraux durant les sondages en submersible. En plus des coraux scléactiniaire (durs), des coraux mous (Alcyonacea) et des coraux noirs (Antipatharia) ont également été observés. Parmi les coraux mous, les gorgones étaient les plus nombreuses, dont *Leptogorgia styx* observées dans 56% des sondages. D'autres embranchements observés comprenaient des arthropodes, annélides (dont des vers polychètes), bryozoaires, cténophores, échinodermes, mollusques et éponges. Parmi ceux-ci, les arthropodes ont été les plus observés, y compris les familles calappidae, epialtidae et galatheididae, qui ont été observés dans 56%, 12% et 6% des sondages, respectivement. Parmi les échinodermes, les ophiures *Ophiothrix galapagensis* ont été observés le plus souvent (43% des sondages) et étaient plus nombreux (460 comptés au total).



*Autres observations par plongées en sous-marin (Figs. 43-46)*

Parmi les nombreuses observations réalisées par l'équipe scientifique du NatGéo, on peut signaler ici le témoignage d'Eric Brown : « Le corail vivant a été observé jusqu'à -88m sur le flanc sud-ouest de l'atoll, profondeur à laquelle il n'y a plus que des coraux isolés et non plus ce que l'on appelle des coraux constructeurs de récif. Je m'attendais à en trouver plus profond. Cette limite d'extension en profondeur pourrait peut-être provenir d'une dynamique marine de vagues et de houles particulièrement puissantes à Clipperton, limitant la capacité de croissance des coraux ».

Christian Jost rapporte : « lors de la plongée en sous-marin que j'ai pu réaliser le 18/03 avec un autre scientifique (Mauricio Hoyos), des roches noires en place en disposition oblique dans le sens de la pente (forte de l'ordre de 60%) faisant penser à des roches volcaniques en place ont été observées jusqu'à -252m, limite de la plongée. J'ai demandé à ce que soit rapporté un échantillon de ces roches, pris dans la masse, ce qui fut fait le lendemain avec le bras articulé du sous-marin (qui suppose deux pilotes à bord). L'échantillon rapporté de plus de dix kilos s'est toutefois avéré être du corail (porites), montrant par-là que l'édifice corallien construit autour et sur le matériau volcanique est considérable et descend très bas sans qu'on puisse à ce jour dire jusqu'à quelle profondeur.

**FIGURE 43.**

Poisson scorpion  
éponges et  
gorgones  
blanches à  
-250m  
(Ph. C. Jost)



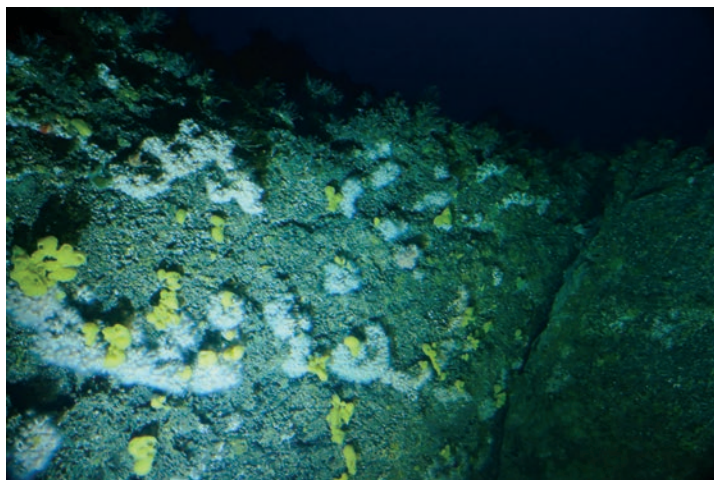
**FIGURE 44.**

À 70m de  
profondeur  
(Ph. C. Jost)



**FIGURE 45.**

Eponges  
à - 200m  
(Ph. C. Jost)

**FIGURE 46.**

Corail (porites)  
prélevé par le  
sous-marin à  
-180m. Taille  
70cm par 40cm ;  
poids environ  
10kg (Ph. C. Jost  
à bord de l'Argo)



## 4.5. LE LARGE

Le milieu marin au large de Clipperton est très riche en thons et autres espèces pélagiques, mais il est intensément exploité par des flottes de pêche industrielle et a reçu très peu d'attention scientifique. Pendant l'expédition Pristine Seas de 2016, nous avons exploré le milieu marin au large utilisant des méthodes non destructives pour la première fois.

### STATIONS DE STÉRÉO-VIDÉO SOUS-MARINE APPÂTÉE COMMANDÉE À DISTANCE (S-BRUVS)

24 S-BRUVS au total ont été déployées pendant 90 minutes chacune, sur tout le périmètre de l'atoll. Les S-BRUVS étaient espacées d'au moins 500 m pour éviter le chevauchement du plumet de l'appât de chaque caméra (Fig. 47). Les données obtenues ont été normalisées à 60 minutes pour comparer nos résultats à d'autres études mondiales.

**FIGURE 47.**

Stations de stéréovidéo sous-marine appâtée commandée à distance (S-BRUVS) autour de Clipperton.



Dans l'ensemble, trois espèces de requins ont été observées sur les S-BRUVS. Parmi les trois espèces observées (le requin des Galápagos [*Carcharhinus galapagensis* - Fig. 48] requins pointes blanches [*C. albimarginatus*] et le requin-coraïl [*Triaenodon obesus*]), 125 individus ont été enregistrés sur les 2160 heures de séquences vidéo (90 minutes par déploiement) de S-BRUVS. L'abondance relative moyenne de requins (moyenne maxN/h) à Clipperton était de 3,36 ( $\pm 2,07$  ET). Au moins une espèce de requin a été enregistrée dans 83% des déploiements ( $n = 24$ ). Les requins des Galápagos étaient les plus fréquemment observés (83% des déploiements), suivis par les requins pointes blanches (33%) et les requins-coraïl (16%). La richesse des espèces par S-BRUVS variait entre 1 et 3 (moy.  $\pm$  ET,  $1,33 \pm 0,82$ ), dont 42% et 37% des S-BRUVS contenant deux et une espèce, respectivement.

La longueur individuelle moyenne des requins (longueur à la fourche, FL) était de 81,2 cm ( $\pm 27,1$  cm ET) dans l'ensemble. La longueur moyenne des requins des Galápagos était de 82,3 cm FL ( $\pm 26,7$  cm ET), tandis que les requins pointes blanches étaient de 64,6 cm ( $\pm 9,4$  cm ET) et les requins-coraïl 130 cm FL ( $\pm 26,3$  cm ET) (Fig. 49). De tous les requins enregistrés, seuls 3 individus (2 requins requins-coraïl et un requin des Galápagos) étaient au-dessus de la longueur minimale de maturité pour l'espèce.



FIGURE 48.

Les requins des Galápagos (*Carcharhinus galapagensis*) étaient communs mais petits à Clipperton.

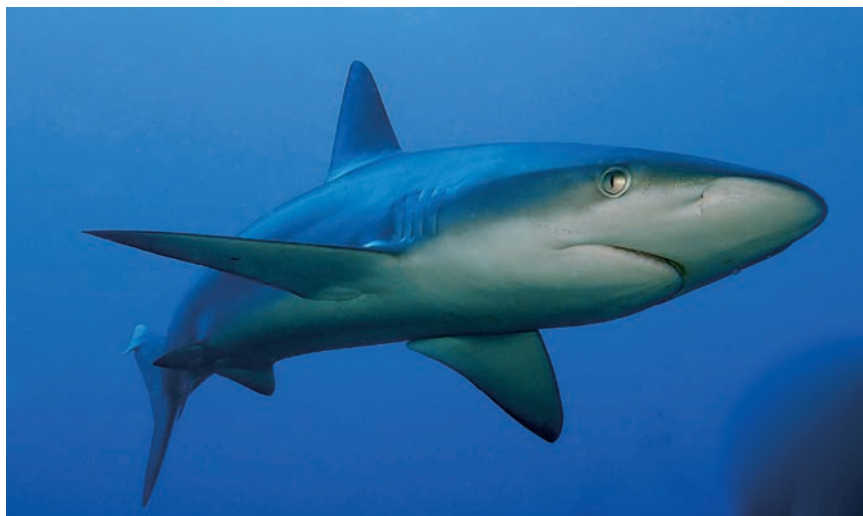
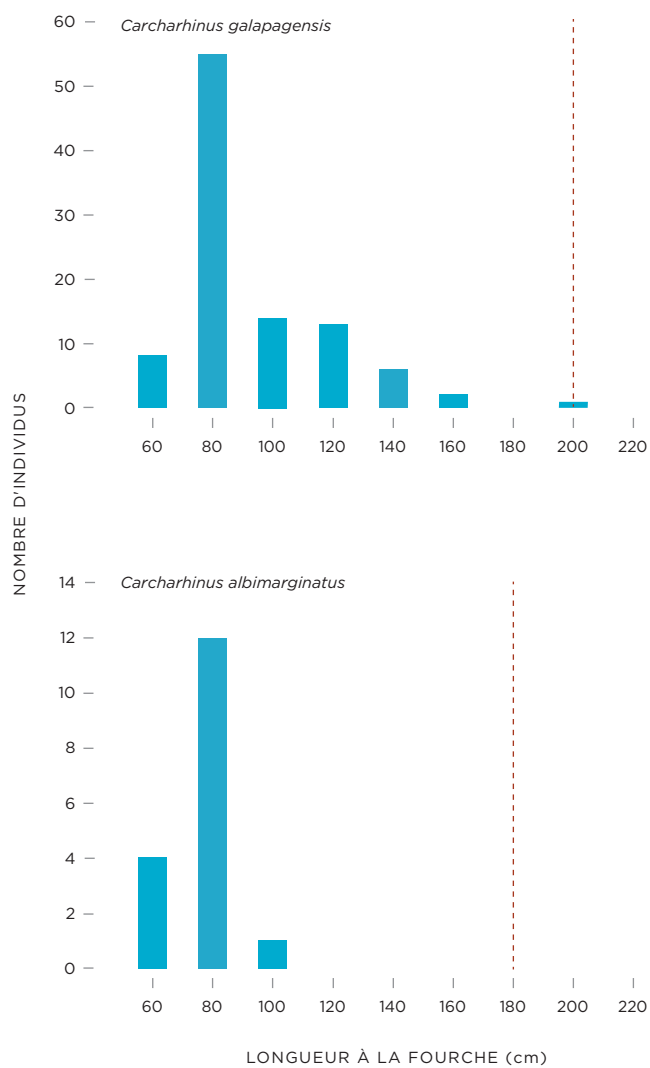


FIGURE 49.

Distribution de la fréquence de la longueur pour les requins pointes blanches (*Carcharhinus albimarginatus*) et Galápagos (*Carcharhinus galapagensis*), avec la taille de la première reproduction montré en pointillés rouges.





Nos résultats indiquent une relative grande abondance de requins à Clipperton par rapport à d'autres sites dans le monde où des BRUVs ont été déployées pour les quantifier (Tableau 11). Les requins étaient présents sur tout le périmètre de l'atoll et les requins des Galápagos dominaient l'ensemble à Clipperton, alors que la plupart des autres sites à l'échelle mondiale étaient dominés par les requins gris et corail (Bonds *et al.*, 2012, Goetze and Fullwood 2013, Jaiteh *et al.*, 2016). Malgré le fait que Clipperton est actuellement non protégé de la pêche, l'abondance relative des requins enregistrés est considérablement plus élevée que dans les zones protégées de l'Indonésie et Fidji. Cependant, la grande majorité des individus enregistrés et mesurés (97,5%) étaient au-dessous de la longueur à la première maturité sexuelle.

Compte tenu de la grande abondance de longues lignes abandonnées enregistrées sur le récif, il est donc probable que l'absence de requins adultes enregistrés par nos sondages soit le résultat d'une surpêche par les senneurs pratiquant une pêche industrielle. Des études antérieures utilisant des S-BRUVS ont montré une réduction drastique de l'abondance des requins et de la biomasse dans les zones ouvertes à la pêche, par rapport aux zones de pêche interdite (Bonds *et al.*, 2012, Goetze et Fullwood 2013, Jaiteh *et al.*, 2016) et il est désormais largement admis que la surpêche a réduit la biomasse des grands poissons prédateurs de > 90% au niveau mondial (Myers et Worm 2003).

**TABLEAU 11.**

Comparaison de l'abondance totale des requins (somme des maxN et moyenne des maxN) et des espèces de requins les plus communs (moyenne maxN) sur les récifs coralliens où un grand nombre de requins ont été enregistrés au moyen de S-BRUVS.

Référence	Localisation	Somme de MaxN (# reps)	Moyenne de MaxN ( $\pm$ ET)	Espèces les plus communes (Moy.MaxN $\pm$ ET)
Étude en cours	Atoll de Clipperton, France	83 (24)	3,36 (2,07)	<i>Carcharhinus galapagensis</i> 2.8 (2.23) <i>C. albimarginatus</i> 0.55 (0.83)
Jaiteh <i>et al.</i> , (2016)	Raja Ampat, Indonésie	50 (160)	0.48*	<i>C. amblyrhynchos</i> 0.5** <i>C. melanopterus</i> 0.3**
Espinoza <i>et al.</i> , (2014)	Grande barrière de corail, Australie	804 (2438)	0.54*** (0,84)	<i>C. amblyrhynchos</i> 0.26 (0.66) <i>Galeocerdo cuvier</i> 0.07 (0.27)
Goetze & Fullwood (2013)	Fidji	43 (92)	0,47	<i>C. amblyrhynchos</i> (0.2) <i>Triacanthodes obesus</i> (0.2)
Bond <i>et al.</i> , (2012)	Belize	47** (200)	0.23****	<i>C. perezi</i> (0,23)

\* Valeur moyenne des trois principaux sites échantillonnés fournis.

\*\* Valeur maximale moyenne enregistrée pour chaque espèce.

\*\*\* Seuls les sites de récifs sont inclus dans cette analyse. Données fournies par les auteurs.

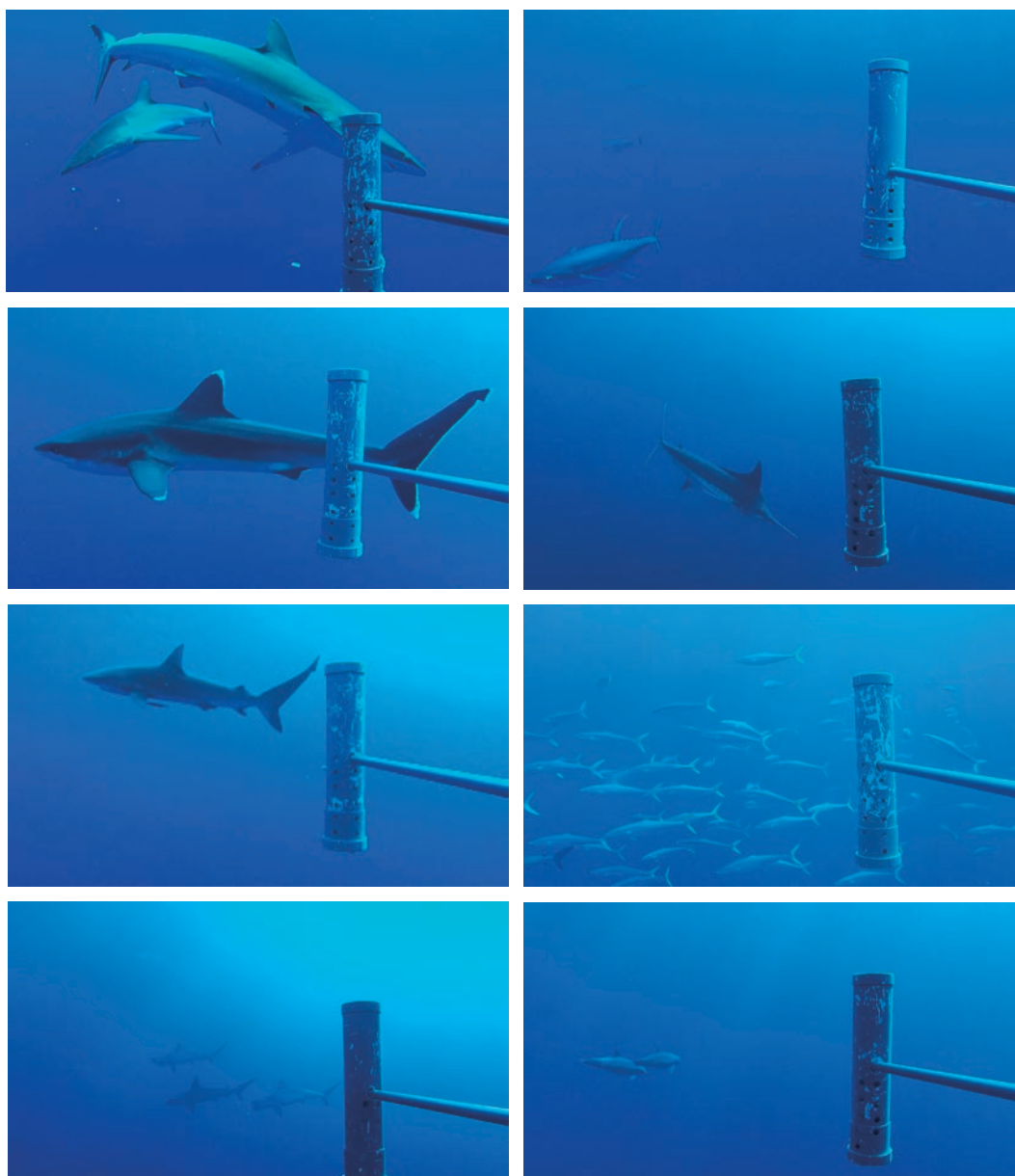
\*\*\*\* Seules les données pour *C. perezi* sont rapportées dans ce manuscrit. D'autres requins ont été enregistrés, mais non inclus dans la présente étude.

## BRUVS DE MI-EAU

Nous avons enregistré 617 individus poissons pélagiques et mammifères marins au moyen de Stations vidéo sous-marines stéréo-appâtées commandées à distance en mi-eau (BRUVS mi-eau) représentant 18 espèces de 15 familles sur 17 sites autour de l'atoll (Figs. 50-51). L'abondance moyenne totale par jeu d'échantillons était de  $14,0 \pm 8,07$  (ET) individus avec une richesse d'espèces de  $3,75 \pm 1,47$  (ET) par échantillon.

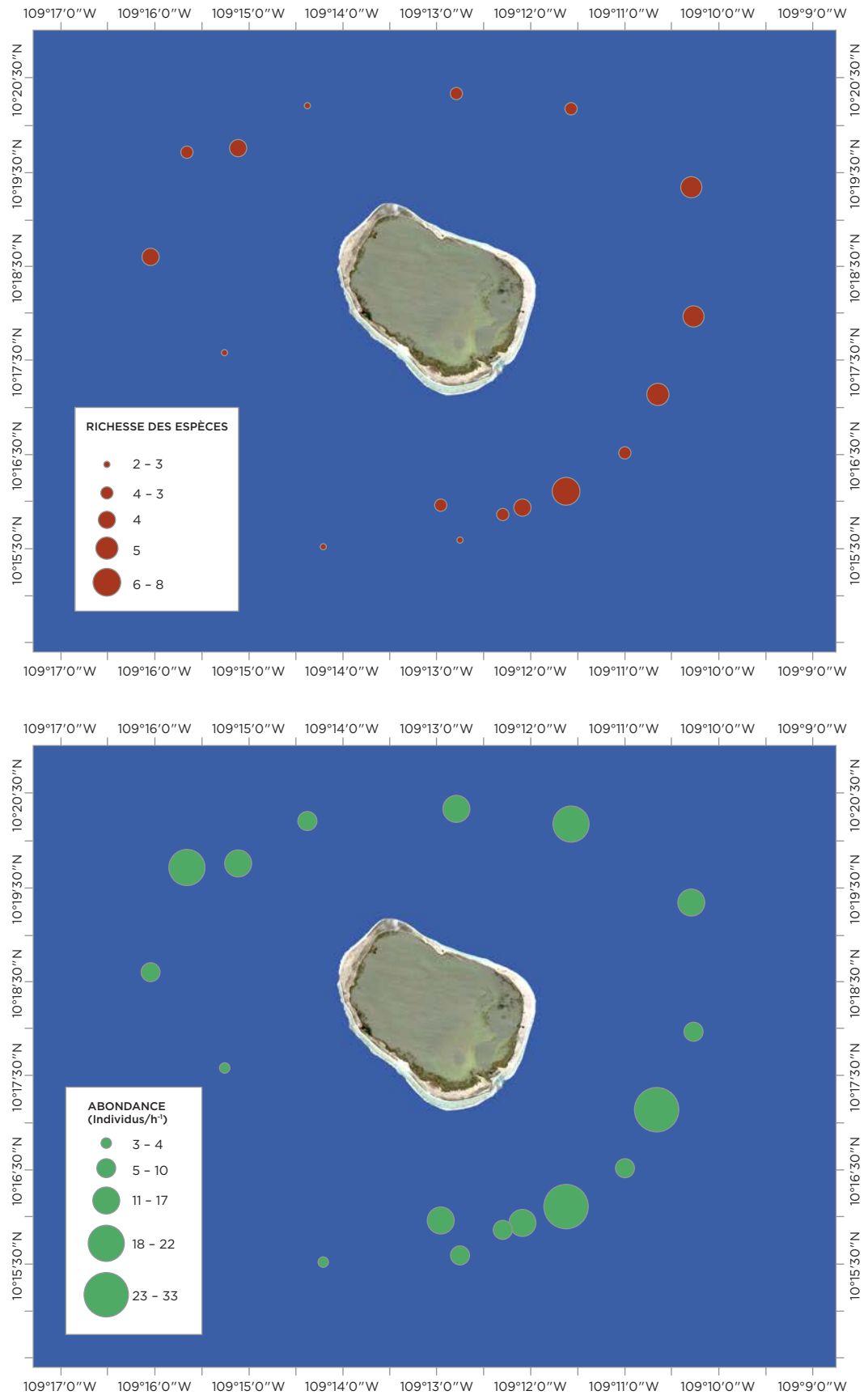
**FIGURE 50.**

Diverses espèces ont été observées par Stations vidéo sous-marines stéréo-appâtées commandées à distance en mi-eau (BRUVS mi-eau). HG : Requin soyeux - *Carcharhinus falciformis*; HD : Requin pointes blanches - *Carcharhinus albimarginatus*; 2e rangée G : Requin des Galápagos - *Carcharhinus galapagensis*; 2e rangée D : Requin-marteau halicorne - *Sphyrna lewini*; 3e rangée G : Thon Albacore - *Thunnus albacares*; 3e rangée D : Marlin rayé - *Kajikia audax*; BG : Coureur arc-en-ciel - *Elagatis bipinnulata*; BD : Dauphins - *Tursiops truncatus*



**FIGURE 51.**

Richesse et abondance des espèces (nombre d'individus h<sup>-1</sup>) sur BRUVS mi-eau autour de Clipperton.



Les petits poissons pélagiques fourragers représentaient les espèces les plus abondantes observées en BRUVS mi-eau (Tableau 12). Des comètes (*Decapterus* spp.), principalement le Comète maquereau (*Decapterus macarellus*) ont été observées dans tous les sites, à une abondance moyenne de  $7,03 \pm 4,02$  (ET) individus par heure. Les poissons juvéniles étaient largement représentés par des nomeidae (*Psenes cyanophrys*), souvent enregistrés en abondance moyenne de  $1,13 \pm 1,17$  (ET) individus par heure dans 82% des sites.

**TABLEAU 12.**

Espèces observées par sondages BRUVS mi-eau à Atoll de Clipperton en 2016 (moyen par heure and écart-type).

Nom commun	Nom scientifique	Moyenne (ET)
Comète	<i>Decapterus</i> spp.	7,034 (4,027)
Nomeidae	<i>Psenes cyanophrys</i>	1,127 (1,166)
Requin soyeux	<i>Carcharhinus falciformis</i>	0,961 (0,47)
coureur arc-en-ciel	<i>Elagatis bipinnulata</i>	0,765 (2,071)
Rémora	<i>Remora remora</i>	0,299 (0,35)
Grand dauphin	<i>Tursiops truncatus</i>	0,118 (0,219)
Albacore	<i>Thunnus albacares</i>	0,074 (0,181)
Requin des Galápagos	<i>Carcharhinus galapagensis</i>	0,049 (0,164)
Requin-marteau halicorne	<i>Sphyrna lewini</i>	0,044 (0,132)
Carangue vert	<i>Caranx caballus</i>	0,029 (0,088)
Dorade coryphène	<i>Coryphaena hippurus</i>	0,029 (0,121)
Thazard noir	<i>Acanthocybium solandri</i>	0,025 (0,071)
Poisson-lime gribouillé	<i>Aluterus scriptus</i>	0,020 (0,055)
Marlin bleu	<i>Makaira mazara</i>	0,020 (0,055)
Poisson-pilote	<i>Naucrates ductor</i>	0,020 (0,081)
Requin pointes blanches	<i>Carcharhinus albimarginatus</i>	0,010 (0,04)
Marlin rayé	<i>Kajikia audax</i>	0,010 (0,04)

On a observé quatre espèces de requins provenant de deux familles. Les requins soyeux étaient les plus communs (*Carcharhinus falciformis*), présents à tous les sites, avec une abondance moyenne de  $0,96 \pm 0,47$  (ET) individus par heure. Les requins des Galápagos (*Carcharhinus galapagensis*) étaient la seconde espèce de requins la plus commune avec cinq individus observés à deux sites (moyenne d'abondance  $0,05 \pm 0,16$  (ET) individus par heure), suivie du requin-marteau halicorne (*Sphyrna lewini* - moyenne d'abondance  $0,04 \pm 0,13$  (ET) individus par heure). Un seul requin pointes blanches adulte femelle (*Carcharhinus albimarginatus*) a également été enregistré. Associé aux requins, les rémoras (*Remora remora*), ont été observés en abondance relativement élevée avec 33 individus enregistrés au total dans 65% des sites (moyenne d'abondance  $0,30 \pm 0,35$  (ET) individus par heure).

Les espèces iconiques souvent ciblées comme poissons de sport, tels que le marlin bleu (*Makaira de mazara*) et le marlin rayé (*Kajikura audax*), étaient présentes avec un et deux individus enregistrés, respectivement, pour tous les sites. D'autres grands pélagiques tels que le thon albacore (*Thunnus albacares*), le Thazard noir (*Acanthocybium solandri*) et le Coryphène (*Coryphaena hippurus*) étaient présents mais très inégalement, observés dans trois sites ou moins.

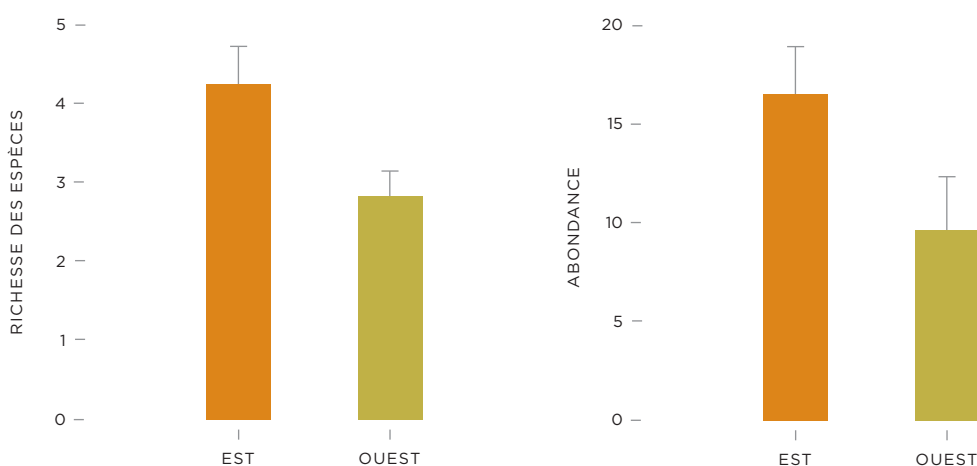


Le Coureur arc-en-ciel (*Elegatis bipinnulata*) a été observés en large bancs dans cinq des sites (moyenne d'abondance  $0,76 \pm 2,07$  (ET) individus par heure). Le grand dauphin (*Tursiops truncatus*) a également été enregistré dans 35% des sites, généralement à titre individuel ou par paires, malgré les grandes bancs observés en surface.

Malgré la petite taille de Clipperton, il y avait un fort gradient Est-Ouest. La richesse en espèces et l'abondance totale étaient significativement plus élevés à l'Est qu'à l'Ouest (Fig. 52-53). La composition des communautés de poissons pélagiques variait également fortement avec les sites à l'Est dominés par des requins soyeux, rémora et coureurs arc-en-ciel, et les sites à l'Ouest plus fortement associés à des nomeidae juvéniles.

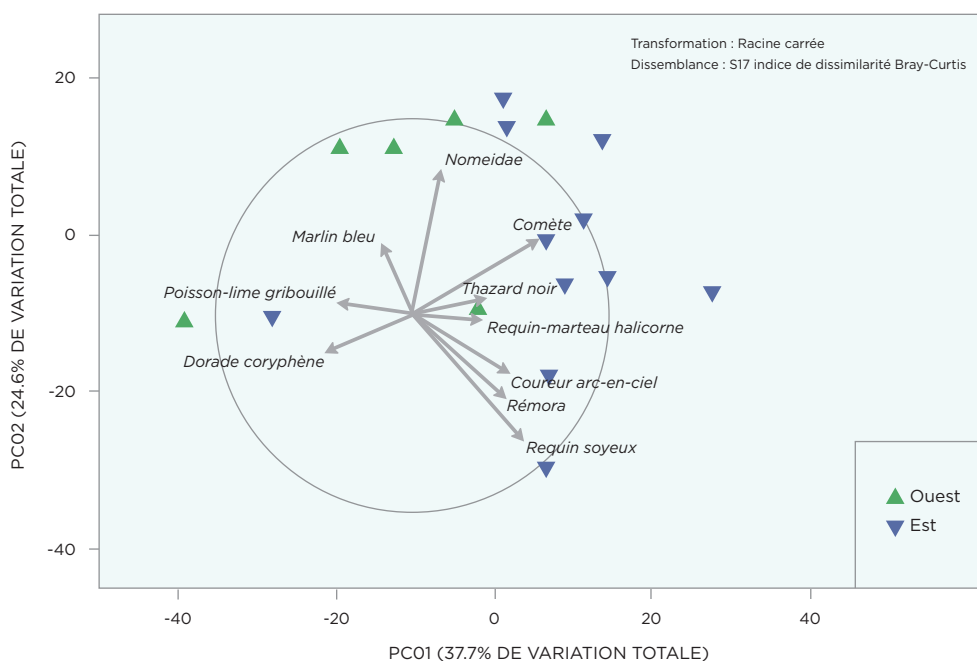
**FIGURE 52.**

Richesse moyenne (a) des espèces et abondance moyenne totale (b) pour les zones Est (E) et Ouest (W) de l'atoll de Clipperton.



**FIGURE 53.**

Ordination des coordonnées de principe indiquant l'association des espèces aux sites Est et Ouest autour de l'Atoll de Clipperton. Les sites Est étaient fortement associés aux requins soyeux, aux rémoras et aux coureurs arc-en-ciel, tandis que les sites Ouest étaient plus fortement associés aux nomeidae et comètes juvéniles.



## 5. LES MENACES

---

### 5.1. LA PÊCHE

Les ressources marines de la zone économique des 200 milles sont très attrayantes. Clipperton se trouve dans une des régions les plus riches en thonidés du monde, région qui s'étend des côtes du Pérou au Golfe de Californie et s'étire vers les Hawaii. La zone de Clipperton se situe en effet au croisement des migrations des poissons de cette famille ce qui lui donne une importance économique considérable.

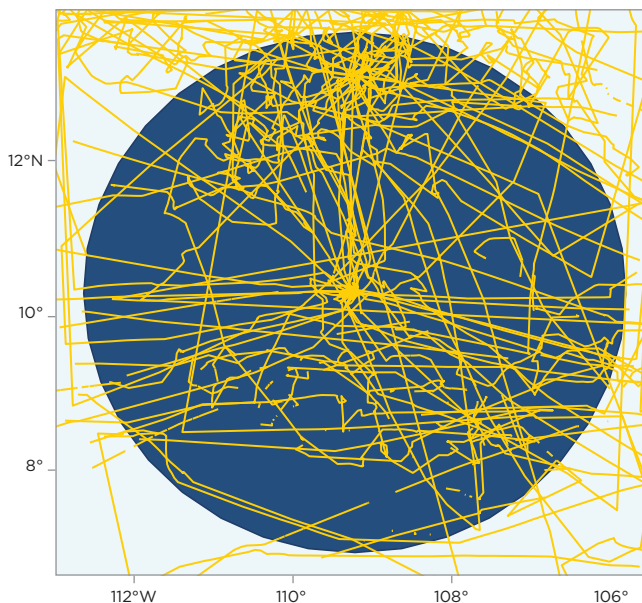
Il existe une pêche industrielle extrêmement dévastatrice autour de Clipperton faite par des palangriers, des senneurs, équipés de radars et d'hélicoptères de repérage des groupes d'oiseaux au-dessus des bancs de poissons, et rassemblant à coups de bateaux rapides et d'explosions (seal bombs) toutes les espèces sans distinction dans leurs filets, et ce, au plus près de la côte de Clipperton (Fig. 54)

Clipperton permet aussi à la France de faire partie de l'Inter-American Tropical Tuna Commission, mais elle est totalement absente des statistiques de pêche annuellement publiées par l'IATTC, alors que l'Espagne envoie ses navires de pêche dans le Pacifique oriental. Ceux-ci ont ainsi pris 39 600 tonnes de thons en l'an 2000 sur un total de prises de 557 000 tonnes prélevées dans la région (IATCC, 2000). A chacune des missions effectuées à Clipperton et à chaque visite des navires de la Marine nationale, des navires de pêche battant pavillon mexicain, costaricain, guatémaltèque, voire américain, sont signalés et enregistrés. Lors de la mission « Passion 2001 » ce ne sont pas moins de trois navires qui ont été interceptés en trois jours dans les eaux de Clipperton et pour la première fois « visités ». L'un partait en campagne avec une carte de sa zone de pêche centrée sur Clipperton ! En 1988, une étude évaluait entre 15 000 et 20 000 tonnes de thonidés les prises annuelles dans la seule ZEE de Clipperton (GOUJON M., 1988). Les quantités pêchées aujourd'hui sont au moins de 50 000 tonnes de poissons par an principalement des thons, mais aussi des requins, dans la seule ZEE de Clipperton (Pauly, 2009). Durant le seul mois de janvier 2005, la mission Jean-Louis Etienne a observé depuis l'île dix navires senneurs en action de pêche à proximité immédiate de la côte. Lors des missions 2013, 2015, 2016 sont rapportés des senneurs en activité dans les eaux territoriales de Clipperton très près de la côte.

La mission 2016 de National Geographic - Pristine Seas permet de démontrer que l'essentiel de la population des grands prédateurs (thons, requins..) sont de petite taille autour de Clipperton parce que les plus gros ont été pêchés. Ceci est à mettre en lien avec tous les témoignages de bateaux de pêche non français vus dans la ZEE à chaque visite.

FIGURE 54.

Routes de bateaux de pêche dans la ZEE de Clipperton en 2015. (Source : Global Fishing Watch).



Pour évaluer le manque à gagner de la France en termes de redevances de pêche, on peut par exemple appliquer un tarif moyen de redevance de 5-10% sur le revenu de pêche de thon. Le prix de thon au Pacifique (ex-bateaux de pêche) est en moyenne 1600 € par tonne pêché. Multiplié par les 50 000 tonnes annuellement prélevées, le montant des redevances obtenus serait entre 4 - 8 million € par an !

Mais il n'y a pas que les thons qui sont pêchés dans la zone. L'absence totale de langoustes constatée par les plongeurs lors des expéditions de novembre 1997, de février 2001 et de mars 2016, alors qu'elles étaient signalées par milliers dans les années 1960, de même que la rareté des requins observés comparé aux descriptions anciennes, laissent penser que ces types de pêches sont les plus pratiquées au voisinage immédiat de l'île et sur le tombant récifal. De nombreux indices montrent d'ailleurs que l'île est même souvent occupée.

Pendant la mission Pristine Seas de 2016, à l'arrivée sur zone, on a observé un senneur signalé par le survol de l'Argo et de la côte sud par un hélicoptère rouge et blanc le 13/03 en mi-journée. Le senneur n'a pas été aperçu, mais les hélicoptères sont toujours du même type et vus en 2012, 2013, 2015, 2016. Rappel : Capacités d'emport > 1000t. Moyens importants (hélicoptère, speed boats, DCP, seal bombs..). Pavillon mexicain durant ces années d'observations mais autres pavillons observés en 1997, 2005 et par suivi sur la toile.

On a observé un très grand nombre d'appareils de pêche ; beaucoup plus qu'en 1998, année de visite de Jenn Caselle (Univ of California) qui confirme un « bon état de santé du récif », mais est « préoccupée par le nombre limité de poissons adultes lié probablement à la surpêche »; très nombreux fils et filets de pêche relevés par les plongeurs tout autour de l'île sur le récif - plus de lignes de pêche sur le récif que des requins ! Etonnement de la quantité observée qui s'explique aussi selon nous par la pêche à partir de la plage rendus sur zone à bord de bateaux autorisés tels que le *Shogun* (basé à San Diego) « coup de pêche au gros à Clipperton » vendu 5000 US\$ (Figs. 55-56). Plus de 35 visites presque toutes autorisées sans contrepartie pour la France.

**FIGURE 55.**

2013 Pêche de l'équipage du SHOGUN sur la côte sud (Ph. Shogun en ligne). (Rapport C. Jost Passion 2013)

**FIGURE 56.**

Clipperton est « un fond de commerce » pour le SHOGUN qui y organise des « coups de pêche au gros » pour 5000 US\$ (Ph. Shogun en ligne). (Rapport C. Jost Passion 2013)



On a aussi trouvé une bouée DCP et 1bouée émettrice dérivante échouées sur la côte nord (14 en 2015) (Fig. 57).

**FIGURE 57.**

Radeau, armature d'un dispositif de concentration de poisson (DCP) ou Fish aggregation Device - FAD-, en anglais, et (à droite) bouée solaire type DCP (2 photos de la même bouée) et bouée émettrice annexées à des palangres ou utilisée pour suivre un objet ou une personne tombée à l'eau (dérivante (bas droite). Bouées vraisemblablement échouées depuis ou non vues en février 2016 puisque différentes de celles signalées dans le rapport d'E.Clua, 2016.





## 5.2. LE DÉCLIN DES OISEAUX

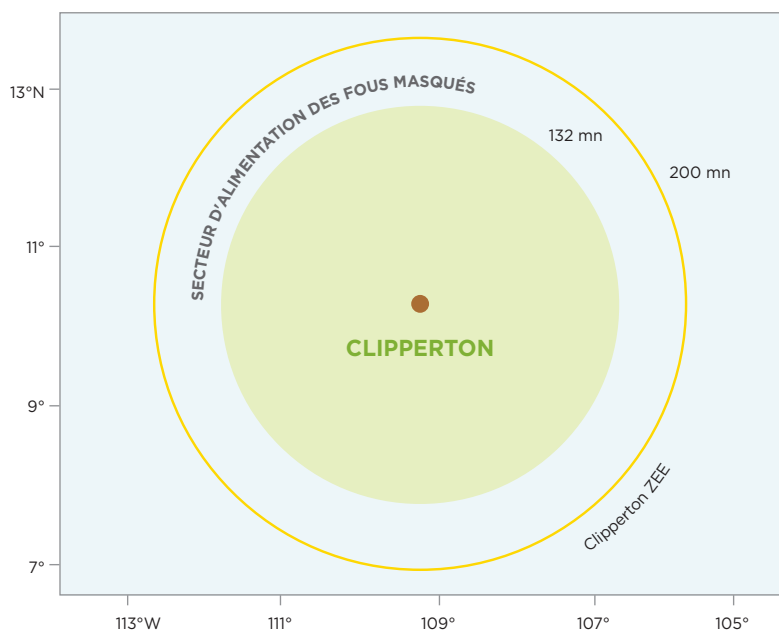
La diminution de la population des fous, et tout particulièrement celle des fous masqués qui apparaît importante sera à confirmer par un nouveau recensement. Le comptage au sol de mars 2016 a toutefois été systématique et croisé avec des comptages répétés dans certains secteurs pour vérification.

Les causes de la décroissance de la population des fous peuvent être multiples et combinées. La première hypothèse est celle d'un dépassement de la capacité en charge du milieu (*carrying capacity*) c'est-à-dire de sa capacité à supporter, donc à subvenir aux besoins alimentaires de la population. La diminution des ressources entraîne une augmentation de la mortalité et une baisse consécutive de la population. La ressource alimentaire des oiseaux marins étant les petits poissons de type exocets ou poissons volants, l'hypothèse est émise que leur nombre à diminuer autour de l'île.

La zone de nourrissage des fous s'étend en moyenne jusqu'à 132 milles nautiques (244kms) autour de Clipperton (Fig. 58)

**FIGURE 58.**

La plus grande colonie au monde de fous masqués est déjà en déclin (env. 40.000 en 2016) car elle dépend de la santé et de la stabilité des populations de poissons et de calmars qui sont chassés vers la surface par les bancs de thon. Les fous sont chaque jour obligés d'aller chercher leur nourriture jusqu'à 132 milles nautiques (244 km). La surpêche des thons réduit le nombre de petites espèces en surface sources de nourriture des oiseaux marins. (Source : Weimerskirch *et al.* 2009)



Toutefois au fil des missions depuis vingt ans, la distance de Clipperton à laquelle ont été repérés les premiers fous masqués n'a cessé d'augmenter et certains oiseaux ont été aperçus à 400kms et même à 800kms de la première terre, celle de Clipperton<sup>3</sup>.

Une première explication peut provenir du prélèvement même de la ressource en petits poissons par « la plus grande colonie au monde de fous masqués », prélèvement qui est considérable. En fonction de la quantité de nourriture nécessaire à un oiseau par jour, les calculs réalisés en 2005 ont montré que la population aviaire consommait 29 000 tonnes de poissons par an (Weimerskirch *et al.*, 2009).

<sup>3</sup> 100 km au NE en 1997, 200kms à l'Est en 2001, 400 km au SW en 2013, 800 km au SW vers les Marquises, terre la plus proche mais distante de 4000 km (Jost C., rapports).

Une deuxième explication et non des moindres, est la pratique d'une pêche industrielle devastatrice qui cible des thons et des requins (voire dessus). Ce sont les thons qui chassent les petits poissons vers la surface et permettent ainsi indirectement aux oiseaux marins de se nourrir. La réduction des thons entraînant une réduction des petites espèces disponibles pourrait être un facteur explicatif de la diminution de la population des oiseaux marins en général, des fous masqués en particulier.

Enfin, un autre explication de la réduction de la population des oiseaux qui vient en complément des précédentes est celle de la prédation des œufs et de poussins par une population croissante de rats (*Rattus rattus*).

### 5.3. LES RATS

Le rat (*Rattus rattus*) apparut vers 2000 (par échouage du Lily Marie/Dixie Isle ou du Occo en 1999 et 2001, des palangriers pêcheurs de requins selon BirdLife International<sup>4</sup>, mais l'estimation de la population reste difficile le rat ne se montrant presque que la nuit (200 en 2005, 2000 en 2016 ?) ; la population couvre toute l'île ; des nids ont été trouvés partout. Les rats utilisent les terriers de crabes qu'ils consomment, des bidons, des carcasses métalliques, des abris divers (Figs. 59-60); leur principale source d'alimentation semble être le crabe (20 carcasses de crabes par nid de rat en moyenne) ; il n'a pas été réalisé de piégeage, ni pour identification, l'espèce *Rattus rattus* étant connu, encore moins pour élimination qui suppose une importante campagne dédiée. Deux juvéniles de fous ont été observés avec la trachée artère sectionnée, l'un mort, l'autre sur patte au plastron ensanglanté, dont la cause pourrait peut-être être imputable à une attaque de rat.

**FIGURE 59.**

Nid de rats dans un bidon avec une vingtaine de carcasses de crabes.



**FIGURE 60.**

Ci-contre : couloirs de circulation de rats vers un terrier de crabe transformé en nid ; (secteur II).



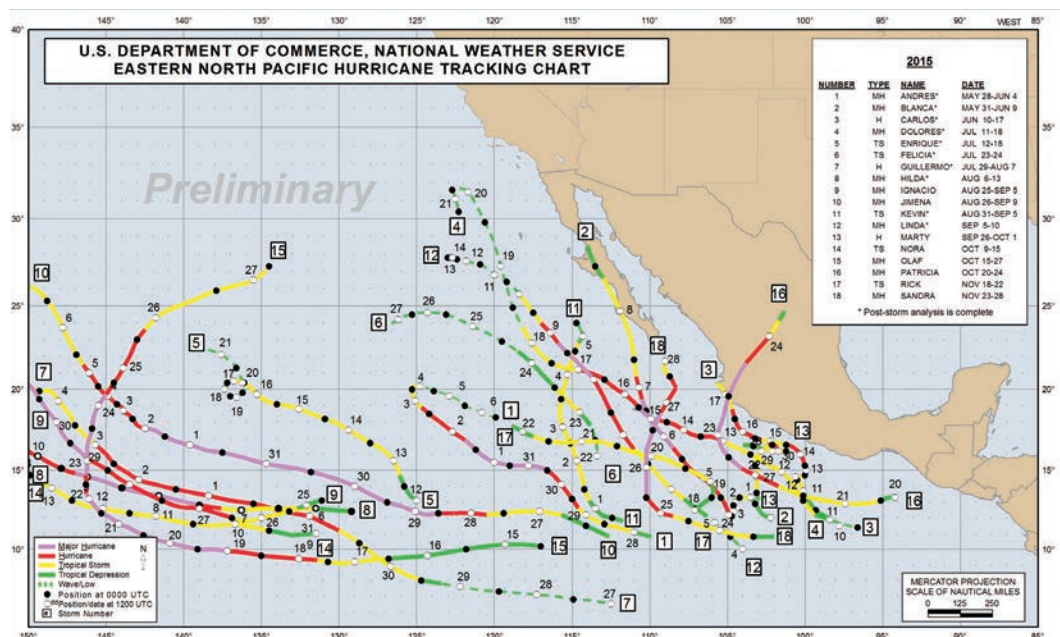
<sup>4</sup> <http://www.birdlife.org/datazone/sowb/casestudy/261>

## 5.4. EROSION CÔTIÈRE

L'accélération de l'érosion côtière est liée à de nombreux paramètres dont les principaux sont les conditions des relations océan/atmosphère et l'élévation du niveau marin, mais aussi les facteurs géographiques face aux phénomènes climatiques et océaniques, tel que l'exposition, l'orientation, la forme de la côte, la pente externe, la nature des matériaux de la côte, etc. La zone du Pacifique nord-oriental est une région où l'analyse des phénomènes cycloniques sur les vingt dernières années (1996-2015) montre une fréquence de 13,9 phénomènes par an (Fig. 61), allant de la Dépression Tropicale forte (Tropical Storm, TS) au Cyclone tropical de catégorie supérieure à 3 (Ouragan majeur ou Major Hurricane, MH)<sup>6</sup>, hors Dépressions tropicales modérées qui grossissent aussi les vagues et la houle. Un analyse en première approche montre également des phénomènes de forte intensité plus nombreux depuis 2008 avec 7 ouragans majeurs sur 8 ans, contre 2 ouragans majeurs sur les 13 années précédentes (Jost, données NOAA).

**FIGURE 61.**

Trajectoires cumulées des phénomènes cycloniques sur l'année 2015. Le premier de l'année, Andres (trajectoire 1) et le dernier de l'année, Sandra (trajectoire 18) ont concerné Clipperton qui s'est trouvé dans le cercle d'impact de 500 à 1000km de diamètre de plusieurs de ces phénomènes. Dans l'encart de droite, le cercle, d'un rayon de 250km, est centré sur Clipperton. (C. Jost, 2016)

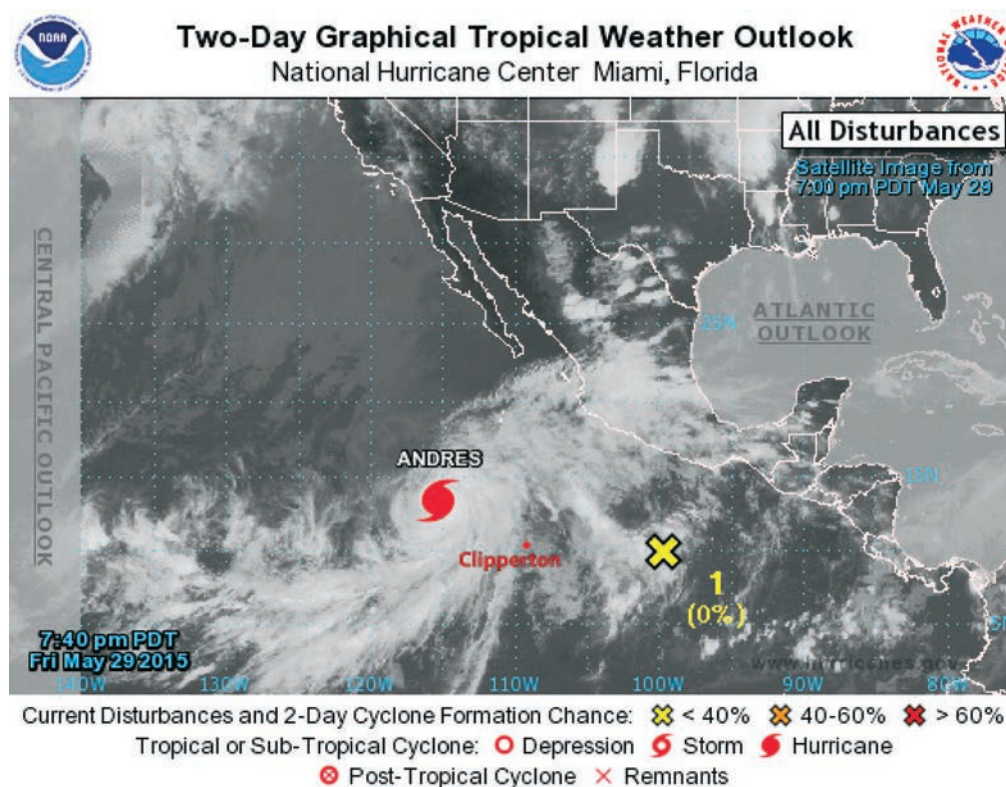


En 2015 Clipperton a été concerné par deux cyclones: Andres, premier de la saison cyclonique, s'est formé en Dépression tropicale modérée le 28/05 (soit trois semaines après le départ de la mission PASSION 2015), à moins de 100km de l'atoll, autrement dit sur Clipperton (Fig. 62). La dépression s'est transformée les jours suivants en cyclone de catégorie 1 puis de catégorie 2 à 240 km à l'ouest et a poursuivi sa route en Ouragan majeur, ou cyclone de catégorie 4 sur l'échelle Saffir-Simpson. Le deuxième, et dernier de la saison, Sandra, est passé à 250km au nord de Clipperton le 25/11 en cyclone de catégorie 2 avant de devenir Ouragan majeur.

On comprend mieux la transformation rapide et importante de la côte de Clipperton, notamment de la côte Est, la plus exposée, qui de sableuse a pu devenir pavée de blocs de taille métrique pour quelques temps.

FIGURE 62.

Position du cyclone Andres le 29 mai 2015 après son développement sur Clipperton le 25 mai. (d'après NOAA)



Les passes ou *hoas* nord et sud-est décrites en 1840 par Sir E. Belcher et fermées vers 1850 semblent pouvoir se rouvrir si l'on considère le retrait rapide de la ligne de rivage et le rétrécissement de la largeur de la couronne dans ces deux secteurs. Le matériel érodé des plages et le matériel arraché au récif par les tempêtes contribuent à construire les couronnes émergées des atolls. A Clipperton, on assiste ainsi au sud-est à un comblement de la lagune par nouveaux apports, au nord et à l'est à un comblement du lagon (la couronne Est s'est élargie de 5m côté lagon vers 2003 (Rapport Passion 2015 et article sous presse, C. Jost) tandis que la côte côté océan est rongée et recule. Tandis que la lagune se comble, l'ancienne passe sud-est pourrait selon nous se rouvrir dans le secteur de largeur restante de 30m à la faveur d'un seul ouragan ou en quelques années encore.

Il est très important que les scientifiques et plus particulièrement les biologistes marins soient présents au moment de cette réouverture du lagon pour mesurer le bouleversement écosystémique qui s'en suivra.



## 5.5. DE LA SOUVERAINETÉ DE LA FRANCE

Les marques de souveraineté sur l'atoll sont peu présentes et peu respectées. Absence de pavillon français à la stèle, bien qu'un nouveau ait été hissé le 02/02/2016 par Eric Clua. Le pavillon a probablement été arraché par le vent, voire vandalisé, l'état des cordes restantes ne permettant pas clairement de déterminer s'ils elles ont été arrachées ou coupées (Figs. 63-64). N'ayant pas pu obtenir de pavillon du HCR PF, certes sollicité seulement deux jours avant mon départ, il n'a pas été possible de le remplacer et le mât est resté sans marque de souveraineté française et le sera sur les images de National geographic.

**FIGURE 63.**

Absence de pavillon français pourtant installé en février 2016 (Ph. C. Jost 2015)



**FIGURE 64.**

Stèle en mauvais état mais plaque du député Folliot déposée le 29/04/2015 encore en place en mars 2016 (Ph. C. Jost 2015)



**FIGURE 65.**

Hélicoptère  
identique à celui  
ayant survolé  
l'Argo et la côte  
sud le 1er jour, le  
13/3. (Ph. C. Jost



- Présence le 13/03 d'un senneur équipé d'un hélicoptère (Fig. 65) : pas d'observation du senneur, pas d'identification de nationalité même si probablement mexicaine vu l'hélicoptère. Observation uniquement de l'hélicoptère (rouge et blanc identique à ceux vus sur les senneurs et en vol lors des précédentes missions (2016, 2015, 2013, 2012) qui est venu survoler vers 14h00 le navire Argo et la côte SW jusqu'au Bois de Bougainville. Le senneur devait se trouver au nord ou à l'ouest de l'île et a dû partir avant la nuit (ou a éteint ses feux ?), aucune lumière n'ayant été aperçue. Pas de débarquement apparent durant les heures d'observation.
- Arrivée le 16/03 d'un yacht de plaisance, le Kokomo (pavillon Gibraltar) avec quatre personnes à son bord (2 Suisses et un couple d'Allemands) venu ancrer à proximité de l'Argo très près des déferlantes. Vérification faite par appel téléphonique au HCR PF, ce bateau n'avait pas demandé d'autorisation d'accès à l'île. Activité : plongée sans débarquement prévu jusqu'à un accident mortel survenu le 18/3.

## 5.6. DE LA SÉCURITÉ

Les « dangers inhérents au débarquement et à l'extrême difficulté pour y déployer des moyens de secours en cas d'accident », et « l'interdiction d'une arrivée par voie aérienne en raison du danger que représente l'importante concentration d'oiseaux », sont systématiquement rappelés dans les autorisations d'accès à l'île délivrées par le Haut-commissaire de la république en Polynésie française (HCR-PF). Ces avertissements sont présents sur la page « Clipperton » du site du HCR PF (<http://www.polynesie-francaise.pref.gouv.fr/L-ile-de-Clipperton>), mais pas sur celles du ministère des outre-mer qui présente par ailleurs des erreurs et des liens à corriger.

Ces avertissements de sécurité semblent ignorés des visiteurs non déclarés et illégaux pour, selon nous, au moins trois raisons :

1. Ils n'apparaissent pas clairement comme avertissement, car inclus dans un texte général de présentation.
2. Ils ne sont qu'en français alors que la majorité des « usagers » sont étrangers.
3. La page est insuffisamment référencée sur l'internet.

Nous avons rapporté dans le Rapport préliminaire de cette mission<sup>5</sup> le premier cas de décès par accident d'un visiteur non déclaré, officiel déclaré depuis les morts mexicains de la période 1897 - 1917 dont les années 1914-1917 des « Oubliés de Clipperton. D'autres décès ont pu survenir par le passé lors de naufrages ou de débarquements étrangers non autorisés et non renseignés.

Le Rocher présente plusieurs gros blocs en équilibre et menaçant de s'effondrer à tout moment notamment dans la galerie ouest qui sert d'accès au sommet. Entre 2001 et 2015, un bloc de plusieurs mètres cubes est tombé dans cette galerie obligeant depuis lors, pour accéder à la voie du sommet, à ramper sous ce bloc (Figs. 66-67). Le Rocher évolue par dissolution sous l'action de l'eau chargé de guano acide et présente de nombreuses cavités, et éperons de type lapiez karstiques. Sur l'image ci-dessous, même s'il est difficile de les distinguer, il y a au moins deux blocs sur trois suspendus au-dessus de la galerie principale susceptibles de s'effondrer et un qui est coincé plus bas à mi-hauteur. Ces blocs présentent une menace pour la sécurité des visiteurs. Il conviendrait d'évaluer le risque avec précision et de prendre les mesures nécessaires pour supprimer ce risque.

L'accès au sommet du Rocher est dangereux. Les restes du phare Mexicain construit au début du 20<sup>e</sup> siècle au sommet du Rocher ne sont plus qu'un muret de briques instables de 1m de haut qu'il faut gravir pour arriver à une plate-forme inégale de 2m<sup>2</sup> correspondant au sommet. Celle-ci domine un à-pic vertical de 28m côté lagon et de plus de 10m vers l'intérieur du Rocher. Les briques étant descellées, l'ascension des derniers 4m pour atteindre le sommet est très périlleuse.

<sup>5</sup> JOST C., 2016. Mission internationale à l'île de La Passion - Clipperton - France du 06 au 30 mars 2016. Rapport préliminaire de mission. National Geographic Society - Pristine seas, Université de la Polynésie française, Papeete, Tahiti. 58 pp.

**FIGURE 66.**

Vue vers le bas de la galerie ouest du Rocher. Au moins deux blocs sur trois suspendus au-dessus de la galerie principale sont susceptibles de s'effondrer (Photo 2016 © C. Jost)

**FIGURE 67.**

Vue vers le haut de la galerie ouest du Rocher en 2001. Depuis 2001, le bloc du milieu s'est effondré et a obstrué la terminaison de la galerie ouest. Pour accéder au sommet par cette voie, il faut désormais ramper sous ce bloc pour parvenir à la corde qui donne accès à la plate-forme intermédiaire, puis au sommet (Photo 2001 © C. Jost)





## 6. RECOMMANDATIONS

---

L'analyse des observations cumulées des missions des vingt dernières années et la nouvelle vision sous-marine apportée par la mission Pristine Seas 2016 montrent que Clipperton, malgré un état général plutôt en bonne santé, est aujourd'hui à un point de non-retour ! Le milieu peut être protégé maintenant, et sa splendeur et ses services écosystémiques peuvent encore être restaurés, et elle peut devenir un site mondial de référence scientifique. Ou, elle peut être perdue pour toujours.

Ainsi, trois axes de mesures indissociables se dégagent. Ces propositions conduisent à renouveler, voire préciser et compléter certains points des recommandations du rapport parlementaire du député Philippe Folliot<sup>6</sup>. Une nouvelle réglementation et des moyens de contrôle doivent être rapidement mis en place :

**1. La création d'une réserve marine intégrale (dans laquelle aucune activité de pêche ou d'extraction n'est autorisée) de 100 milles nautiques (185 kms) autour de l'atoll.**

- a. L'aire protégée couvrirait 109.000 km<sup>2</sup> mais ne représenterait pourtant que 25% de la ZEE. La Réserve inclurait les eaux marines et les habitats profonds et une partie de l'atoll et du lagon.
- b. La Réserve sera la plus grande aire marine totalement protégée de toutes les eaux françaises.
- c. Les activités de recherche et d'éco-tourisme strictement réglementées et gérées seront autorisées dans la Réserve.
- d. Une surveillance satellite est déjà opérée par la Marine nationale, et serait le moyen le plus pratique et efficace pour surveiller l'activité dans la réserve - comme elle est déjà réalisée dans plusieurs réserves éloignées dans le monde entier (par exemple, Galapagos and Pitcairn). La surveillance pourrait être complétée par les services gracieux de Global Fishing Watch.

**2. La mise en place d'une réglementation stricte des pêches et des activités dans le reste de la ZEE et sur l'île.** La pêche aux thons pourra se poursuivre dans le reste de la ZEE (75%). Si la France mettait en place des licences de pêche payantes et contrôlait la zone par surveillance satellite doublée d'une implantation permanente, le montant des redevances récupérables pourraient se situer entre 4 et 8 million d'euros par an, ce qui permettrait de financer les coûts de gestion de la réserve marine et la station de recherche, et encore fournir un bénéfice. Dans tous les cas de figure, il s'agit pour la France d'un manque à gagner important en laissant Clipperton à son sort, alors que les redevances issues d'une gestion stricte de la ressource marine financeraient au-delà des besoins les moyens de surveillance de la zone.

**3. L'installation d'une station scientifique permanente, est préconisée pour être un site mondial de référence scientifique sur le réchauffement climatique et les relations océan-atmosphère.**

La station scientifique serait aussi un dispositif de surveillance in situ, assistée de gendarmes (et idéalement d'une vedette d'intervention rapide), pour compléter la surveillance satellitaire et pour fournir une dissuasion forte.

---

<sup>6</sup> Nous reprenons une partie des recommandations du rapport parlementaire du député Philippe Folliot, auquel Prof. C. Jost a participé, afin de préciser et compléter certains points eu égard à l'évolution rapide de la situation. Les autres recommandations sont nouvelles et font suite aux observations de la mission National Geographic Pristine Seas 2016.

#### D'AUTRES RECOMMANDATIONS :

- Chercher à recueillir plus de données sur la fréquentation de la zone en envisageant des services sous-traités par l'état avec des associations<sup>7</sup> ou des ONG françaises qui peuvent réaliser un « tracking » complémentaire à ceux des services d'état ainsi que des achats de données auprès d'ONG du type Global Fishing Watch (<http://globalfishingwatch.org/>) et/ou la National Geographic Society - Pristine Seas notamment, celle-ci disposant d'un capital unique d'observation des îles à travers le monde.
- Réaliser des campagnes de nettoyage des déchets plastiques jonchant l'île, mais également une grande campagne d'enlèvements des restes et vestiges militaires et munitions.
- Afin de protéger la côte de l'érosion en cours, une solution consisterait à introduire des palétuviers rouges pour qu'une mangrove se développe dans certains secteurs de l'île. Son développement permettrait non seulement de protéger la côte de l'agression maritime mais permettrait aussi de créer un habitat protégé et des zones de nurserie pour de nombreuses petites espèces. Il s'agit d'un enjeu majeur, car une fois un certain niveau d'érosion atteint, la disparition de plusieurs secteurs de la couronne de l'île pourrait devenir irrémédiable, seul le rocher pouvant rester à terme ?
- L'information sur les dangers d'accès à Clipperton doivent être clairement décrits voire illustrés et être mieux référencés sur les sites et pages gouvernementales et apparaître en premier lien de la première page quand une recherche sur « Clipperton » ou sur « île de La Passion » est faite sur les moteurs de recherche. Ces avertissements de danger ainsi que l'obligation de faire une demande d'accès doivent être écrits en plusieurs langues (anglais, espagnol, allemand, italien, voire russe, chinois, japonais, coréen)
- Réaliser rapidement une campagne de dératisation et, en l'attente, évaluer la présence ou non de leptospirose sur l'île.
- L'installation d'une station permanente nécessite l'aménagement d'au moins une passe (de préférence deux au sud-est et au nord, d'orientations différentes pour permettre entrée et sortie par tous temps) pour permettre le débarquement sans risque, de matériel et de personnes (cf Rapport Folliot pour plus de détails). En outre il est nécessaire d'envisager une réhabilitation de la piste d'aviation pour des transports d'urgence, voire des relèves d'équipes à partir du Mexique.
- La mesure d'altitude à 21 mètres de hauteur des plus hauts débris coralliens projetés par des vagues sur le Rocher, appelle à réfléchir sur la sécurité de résidents sur l'île en période cyclonique (de mai à novembre). En plus d'un bâtiment para-cyclonique, un abri fermé ventilé aménagé en hauteur dans une grotte ou un abri sous roche dans le Rocher serait à envisager.

<sup>7</sup> Par exemple l'Association CPOM « Clipperton - Projets d'Outre-Mer » qui assure déjà une veille sur Clipperton.

## 6.1. BÉNÉFICES POUR LA FRANCE

- La création d'une réserve marine dans un rayon de 100 milles nautiques autour de l'atoll permettra à la France de réaffirmer avec force sa souveraineté à travers une mesure phare de protection de cette zone océanique.
- La réglementation stricte des pêches dans les 75% restants de la ZEE et des activités et leur contrôle apportera des redevances et un retour sur investissement et permettra un autofinancement d'une station permanente.
- Une réserve de 100 milles nautiques autour de l'atoll représentera le 1% des eaux françaises, ce qui contribuera à atteindre l'objectif des 20% d'eaux françaises protégées en 2020.
- Cette réserve marine sera la plus grande zone strictement protégée du Pacifique Tropical Est, même mieux que les fameuses réserves marines des Galápagos en Equateur ou des îles Cocos du Costa Rica. Cela placera la France parmi les leaders mondiaux dans la conservation marine.
- La désignation de Clipperton comme site global de référence scientifique pour l'étude du réchauffement climatique sera le prolongement naturel du leadership de la France affirmé lors de la COP21.
- La réserve marine permettra à la France de rejoindre le réseau CMAR « Corridor du Pacifique Tropical Est », dont elle est absente, et d'avoir un rôle clé dans la gestion et la protection des ressources marines du Pacifique oriental.

**TABLEAU 13.**

Synthèse des constats et recommandations.

Sujet	Tendance	Constats	Causes	Risques	Solutions / Recommandations
Souveraineté	↑	Présence d'un senneur - survol hélico le 13/03 (senneurs présents à chaque visite dans les 2MN (2012, 2013, 2015, fév 2016, mars 2016)	Pêche autorisée et pêche illégale non contrôlée - Accords F/Mx caduques -	Surpêche accrue - Déclarations de prises fantaisistes	Création d'un AMP (No Take Area) de 100MN justifié par cycles écologiques. Renforcer surveillance satellite + in situ surveillance par station scientifique. Acquérir données sur fréquentations maritimes.
	↑	Signes ostentatoires observés de marquage territor. Mx de la part des hélicos ↗	Accords F/Mx caduques -		Taxation des pêches au-delà des 50MN et de toute visite dans les 50MN et sur l'île
	↑	Visite illégale : yacht de plaisance ⇒ accident, décès (18/03/2016)	Info. web insuffisante, abs. surveill.	Nouveaux accidents	Augmenter info et surveillance. Formaliser prise en charge observateur français par demandeur d'accès
	↑	Nouvelles épaves : barque 6m + zodiac et moteur du yacht de plaisance	Utilisation et visite de l'île et risques locaux élevés	Nouveaux échouages et accidents	
		Absence de pavillon français sur l'île	vandalisme ou météo de vents forts	affichage pavillon étranger	Marques et présence françaises à renouveler et pérenniser
		Déclarations mexicaines de prises annuelles é fantaisistes, voire dédaigneuses (ex: 1500t pour toute l'année 2014)	Accords F/Mx caduques -	Qu'à la renégociation, le Mx se base sur les faibles tonnages déclarés	Données de fréquentation des navires sur plusieurs années récupérables du Nat Géol et scientifiques Mex. Collaborer avec ONG comme Global Fishing Watch ou Assoc.

Sujet	Tendance	Constats	Causes	Risques	Solutions / Recommandations
Milieu marin	nouveau	Etat général de bonne conservation des coraux et espèces associés, mais faible biodiversité et grande fragilité		Dégradation irréversible sans protection. Seul territoire du Pacifique NE sans protection formelle	Création d'une AMP (No Take Area) de 100MN justifiée par cycles écologiques. Renforcer surveillance satellite + in situ surveillance par station scientifique. Acquérir données sur fréquentations maritimes.
	nouveau	Grandes espèces (dont esp. Requins) mais uniquement des juvéniles	Surpêche des adultes (thons, requins..)	Dépeuplement, rupture d'équilibre écolog.	
	↑	Très grand nombre d'appareux de pêche sur récif et sur plages	Pêche en mer et pêche au gros à partir des plages		
	↔	1 Bouée DCP et 1 dérivante trouvées sur plages nord en mars 2016 (3 autres en février 2016, 14 en 2015 toutes ramassées)	Techniques de pêche (+hélicos,	Surpêche - Pollution des plages	
Littoral	↗	Retrait accéléré du trait de côte au SE au droit du Rocher = quasi fermeture de la lagune (2m)	Dynamique littorale, élévation du niveau marin	Disparition, ennoiement de certains secteurs de la couronne	introduire de palétuviers rouges pour qu'une mangrove protectrice de la côte (et nurserie) se développe
	nouveau ↗	Au SE : Rétrécissement de la largeur du cordon littoral de 20m au plus étroit en 2015, à 14m en février 2016 et à 11m en mars 2016	Erosion en augmentation (mesurée) Elévation du niveau marin	Réouverture d'anciennes passes; utilisation du lagon par armements étrangers	Installation d'une station scientifique avec gendarmes
	nouveau	21 mètres = altitude à laquelle ont été trouvés des débris coralliens dans le Rocher (de 29m).	Vagues cycloniques ou tsunamiques	Submersion occasionnelle possible de tout ou partie de l'île	Outre un bâtiment paracyclonique pour la station scientifique, un abri fermé en hauteur dans une grotte ou abri sous roche du Rocher pourrait être aménagé.



Sujet	Tendance	Constats	Causes	Risques	Solutions / Recommandations
Milieu terrestre	nouveau ↓	Baisse importante de la population des oiseaux de mer (fous masqués de 100 000 en 2005 à 35 000 en mars 2016)	Surpêche par pêcheurs et fous eux-mêmes liée à surpopulation + possible début de prédation du rat	Déséquilibre écosystème, domination du rat	Campagne de dératisation
	↓	Crabe terrestre ( <i>Jongarthia planata</i> ) : population en net recul en nombre et en taille; non dénombrée.	Surpopulation des années 2000 conduisant à disparition du couvert herbacé + prédation ↗ du rat	Déséquilibre écosystème, domination du rat	Campagne de dératisation
	↑	Végétation en extension rapide; observation visuelle par rapport à 2015, mais non quantifiée	Diminution de la population de crabes	Consommation possible à venir par le rat	Campagne de dératisation
	↑	Cocotiers >1m dénombrés à 873 individus de plus en plus répartis	Diminution de la population de crabes		
	↔	Déchets, restes, vestiges : pas plus que sur n'importe quelle autre île au monde selon les observateurs du National Géo,	Absence de ramassage, apports marins + missions à terre	Microplastiques dans la chaîne alimentaire; vestiges : danger de blessures et explosion	Campagne de nettoyage et destruction des munitions US, élimination des restes de métaux rouillés
Sécurité et risques	↗	Naufrages, épaves, accidents	Information insuffisante, fréquentations non autorisées, non déclarées	Accidents par naufrage	Améliorer l'information sur les sites gouvernementaux et associatifs
		Blocs rocheux en équilibre instable dans le Rocher	Dissolution, érosion du Rocher	Accidents par effondrements	Dynamitage et sécurisation
		Munitions et ferrailles dans le sol	Vestiges de missions militaires	Accidents	Procéder à une neutralisation des munitions et à un enlèvement des ferrailles
	↗	Augmentation de la population des rats et risque de leptospirose	Introduction par naufrage et épave vers 2000	Cas potentiels de leptospirose si présence avérée	Campagne de dératisation
	↗	Déchets plastiques et microplastiques	Apports par flottaison et missions	Intégration dans les chaînes alimentaires	Campagne de nettoyage

## 7. BIBLIOGRAPHIE

- Allen GR. (2008). Conservation hotspots of biodiversity and endemism for Indo-Pacific coral reef fishes. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 18 (5), 541-556.
- Baums IB, Boulay JN, Polato NR, Hellberg ME (2012). No gene flow across the Eastern Pacific Barrier in the reef-building coral *Porites lobata*. *Molecular Ecology* 21 (22), 5418-5433.
- Bearez Ph. Et B. Séret, 2009. Les poisons. *in Charpy L. (coord.) 2009. - Clipperton, environnement et biodiversité d'un microcosme océanique*. MNHN, Paris ; IRD, Marseille. (Patrimoines naturels; 68).
- Bond ME *et al.* (2012). Reef Sharks Exhibit Site-Fidelity and Higher Relative Abundance in Marine Reserves on the Mesoamerican Barrier Reef. *PLoS ONE* 7, e32983.
- Bourrouilh-LeJan F, Albouy GY, Benderitter Y. (1985b). A tool for a better knowledge of an atoll: the magnetic field at Clipperton island (ENE Pacific). Geophysical and geological results. In *Proceedings of the fifth International Coral Reef Congress*, Tahiti, 6, 407-412.
- Carricart-Ganivet JP, H. Reyes-Bonilla (1999). New and previous records of scleractinian corals from Clipperton Atoll, Eastern Pacific. *Pacific Science* 54, 370-375.
- Charpy L (2009). Clipperton: environnement et biodiversité d'un microcosme océanique. Muséum national d'histoire naturelle, Paris, and Institut de recherche pour le développement, Marseille, 420.
- Charpy L (2009). Clipperton, Environnement et biodiversité d'un microcosme océanique. Publications scientifiques du Museum. IRD Editions, Patrimoines naturels Paris/Bondy, 417.
- 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-EPHE-UPVD. RA231, 62.
- Dyer BS, MW Westneat (2010). Taxonomy and biogeography of the coastal fishes of Juan Fernández Archipelago and Desventuradas Islands, Chile. *Rev. Biol. Mar. Oceanogr.* 45 (S1), 589-617.
- Ehrhardt JP (1971a). Hydrobiologie du lagon de Clipperton. *Cahiers du Pacifique* 15, 89-112.
- Ehrhardt JP (1971b). Census of the birds of Clipperton Island, 1968. *New Mexico, The Condor* 73 (4), 476-480.
- Ekman S (1953). *Zoogeography of the sea*. Sidgwick & Jackson, London.
- Ehrhardt JP (1976). La faune ornithologique de Clipperton en juillet 1968, *Cahiers du Pacifique* 19, 169-179.
- Flot JF, M Adjeroud (2009). Les coraux. *In Charpy L. (coord.), 2009, Clipperton, environnement et biodiversité d'un microcosme océanique*. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, IRD, Marseille, 420. (Patrimoine naturels ; 68),155-162.
- Folliot PH (2016). Valoriser l'île de La Passion (Clipperton) par l'implantation d'une station scientifique à caractère international. *Rapport parlementaire*, Rapport à Monsieur le Premier ministre et à Madame la ministre des Outre-mer, 09 juin 2016, 83.
- Fourrière M, Reyes-Bonilla H, Rodríguez-Zaragoza FA, Crane N (2014). Fishes of clipperton atoll, eastern pacific: Checklist, endemism, and analysis of completeness of the inventory. *Pacific Science*, 68(3), 375-395.

- 
- Gauthier L (1949). Levé hydrographique de l'île Clipperton, Annales Hydrographiques, Service Hydrographique de la Marine III, 20, 5-12.
- Glynn PW, Veron JEN, GM Wellington (1996). Clipperton Atoll (Eastern Pacific): oceanographic setting, geomorphology, reef-building coral communities and zoogeographic relationships. *Coral Reefs* 15, 71-99.
- Goetze JS, Fullwood LAF (2013). Fiji's largest marine reserve benefits reef sharks. *Coral Reefs* 32, 121-125.
- Hickman CP (2008). A field guide to corals and other radiates of Galápagos. Sugar Spring Press. Lexington, Virginia, USA.
- Jaiteh VF *et al.* (2016). Higher Abundance of Marine Predators and Changes in Fishers' Behavior Following Spatial Protection within the World's Biggest Shark Fishery. *Front. Mar. Sci.* 3.
- Jost C 2016. Mission internationale à l'île de La Passion - Clipperton - France du 06 au 30 mars 2016. *Rapport préliminaire de mission*. National Geographic Society - Pristine Seas / Université de la Polynésie française, Papeete, Tahiti. 58 pp.
- Jost Christian, 2016, *Programme PASSION 2015. Rapport exécutif*. HCRPF/MAEDI/UPF. Tahiti, Polynésie française, 30 pages
- Jost C *et al.* (2015). Expédition scientifique internationale *PASSION 2015* à l'île de Clipperton *Rapport de mission*, UPF/UNC/ULR/UNAM/AFD/MAEDI/MOM, Tahiti, Polynésie française, 90.
- Jost C (2013). Rapport de la mission scientifique *PASSION 2013* à de La Passion (Clipperton) du 02 au 11 mars 2013. *Rapport au Haut-commissariat de la République en Polynésie française et à Monsieur le Président de l'université de la Polynésie française*. Papeete, Tahiti, 45.
- Jost C (2011). Evolution, protection et gestion de l'environnement de Clipperton. Quels enjeux pour la France ? in "*Dubocage de Bléville - Clipperton et la Chine*", Actes du colloque du Havre 1-2/04/2011, CHRH, Le Havre, N° spécial hors-série, 163-222.
- Jost CH, Andrefouët S (2007). Long term natural and human perturbations and current status of Clipperton Atoll, a remote island of the Eastern Pacific *Pacific Conservation Biology*, 12(3), 207-218.
- Jost C (2005). Risques environnementaux et enjeux à Clipperton (Pacifique français) *Environment hazards on Clipperton Island (French Pacific): what is at stake?*. *Cybergeo*, 1(314).
- Jost C (2003). Clipperton - Île de la Passion : une aire française du Pacifique à protéger ! in J.-M. Lebigre et P.-M. Decoudras (eds), *Les aires protégées insulaires et littorales tropicales*, Actes du Colloque Dymset, Transcultures, Sepanrit, Aires protégées insulaires et littorales tropicales, Nouméa (Nouvelle-Calédonie), 30-31 octobre 2001, Pessac, CRET, Coll. Iles et Archipels 32, 223-243.
- Jost C (1997). Rapport scientifique de l'expédition océanographique mexicano-française à l'île de Clipperton, aux îles Revillagigedo et au Mexique du 16 nov. au 13 déc.1997. *Rapport au Premier Ministre, au MAE, au SEOM*. Paris, 30.
- Harvey E, Shortis M (1995). A system for stereo-video measurement of sub-tidal organisms. *Mar. Technol. Soc. J.* 29, 10-22.
- Harvey E, Shortis M (1995). Calibration stability of an underwater stereo-video system: implications for measurement accuracy and precision. *Mar. Technol. Soc. J.* 32, 3-17.
- Lessios HA, Robertson DR (2006). Crossing the impassable: genetic connections in 20 reef fishes across the eastern Pacific barrier. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 273(1598), 2201-2208.
- Lessios HA, Kessing BD, Robertson DR (1998). Massive gene flow across the world's most potent marine biogeographic barrier. *Proceedings of the Royal Society of London B: Biological Sciences*, 265(1396), 583-588.
-

- MacArthur RH, Wilson EO (1967). The theory of island biogeography. Princeton University Press, Princeton, New Jersey.
- Myers RA, Worm B (2003). Rapid worldwide depletion of predatory fish communities. *Nature* 423, 280–283.
- Niaussat PM, Ehrhardt JP, Piozin JF (1968). Etude hydrologique et hydrobiologique du lagon de Clipperton. Rapport technique n°33, CRSSA/BIO-ECO, Centre de Recherches du Service de Santé des Armées, Paris, 41.
- Payri C, Menou JL, N'Yeurt (2009). La flore marine du complexe récifal et quelques aspects de la biodiversité et de la géomorphologie de l'île. In Charpy L. (coord.), 2009, Clipperton, environnement et biodiversité d'un microcosme océanique. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, IRD, Marseille, 420 (Patrimoine naturels ; 68), 129-142.
- Pitman RL, Ballance LT, Bost C (2006). Clipperton Island: Pig sty, Rat hole and Booby prize. *Marine Ornithology* 33: 193-194 (2005)
- Pitman Robert L. et J.R. Jr Jehl, 1998. Geographic variation and reassessment of species limits in "Masked" Boobies of the eastern Pacific. *Wilson Bulletin* 110, 155-170.
- Poupin J, Bouchard JM, Albenga L, Cleva R, Hermoso-Salazar M, Solis-Weiss V (2009). Les crustacés décapodes et stomatopodes, inventaire, écologie et zoogéographie. In Charpy L. (coord.), 2009, Clipperton, environnement et biodiversité d'un microcosme océanique. Muséum national d'Histoire naturelle, Paris, IRD, Marseille, 420 (Patrimoine naturels ; 68), 163-171.
- Robertson DR, Allen GR (1996). Zoogeography of the shorefish fauna of Clipperton Atoll. *Coral Reefs*, 15(2), 121-131.
- Sachet MH (1962). Geography and land ecology of Clipperton island. *Atoll Research Bulletin*, 86, 1-115.
- Sachet MH (1960). Histoire de l'île Clipperton. Cahiers du Pacifique, 2, 3-32.
- Sachet Marie-Hélène, 1962. *Monographie physique et biologique de l'île de Clipperton*, Monaco, Annales de l'Institut Océanographique 40,1, 108p.
- Taylor PhG (1948). *Forgotten Island*, London, The Shakespeare Head, 345.
- Tissot BN, Hixon MA, Stein DL (2007). Habitat-based submersible assessment of macro-invertebrate and groundfish assemblages at Heceta Bank, Oregon, from 1988 to 1990. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 352(1), 50-64.
- UNEP/IUCN (1988). *Coral Reefs of the World. Volume 3: Central and Western Pacific*. UNEP Regional Seas Directories and Bibliographies. IUCN/UNEP, Gland, Switzerland, Cambridge, UK, and Nairobi, Kenya.
- Veron JEN (2000). *Corals of the World*. Australian Institute of Marine Science. Townsville, Australia.
- Weimerskirch H, Le Corre M, Bost CA (2008). Foraging strategy of masked boobies from the largest colony in the world: relationship to environmental conditions and fisheries. *Mar Ecol Prog Ser*, 362, 291-302.
- Weimerskirch H, Le Corre M, Bost CA, Ballance L, Pitman R (2009). L'avifaune de l'île Clipperton et l'écologie des oiseaux marins. *Publications scientifiques du Muséum National d'Histoire Naturelles-IRD Editions. Clipperton : Environnement et Biodiversité d'un Microcosme Océanique.*, 68, 381-392.



## 8. MÉTHODOLOGIE

Les données présentées dans ce rapport font parti des études précédentes, et de l'expédition National Geographic Pristine Seas de mars 2016. Cette expédition a reçu l'autorisation du Haut-commissaire de la République en Polynésie française (réf. N° HC/167/CAB/BSIRI/MG du 03 février 2016) pour un débarquement sur l'atoll de Clipperton et l'autorisation du MAEDI pour une campagne océanographique dans la ZEE de Clipperton.

### ORGANISATIONS ET PARTENAIRES DE L'EXPEDITION

			
		 Centre d'Estudis Avançats de Blanes	 Fundación Charles Darwin Foundation
<p>University of California, Santa Barbara, USA</p>	<p>University of Hawaii at Manoa, USA</p>	<p>Centre d'Estudis Avançats de Blanes, Spain</p>	<p>Charles Darwin Foundation, Galapagos</p>
			
<p>ONG mexicaine Pelagios Kakunjá</p>	<p>Centre for Marine Futures, University of Western Australia</p>	<p>US National Park Service</p>	<p>Royal Geographical Society</p>

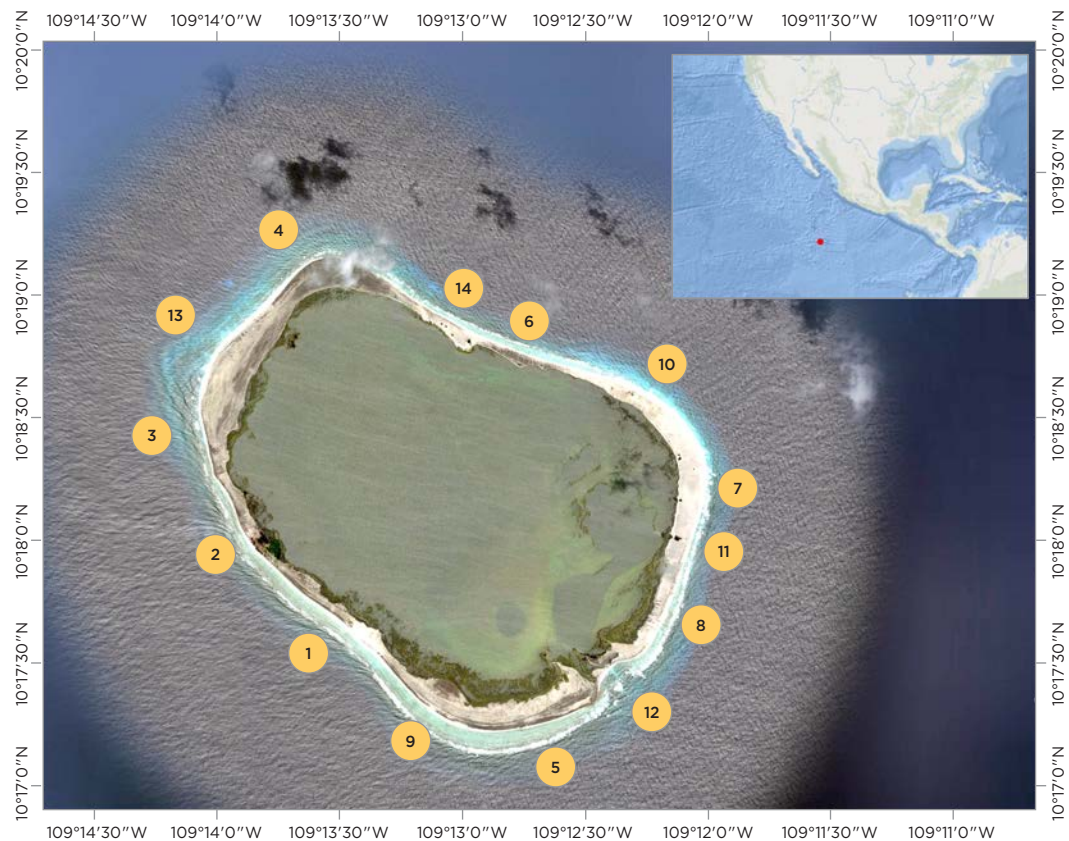
## LISTE DES PARTICIPANTS

Name	Role	Institution	Nationality
Paul Rose	Expedition Leader	National Geographic Pristine Seas & the Royal Geographical Society, London, UK	UK
Alan Friedlander	Chief scientist - fishes	National Geographic Pristine Seas & Fisheries Ecology Research Lab, University of Hawaii	USA
Kike Ballesteros	Benthos	Centre d'Estudis Avançats, Spain	Spain
Jenn Caselle	Fishes, BRUVS	University of California, Santa Barbara	USA
Christian Jost	Geography and ecology	University of French Polynesia, CRIOBE	France
Eric Brown	Benthos	Kalaupapa National Historical Park, US National Park Service	USA
Mauricio Hoyos	Sharks, Sub, BRUVs	Pelagios Kakunjá	Mexico
Pelayo Salinas-de-León	BRUVs, DOVs, Sub	Charles Darwin Foundation (Gal.)	Spain
Chris Thompson	Pelagic cameras	Centre for Marine Futures, University of Western Australia	Australia
Jon Betz	Producer	National Geographic Pristine Seas	USA
Dave McAloney	DSO, logistics	National Geographic Pristine Seas	UK & Aus
Manu San Felix	Underwater video	National Geographic Pristine Seas	Spain
Brad Henning	Dropcam	National Geographic Pristine Seas	USA
José Arribas	Underwater video ass.	National Geographic Pristine Seas	Spain

Nous avons effectué des sondages quantitatifs du benthos et des poissons sur 14 sites tout autour de l'atoll (Fig. 68).

**FIGURE 68.**

Emplacements des sondages quantitatifs sous-marins.



## BENTHOS

La caractérisation du benthos a été effectuée par des plongeurs sur des transects de 50 m de longueur, parallèles à la côte, à deux strates de profondeur (- 20 m et 10 m). Pour les algues, coraux et autres invertébrés sessiles, nous avons utilisé une méthode d'interception en ligne le long de chaque transect, enregistrant les espèces ou taxons trouvés tous les 20 cm sur le mètre ruban. Les densités d'échinodermes ont été quantifiées en quadrats de 50 x 50 cm, avec 25 quadrats par strate de profondeur. Le diamètre de test des échinodermes a été estimé au cm près pour chaque oursin sondé.

Des sondages anecdotiques de la biodiversité pour évaluer la distribution en profondeur des espèces de coraux ont été effectués par plongée en apnée et plongée le long des rives Ouest et Nord-Est à des profondeurs de 0 à 10 m et de 20 à 50 m. La présence / absence d'espèces de coraux a été totalisée sur 3 sondages peu profonds (<10 m) et 4 sondages profonds (20 m à 50 m).

## ANALYSES STATISTIQUES

Les effets du type d'exposition aux vagues (houle des alizés - secteurs Nord-Est et Est; longue période de houle - secteurs Ouest, Sud), de la profondeur (20 m, 10 m) et leurs interactions sur la structure des communautés de corail ont été analysés au moyen d'une analyse de variance par permutation à deux facteurs (PERMANOVA) dans PRIMER 7 (Anderson *et al.* 2008). Avant la PERMANOVA, les pourcentages de données de couverture ont été transformés en racine carrée d'arcsinus et utilisés pour générer un indice de dissimilitude de Bray-Curtis. L'analyse SIMPER dans PRIMER a identifié les contributions des taxons de corail les plus importants pour les différentes communautés de corail autour de l'île sur base des deux facteurs d'intérêt (exposition aux vagues et profondeur). Un positionnement multidimensionnel non métrique (nMDS) a été utilisé pour montrer les différences entre les sites d'échantillonnage en termes de profondeur et d'exposition aux vagues.

## POISSONS DE RÉCIF

À chacune des deux strates de profondeur d'un site, un plongeur a compté tous les poissons rencontrés sur une ceinture de longueur de transects fixe (25 m) dont la largeur variait en fonction de la direction de la nage. Des supports de transects a été attribués le long d'isobathes avec habitat homogène, et 5 m séparait chaque transect. Tous les poissons de  $\geq 20$  cm de longueur totale (TL) ont été comptés dans une bande de 4 m de large sondée sur une « sortie en plongée » initiale alors que la ligne de transect était posée (surface de transect = 100 m<sup>2</sup>). Il s'agissait de grands poissons vagiles. Tous les poissons de TL <20 cm ont été comptés dans une bande de 2 m de large sondée en retour de sortie de plongée le long de la ligne de transect installée (zone transect = 50 m<sup>2</sup>). Cela comprend de petits poissons, moins vagiles et plus attachés au site. Les poissons ont été identifiés aux espèces. La longueur TL des poissons a été estimée au cm près. En outre, toutes les espèces observées en dehors de la zone de transect d'une station ont été enregistrées pour estimer la richesse totale en espèces d'un site. Les poissons ont été comptés par classe de longueur et par longueurs individuelles spécifiques converties en poids corporel. La densité numérique (abondance) a été exprimée en nombre d'individus par m<sup>2</sup> et la densité de biomasse en tonnes par ha. Nous avons effectué des sondages quantitatifs sur 14 sites autour de tout l'atoll. Sur chaque site que nous avons sondé deux profondeurs (10 et 20 m) arrivant à un total de 28 sites x combinaisons de profondeur.

Analyses statistiques - Les métriques d'assemblage de poissons (par exemple, richesse des espèces, abondance numérique, biomasse totale et biomasse par groupe trophique) entre strates de profondeur ont été comparés en utilisant des tests t de Student. Les biomasses totale et par groupe trophique ont été transformées en  $\ln(x+1)$  pour se conformer aux hypothèses paramétriques de normalité et à l'homogénéité des variances. Une analyse de positionnement multidimensionnel non-métrique (nMDS), couplée à une analyse de test de dissimilitude (ANOSIM), ont été réalisées en utilisant PRIMER v6 [38] pour examiner les différences d'assemblages de poissons entre les strates de profondeur. Des indices de dissimilitude de Bray-Curtis séparés ont été créés pour la biomasse des poissons en grammes m<sup>-2</sup> par espèce pour chaque site et profondeur. Avant de procéder au nMDS, les données de biomasse des poissons été transformées par racine carrée. La dissimilitude des pourcentages (SIMPER) a été utilisée pour déterminer les espèces de poissons les plus responsables des dissemblances de pourcentage entre les profondeurs au moyen d'une analyse de dissimilitude Bray-Curtis d'agglomérat de moyenne de groupe de rang hiérarchique (Clarke, 1993).



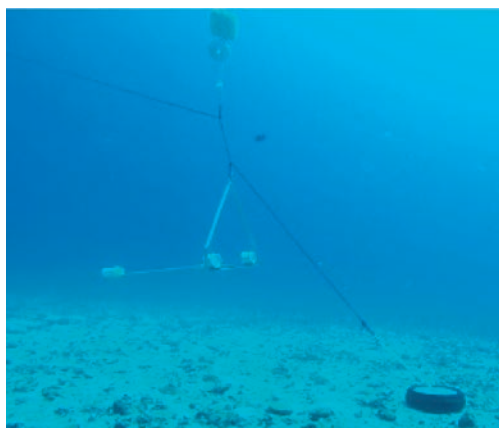
### STATIONS DE STÉRÉO-VIDÉO SOUS-MARINE APPÂTÉE COMMANDÉE À DISTANCE (S-BRUVS)

Pour examiner à distance les requins et autres grands prédateurs, nous avons déployé un système stéréo-vidéo composée de deux caméras haute définition (GoPro Hero 4+) qui filmaient en parallèle à un angle convergent de 7° (Fig. 69). Au moyen du logiciel Event Measure (SeaGIS Australie), il est possible d'analyser des paires de vidéos pour obtenir la présence / absence, l'abondance relative, le sexe (pour les requins) et la longueur des espèces enregistrées. Du fait que les caméras filmaient en 3D, le logiciel Event Measure a permis de mesurer les individus avec une précision <1% d'erreur (Harvey et Shortis, 1995, 1998).

Le système de stéréo-vidéo a été placé sur un cadre en A en aluminium et déployé à 20 m sous l'eau. Le cadre a été fixé à un poids de 20 kg et à un système de bouées conçu pour flotter le système vidéo à 1-1,5 m au-dessus du fond marin. Un sac d'appâts a été attaché à un tuyau en PVC de 1,3 m de long situé en face des caméras. Le sac d'appâts était rempli de poissons gras (par exemple, maquereau, thon, etc.) pour attirer les requins et d'autres poissons prédateurs. Les animaux peuvent sentir l'appât, mais ne peuvent pas y accéder car il se trouve à l'intérieur d'une boîte en PVC.

**FIGURE 69.**

Stations de stéréo-vidéo sous-marine appâtée commandée à distance (S-BRUVS)



**FIGURE 70.**

Sondage par stéréo-vidéo commandée par des plongeurs (S-DOVS)



### SONDAGE PAR STÉRÉO-VIDÉO COMMANDÉE PAR DES PLONGEURS (S-DOVS)

Un plongeur nageait avec un système de caméra stéréo pendant 25 minutes et un autre plongeur l'accompagnait en remorquant une bouée en surface sur laquelle était fixé un GPS (Fig. 70). Le GPS était utilisé pour estimer la longueur de transect totale et aussi pour déterminer la position des différents individus et/ou espèces enregistrés sur les vidéos le long de la transect. Nous avons effectué des sondages par stéréo-vidéo commandée par des plongeurs (DOVs) sur 11 sites autour de l'atoll de Clipperton, couvrant plus de 6,1 km (Fig. 71, Tableau 14).

**TABLEAU 14.**

Sondage par stéréo-vidéo commandée par des plongeurs (DOVs) menées autour de Clipperton. Toutes les sondages ont été effectués à 20 m de profondeur pendant 25 minutes.

Date	Site	Heure	Heure de départ	Lat. de départ	Long. de départ	Lat. finale	Long. finale	Dist. (m)
21-Mar	2	09:13	09:13	10.29561	-109,23014	10,29973	-109,23434	645
21-Mar	3	10:53	10:53	10.30841	-109,23827	10,30455	-109,23579	510
21-Mar	4	11:05	11:05	10.31572	-109,23531	10,31060	-109,23862	685
21-Mar	5	14:52	14:52	10.31603	-109,21500	10,31780	-109,21773	355
21-Mar	6	15:02	15:02	10.31350	-109,20616	10,31478	-109,21105	560
21-Mar	7	16:20	16:20	10.32160	-109,22312	10,31840	-109,21862	610
21-Mar	8	16:27	16:27	10.31895	-109,23192	10,32189	-109,22915	460
22-Mar	9	09:00	09:00	10.29764	-109,19996	10,29171	-109,20115	660
22-Mar	10	09:10	09:10	10.30625	-109,19896	10,31085	-109,20140	605
22-Mar	11	10:32	10:32	10,28549	-109,20990	10,28578	-109,20547	495
22-Mar	12	10:40	10:40	10,28458	-109,21863	10,28794	-109,22223	550

**FIGURE 71.**

Sondages vidéo contrôlés par des plongeurs (DOVs) effectués autour de Clipperton. Les cercles verts indiquent le début de la transect. Les cercles rouges indiquent la fin de la transect.



## SONDAGES QUANTITATIFS AU LARGE

### SONDAGES EN SUBMERSIBLE

Nous avons effectué 16 plongées en submersible au total, totalisant 33,1 heures sous l'eau et à une profondeur maximale de 330 m (Tableau 15).

**TABLEAU 15.**

Plongées réalisées à l'aide du submersible DeepSee.

Date	Temps	Profondeur (cm)	Minutes de plongée	Latitude de départ	Longitude de départ	Latitude d'arrêt	Longitude d'arrêt
12-Mar-16	15:00	280	165	10,29532	-109,23100	10,29118	-109,22830
13-Mar-16	09:00	180	120	10,29498	-109,23328	10,29182	-109,22927
13-Mar-16	14:30	230	120	10,29257	-109,23022	10,29115	-109,22767
14-Mar-16	08:40	186	125	10,29295	-109,23032	10,29130	-109,22845
14-Mar-16	14:40	300	125	10,29030	-109,22933	10,28963	-109,22908
15-Mar-16	08:45	300	125	10,28367	-109,22510	10,28527	-109,22392
15-Mar-16	14:55	280	120	10,28577	-109,22555	10,28540	-109,22313
16-Mar-16	08:50	225	95	10,28563	-109,22405	10,28633	-109,22233
16-Mar-16	15:15	150	90	10,28428	-109,22238	10,28603	-109,22200
17-Mar-16	08:20	250	110	10,28372	-109,22398	10,28512	-109,22127
18-Mar-16	09:20	240	100	10,29795	-109,22013	10,28407	-109,22003
18-Mar-16	14:30	330	140	10,28505	-109,22398	10,28582	-109,22182
19-Mar-16	08:12	150	136	10,28318	-109,22043	10,28400	-109,21928
19-Mar-16	14:25	300	168	10,28575	-109,22713	10,28580	-109,22393
20-Mar-16	08:23	305	128	10,28580	-109,22612	10,28590	-109,22227
20-Mar-16	14:30	303	120	10,28742	-109,22822	10,28638	-109,22497

### CAMÉRAS PÉLAGIQUES

Les stations de vidéo sous-marine appâtée commandée à distance mi-eau (BRUVS mi-eau) sont conçues pour quantifier les caractéristiques des assemblages de poissons pélagiques. Les BRUVS mi-eau consistent en une barre transversale avec deux caméras fixes GoPro séparées de 0,8 m sur un angle convergent vers l'intérieur de 8°. Dans la formation longue-ligne, trois unités étaient déployées simultanément et séparées de 200 m. Les instruments étaient appâtés avec env. 800 g de poisson écrasés.

Nous avons déployé 17 systèmes appâtés de vidéo sous-marine commandée à distance à mi-eau, avec 2 à 3 instruments déployés à chaque lieu en formation longue-ligne. Chaque ensemble de 2 à 3 instruments a été traité comme un seul échantillon indépendant, et les moyennes de richesse en espèces et d'abondance totale ont été calculées sur les trois déploiements pour chaque ensemble. Les 17 sites entouraient l'atoll de Clipperton, à environ 4 km de l'atoll, et pouvaient dériver pendant 2 heures avant d'être récupérés.

## SONDAGES PROFOND AVEC CAMÉRA LARGUÉES

Équipe d'imagerie à distance de National Geographic a développé Deep Ocean Drop-cams, qui sont des caméras haute définition (Sony Handycam HDR-XR520V 12 mégapixels) enfermées dans une sphère en verre de borosilicate qui supportent d'être à 10 000 m de profondeur. Les caméras ont été appâtées avec du maquereau congelé, et la zone de vue par image est comprise entre 2 et 6 m<sup>2</sup>, en fonction de l'inclinaison de la pente où la caméra larguée a atterri.

Nous avons effectué 14 déploiements de caméras, à des profondeurs de 230 à 1497 m (Tableau 16). Temps d'immersion de 4 à 6 heures. Sur les vidéos, le biote a été classé au niveau taxonomique le plus bas possible et pour chaque taxon de chaque déploiement, le nombre maximum d'individus par image (N<sub>max</sub>) a été enregistré. Le substratum pour chaque déploiement a été classé en catégories géologiques standards : boue (M), sable (S), graviers (P), galets (C), rocher (B), roche plate continue (F), crête rocheuse diagonale (R) et top de roche-sommet vertical (T), d'après Tissot *et al.* (2007).

**TABLEAU 16.**

Journal de déploiement de caméra larguée.

Largage #	Date	Latitude	Longitude	Profondeur max [m]	Temps d'enregistrement [min]	Substrat (> 50%)	Substrat (> 20%)
1	13-Mar-16	10,27	-109,23	687	165	Sable	Sable
2	13-Mar-16	10,26	-109,23	754	165	Rocher	Graviers
3	14-Mar-16	10,3	-109,28	1126	180	Graviers	Sable
4	14-Mar-16	10,3	-109,27	925	180	Sable	Sable
5	15-Mar-16	10,35	-109,25	411	180	Sable	Sable
6	15-Mar-16	10,37	-109,27	696	180	Sable	Sable
7	16-Mar-16	10,31	-109,18	895	180	Crête rocheuse	Sable
8	16-Mar-16	10,31	-109,18	967	180	Sable	Graviers
9	17-Mar-16	10,33	-109,22	627	150	Sable	Graviers
10	17-Mar-16	10,35	-109,21	776	150	Sable	Sable
11	18-Mar-16	10,24	-109,22	1367	150	Roche plate continue	Sable
12	18-Mar-16	10,26	-109,19	1197	150	Sable	Sable
13	19-Mar-16	10,26	-109,28	1497	150	Rocher	Roche plate continue
14	20-Mar-16	10,33	-109,28	230	240	Crête rocheuse	Rocher

## ÉCHANTILLONNAGE DE MICROPALÉONTOLOGIE

Les microfossiles sont d'excellents indicateurs des conditions environnementales générales telles que de température, de salinité, d'enrichissement organique, etc. Bien que certaines espèces soient cosmopolites et retrouvées dans le monde entier, d'autres sont propres à certaines régions géographiques. Nous avons recueilli 33 échantillons du premier 1 cm de sédiments sur 12 sites pour déterminer la communauté des microfossiles benthiques présents dans différents environnements de cet atoll éloigné. Des échantillons ont été prélevés dans des flacons de 150 ml par un plongeur entre 8 et 38 m (Tableau 17). En outre, nous avons recueilli du sable jusqu'à 300 m à l'aide du bras manipulateur du submersible DeepSee. Environ 100 ml de sable ont été prélevés pour chaque échantillon. Les échantillons ont été conservés dans une solution d'éthanol 95% avec du colorant au rose Bengale et seront expédiés au Dr. Beverly Goodman, explorateur émergent de National Geographic à l'Université de Haïfa en Israël pour traitement et analyse.



On caractérisera la granulométrie et la minéralogie, ainsi que la composition élémentaire du sédiment. Une partie aliquote de l'échantillon sera sélectionnée pour la caractérisation de microfossiles. Les microfossiles (foraminifères, notamment, mais tout ostracodes, diatomées ou radiolaires seront également documentés) seront isolés pour produire un assemblage de la communauté et un catalogue de la communauté de microfossiles pour chaque lieu d'échantillonnage. Les objectifs sont de fournir un aperçu de l'état de l'environnement, de documenter toute nouvelle espèce, pour créer un catalogue de base qui n'a pas de prélèvements comparatifs précédents, et de fournir un ensemble actualisé pour les sites ayant un enregistrement précédent.

**TABLEAU 17.**

Échantillons de sédiments prélevés à l'île de La Passion (Atoll de Clipperton).

No	Date	Heure	Latitude	Longitude	Échantillon (m)			Commentaires
					A	B	C	
1	13-Mar-16	15:10			260,0			Submersible
2	14-Mar-16	11:20	10,3211	-109,2291	11,0	10,8	10,7	
3	14-Mar-16	15:00	10,2846	-109,2103	18,3	18,2	17,9	
4	15-Mar-16	13:50	10,3149	-109,2121	9,1	8,2	10,3	
5	16-Mar-16	11:28	10,2942	-109,2004	22,9	17,7	21,3	
6	17-Mar-16	09:05	10,3121	-109,2027	19,5	20,1	18,9	
7	17-Mar-16	11:10	10,2993	-109,1989	11,6	11,9	12,2	
8	18-Mar-16	08:30	10,2864	-109,2202	37,2	38,4	36,9	Pente profonde
9	19-Mar-16	08:30	10,3154	-109,2362	15,2		14,6	
10	19-Mar-16	10:37	10,3171	-109,2167	19,8	25,9	27,1	
11	20-Mar-16	15:35			260,0	300,0	220,0	Submersible
12	22-Mar-16	09:30	10,2910	-109,2230	23,8	23,7	24,0	

## ÉCHANTILLONNAGE DE MICROPLASTIQUES

Nous travaillons en partenariat avec l'explorateur émergeant Gregg Treinish de National Geographic de Adventurers and Scientists for Conservation (<http://www.adventurescience.org/>) pour échantillonner des microplastiques pendant de notre expédition. Nous avons recueilli des échantillons d'eau de mer dans des bouteilles de 1 L dans 13 sites au cours de l'expédition (Tableau 18).

Les échantillons seront envoyés à ASC dans le Maine pour traitement. Une fois reçu, l'eau sera aspirée sur un filtre grillé de 0,45 microns et séchée un minimum de 24 heures. Au moyen d'un microscope à grossissement 40x, les morceaux de microplastique (<5 mm) recueillis sur le filtre seront systématiquement comptés le long des lignes de la grille. Chaque morceau de plastique sera classé en fonction de sa forme (ronde, filament / microfibre, autre) et de sa couleur (bleu, rouge, vert, noir, transparent / blanc, autre). Le volume d'eau sera enregistré et le décompte final de l'échantillon divisé par la quantité d'eau pour obtenir une estimation de la densité de chaque pièce.

TABLEAU 18.

Échantillons d'eau prélevés pour l'analyse de microplastiques à l'île de La Passion (Atoll de Clipperton).

No	Date	Heure	Latitude	Longitude	Commentaires
1	13-Mar-16	13:15	10,29002	-109,23054	
2	14-Mar-16	10:45	10,32106	-109,22913	
3	14-Mar-16	17:10	10,28359	-109,21552	
4	15-Mar-16	13:50	10,31494	-109,21211	
5	15-Mar-16	17:10	10,29862	-109,19897	
6	16-Mar-16	11:28	10,29423	-109,20042	
7	16-Mar-16	14:50	10,28636	-109,22016	
8	17-Mar-16	09:05	10,31207	-109,20273	
9	17-Mar-16	11:08	10,29929	-109,19892	
10	17-Mar-16	16:30	10,28839	-109,20377	
11	18-Mar-16	07:34	10,33125	-109,24828	Offshore
12	19-Mar-16	07:26	10,30101	-109,16983	Offshore
13	19-Mar-16	12:06	10,31713	-109,21667	

## MÉTHODOLOGIE - OISEAUX

Un seul dénombrement exhaustif a été réalisé de manière exhaustive en parcourant l'ensemble de la couronne de l'atoll et en comptant tous les oiseaux au sol qu'ils soient seuls ou en couple en nids dits actifs de reproducteurs. Les immatures et les rares juvéniles en cette saison n'ont pas été comptés à part.

Le comptage des oiseaux a été réalisé dans des quadrats virtuels de plus ou moins 100 pas bornés à l'œil par quatre points remarquables (bloc rocheux, broussaille, coin de terrassette, pointe de plaque de végétation, bidon, reste métallique, etc) à 100 et 200 pas en avançant sur la couronne et en ne comptant les oiseaux que dans le quadrat au-delà des 100 premiers pas dans lequel une partie des oiseaux s'envole à l'approche. Le comptage s'est fait à l'aide d'un compteur à main avec enregistrement vocal sur un dictaphone des valeurs pour chaque quadrat. Il a été complété par des photographies au sol des repères et une prise de position par GPS des points remarquables (bidons numérotées de 1 à 16 lors de la mission PASSION 2015, objet ou rocher,)

Le dénombrement a été réalisé les 14 et 15 mars 2016 en journée entre 9h et 16h soit durant la période où l'un des adultes du couple est parti pêcher en mer, le retour se faisant à partir de 16h30, 17h.

Certains secteurs, du Bois de Bougainville et de la stèle (secteur VIII) et une partie du secteur VII, ont fait l'objet d'un comptage le soir, entre 18h et 20h après le retour de tous les oiseaux afin d'évaluer le taux d'accroissement.

Un comptage complémentaire de vérification de certains secteurs a été réalisé a posteriori à partir d'images aériennes (Figs. 72-73). Ces secteurs sont ceux qui sont couverts de broussailles dans la partie basse interne côté lagon de la couronne. Les oiseaux nichant entre les touffes et les buissons, l'approche à pied les surprenait et les faisait fuir rendant le comptage moins précis. Les broussailles masquaient les oiseaux pour un comptage depuis la partie médiane ou haute de la couronne côté océan.

**FIGURE 72.**

Fous masqués sur nids dits actifs. Début de reconstitution des couples en fin de journée lors du retour de la pêche de l'un des adultes. Photo de drone à très basse altitude ; vue vers le NE vers 17h00 le 15 mars 2016. (©Jon Betz - NG-PS)



Sur la figure 72 le comptage est effectué, sur une image très agrandie, jusqu'à la ligne bleue, limite du comptage au sol, dans le quadrat jaune qui est successivement déplacé pour couvrir toute la zone.

Le dénombrement a été réalisé en divisant l'île selon les mêmes secteurs que ceux mis en place par Ehrhardt (1971) et suivi par Pitman (2003) et Weimerskirch (2005) (Fig. 4). Puis multiplié par deux. Sachant qu'au moment du dénombrement, dans la journée, un des adultes des couples est en vol en mer pour pêcher, on peut considérer que la population totale des fous correspond approximativement au double du nombre d'individus au sol. Profitant de nos cinq jours en solitaire sur l'île, des vérifications ont été possibles en soirée. Deux sous-secteurs ont ainsi fait l'objet d'un recomptage des oiseaux à trois reprises à 19h et 20h. Il s'est agi des zones de part et d'autre du campement situé dans le Bois de Bougainville, c'est-à-dire en limite nord et sud du secteur VIII. Les vérifications ont donné des chiffres en soirée de 85% à 90% supérieurs aux chiffres en journée. On est donc bien dans un cas de figure où la population comptée en journée peut être multipliée par 1,90, voire par 2,0 en comptabilisant certaines arrivées tardives.

**FIGURE 73.**

Exemple de comptage des individus par quadrats successifs sur image oblique de drone prise vers le SE vers 17h00 le 15 mars 2016. (©Photo Jon Betz - NG-PS)



D1 bas : 50, D2 bas: 50, D3 bas : 71, D4 bas : 40, D5 bas : 28+30, D6 : 67 bas+58m, D7 :  
104 D8: 136 => Total = 634

1 Droite : 130; D2 : 150; D3 : 186 D4 brousse 48+70; D5 : 29b+54m+50; D6 :148 (66bm);  
D7:104bvert+66; D8: 66+71colonie= 136 pointe gauche => Total : 1170

## 9. ANNEXES

### ANNEXE I.

Espèces de poissons observées lors des sondages quantitatifs. P - piscivores, C - carnivores, Z - planctonivores, H - herbivores. Les espèces sont inscrites en ordre phylogénétique.

Famille	Nom	Trophique
Carcharhinidae	<i>Carcharhinus albimarginatus</i>	P
Carcharhinidae	<i>Carcharhinus falciformis</i>	P
Carcharhinidae	<i>Carcharhinus galapagensis</i>	P
Carcharhinidae	<i>Triaenodon obesus</i>	P
Muraenidae	<i>Echidna nebulosa</i>	C
Muraenidae	<i>Gymnomuraena zebra</i>	C
Muraenidae	<i>Gymnothorax dovii</i>	P
Muraenidae	<i>Gymnothorax flavimarginatus</i>	P
Chanidae	<i>Chanos chanos</i>	Z
Holocentridae	<i>Myripristis berndti</i>	Z
Holocentridae	<i>Myripristis gildi</i>	Z
Aulostomidae	<i>Aulostomus chinensis</i>	P
Fistulariidae	<i>Fistularia commersonii</i>	P
Caracanthidae	<i>Caracanthus maculatus</i>	C
Serranidae	<i>Dermatolepis dermatolepis</i>	P
Serranidae	<i>Epinephelus clippertonensis</i>	P
Serranidae	<i>Epinephelus labriformis</i>	P
Serranidae	<i>Paranthias colonus</i>	Z
Carangidae	<i>Caranx lugubris</i>	P
Carangidae	<i>Caranx melampygus</i>	P
Carangidae	<i>Caranx sexfasciatus</i>	P
Carangidae	<i>Elagatis bipinnulata</i>	P
Carangidae	<i>Trachinotus stilbe</i>	P
Lutjanidae	<i>Lutjanus viridis</i>	C
Mullidae	<i>Mulloidichthys dentatus</i>	C
Kyphosidae	<i>Kyphosus analogus</i>	H
Kyphosidae	<i>Kyphosus elegans</i>	H
Kyphosidae	<i>Sectator ocyurus</i>	H
Chaetodontidae	<i>Forcipiger flavissimus</i>	C
Chaetodontidae	<i>Johnrandallia nigrirostris</i>	C
Pomacanthidae	<i>Holacanthus clarionensis</i>	C
Cirrhitidae	<i>Cirrhitichthys oxycephalus</i>	C



## ANNEXE I. SUITE.

Famille	Nom	Trophique
Cirrhitidae	<i>Cirrhitus rivulatus</i>	C
Pomacentridae	<i>Stegastes beebei</i>	H
Labridae	<i>Bodianus diplotaenia</i>	C
Labridae	<i>Novaculichthys taeniourus</i>	C
Labridae	<i>Stethojulis bandanensis</i>	C
Labridae	<i>Thalassoma grammaticum</i>	C
Labridae	<i>Thalassoma purpureum</i>	C
Labridae	<i>Thalassoma robertsoni</i>	C
Labridae	<i>Thalassoma virens</i>	C
Scaridae	<i>Scarus rubroviolaceus</i>	H
Blenniidae	<i>Ophioblennius steindachneri</i>	H
Zanclidae	<i>Zanclus cornutus</i>	C
Acanthuridae	<i>Acanthurus guttatus</i>	H
Acanthuridae	<i>Acanthurus nigricans</i>	H
Acanthuridae	<i>Acanthurus triostegus</i>	H
Acanthuridae	<i>Ctenochaetus marginatus</i>	H
Acanthuridae	<i>Naso lituratus</i>	H
Sphyraenidae	<i>Sphyraena barracuda</i>	P
Sphyraenidae	<i>Sphyraena qenie</i>	P
Scombridae	<i>Acanthocybium solandri</i>	P
Scombridae	<i>Euthynnus lineatus</i>	P
Bothidae	<i>Bothus mancus</i>	P
Balistidae	<i>Balistes polylepis</i>	C
Balistidae	<i>Melichthys niger</i>	Z
Balistidae	<i>Sufflamen verres</i>	C
Monacanthidae	<i>Aluterus scriptus</i>	C
Monacanthidae	<i>Cantherhines dumerillii</i>	C
Ostraciidae	<i>Ostracion meleagris</i>	C
Tetraodontidae	<i>Arothron meleagris</i>	C
Tetraodontidae	<i>Canthigaster punctatissima</i>	C
Diodontidae	<i>Chilomycterus reticulatus</i>	C

## ANNEXE II.

Table des taxons identifiés lors de déploiements de caméra larguée en mer profonde. NMax est le nombre maximum observé par image de caméra. La moyenne est le nombre moyen observé sur tous les (14) déploiements. Freq (%) est la fréquence à laquelle les taxons sont apparus dans l'échantillon, sur 14 périodes d'échantillonnage.

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Espèces du genre	Total	Nmax	Moyenne	Freq. Appar. (%)	
<b>Éponges</b>	Hexactinellida	Hexactinosida	Farreidae	<i>Farrea spp</i>	1	1	0,1	7,1	
<b>Cnidaires</b>	Anthozoaires	Actiniaria	Boloceroiidae		1	1	0,1	7,1	
			Liponematidae	<i>Liponema brevicornis</i>	1	1	0,1	7,1	
		Alcyonacea	Coralliidés	<i>Corallium laauense</i>	3	3	0,2	7,1	
				<i>Corallium spp.</i>	2	2	0,1	7,1	
			Gorgoniidae	<i>Leptogorgia styx</i>	60	60	4,3	7,1	
		Antipatharia	antipathidae	<i>Stichopathes sp</i>	2	2	0,1	7,1	
			Aphanipathidae		17	17	1,2	7,1	
		Octocoralliaire	Acanthogorgiidae	<i>Acanthogorgia</i>	3	3	0,2	7,1	
		Crinoidea	Comatulida	Charitometridae	<i>Glyptometra lateralis</i>	30	30	2,1	7,1
		Hydrozoa				1	1	0,1	7,1
	Scyphozoa				4	1	0,3	14,3	
<b>Annélides</b>	polychètes				1	1	0,1	7,1	
<b>Mollusques</b>	Gastropodes				80	80	5,7	7,1	
<b>Arthropodes</b>	Malacostraca	Décapodes	Aristeidae		345	100	24,6	71,4	
			Calappidae	<i>Platymera gaudichaudii</i>	4	4	0,3	7,1	
			Galatheidae	<i>Munida hispida</i>	241	100	17,2	28,6	
			Lithodidae	<i>Lithodes nintokuae</i>	13	8	0,9	21,4	
<b>Échinodermes</b>	Asteroidea	Paxillosida	Astropectinidae		5	2	0,4	28,6	
		Spinulosida	Echinasteridae		200	200	14,3	7,1	

## ANNEXE II. SUITE.

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Espèces du genre	Total	Nmax	Moyenne	Freq. Appar. (%)		
Chordés	Actinopterygii	Gadiformes	Macrouridae	<i>Bathygadus</i> sp	24	9	1,7	35,7		
			Moridae	<i>Antimora microlepis</i>	1	1	0,1	7,1		
				<i>Antimora rostrata</i>	1	1	0,1	7,1		
					<i>Guttigadus</i> sp	1	1	0,1	7,1	
				Ophidiiformes	Ophidiidae	<i>Lamprogrammus brunswigi</i>	1	1	0,1	7,1
				Argentiniformes	Argentinidae	<i>Glossanodon</i> sp	1	1	0,1	7,1
				Scorpaeniformes	Scorpaenidae	<i>Pontinus</i> spp	5	5	0,4	7,1
			<i>Scorpaenodes rubrivinctus</i>			1	1	0,1	7,1	
			Chondrichthyes	Carcharhiniformes	Scyliorhinidae	<i>Apristurus</i> spp.	3	2	0,2	14,3
					Sphyrnidae	<i>Sphyrna lewini</i>	1	1	0,1	7,1
				Chimaeriformes	Chimaeridae	<i>Hydrolagus purpureus</i>	9	5	0,6	28,6
				Squaliformes	Echinorhinidae	<i>Echinorhinus cookei</i>	3	1	0,2	14,3
					Etmopteridae	<i>Centroscyllium nigrum</i>	2	2	0,1	7,1

## ANNEXE III.

Table des taxons identifiés lors des sondages par plongée en submersible. Les chiffres des totaux et moyennes valent pour l'ensemble des 16 sondages. Freq (%) est le pourcentage de fois qu'un taxon était présent lors des 16 sondages.

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Espèces du genre	Total	Moyenne	Fréq. (%)	
Éponges								
	Demospongiae	Agelasida	Agelasidae		83	5,2	87,5	
Bryozoaires								
					111	6,9	12,5	
Cténophores								
					7	0,4	18,8	
Cnidaires								
	Anthozoaires	Alcyonacea	Acanthogorgiidae	<i>Acanthogorgia</i> sp	18	1,1	18,8	
			Aquaumbridae	<i>Aquaumbra klapferi</i>	100	6,3	6,3	
			Gorgoniidae	<i>Leptogorgia styx</i>	238	14,9	56,3	
					11	0,7	12,5	
		Antipatharia	antipathidae	<i>Antipathes galapagensis</i>	1	0,1	6,3	
				<i>Antipathes</i> spp.	113	7,1	31,3	
					2	0,1	6,3	
		Scleractinia (Scléactinaires)	Agariciidae	<i>Leptoseris incrustans</i>	1	0,1	6,3	
				<i>Pavona varians</i>	1	0,1	6,3	
			Caryophylliidae	<i>Caryophyllia</i> spp.	146	9,1	37,5	
				<i>Coenosmilia inordinata</i>	54	3,4	25,0	
					61	3,8	18,8	
					110	6,9	12,5	
					8	0,5	37,5	
		Hydrozoaires	Siphonophorae			229	14,3	31,3
		Scyphozoaires	Semaeostomeae	Ulmaridae	<i>Aurelia aurita</i>	9	0,6	37,5
Mollusques								
	Céphalopodes	Octopodes			1	0,1	6,3	
Annélides	Polychètes							
					4	0,3	18,8	
Arthropodes								
	Malacostraca	Décapodes	Calappidae	<i>Platymera gaudichaudii</i>	12	0,8	56,3	
					14	0,9	62,5	
			Epialtidae	<i>Stenocionops</i> sp.	5	0,3	12,5	



## ANNEXE III. SUITE.

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Espèces du genre	Total	Moyenne	Fréq. (%)
Arthropodes			Galatheidae		1	0,1	6,3
					3	0,2	12,5
		Mysidacés			1	0,1	6,3
Échinodermes							
	Oursins	Diadematoida	Diadematidae	<i>Echinothrix diadema</i>	1	0,1	6,3
	Ophiures	Ophiurida	Amphiuridae	<i>Ophiothrix galapagensis</i>	460	28,8	43,8
					4	0,3	25,0
Chordés							
	Actinopterygii	Anguilliformes	Muraenidae	<i>Gymnothorax dovii</i>	6	0,4	6,3
				<i>Gymnothorax</i> spp.	9	0,6	25,0
		Beryciformes	Holocentridae	<i>Myripristis</i> spp.	2	0,1	12,5
		Ophidiiformes	Bythitidae		1	0,1	6,3
		Perciformes	Acanthuridae	<i>Acanthurus nigricans</i>	3	0,2	12,5
			Blenniidae		1	0,1	6,3
			Carangidae	<i>Caranx dumerili</i>	1	0,1	6,3
				<i>Caranx lugubris</i>	20	1,3	68,8
				<i>Caranx melampygus</i>	13	0,8	25,0
				<i>Caranx sexfasciatus</i>	7	0,4	37,5
				<i>Elagatis bipinnulata</i>	66	4,1	75,0
				<i>Seriola lalandi</i>	2	0,1	12,5
				<i>Seriola rivioliiana</i>	65	4,1	37,5
				<i>Caranx</i> spp.	4	0,3	18,8
			Chaetodontidae	<i>Forcipiger flavissimus</i>	1	0,1	6,3
				<i>Johnrandallia nigrirostris</i>	1	0,1	6,3
				<i>Prognathodes falcifer</i>	11	0,7	12,5
			Epinephelidae	<i>Dermatolepis dermatolepis</i>	16	1,0	50,0
				<i>Epinephelus cifuentesi</i>	54	3,4	43,8
			<i>Epinephelus clippertonensis</i>	2	0,1	12,5	
			Sp <i>Epinephelus</i> .	2	0,1	6,3	
		Kyphosidae	<i>Kyphosus</i> spp.	52	3,3	18,8	
		Labridae	<i>Bodianus diplotaenia</i>	23	1,4	56,3	

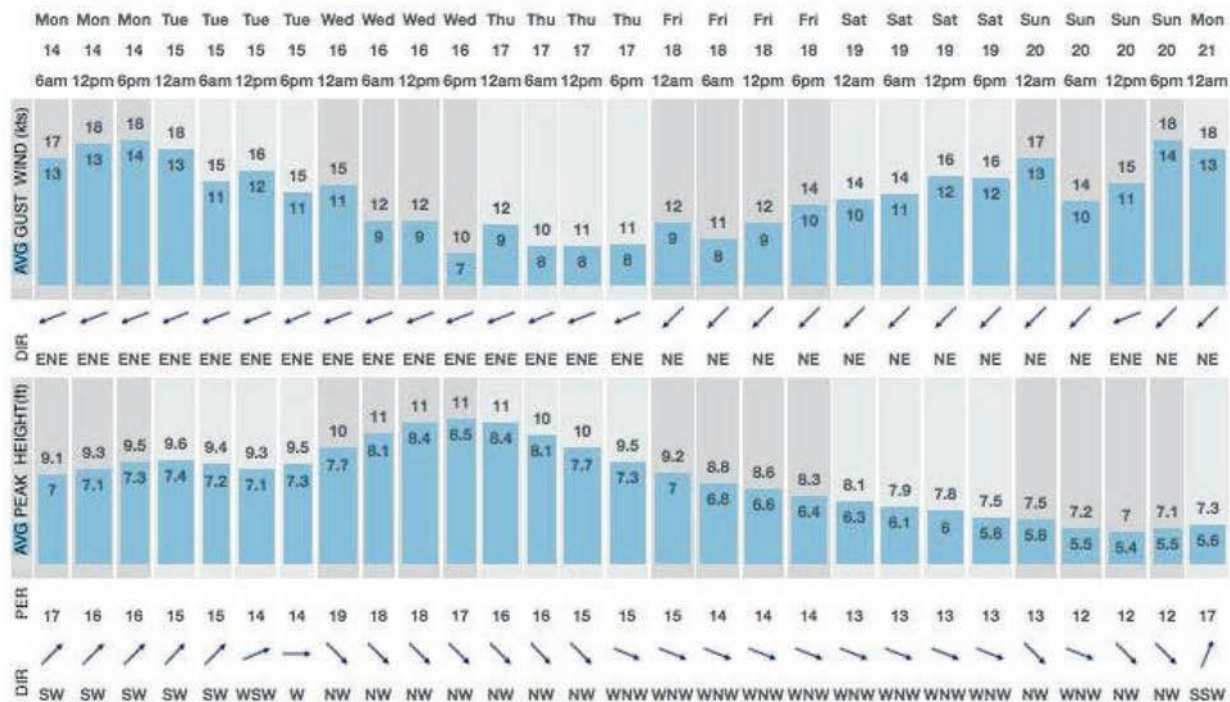
Phylum	Classe	Ordre	Famille	Espèces du genre	Total	Moyenne	Fréq. (%)
Chordés				<i>Thalassoma robertsoni</i>	1	0,1	6,3
			Lutjanidae	<i>Lutjanus</i> spp.	2	0,1	6,3
				<i>Lutjanus viridis</i>	1	0,1	6,3
			Mullidae	<i>Mulloidichthys dentatus</i>	13	0,8	12,5
			Pomacanthidae	<i>Holacanthus clarionensis</i>	101	6,3	12,5
				<i>Holacanthus limbaughi</i>	11	0,7	37,5
					2	0,1	6,3
			Pomacentridae	<i>Chromis alta</i>	5	0,3	6,3
				<i>Chromis</i> spp.	8	0,5	12,5
				<i>Stegastes baldwini</i>	1	0,1	6,3
				<i>Stegastes</i> spp.	1	0,1	6,3
			priacanthidae	<i>Cookeolus japonicus</i>	51	3,2	12,5
					1	0,1	6,3
			Scaridae	<i>Scarus rubroviolaceus</i>	1	0,1	6,3
			scombridés	<i>Acanthocybium solandri</i>	4	0,3	18,8
				<i>Euthynnus lineatus</i>	200	12,5	6,3
				<i>Katsuwonus pelamis</i>	1	0,1	6,3
				<i>Scomber scombrus</i>	1	0,1	6,3
				<i>Thunnus albacares</i>	1006	62,9	43,8
					3	0,2	12,5
			Serranidae	<i>Epinephelus labriformis</i>	2	0,1	6,3
				<i>Liopropoma fasciatum</i>	1	0,1	6,3
				<i>Paranthias colonus</i>	1571	98,2	56,3
					198	12,4	18,8
			Zanclidae	<i>Zanclus cornutus</i>	2	0,1	6,3
					3	0,2	6,3
		Scorpaeniformes	Scorpaenidae	<i>Pontinus vaughani</i>	72	4,5	81,3
					15	0,9	18,8
			Sebastidae	<i>Sebastolobus</i> spp.	1	0,1	6,3
		Syngnathiformes	Aulostomidae	<i>Aulostomus chinensis</i>	3	0,2	18,8
			Fistulariidae	<i>Fistularia commersonii</i>	1	0,1	6,3
		Tetraodontiformes	Balistidae	<i>Melichthys niger</i>	2	0,1	12,5
				<i>Sufflamen</i> spp.	6	0,4	18,8
				<i>Sufflamen verres</i>	3	0,2	12,5
		Diodontidae	<i>Diodon Holocanthus</i>	2	0,1	6,3	
		Monacanthidae		1	0,1	6,3	
		Tetraodontidae	<i>meleagris Arothron</i>	1	0,1	6,3	
Chondrichthyes	Carcharhiniformes	Carcharhinidae	<i>Carcharhinus albimarginatus</i>	12	0,8	56,3	

## ANNEXE III. SUITE.

Phylum	Classe	Ordre	Famille	Espèces du genre	Total	Moyenne	Fréq. (%)	
Chordés				<i>Carcharhinus falciformis</i>	51	3,2	62,5	
				<i>Carcharhinus galapagensis</i>	12	0,8	43,8	
				<i>Galeocerdo cuvier</i>	2	0,1	12,5	
			Sphyrnidae	<i>Sphyrna lewini</i>	128	8,0	50,0	
		Myliobatiformes	Myliobatidae		12	0,8	18,8	
					4	0,3	12,5	
		Thaliacés	Salpida	Salpidae		3	0,2	18,8
		Tunicata				2	0,1	12,5

## ANNEXE IV.

### Wind & Wave Forecast for 10.322° N / 109.086° W



### Wind & Wave Forecast for 10.32° N / 109.087° W







**CRIOBE**

 NATIONAL GEOGRAPHIC

**PRISTINE  
SEAS**

**UPF**  
UNIVERSITÉ  
DE LA POLYNÉSIE FRANÇAISE

