

LES ÉCOSYSTÈMES **MARINS**

CONSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ DES
MONTS SOUS-MARINS DE HAUTE MER



FONDS FRANÇAIS POUR
L'ENVIRONNEMENT MONDIAL





MUSÉUM NATIONAL
D'HISTOIRE NATURELLE



MINISTÈRE
DE L'EUROPE ET DES
AFFAIRES ÉTRANGÈRES



MINISTÈRE
DE L'ENSEIGNEMENT
SUPÉRIEUR,
DE LA RECHERCHE
ET DE L'INNOVATION



FONDS FRANÇAIS POUR
L'ENVIRONNEMENT MONDIAL

LES ÉCOSYSTÈMES MARINS

CONSERVATION DE LA BIODIVERSITÉ DES MONTS SOUS-MARINS DE HAUTE MER

Auteurs :

Les personnes suivantes ont contribué à la rédaction de cet ouvrage :

Philippe Bouchet¹
Laure Corbari¹
Estelle Crochelet²
Janique Etienne³
Nadia Deckert⁴
Hélène Gadenne
Florence Galletti²
Sabrina Guduff⁵
Isabel Jimenez⁵
Stephan Jorry⁶

Antonia Leroy²
Frédéric Ménard²
Virginie Plot²
Julien Rochette⁶
Anjara Saloma⁷
Warwick Sauer⁸
François Simard⁵
Aurélie Spadone⁵
Jean-François Ternon²
Glen Wright⁶

Affiliations à l'époque de leur contribution :

- 1 : MNHN, Muséum National d'Histoire Naturelle, France
- 2 : IRD, Institut de Recherche pour le Développement, France
- 3 : FFEM, Fonds Français pour l'Environnement Mondial
- 4 : Ministère de l'Europe et des Affaires Etrangères, France
- 5 : UICN, Union Internationale pour la Conservation de la Nature, Suisse
- 6 : Iddri, Institut du Développement Durable et des Relations Internationales, France
- 7 : Cetamada, Madagascar
- 8 : Rhodes University, Afrique du Sud



Remerciements :

Les auteurs de cette publication et les acteurs du projet remercient chaleureusement l'Institut Polaire Français Paul-Emile Victor, l'armateur CMA-CGM et l'équipage du Marion Dufresne II pour la conduite des opérations à bord, lors de l'expédition MD208 Walters Shoal, qui s'est déroulée du 22 avril au 18 mai 2017 dans le cadre du projet UICN FFEM-SWIO¹. Leurs plus vifs remerciements vont également à tous les participants de la campagne en mer.

1 Projet "Conservation et exploitation durable des écosystèmes de monts sous-marins et sources hydrothermales du sud-ouest de l'océan Indien au-delà des zones de juridiction nationale" [2014-2018].

Contents

Préface	5
Abréviations et acronymes	8
Introduction	10
1. Avancées scientifiques	14
1.1 Contexte écologique, pressions et impacts des activités humaines	15
1.1.1 Processus océaniques physiques et enrichissement des niveaux trophiques	15
1.1.2 Structure des peuplements	17
1.1.3 Endémisme	18
1.1.4 Menaces provenant de la pêche	18
1.1.5 Menaces provenant de l'exploitation minière	19
1.1.6 Lacunes	20
1.2 Campagne océanographique sur le Banc Walters en 2017	22
1.2.1 Un mont sous-marin isolé et peu connu	22
1.2.2 Premiers relevés topographiques détaillés du Banc Walters	28
1.2.3 Campagne océanographique sur le Banc Walters en 2017 : Pluridisciplinarité et interactions Sciences-Sociétés	29
1.2.4 Composante benthique	34
1.2.5 Composante pélagique	46
1.3 Biodiversité des prédateurs supérieurs autour du Banc Walters	60
1.3.1 Contexte	60
1.3.2 Résultats	62
1.3.3 Conclusion	64
1.4 Etude de connectivité via l'utilisation de modèles numériques	65
1.4.1 Contexte	65
1.4.2 Résultats	66
1.4.3 Conclusion et implications en termes de coopérations internationales	67
2 La science en appui à la gouvernance de la haute mer	70
2.1 L'apport des premières observations aux régimes de protection juridique actuels	73
2.2 Faisabilité d'une Aire marine protégée globale « Banc Walters »	81
2.3 Candidature du Banc Walters au statut d'aire marine protégée	84

3	Cadre de gouvernance et gestion de la haute mer dans le sud-ouest de l’océan Indien	86
3.1	Les institutions et organisations présentes dans la région	87
3.2	Outils de gestion par zones en vue de la conservation des écosystèmes	92
3.3	Gestion des pêches : problème ou solution ?	96
3.3.1	Mandats et outils de gestion dans les ZAJN	96
3.3.2	Les fermetures de pêches de l’APSOI	97
3.3.3	Initiatives nationales unilatérales	99
3.4	Exploitation de richesses minières potentielles, menaces ou opportunités ?	100
3.4.1	Limitation des impacts de l’exploitation minière	100
3.5	Mise en place des aires marines protégées en eaux internationales	102
3.6	Contrôle et surveillance, un défi à relever	104
3.6.1	Systèmes de surveillance	104
3.6.2	Améliorer les capacités de contrôle et surveillance dans les ZAJN de l’océan Indien occidental	113
4	Conclusion	116
	Références bibliographiques	119

Préface

Le Fonds Français pour l'Environnement Mondial (FFEM) intervient depuis plus de 25 ans en appui à des projets qui visent la préservation des écosystèmes marins et côtiers et un développement économique durable des territoires au service de la politique française de développement et de solidarité internationale.

Sollicités par l'Union Internationale pour la Conservation de la Nature (UICN), nous nous sommes interrogés début 2013 sur la faisabilité et la pertinence, dans ce cadre spécifique, mobilisant l'aide publique française au développement, de soutenir un projet de conservation de la biodiversité en haute mer, projet qui s'appuierait sur une meilleure connaissance des monts sous-marins et plus particulièrement du mont « Walters Shoal » dans le sud de l'océan Indien, grâce à une campagne en mer, et qui permettrait une nouvelle réflexion sur la gouvernance de l'océan au-delà des juridictions nationales.

Cette réflexion soulevait plusieurs questions :

- Quelle est la nature du lien entre la biodiversité en haute mer et le développement des pays limitrophes, en particulier des pays en développement (PED) et des petits Etats insulaires en développement (PEID) ? Quel est le niveau de connectivité entre les écosystèmes de haute mer et ceux des milieux côtiers ? Quelles espèces sont concernées ? Les pressions sur les ressources halieutiques, pélagiques, démersales et benthiques au-delà des 200 miles nautiques, où s'applique jusqu'à présent le principe de liberté des mers, ont-elles un impact sur les économies côtières ? Sur la base de quels critères caractériser l'importance de ces écosystèmes de haute mer pour mieux les préserver ?
- S'agissant de la gouvernance de la haute-mer, c'est dans le cadre de la Convention des Nations Unies sur le Droit de la Mer (CNUDM) que se prépare la création d'un instrument international juridiquement contraignant pour la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité marine dans les zones situées au-delà des juridictions nationales (BBNJ²) : quels rôles les PED et les PEID, et/ou les organisations régionales qui les représentent, auront à jouer dans ce nouvel accord et comment les accompagner pour mieux préserver leurs intérêts ?

- Comment les résultats d'une campagne en mer peuvent-ils influencer les institutions et les Etats, et contribuer à une meilleure préservation d'écosystèmes au-delà des limites des Zones Economiques Exclusives (ZEE) ? Comment faciliter le dialogue à l'échelle régionale entre scientifiques et décideurs ?

Même si le projet n'allait pas nous permettre de répondre à toutes ces questions, le comité de pilotage du FFEM du 8 octobre 2013 fut néanmoins convaincu que le projet « Conservation et exploitation durable des écosystèmes de monts sous-marins et sources hydrothermales du sud-ouest de l'océan Indien au-delà des zones de juridiction nationale » permettrait de contribuer à apporter des réponses argumentées.

En particulier, deux enjeux majeurs ont justifié le soutien du FFEM à ce projet :

- **Les pressions croissantes sur des ressources halieutiques limitées, pouvant avoir des répercussions tant en termes économiques que sur le plan de la sécurité alimentaire des populations dépendantes de la pêche.**

En effet, si les zones marines situées au-delà des juridictions nationales représentent 64% de la surface de l'océan et plus d'un milliard de km³, dont la principale caractéristique est la continuité et donc la connectivité³, l'intensification de la pêche a considérablement réduit les stocks de gros poissons qui ont chuté des deux tiers en un siècle. On constate un effondrement des stocks de mérus, thons, requins, avec des conséquences en chaîne tant sur les réseaux alimentaires que sur l'équilibre des écosystèmes : changement dans la structure des communautés de poissons au profit d'individus de plus petite taille⁴. Les économies en développement représentent 54%⁵ des exportations totales des produits de la pêche en valeur et 60% en poids.

- **Une période clé sur le plan de la structuration de la gouvernance de la haute-mer**

En l'absence de cadre juridique contraignant pour préserver la biodiversité en haute mer et faire face aux pressions, notamment liées à la pêche et aux activités de prospection et d'exploration des fonds, une réflexion a démarré en 2006 avec neuf réunions d'un groupe de travail établi par l'Assemblée générale des Nations Unies (AGNU) suivies jusqu'en 2017 par quatre réunions d'un comité préparatoire.

3 Boeuf G. (2015). Les écosystèmes marins dans la régulation du climat, FFEM, Paris pp 30-31

4 Christensen, V., Coll, M., Piroddi, C., Buszowski, J., Steenbeek, J., D. Fish biomass in the world ocean: A century of decline. *Marine Ecology Progress series*, 2014, 512, 155-166.

5 The State of World Fisheries and Aquaculture 2014, FAO, 2014

La principale difficulté réside dans l'accord à trouver entre des pays non maritimes mais concernés par l'utilisation des océans, des pays disposant de grands espaces maritimes outre-mer, des PEID, des pays avec ou sans flotte hauturière, des pays attachés au régime de liberté de la haute mer et des pays favorables à la création d'un régime plus contraignant, en lien avec la Convention sur la diversité biologique. La plupart des Etats reconnaissent l'importance des Conventions régionales sur les mers pour l'application et la mise en œuvre de l'accord.

Des recommandations ont été formulées à l'intention de l'AGNU et le 21 juillet 2017 un accord a été conclu à l'ONU pour lancer une Conférence intergouvernementale sur la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité marine au-delà de la juridiction nationale. Les négociations ont débuté en septembre 2018. Depuis le lancement des négociations en septembre 2018, trois sessions de la Conférence intergouvernementale se sont tenues en septembre 2018, mars-avril 2019 et août 2019. Au moment de la publication de cet ouvrage, les négociations se poursuivent avec une quatrième session programmée.

Le projet soutenu par le FFEM au bénéfice de l'UICN, en partenariat avec l'IRD, le Muséum National d'Histoire Naturelle et l'IDDRI et dont les résultats sont présentés dans cet ouvrage, apporte un éclairage particulier à la question de la préservation de la biodiversité en haute mer, à la fois par son approche régionale (sud-ouest de l'océan Indien) et par la dynamique des échanges entre spécialistes du milieu marin, scientifiques, juristes et experts en sciences politiques.

La mise en œuvre d'un accord juridique contraignant permettant de préserver la biodiversité essentielle de la haute mer nécessitera temps, volonté politique et la mobilisation dans la durée des acteurs du secteur.

« L'avenir des océans n'est pas écrit, il sera ce que l'on en fera » Pierre Mollo

*Janique Etienne
Fonds Français pour l'Environnement Mondial*

Abréviations et acronymes

AGNU	Assemblée générale des Nations Unies
AIFM	Autorité Internationale des Fonds Marins
ADCP	Courantomètre à effet Doppler (de l'anglais "Acoustic Doppler Current Profiler")
AIS	Système d'identification automatique (de l'anglais "Automatic Identification System")
AMP	Aire marine protégée
APEI	Zones d'intérêt environnemental particulier (de l'anglais "Areas of Particular Interest")
APSOI (SIOFA en anglais)	Accord relatif aux pêches dans le sud de l'océan Indien
ASMA	Zone spécialement gérée de l'Antarctique (de l'anglais "Antarctic Specially Managed Areas")
ASPA	Zone spécialement protégée de l'Antarctique (de l'anglais "Antarctic Specially Protected Areas")
BBNJ	Biodiversité marine dans les zones situées au-delà des juridictions nationales (de l'anglais «biodiversity beyond national jurisdiction»)
BPA	Territoire benthique protégé (de l'anglais "Benthic Protected Area")
CBD	Convention sur la Diversité Biologique
CBI	Commission baleinière internationale
CCAMLR	Commission pour la conservation de la faune et la flore marines de l'Antarctique (de l'anglais "Commission for the Conservation of Antarctic Marine Living Resources")
CITES	Convention on International Trade in Endangered Species of Wild Fauna and Flora
CMA-CGM	Compagnie Maritime d'Affrètement et Compagnie Générale Maritime
CNCSP	Centre national de contrôle et de surveillance de la pêche
CNUDM	Convention des Nations Unies sur le Droit de la Mer
COI	Commission de l'océan Indien
COMRA	China Ocean Mineral Resources Research and Development Association
CoP	Convention of the Parties
CPM	Convention du patrimoine mondial
CPSOI	Commission des pêches du sud-ouest de l'océan Indien
CSP	Centre de surveillance des pêches
CTOI	Commission des thons de l'océan Indien
DEA	Department of Environmental Affairs
DVL	Durée de Vie Larvaire
EBSA	Ecologically and Biologically Significant Area
EMV (VME en anglais)	Ecosystèmes marins vulnérables
FAO	Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (de l'anglais «Food and Agriculture Organization»)
FFEM	Fonds Français pour l'Environnement Mondial
FMC	Centre de surveillance des pêches (de l'anglais "Fishing Monitoring Center")
IDDRI	Institut du Développement Durable et des Relations Internationales
IMO	International Maritime Organization
INN (IUU en anglais)	Pêche illicite, non déclarée et non réglementée

IPEV	Institut polaire français Paul-Émile-Victor
IPOA	Plan d'action international (de l'anglais "International Plan of Action")
IRD	Institut de Recherche pour le Développement
KBA	Zone clé pour la biodiversité
MN	Milles nautiques
MNHN	Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris
NOAA	National Oceanic and Atmospheric Administration
OIO	Océan Indien occidental
OMI	Organisation maritime internationale
OPASE	Organisation des pêches de l'Atlantique du Sud-Est
ORGP	Organisation régionale de gestion des pêches
PED	Pays en développement
PEID	Petits Etats insulaires en développement
PNUE	Programme des Nations Unies pour l'environnement
PSSA	Zone maritime particulièrement sensible (de l'anglais "Particularly Sensitive Sea Area")
RPOA	Plan d'action regional (de l'anglais "Regional Plan of Action")
RSFP	Plan régional de surveillance des pêches (de l'anglais "Regional Fisheries Surveillance Project")
SADC	Communauté de développement de l'Afrique australe (de l'anglais "Southern African Development Community")
SCS (MSC en anglais)	Suivi, Contrôle et Surveillance
SEIR	Dorsale sud-est Indienne (de l'anglais "Southeast Indian Ridge")
SFA	Autorité de la pêche des Seychelles (de l'anglais "Seychelles Fishing Authority")
SIF	Stop à la pêche illégale (de l'anglais "Stop Illegal Fishing")
SIODFA	Association de pêcheurs en eaux profondes du sud de l'océan Indien (de l'anglais «Southern Indian Ocean Deepsea Fishers Association»)
SPAMI	Aires Spécialement Protégées d'Importance Méditerranéenne (de l'anglais "Specially Protected Areas of Mediterranean Importance")
SWIO	Sud-Ouest de l'océan Indien (de l'anglais "South West Indian Ocean")
SWIR	Dorsale sud-ouest Indienne (de l'anglais "Southwest Indian Ridge")
UICN (IUCN en anglais)	Union Internationale pour la Conservation de la Nature
UMR MARBEC	Unité Mixte de Recherche, MARine Biodiversity, Exploitation and Conservation
UNEA	Assemblée des Nations Unies pour l'environnement (de l'anglais "United Nations Environment Assembly")
UNESCO	Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture
UNFSA	Accord des Nations Unies sur les stocks de poissons chevauchants (de l'anglais "United Nations Agreement on Straddling Fish Stocks")
VMS	Système de surveillance des navires par satellite (de l'anglais "Vessel Monitoring System")
ZAJN	Zones marines situées au-delà de la juridiction nationale
ZEE	Zone Economique Exclusive
ZIEB (EBSA en anglais)	Zone marine d'importance écologique et biologique

Introduction

La haute mer essentielle à la vie sur Terre...

L'océan fournit à l'humanité des biens et des services écologiques essentiels au maintien de la vie sur Terre. Il occupe 70 % de la surface du globe et un volume de 1,3 milliard de km³. La haute mer, c'est-à-dire les eaux au-delà des limites de la juridiction nationale⁶, couvre 64% de la surface de l'océan, soit environ la moitié de la surface de la planète. La haute mer comprend des habitats très variés comme les fronts océaniques, les upwellings, les milieux bathypélagiques (la pleine eau entre mille et plusieurs milliers de mètres de profondeur), les plaines abyssales, les monts sous-marins ou les sources hydrothermales. On estime que 90% de la biosphère est contenue dans les océans ou elle est organisée en chaînes et réseaux trophiques complexes. De nombreuses espèces, y compris des espèces commerciales importantes, dépendent à la fois de l'environnement côtier et de la haute mer.

Les écosystèmes variés qui occupent la haute mer et les fonds marins au-delà des limites de la juridiction nationale sont souvent difficiles à explorer à cause de leur éloignement des côtes et de leur profondeur, ce qui fait qu'ils restent

majoritairement inexplorés à ce jour. Nombre de ces écosystèmes sont « moins connus que la lune » ! Ils représentent les dernières frontières inexplorées de la planète. On sait néanmoins que ces écosystèmes, tant pélagiques (de la colonne d'eau⁷) que benthiques (sur ou à proximité du fond), jouent un rôle fondamental dans le fonctionnement des océans, qui à leur tour assurent la stabilité du climat de la planète, sa résilience au changement climatique, mais aussi notre sécurité alimentaire. Or les impacts des activités humaines sur ces écosystèmes et les chaînes trophiques sont encore mal connus, ou peu pris en compte, qu'ils soient d'échelle globale comme le changement climatique ou la pollution marine, ou plus locale comme la pêche ou les activités minières. La surexploitation des ressources halieutiques représente une menace majeure pour les écosystèmes des monts sous-marins. La raréfaction des stocks sur les plateaux continentaux pousse l'industrie à rechercher de nouvelles zones de pêche. Les avancées technologiques (dans les domaines de la pêche et de la navigation) permettent désormais l'exploitation de certains écosystèmes, comme les monts sous-marins situés dans des zones de haute mer éloignées, où la pêche intensive est pratiquée depuis la seconde moitié du 20ème

6 Selon la définition de la Convention des Nations unies sur le droit de la mer (CNUDM, ou UNCLOS pour *United Nations Convention on the Law of the Sea*).

7 Le volume d'eau compris entre le plancher océanique et la surface.

siècle⁸. D'autre part, l'exploration des ressources minérales des fonds en vue de leur exploitation s'est fortement accélérée récemment, y compris sur les zones de monts sous-marins⁹. La vulnérabilité des écosystèmes de monts sous-marins et des ressources qui leur sont associées a été mise en évidence à de multiples reprises, rendant leur protection urgente et nécessaire.

Un autre aspect fondamental concerne la connectivité écologique, c'est-à-dire les liens existants entre ces zones de haute mer et les zones côtières, dont les populations locales sont directement dépendantes. Il devient donc primordial, pour pouvoir agir et prendre les décisions adéquates, de mieux connaître ces milieux éloignés et profonds. L'enjeu n'est pas seulement la connaissance en elle-même mais bien la connaissance comme socle à la prise de décision ; la connaissance scientifique comme pièce maîtresse et préalable à la mise en place d'un cadre international de gouvernance et de gestion pour ces milieux lointains.

Une gouvernance fragmentée et incomplète...

Les zones au-delà des limites de la juridiction nationale, dites de « haute mer » sont régies par la Convention des Nations Unies sur le Droit de la Mer de 1982 (CNUDM).

Elles ont un statut international basé sur deux régimes juridiques distincts :

1. les fonds marins situés au-delà du plateau continental, appelés la Zone, bénéficient du régime de patrimoine commun de l'humanité ; et
2. la colonne d'eau, située au-dessus de la Zone, qui bénéficie du principe de liberté de la haute mer¹⁰.

Les activités économiques qui s'y déroulent sont sous la responsabilité de l'État du pavillon. Cependant, à ce stade il n'y a pas de fondement juridique international permettant de créer des zones de protection qui soient respectées par tous les utilisateurs. On y invoque souvent le principe de non-appropriation de la haute mer et l'impossibilité pour un État de restreindre l'accès d'une zone à un autre État. La gestion durable de la haute mer pose donc un certain nombre de problèmes majeurs.

Le cadre global de gouvernance des zones au-delà de la juridiction nationale (ZADJN ou anglais ABNJ, *Areas Beyond National Jurisdiction*) défini par la CNUDM est complétée par divers accords internationaux sectoriels concernant la pêche, les activités minières ou le transport maritime. Ce cadre est partiel, fonctionne en silos et surtout ne réglemente pas la protection de la biodiversité marine : en 1982, la biodiversité n'était pas encore à l'ordre du jour et les États n'avaient simplement pas prévu de la prendre en compte dans leurs négociations. La communauté internationale a reconnu la nécessité d'améliorer ce cadre en enrichissant la CNUDM d'un nouvel

8 FAO. 2016. La situation mondiale des pêches et de l'aquaculture 2016. Contribuer à la sécurité alimentaire et à la nutrition de tous. Rome. 224 pages.

9 8 contrats en 2010 contre 31 en 2021 (source : Current ISA Contracts – DSM Observer et Exploration Contracts | International Seabed Authority (isa.org.jm))

10 Article 87 de la CNUDM.

instrument international juridiquement contraignant, un accord d'application sur la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité marine dans les zones situées au-delà de la juridiction nationale (dit accord BBNJ ou BBNJ Agreement, en anglais). Celui-ci comblerait ces lacunes et renforcerait le cadre de gouvernance de la biodiversité marine. C'est l'objet des négociations qui ont débuté en 2018 aux Nations Unies avec l'ouverture d'une Conférence Intergouvernementale autour d'un nouvel accord (Résolution 72/249 du 24 décembre 2017 de l'Assemblée Générale des Nations Unies¹¹).

La gestion des activités et la protection de la biodiversité en haute mer est rendue complexe par l'éloignement, le manque de connaissances, et un cadre de gouvernance imparfait, partiel et sectoriel qui ne permet pas de mettre en place une approche écosystémique qui favoriserait la protection des milieux et des organismes marins, et la conservation des biens et services fournis par ces écosystèmes. Il est également important de faire progresser les moyens de gestion actuels mis en œuvre sur la base des organisations compétentes existantes, et d'améliorer leurs performances en continuant d'apporter les éléments de connaissances nécessaires à une gestion plus efficace.

Faire avancer la science pour soutenir la prise de décision...

Le projet « Conservation et exploitation durable des écosystèmes de monts sous-marins et sources hydrothermales du sud-

ouest de l'océan Indien au-delà des zones de juridiction nationale » a débuté en 2014. Cette région du monde a été choisie en raison des informations et données existantes, des partenaires de la région, de son exemplarité en matière de gouvernance (Convention de mer régionale Nairobi; Accord relatif aux pêches dans le sud de l'océan Indien (SIOFA) en vigueur depuis 2012) ainsi que de son importance en matière de biodiversité. Le projet s'est attelé à (i) améliorer l'état des connaissances sur les écosystèmes marins profonds en haute mer, (ii) améliorer et renforcer les cadres de gouvernance dans le contexte de la pêche et de l'exploration et exploitation des ressources minérales, (iii) proposer des mesures concrètes de conservation et gestion des écosystèmes marins en haute mer, et (iv) communiquer les résultats et attirer l'attention des décideurs politiques. Le Banc Walters a été sélectionné pour son unicité. Il s'agit d'un vaste mont sous-marin, situé au sud de Madagascar, à plus de 700 km de la première terre, et culminant à moins de 20 mètres sous la surface de l'océan. Il a été peu exploré par les scientifiques, légèrement davantage par certains bateaux de pêche hauturière, et reste donc relativement inconnu.

La connaissance de tels écosystèmes à l'échelle globale ne sera jamais exhaustive. Pour autant, les campagnes de recherche océanographique se sont multipliées au cours des dernières années. Les informations collectées ont permis de mieux apprécier l'importance de ces écosystèmes, notamment en termes de biodiversité. L'isolement géographique de nombreux monts sous-marins est un élément

11 Résolution 72/249 portant sur l'instrument international juridiquement contraignant se rapportant à la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer et portant sur la conservation et l'utilisation durable de la biodiversité marine des zones ne relevant pas de la juridiction nationale

propice à la spéciation et à l'endémisme des espèces qui ont su s'adapter à ces environnements spécifiques. La prise de conscience de la richesse et de la vulnérabilité des tels écosystèmes s'étend au-delà du milieu scientifique. Certaines organisations professionnelles de pêcheurs qui exploitent les ressources associées à ces milieux promeuvent également des mesures de gestion et de conservation et expriment le besoin. D'autre part, le droit international des pêches et de l'environnement, mobilisé pour limiter les atteintes portées par les pêches profondes, peine à voir traduire aux échelles régionales ses exigences par des mesures d'interdiction de pratiques et de techniques ou de fermeture de zones de pêche. Pour autant, la tâche de recensement et d'actions à entreprendre est complexe et les enjeux, notamment financiers, sont énormes. Pour exemple, l'isolement de la plupart des monts sous-marins rend difficile la mise en place et le contrôle de mesures de gestion des ressources exploitables (problème de la pêche illicite, non déclarée et non réglementée). L'éloignement de ces sites augmente d'autant les coûts d'exploitation, ce qui rend difficile une gestion raisonnée de la ressource et contribue au développement de comportements opportunistes et irresponsables. Il convient donc d'informer – par l'acquisition de nouvelles connaissances scientifiques sur le fonctionnement de ces écosystèmes particuliers – et de communiquer sur l'importance et la vulnérabilité des monts sous-marins, avec toutes les réserves que l'immensité de la tâche impose, et en tenant compte du fait qu'ils sont de plus en plus exposés aux risques anthropiques du fait de la disponibilité des

techniques sophistiquées pour les atteindre et les exploiter. Les enseignements tirés des études réalisées, de l'expédition océanographique sur le Banc Walters, des analyses du cadre de gouvernance et des réflexions sur les moyens adéquats de gestion, permettent de proposer un faisceau de solutions pour conserver les inestimables ressources de la haute mer, sa biodiversité et les services écosystémiques qu'elle offre. Ces propositions ont été présentées, et continueront à l'être, aux organisations internationales compétentes comme la Convention de Nairobi ou l'Accord relatif aux pêches dans le sud de l'océan Indien (APSOI) en premier lieu, mais aussi aux organisations internationales concernées comme la CNUDM dans le cadre du nouvel instrument BBNJ et l'Autorité Internationale des Fonds Marins (AIFM).

Cet ouvrage présente les résultats des travaux de trois équipes scientifiques sur le Banc Walters (Partie 1) : une expédition océanographique qui a exploré les milieux pélagiques et benthiques du mont sous-marin Banc Walters, une étude de la biodiversité des grands prédateurs qui utilisent le site, et une analyse de la connectivité marine des monts sous-marins de l'océan Indien occidental. Les présentations de ces travaux sont suivies de réflexions sur l'utilisation de la science en appui à la gouvernance des espaces océaniques éloignés (Partie 2) et de pistes sur le renforcement du cadre de gouvernance et l'amélioration de la gestion des activités humaines dans les zones au-delà de la juridiction nationale du sud-ouest de l'océan Indien (Partie 3).



1 Avancées scientifiques

1.1 Contexte écologique, pressions et impacts des activités humaines

La planète compte des centaines de milliers de monts sous-marins. Principalement d'origine volcanique, ces élévations topographiques non émergentes sont pour la plupart situées en haute mer et forment l'un des plus vastes environnements océaniques avec environ 28,8 millions de km² (Etnoyer *et al.*, 2010). De plus de 1000 m au-dessus du plancher océanique jusqu'à atteindre quelques mètres sous la surface de l'eau, il existe entre 25 000 et 140 000 formations de grande taille et jusqu'à 25 millions de petites élévations de plus de 100 m de haut - un nombre principalement estimé par altimétrie satellitaire (Yesson *et al.*, 2011).

Les processus océaniques que ces formations engendrent favoriseraient la disponibilité directe des ressources alimentaires, faisant de ces écosystèmes des environnements reconnus comme particuliers, voir uniques, en matière d'activités biologiques, de biodiversité et de patrimoine génétique. Ils sont également considérés comme des centres importants d'endémisme.

Etant donné que seuls quelques centaines de monts sous-marins sur la planète ont fait l'objet d'études approfondies, le manque de données scientifiques rend difficile la vérification des nombreuses hypothèses formulées quant à la dynamique et à la composition des peuplements de ces écosystèmes particuliers et potentiellement vulnérables. En effet, depuis la seconde moitié du 20^e siècle, ceux-ci sont au cœur

d'un double enjeu : celui de l'exploitation des ressources halieutiques par l'industrie de la pêche et celui de futurs projets de l'exploitation minière.

L'océan Indien est le troisième plus grand océan au monde couvrant trente pourcents de la surface des eaux océaniques. Caractérisés par trois rides médio-océaniques, c'est sur la dorsale sud-est Indienne (Southeast Indian Ridge ou SEIR) que l'occurrence des monts sous-marins et des sources hydrothermales est la plus importante. A dominance tropicale, cet océan compte une part importante de la biodiversité côtière et profonde, bien que celle-ci soit en majorité inconnue ou partiellement décrite (Ruwa and Rice, 2016 ; Das *et al.*, 2005). La région du sud-ouest de l'océan Indien est la moins étudiée et la moins bien connue.

1.1.1 Processus océaniques physiques et enrichissement des niveaux trophiques

Les processus physiques engendrés par la dynamique des masses d'eau autour des monts sous-marins sont susceptibles de jouer un rôle dans l'enrichissement de la chaîne trophique, en favorisant la disponibilité des ressources et conférant ainsi à ces écosystèmes, en termes de biodiversité et d'abondance des espèces, la dénomination de « point chaud ».



Un des célèbres processus physiques décrit en laboratoire, mais rarement observé en milieu naturel, se nomme « colonne de Taylor ». En fonction des courants incidents, des caractéristiques géomorphologiques des monts sous-marins et de la stratification verticale de la colonne d'eau, l'interaction dite « courant-topographie » peut engendrer des méandres et tourbillons de rétention (colonne ou cône), piégeant les organismes planctoniques sur le pourtour du sommet du mont, facilitant ainsi leur accessibilité (Huppert 1975 ; Huppert et Brian 1976). Autre processus remarquable, les flux verticaux communément appelés « upwelling » : ces mouvements d'eau ascendants le long des pentes des monts sont connus pour optimiser le transport des nutriments vers la surface, promouvant ainsi la production primaire (Lévy, 2008 ; Capet *et al.*, 2008). Par là-même, la stratification verticale se

trouve renforcée, augmentant le piégeage des nutriments et organismes dans la couche de surface. Ces échanges le long des pentes influencent aussi la répartition spatiale des peuplements benthiques. Egalement décrits dans les processus physiques, la friction des courants de fond ou encore les courants d'advection en provenance de la haute mer peuvent respectivement provoquer la remise en suspension des sédiments et des nutriments associés aux fonds, ou contribuer à l'apport de nutriments et de matières biologiques allochtones participant à la productivité biologique du mont sous-marin (White *et al.*, 2007).

Les flux verticaux de nutriments sur les pentes du mont et/ou la rétention d'organismes à la dérive (e.g. : plancton) par les phénomènes de colonne de Taylor peuvent contribuer à l'enrichissement en

organismes des niveaux trophiques inférieurs (production primaire) sous réserve que des conditions océaniques favorables soient persistantes. Pour ce qui est des niveaux supérieurs (e.g. zooplancton), l'enrichissement serait favorisé par les apports allochtones des flux horizontaux de ressources en provenance de la haute mer (Genin and Boehlert, 1985 ; Dower *et al.*, 1992 ; Mouriño *et al.*, 2001 ; Genin and Dower, 2007 ; White *et al.*, 2007 ; Hirsch and Christiansen, 2010) et par une liaison directe entre production primaire et secondaire.

1.1.2 Structure des peuplements

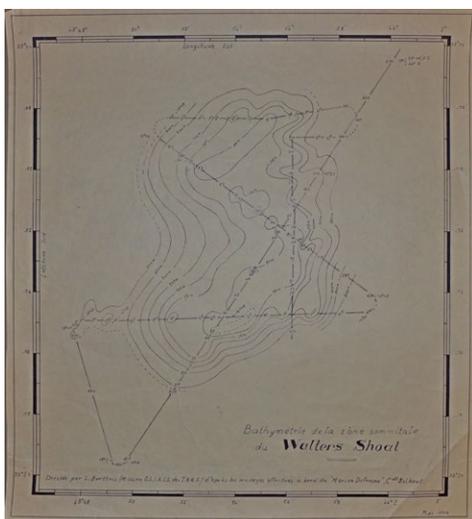
Les interactions « courant-topographie » citées plus haut et induites par la présence d'un mont sous-marin contribuent généralement à la fragmentation des peuplements ou communautés. Selon la profondeur d'élévation du mont sous-marin, celui-ci peut notamment avoir un impact direct sur la fragmentation verticale planctonique (zooplancton, micronecton) ou sur la fragmentation amont-aval souvent

observée en raison de courants d'advection (Genin and Dower, 2007).

Les taxons façonnant l'habitat des monts sous-marins correspondent aux Cnidaires. Comme l'a décrit Rogers (1994 ; 2004 ; 2012), l'importante faune dominante du substrat dur de nombreux monts sous-marins des grands fonds est constituée par des organismes sessiles fixés (coraux, éponges), qui se nourrissent de particules alimentaires en suspension dans l'eau.

Par ailleurs, des espèces pélagiques de poissons, de requins, de calmars et de baleines se rassemblent généralement sur des monts sous-marins situés à une faible profondeur en raison du processus physique d'agrégation de nutriments (petits poissons, larves et plancton) autour de la partie sommitale, décrit ci-avant et appelé « colonne de Taylor ».

L'ensemble de la région du sud-ouest de l'océan Indien constitue l'une des zones d'importance écologique et biologique (ZIEB) d'après la Convention sur la diversité biologique (CDB). Cette région est importante pour de nombreux oiseaux marins, tels que les albatros et les pétrels, qui nichent dans les îles du sud (dont les îles Kerguelen et Crozet) en été et migrent sur le Banc Walters et à proximité de la ride de Madagascar pendant l'hiver austral. C'est également une importante aire de nourrissage pour les espèces tropicales d'oiseaux de mer, comme le Pétrel de Barau, une espèce endémique de l'île de la Réunion. Les thons tropicaux (thon albacore) et ceux des eaux tempérées (thon blanc germon) convergent également dans cette zone et constituent un stock abondant de poissons pélagiques pêchés par les palangriers (espadons et thons).



1.1.3 Endémisme

Les monts sous-marins ont souvent été considérés comme des lieux à endémisme élevé, comparativement aux autres environnements marins (Richer De Forges *et al.*, 2000 ; Morato et Clark, 2007 ; Rogers, 2004, 2012). Cependant, à l'échelle macroécologique, la faune des monts sous-marins reflète en général les assemblages d'espèces présentes sur les marges continentales et les monts sous-marins avoisinants (Samadi *et al.*, 2006 ; Stocks and Hart, 2007 ; McClain *et al.*, 2009 ; Brewin *et al.*, 2009 ; Clark *et al.*, 2010). Si, de par l'état actuel des connaissances, tout porte à croire que la composition de l'assemblage peut être semblable aux environnements avoisinants, la structure des communautés peut cependant varier d'un habitat à l'autre (Consalvey *et al.*, 2010).

1.1.4 Menaces provenant de la pêche

Le nombre de monts sous-marins dans cette partie occidentale de l'océan Indien est estimé à 268 dans ce que l'on qualifie de « zone pêchable », correspondant aux parties sommitales à moins de 2000 m de profondeur. La FAO indiquait en 2009 que le sud-ouest de l'océan Indien vivait un accroissement notable de ses captures. Cependant, c'est aussi une région où les statistiques de pêche ont longtemps été les moins disponibles ou les moins bien référencées (Kimani *et al.*, 2009) avec une amélioration à l'entrée en vigueur de l'AP-SOI (Accord relatif aux pêches dans le sud de l'océan Indien) en 2012. Ce sont principalement les programmes de recherche en prospection halieutique et les compagnies de pêche qui disposent de données biologiques et des cartes bathymétriques

les plus détaillées de la région. Seules des synthèses de données sont consultables publiquement et il n'existe pas de compilation sur la répartition des espèces (FAO, 2002 ; Romanov, 2003 ; Shotton, 2006 ; Tracey *et al.*, 2011).

L'épuisement des ressources biologiques résultant des activités de pêche est un des premiers risques que courent les monts sous-marins. En un temps très court, ces territoires exigus peuvent être fortement impactés par la pression que représentent ces activités. Les espèces cibles sont souvent d'abondance globale faible et leur agrégation sur les monts sous-marins, à certains stades de leur cycle de vie (reproduction), facilite dangereusement leur accessibilité. A ceci, s'ajoute le facteur d'isolement qui rend les mécanismes évolutifs et écologiques des écosystèmes de monts sous-marins, très différents de ceux qui opèrent dans l'océan profond qui les entoure. Du fait des échanges limités avec les peuplements d'autres monts ou les peuplements côtiers, il faudrait des décennies avant de rétablir les effectifs en cas d'affaiblissement des stocks (Simard and Spadone, 2012).

La dégradation de l'habitat et des communautés associées, par un impact mécanique sur la structure de l'écosystème, constitue une autre menace liée à la pêche, et notamment celle pratiquée par les chaluts de fonds. La remise en suspension des sédiments est également une conséquence indirecte de ce type de pêche, associée au manque de sélectivité des captures. Nous pouvons nous attendre à ce que les prises accessoires des chaluts incluent une large gamme d'invertébrés benthiques, de poissons et d'oiseaux marins, comptant parmi eux des espèces

sensibles ou vulnérables. Les répercussions sur ces écosystèmes pourraient s'observer notamment au niveau des relations prédateur-proie. La menace liée aux engins de pêche fantômes continuant de « pêcher », une fois perdus ou jetés en mer, compte aussi parmi les menaces potentielles (Simard and Spadone, 2012).

Néanmoins, près de 40 ans d'exploitation marque l'histoire de la pêche sur les monts sous-marins dans le sud-ouest de l'océan Indien (Zucchi *et al.*, 2018). Les campagnes soviétiques d'exploration halieutiques ont débuté dans les années 1970 sur la ride sud-ouest Indienne (SWIR¹²), la ride du Mozambique et la ride de Madagascar, tandis que la pêche au chalut de fond a commencé en 1980 (Romanov, 2003 ; Clark *et al.*, 2007). La flotte française a également mené des pêches expérimentales au chalut de fond sur la même période, sur la ride de Madagascar et la ride sud-ouest Indienne, et en particulier le Banc Walters (Collette and Parin, 1991). En 1990, de nouveaux monts sous-marins étaient exploités, et la flotte palangrière se développait sur la ride sud-ouest Indienne. Plus récemment (dans les années 2000), les palangriers de l'île de la Réunion ont développé la pêche aux thonidés au sud de Madagascar, avec un effort important consacré à ce type de pêche dans la région du sud-ouest de l'océan Indien (Zucchi *et al.*, 2018).

Les espèces principalement ciblées par ces pêcheries ont un faible taux de reproduction et se regroupent au moment de la reproduction sur les monts sous-marins. Elles sont donc particulièrement exposées et sensibles (faible résilience) à la surexploi-

tation (hoplostète orange - *Hoplostethus atlanticus*, poisson cardinal - *Epigonus telescopus*, tête casquée pélagique - *Pseudopentaceros richardsoni*, oreo - *Oreosomatidae*, béryx allongé) (Clark *et al.*, 2007).

1.1.5 Menaces provenant de l'exploitation minière

Le volume océanique profond, au-delà de 200 m de profondeur (plancher océanique et colonne d'eau), représente 95% du volume mondial des océans. Les planchers océaniques sont explorés depuis la fin des années 70 (essentiellement dans la zone de Clarion-Clipperton, Pacific) (Cuyvers *et al.*, 2018). Aujourd'hui, le nombre de métaux exploités a mondialement triplé pour satisfaire les besoins industriels, et les ressources sur les terres émergées sont en raréfaction. L'exploration des fonds marins pour trouver de nouveaux gisements est une des alternatives envisagées par l'industrie concernée.

Les ressources minérales du milieu marin se trouvent principalement sous trois formes : les nodules polymétalliques dans les plaines abyssales, les encroûtements cobaltifères de ferromanganèse sur les monts sous-marins, et les sulfures polymétalliques à proximité des sources hydrothermales le long des dorsales. Actuellement, l'ingénierie pour l'extraction des encroûtements polymétalliques situés sur les monts sous-marins est peu développée. Malgré l'intérêt économique et la faible profondeur des encroûtements (au-dessus de 2500 m), les procédés d'extraction restent pour l'instant techniquement complexes concernant cette ressource (Hein *et al.*,

2009 in Cuyvers *et al.*, 2018). Cependant, les procédés d'extraction induisent, ou induiront, une destruction de l'habitat et de la faune associée. Ils génèrent également des particules fines riches en métaux toxiques, pouvant être transportés par les courants de fonds sur de très grandes distances, menaçant la faune suspensivore et la faune pélagique. Ces menaces comprennent également la pollution sonore provenant des techniques d'extraction (pistolets à air comprimé, sonars, machines à forage), la pollution générée par les boues et amas de forage pouvant être contaminés par des hydrocarbures et des produits chimiques, ainsi que par les fluides de forage, mais aussi les fuites et le déversement de pétrole et de gaz (Simard and Spadone, 2012).

En juillet 2021, le nombre de contrats d'exploration accordés par l'Autorité Internationale des Fonds Marins (AIFM - <https://www.isa.org.jm/fr/contractants-des-fonds-marins>) dans la Zone internationale des fonds marins s'élevait à 31, soit plus d'1.2 millions de kilomètres carrés de fonds océaniques, incluant 5 contrats accordés pour l'océan Indien. Ces contrats sont décrits dans le tableau suivant :

1.1.6 Lacunes

Les principales lacunes de connaissances à propos des monts sous-marins concernent la connaissance de leur répartition, notamment en eaux profondes (>1500 m) (Rogers, 2012) - la position et la profondeur des sommets étant importantes pour la gestion des pêcheries sur ces écosystèmes. Un manque de prélèvement d'échantillons sur les monts sous-marins à des latitudes équatoriales est également reconnu (Rogers, 2012), les études ayant jusqu'ici principalement porté sur des monts sous-marins de l'Atlantique Nord et le Sud-Ouest du Pacifique. Rogers (2012) identifie également comme lacunes principales les connaissances géologiques et d'océanographie physique des monts sous-marins, l'acquisition de connaissances sur la biodiversité et la productivité associées à l'océan Indien, ainsi que l'évaluation du statut des espèces en vue de la création d'une liste des espèces en danger. La région du sud-ouest de l'océan Indien abrite un nombre important d'espèces endémiques, raison pour laquelle elle a été classée comme point chaud en termes de biodiversité marine (Roberts *et al.*, 2002 ; Bellard *et al.*, 2013). Cependant, cette région de l'océan mondial reste peu étudiée.

Tableau 1 Contrats accordés pour l'océan Indien

Ressources minérales ciblées	Contractant	Localisation
Nodules polymétalliques	Gouvernement d'Inde	Bassin de l'océan Indien central
Sulfures polymétalliques	Gouvernement d'Inde	Océan Indien central (dorsale centrale indienne et dorsale sud-ouest indienne)
	Federal Institute for Geosciences and Natural Resources of the Federal Republic of Germany	Océan Indien central (dorsale centrale indienne)
	Gouvernement de la République de Corée	Dorsale centrale indienne
	China Ocean Mineral Resources Research and Development Association (COMRA)	Dorsale sud-ouest indienne

Par ailleurs, une meilleure compréhension du fonctionnement des monts sous-marins nécessiterait une connaissance détaillée de la structure de la chaîne alimentaire (par ex. : couplage benthopélagique), des facteurs influençant la répartition des organismes benthiques, le rôle des phénomènes d'interaction « courant-topographie » (upwelling, mélange vertical, rétention, mise en suspension) sur la production primaire, des communautés microbiennes, la comparaison faunistique entre monts sous-marins situés à des profondeurs équivalentes, et des stades biologiques des espèces (études génétiques).

Notre compréhension des écosystèmes de monts sous-marins pourra être améliorée

par un échantillonnage mondial plus important, par des méthodes d'échantillonnage et d'analyse normées ainsi que par l'amélioration de la capacité de synthèse et de partage des données à grande échelle, en particulier l'accès aux données sur l'exploitation minière et la pêche en haute mer.

Nous serons alors d'avantage en mesure d'évaluer l'impact à long terme du changement climatique et ses menaces sur les communautés composant les écosystèmes de monts sous-marins. Il sera possible d'établir des indicateurs et des protocoles de surveillance, et ainsi de mieux identifier les facteurs de stress potentiels.



1.2 Campagne océanographique sur le Banc Walters en 2017

1.2.1 Un mont sous-marin isolé et peu connu

Le Banc Walters (33°12'S / 43°54'E) ou Walters Shoal a été découvert en 1962 par le navire sud-africain SAS *Natal*, commandé par le capitaine Johan Charl Walters. Sa particularité est d'être l'une des rares structures de l'océan Indien, avec le banc Saya de Malha au nord de l'île Maurice, à simultanément culminer dans la zone photique et être située dans les eaux internationales : le Banc Walters est en effet très isolé, à 700 km au sud de Madagascar et à 1000 km des côtes d'Afrique du Sud.

C'est, entre autre, cette particularité qui a conduit à le choisir comme cible scientifique du projet.

Situé à l'extrémité sud de la ride de Madagascar, au-delà de la zone économique exclusive (ZEE) actuelle et potentiellement étendue, le Banc Walters fait donc partie des monts sous-marins ayant un sommet atteignant la zone photique et situé en haute mer. Il s'agit d'une structure dont la superficie délimitée au-dessus de l'isobathe 500 mètre est estimée à 400 km², et la partie la plus haute désignée comme le sommet, est connue pour culminer à



moins de 20 mètres sous la surface de la mer. Certaines sources parlent de -15 ou -18 mètres, tandis que d'anciennes cartes bathymétriques de 1973 retrouvées lors de ce projet indiquent même des brisants (Zucchi *et al.*, 2018; Berthois, 1973).

Le Banc Walters est situé dans une zone au sein de laquelle les courants sont modérés et peu variables, avec notamment une faible influence des tourbillons de méso-échelle qui dominent la circulation océanique dans le voisinage du sud de Madagascar. Il s'agit là de conditions favorables pour le développement et la persistance de processus d'enrichissement biologique susceptible de concerner l'ensemble de la chaîne trophique (du plancton aux prédateurs supérieurs) (Ravokatra, 2014 ; Pinet *et al.*, 2012). Ce mont sous-marin a en effet été considéré comme un lieu de

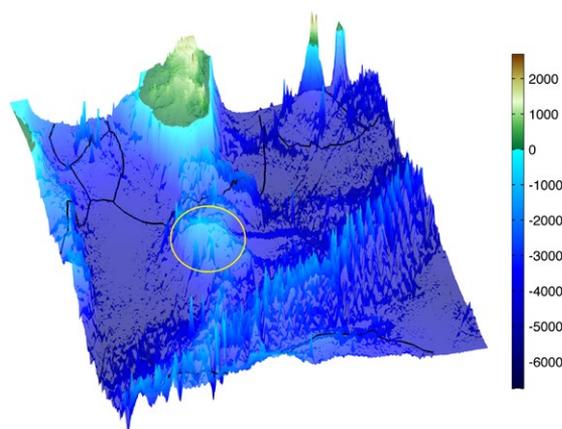
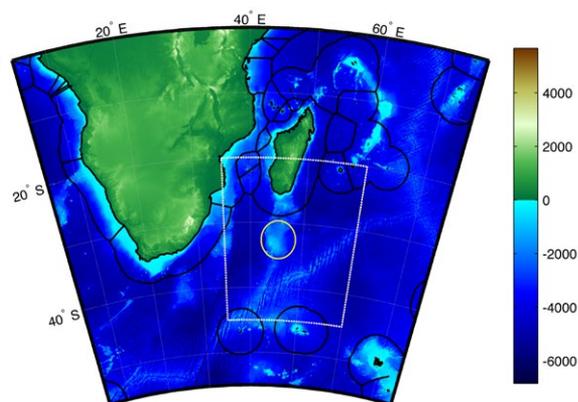
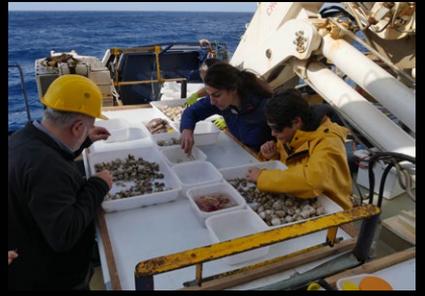
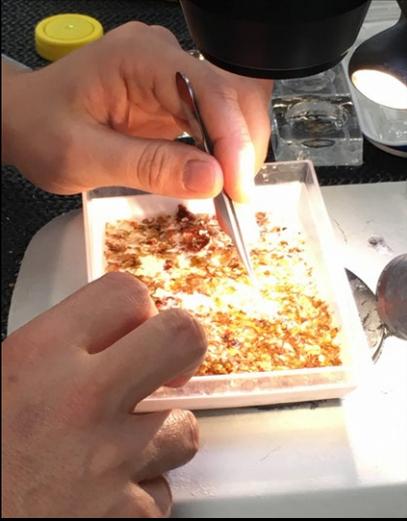


Figure 1 : Carte bathymétrique du sud-ouest de l'océan Indien et zoom 3D sur la ride de Madagascar (en m). Emplacement du Banc Walters (cercle jaune). UICN.



pêche productif (Zucchi *et al.*, 2018), et est connu pour ses ressources démersales (Romanov, 2003 ; Bach *et al.*, 2011). Il a également été ciblé pour la pêche à la langouste en eau profonde permettant la découverte récente de *Palinurus barbarae* Groeneveld, Griffiths & Van Dalsen, 2006, une espèce de langouste de très grande taille (Groeneveld *et al.*, 2006 ; Rogers and Gianni, 2010 ; Bensch *et al.*, 2008).







Jusqu'ici, l'ichtyofaune¹³ y est décrite comme étant faiblement diversifiée, et différant en composition des peuplements de monts sous-marins plus profonds. Cette différence serait due à la faible profondeur du mont (au-dessus d'une limite supérieure de migration planctonique verticale), et à la disponibilité réduite de ressources alimentaires, entraînant l'absence d'espèces prédatrices caractéristiques vivant préférentiellement sur des monts culminant à de plus grandes profondeurs. L'absence de grandes algues brunes ou de structures biogènes comme des récifs coralliens d'eaux tempérées est remarquable.

La faune benthique, quant à elle, a fait l'objet de quelques prélèvements opportunistes et d'une campagne océanographique ciblée, qui remontent à 30 ans ou plus. Dans le cadre de l'année internationale de l'océan Indien, le navire américain *R/V Anton Bruun* a effectué en 1964 des prélèvements benthiques dans la zone sommitale entre 38-46 mètres de profondeur, permettant ainsi la découverte de nouvelles espèces telles que le crinoïde *Comanthus wahlbergi tenuibrachia* Clark, 1972, et les crustacés *Jaeropsis waltervadi* Kensley, 1975, et *Alpheus waltervadi* Kensley, 1981, et 40 ans plus tard de l'annélide *Synelmis britayevi* Salazar-Vallejo 2003. Dans la

13 L'ensemble des poissons d'un écosystème aquatique

décennie suivante, dans le cadre de la campagne MD08, le *Marion-Dufresne* a passé trois jours sur le Banc Walters, du 15 au 17 mars 1976, dont il a résulté la description du crabe *Beuroisia duhameli* Guinot & Richer de Forges, 1981. Enfin, du 8 au 25 décembre 1988, la campagne 17 du navire soviétique *Vitiaz* a effectué ce qui constitue l'exploration la plus approfondie de ce mont sous-marin avant 2017, tant dans la zone sommitale que sur les pentes, jusqu'à 2050 mètres. La campagne a utilisé divers types de chaluts pélagiques et benthiques, et pour la première fois des scientifiques ont plongé sur le sommet. Outre la description du crabe *Chaceon collettei* Manning, 1992, il a résulté de cette campagne du *Vitiaz* une liste de 20 espèces de poissons appartenant à la zone sommitale - dont 7 ou 8 seraient endémiques, 5 ou 6 à large répartition subtropi-

cale ou tempérée, et 6 espèces de poissons récifaux Indo-Pacifiques (Collette & Parin 1991) – ainsi que 123 espèces appartenant à la pente, entre 180 et 2050 mètres (Parin et al. 1993).

Malgré ces premières prospections, il a fallu attendre 2006 pour que l'existence de la langouste *Palinurus barbarae* Groeneveld, 2006 (Griffiths & Van Dalsen, 2006), soit découverte. Elle a, certes, été décrite par les scientifiques, mais elle a été découverte par les pêcheurs sud-africains de Durban, qui l'exploitaient depuis plusieurs années par des pêches au casier. Cette espèce spectaculaire de 4 kilos a été mise en avant par le *Census of Marine Life* qui en a fait un élément de communication sur l'exploration de la biodiversité marine (http://www.coml.org/discoveries/species/giant_spiny_lobster.html).



Figure 2 : Census of Marine Life March-April 2005 (PAR 5 Cruise --> MBARI). Découverte d'une nouvelle espèce de homard sur le Banc Walters. Pr. Charles Griffiths, University of Cape Town.

La découverte de cette espèce au potentiel commercial sur le Banc Walters symbolise les enjeux de gestion et de conservation de la biodiversité de ce mont sous-marin situé dans les eaux internationales, bien connu des pêcheurs, mais largement méconnu des scientifiques - moins de 15 publications et à peine 100 espèces benthiques ont été recensées avant 2017.

Malgré les enjeux évidents de conservation pour la biodiversité, les monts sous-marins du sud-ouest de l'océan Indien restent très mal connus, l'effort des scientifiques et des organismes de conservation se concentrant, dans cet océan, sur les latitudes tropicales ou subantarctiques. Les résultats scientifiques de l'expédition *MD208 – Walters Shoal*, présentée dans cet ouvrage, viendront compléter les travaux d'échantillonnage des campagnes précédemment citées, ainsi que ceux de la campagne de 2009 du RV Dr. Fridtjof Nansen sur les monts sous-marins du sud-ouest de l'océan Indien et de celle menée en 2014 par le Department of Environmental Affairs (DEA) sud-africain.

1.2.2 Premiers relevés topographiques détaillés du Banc Walters

Malgré les données disponibles sur la position géographique du mont, une nouvelle acquisition bathymétrique du mont a été nécessaire pour mettre en œuvre les opérations de collectes prévues pendant la campagne de 2017.

La priorité en arrivant sur site a été de repérer la zone sommitale afin de pouvoir établir une cartographie précise du mont. Dans un premier temps, l'isobathe des 100 m a été repérée afin de pouvoir carto-

graphier une partie du sommet ainsi que les pentes du mont sous-marin (**Figure 4**). Le relevé bathymétrique a d'abord été effectué autour du sommet puis le navire a ensuite effectué des trajets successifs autour du mont en se rapprochant du sommet jusqu'à atteindre des zones de profondeur d'environ 50 mètres. Compte tenu de la taille du bateau et de son tirant d'eau, le navire océanographique (N/O) Marion Dufresne n'a pas pu se rapprocher davantage de la zone sommitale. Comme mentionné précédemment, en cours de campagne, des cartes anciennes réalisées par le Marion Dufresne dans les années 1970 sur le sommet du mont sous-marin ont été retrouvées dans les archives du bord. La concordance entre les deux bathymétries était remarquable et ces documents anciens ont permis de mieux anticiper les sites à prospecter pendant la campagne.

Ce premier relevé a ensuite été complété tout au long de la campagne et sur des secteurs plus éloignés du sommet, pendant les temps de travail de l'équipe benthique, afin de prospecter des zones sur lesquelles les engins d'échantillonnage pouvaient être déployés.

Basé sur une première analyse des données de bathymétrie, il apparaît que le mont Walters présente une morphologie sous-marine complexe, peu habituelle en comparaison des monts sous-marins qui ont été décrits dans le sud-ouest de l'océan Indien. La base du mont se situe aux alentours de 600 mètres de profondeur, pour un sommet de profondeur inférieure à 50 mètres. Une succession de terrasses relativement plates sont visibles tout autour de cette partie de l'édifice. La plus profonde se situe à une profondeur moyenne de

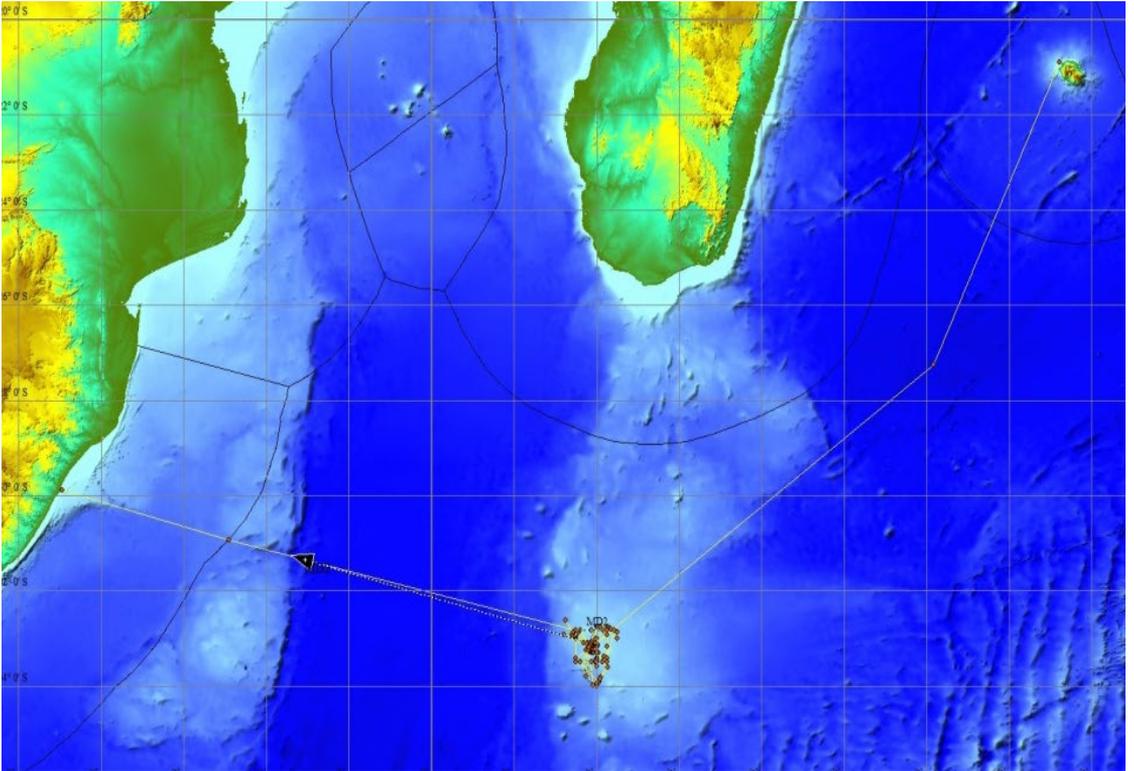


Figure 3 : Tracé de navigation de la campagne vers le Banc Walters, de l’île de la Réunion (France) à Durban (Afrique du Sud). Source : courtoisie d’Hélène Leau et de Frédéric Rigaud, IPEV, Campagne MD 208, 2017, pour F.Galletti

-330 mètres, et est surtout développée sur le flanc sud. Une terrasse localisée aux environs de -120 mètres est quant à elle repérable sur l’ensemble de la périphérie du mont. Une importante cicatrice de glissement large de 4 km est également visible sur le flanc sud-ouest, et est connectée en profondeur avec un système chenalisant. La présence de blocs de taille supérieure, situés à 200 mètres de profondeur, au débouché des chenaux est à relier à une ou plusieurs phases de déstabilisation des pentes de l’édifice sous-marin, pouvant générer des courants gravitaires capables de transporter des blocs de grandes tailles à plusieurs kilomètres de distance de la source.

1.2.3 Campagne océanographique sur le Banc Walters en 2017 : Pluridisciplinarité et interactions Sciences-Sociétés

La campagne s’est déroulée sur la zone du Banc Walters du 30 avril au 15 mai 2017. Ce fut une campagne pluridisciplinaire permettant via deux composantes – l’une « benthique » et l’autre « pélagique », et donc deux équipes scientifiques – d’opérer sur un même site à partir du Marion Dufresne. Cette approche originale rendue possible grâce à la polyvalence du navire, de son équipage (CMA-CGM) et de l’Institut polaire français IPEV en charge des opérations, a conduit les scientifiques du

Muséum National d'Histoire Naturelle de Paris (MNHN, composante benthique) et de l'Institut de Recherche pour le Développement (IRD, composante pélagique), à construire une stratégie d'échantillonnage commune qui respecte au mieux les contraintes propres à chaque spécialité.

En sus de remplir des fonctions scientifiques classiques, la campagne tente de réduire l'écart entre deux mondes : la recherche océanographique et les institutions décisionnaires à terre. La diversité des données et des analyses espérées nécessitait qu'embarque une équipe scientifique la plus pluridisciplinaire possible, et un effort de mise en lien des divers résultats.

L'expédition a réuni des scientifiques de nationalités différentes (France, Afrique du Sud, Madagascar, Chine et Suisse) et d'une multitude de disciplines (logistique scientifique de l'IPEV, naturalistes, physique océanique, écologie pélagique et benthique, plongeurs experts, droit de la mer et de l'environnement, acoustique, observation mammifères marins et oiseaux, communication vers le grand public).

Ce sont des données plus diversifiées qu'à l'ordinaire qui ont été collectées, rarement

acquises au cours d'une même expédition, et qui répondent aux objectifs spécifiques du projet. Elles ont pour but de fournir des apports aux régimes juridiques actuels d'exploitation ou de protection relatifs aux habitats des monts-sous-marins de l'océan Indien occidental, aux espèces qui les fréquentent, aux pêches pratiquées et à l'hypothèse de l'établissement d'une aire marine protégée (AMP) dans cette zone (Galletti *et al.* 2018).

La campagne prévoyait deux semaines sur le site du Banc Walters : la première semaine consacrée à l'échantillonnage de la zone proche du sommet, la seconde semaine pour étendre la prospection aux pentes du mont sous-marin – jusqu'à des fonds de 2000 m.

La répartition du temps de travail entre les équipes « benthique » et « pélagique » s'est organisée en alternance « jour / nuit », avec une inversion des périodes de travail en milieu de campagne (équipe pélagique opérant de jour pendant la première semaine et de nuit la seconde). Les résultats de ces deux équipes sont présentés dans les sections suivantes.



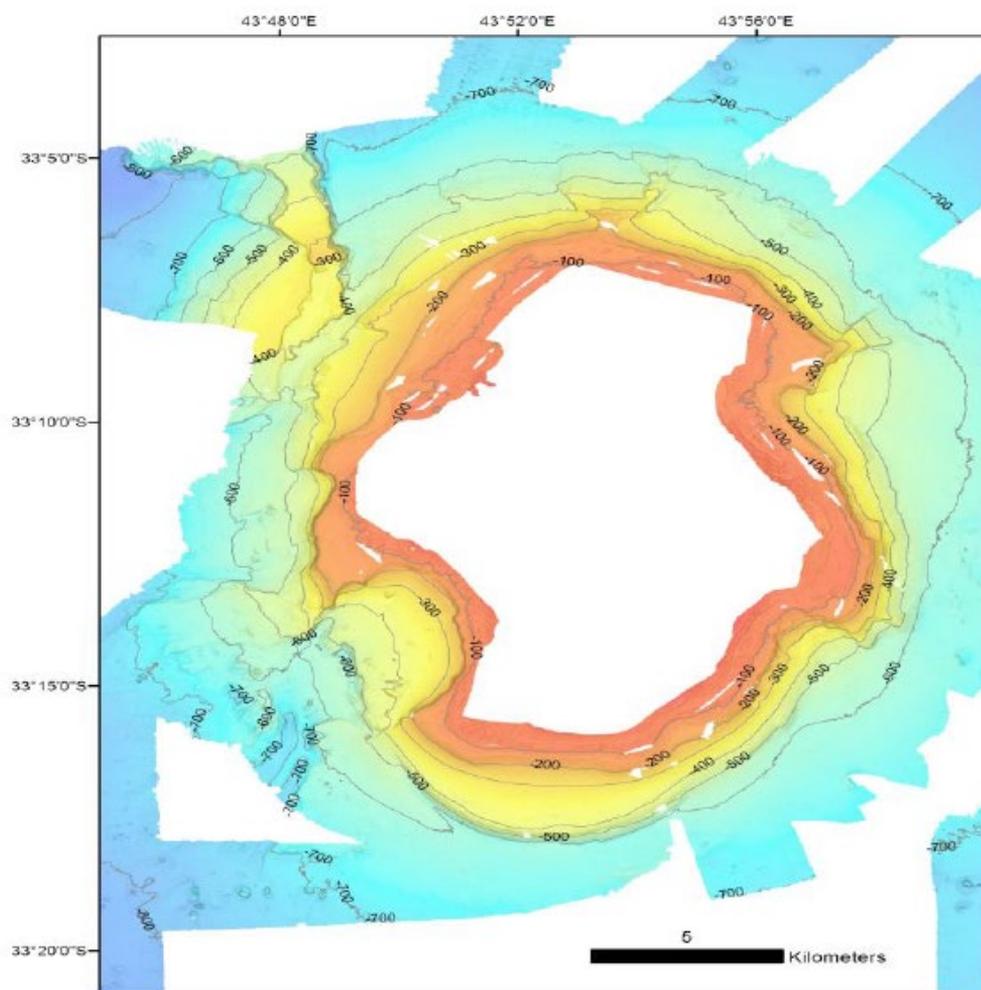
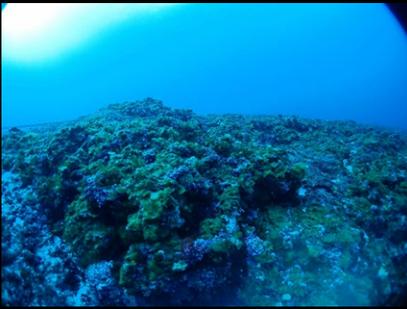


Figure 4 : Carte bathymétrique du mont Walters (traitement IFREMER, S. Jorry). Cette cartographie a été réalisée en utilisant deux sondeurs multifaisceaux dont dispose le Marion Dufresne : sondeur « grand fond » EM122 et « moyen fond » EM710. Combinés à un puissant logiciel de cartographie, ces sondeurs permettent de visualiser en temps quasi réel la topographie du fond, à la verticale du bateau.







1.2.4 Composante benthique

Les objectifs de cette composante étaient d'inventorier, caractériser, décrire la faune et la flore benthiques et mettre en emphase les caractéristiques macro-écologiques du benthos du mont Walters, en recherchant les similarités et différences avec les sites déjà étudiés par l'équipe du MNHN (programme Tropical Deep Sea Benthos).

La campagne MD208 du Marion-Dufresne a permis de réaliser 9 plongées sur la partie sommitale du banc, entre 25 et 50 mètres de profondeur, et 42 opérations réussies de dragages (25 opérations, code DW) et chalutages sur les pentes (19 opérations, code CP), entre 200 et 2000 mètres de profondeur (**Figures 5 et 6**). La campagne a bénéficié d'une météo favorable - voire exceptionnellement favorable, compte tenu de la latitude. Les espèces qui se ré-

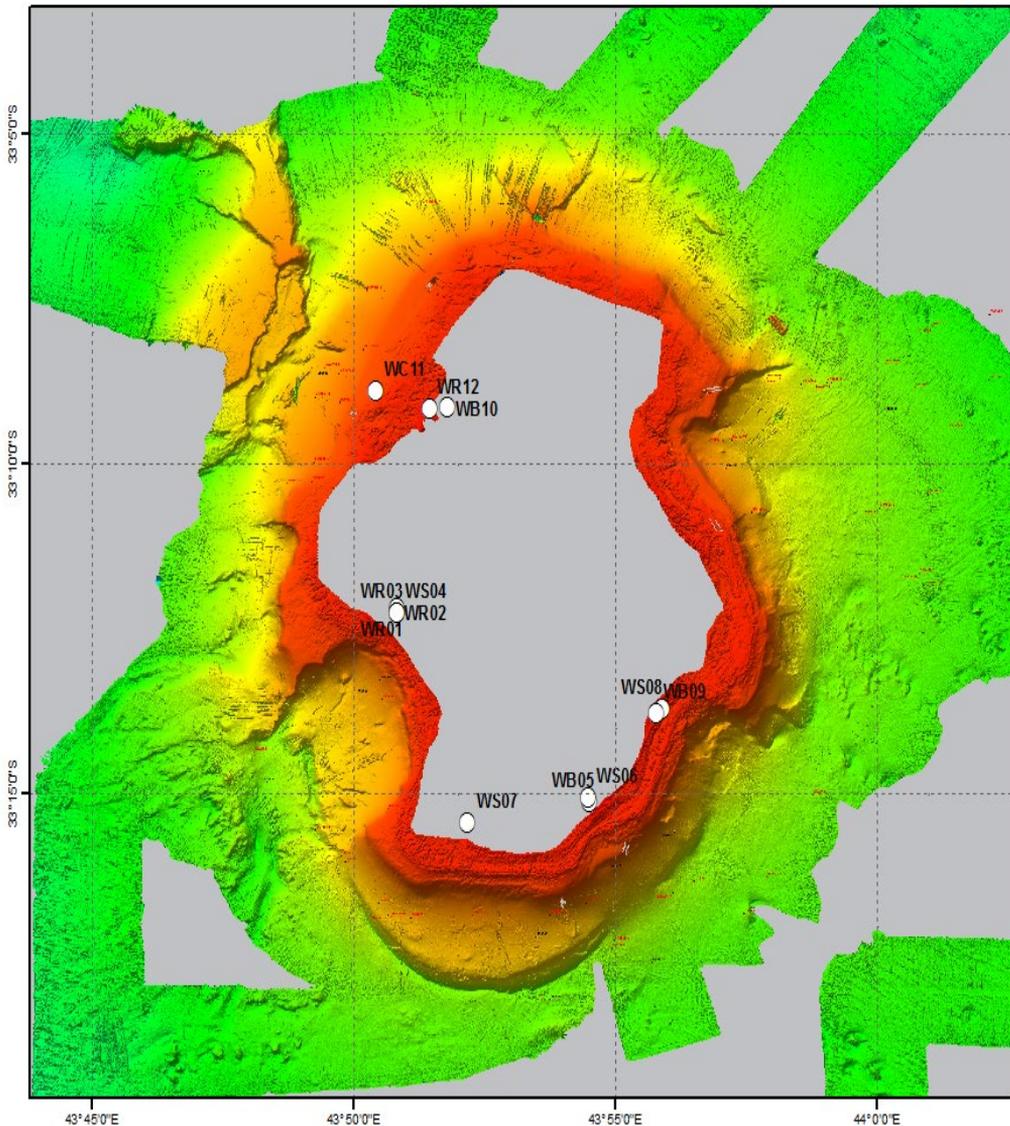


Figure 5 : Localisation des plongées (stations de plongée WB, WR, WS) et casiers dans la zone sommitale (WC)

coltent avec des engins de pêche commerciale (casiers, chaluts à panneaux) ont été médiocrement échantillonnées du fait de la difficile mise en œuvre de ces procédés à partir du Marion-Dufresne, ainsi que de la rentabilité limitée du rapport récolte/temps consacré à cet effort. Une seule filière de 3 casiers a été déployée sur le mont à 120 m

de profondeur. Mise à part cette réserve, les observations et prélèvements effectués pendant la campagne peuvent être considérés comme bons et représentatifs des communautés benthiques. Le détail des stations de collectes peut être consulté sur [https://expeditions.mnhn.fr/campaign/md208\(waltersshoal\)](https://expeditions.mnhn.fr/campaign/md208(waltersshoal)).

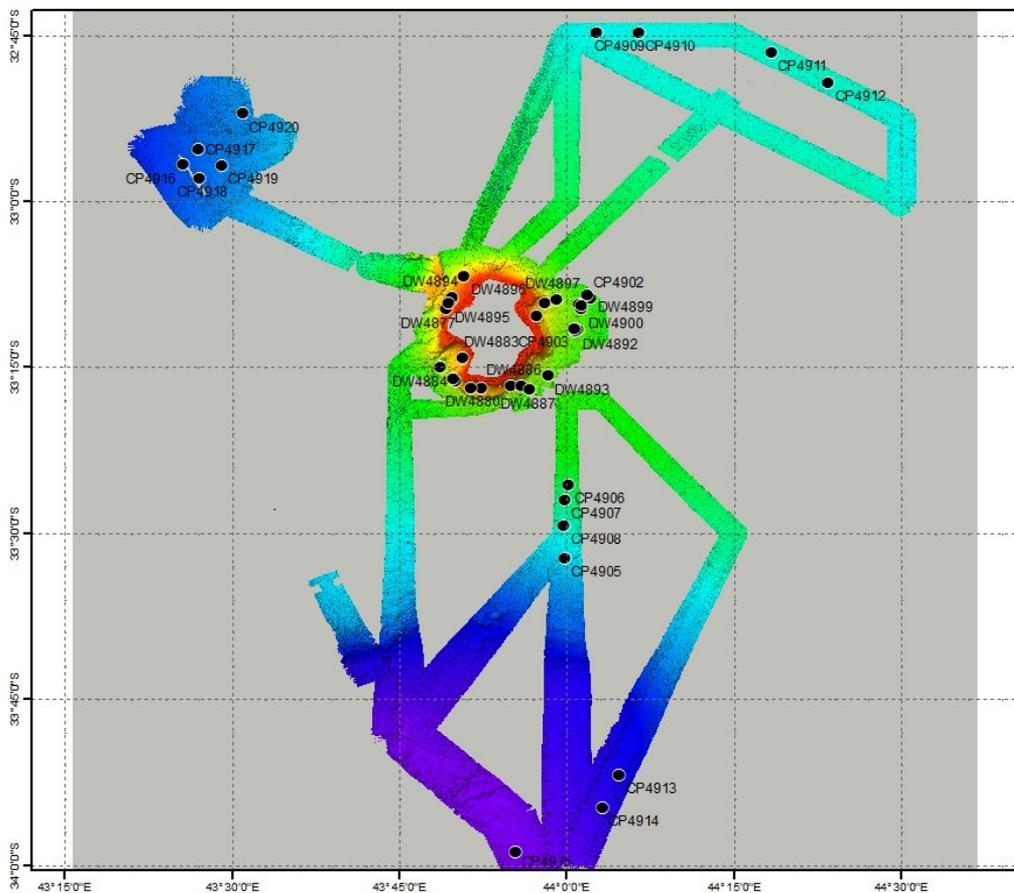


Figure 6 : Localisation des dragages (stations DW) et chalutages sur les pentes (stations CP)

a. Géomorphologie et Géologie

Les roches prélevées sont de quatre natures lithologiques. Des roches calcaires ont été trouvées en abondance. Elles sont composées principalement d'algues calcaires encroûtantes, formant des concrétions qui peuvent atteindre 8 cm de diamètre. Ces concrétions algaires appelées rhodolithes, peuvent être typiques des environnements carbonatés d'eau froide développés au-delà de la ceinture inter-tropicale. Dans ces régions, les rhodolithes peuvent participer activement à la production carbonatée, où ils représentent parfois jusqu'à 40 à 50% des organismes précipitant du carbonate du calcium.

La faune et la flore benthiques de la partie sommitale s'élèvent à au moins 210 espèces, un chiffre qui pourrait atteindre et dépasser 250 lorsque tous les résidus de tamisage auront été triés et que la faune sessile (hydraires, bryozoaires, éponges) aura été séparée par espèces :

Taxon	Nombre d'espèces
Poissons	20
Echinodermes	3
Décapodes	17
Peracarida	29
Annélides	≥12
Mollusques	70
Eponges	++
Algues	60
Hydraires, Polycladida, Bryozoaires, Enteropneustes, Ascidies	+

Des pierres poncees ont également été trouvées en nombre, de la taille du centimètre jusqu'à des fragments de 10 cm. Ces pierres poncees résultent de la projection de lave dans le domaine aérien. Un refroidissement rapide de la lave et la chute de pression associée entraîne un dégazage qui forme des bulles, d'où la porosité et



la faible densité de ces roches. Ces très faibles densités impliquent également que ces roches peuvent être transportées facilement à la surface des océans au gré des courants océaniques, parfois à des milliers de kilomètres des zones où elles ont été formées.

Des petits fragments de laves ont été prélevés comportant, soit un aspect très vitreux, soit une texture semblable à des laves cordées ; un échantillon à aspect gréseux a été également collecté.



b. Bilan de l'échantillonnage sur la partie sommitale

Les plongées effectuées par le passé sur le Banc Walters avaient fait état d'une zone sommitale sans relief et «nue». Les plongées réalisées lors de la campagne Walters Shoal MD208 confirment le caractère plat et pelé de cette zone ne présentant pas de grandes algues dressées, ni de gorgones, grandes éponges et coraux.

Dans l'ensemble, l'ichtyofaune est peu variée, et il n'y a pas l'abondance de gros poissons qui serait attendue sur un banc qui ferait l'objet d'une destination occasionnelle pour la chasse sous-marine récréative. Les requins sont communs mais non abondants, les poissons-lions (*Scorpaenidae*) sont également communs et les murènes peuvent être qualifiées d'abondantes. De très gros mérus ont été vus. L'abondance d'une espèce de comatule est notable, contrebalançant l'absence de toute espèce d'échinodermes tels que des astéries ou holothuries. Les ophiures ne paraissent représentées que par une seule petite espèce, et nous avons vu un unique test d'oursin. L'algue brune *Lobophora* est abondante, le reste de la flore algale est ras et constitué principalement d'algues

rouges. Les encroutements de corallines abritent une petite faune mobile (crustacés, mollusques, vers) et fixée (hydrires, bryozoaires, éponges ; la quasi absence d'ascidies est frappante).

Le fond est recouvert de constructions massives mais alvéolaires, d'algues calcaires encroûtantes (corallines) - un faciès rappelant aux plongeurs le «coralligène» de Méditerranée, auxquelles s'ajoute une petite espèce d'huître.

En terme d'affinités biogéographiques et de composition, il est remarquable que les seuls «gros» mollusques observés sont tous clairement des espèces d'affinité tropicale, et atteignent au Banc Walters l'extrême limite de leur capacité de dispersion : ainsi 2 espèces de porcelaines (*Cypraeidae*), 2 espèces de cônes (*Conidae*), 1 *Cymatiidae*, 1 *Fascioliidae*, 1 *Muricidae* *Drupella* et 2 espèces d'aplysies ont été échantillonnées. A l'exception d'une espèce de porcelaine, toutes ces espèces ont été collectées vivantes au moins une fois et les prélèvements de tissus permettront de situer génétiquement la population du Banc Walters dans la connectivité régionale. Une observation anecdotique apporte à ce sujet un éclairage intéressant :





La partie sommitale du Banc Walters est très largement couverte d'algues de petite taille (<10cm).

au palier de décompression, les plongeurs ont collecté une fois de très grandes larves de *Tonna*, un gastéropode prédateur d'holothuries ; les *Tonna* sont connues pour leur grande capacité de dispersion larvaire, avec des larves qui passent 6 à 12 mois dans le plancton. Cette observation montre que les larves de *Tonna* sont capables d'atteindre le mont sous-marin ; en revanche, aucun spécimen ou coquille n'a été observé sur le fond. L'absence totale d'holothurie rend ce milieu inhospitalier pour les juvéniles et adultes benthiques de *Tonna*.

A côté de ce compartiment tropical, entre la moitié et les trois-quarts de la faune de mollusques benthiques est représentée par des espèces petites - voire très petites - et dont beaucoup ont une protoconque (coquille larvaire). Ceci indique l'absence de développement larvaire planctonique, et permet de faire l'hypothèse que ce

compartiment est endémique du Banc Walters, constitué d'espèces nouvelles pour la science. Dans un contexte de faible diversité des crustacés sur la partie sommitale, seul le groupe des Amphipodes, pécararides de petite taille, présente une richesse spécifique et une abondance non négligeables. Autre originalité : la présence d'une seule espèce de Galatheidae (*Phylladiorhynchus* sp.) de petite taille qui est également abondante sur toutes les stations échantillonnées.

En résumé, la zone sommitale du Banc Walters est peuplée pour moitié environ d'espèces de mollusques à développement larvaire planctotrophe, toutes d'affinité tropicale et comprenant quelques espèces de grande taille ; et pour une autre moitié d'espèces à développement non-planctotrophe, toutes petites ou très petites, et potentiellement endémiques.

c. Bilan de l'échantillonnage sur les pentes

La faune de 200-500 mètres ne partage aucune espèce avec le plateau, et la tranche 600-1000 mètres est de nouveau assez différente de la précédente, de même que la tranche 1500-2000 mètres est à nouveau entièrement renouvelée. En nombre d'espèces, la faune des pentes s'élève à 250 espèces au moins - pouvant atteindre 300 après examen des éponges et tri des résidus de tamisage.

Taxon	Nombre d'espèces
Poissons	≥37
Echinodermes	20
Décapodes	60
Peracarida	23
Annélides	≥12
Mollusques	75 (+30*)
Cnidaires	20
Eponges	++

* espèces représentées par des coquilles vides à trier dans les résidus de tamisage

Les fonds proches de la zone sommitale sont très escarpés et, dans la tranche 200-600 mètres, seules les zones de replat les moins accidentées ou les terrasses ont pu être échantillonnées à la drague. Cette opération ramène des fonds détritiques morts, constitués de vieilles constructions d'algues encroûtantes et conglomérats d'huîtres qui se sont éboulées depuis le bord du plateau. Dans cette tranche bathymétrique, les organismes vivants sont perdus dans les sédiments détritiques comme des aiguilles dans une botte de foin.

A mesure que la profondeur croît, les pentes sont moins raides, la part de la sédimentation pélagique (ptéropodes) augmente, et le ratio organismes vivants / sédiments augmente aussi. Dans la tranche bathymétrique 600-1500 mètres, la place des oursins Asthenosomatidae («oursins mous»), des cnidaires dressés (gorgones, antipathaires) et des coraux libres ahermatypiques est plus importante. Toutefois, l'absence de grandes holothuries (molpâdides, élasipodes) est remarquable.

Entre 1500 et 2000 mètres le chalut ne ramène pratiquement que des organismes vivants (peu de sédimentation). A cet étage en termes de communautés se superpose un étage en termes



de composition spécifique. La faune de 200-500 mètres ne partage aucune espèce avec la partie sommitale, et la tranche 600-1000 mètres est de nouveau assez différente de la précédente, de même que la tranche 1500-2000 mètres est à nouveau entièrement renouvelée. En nombre d'espèces, la faune des pentes s'élève à 250 espèces au moins - pouvant atteindre 300 après l'examen des éponges et le tri des résidus de tamisage.

Les observations préliminaires sur les mollusques de la pente montrent, comme pour la zone sommitale, l'importance des espèces à développement non planctotrophe dans la tranche 200-600 mètres, dont la moitié pourrait représenter des espèces

endémiques et nouvelles pour la science. Parmi les espèces non endémiques, une *Bolma* et une *Bursa* appartiennent à des espèces présentes dans le Sud Madagascar et le Canal du Mozambique. Des éléments de comparaison sont disponibles pour situer génétiquement la population du Banc Walters dans un contexte de connectivité régionale. L'absence totale de certaines familles bien représentées au Natal ou à Madagascar (*Volutidae*, *Olividae*, *Buccinidae*...) est remarquable. Au-delà de 1500 mètres, le caractère insulaire du mont sous-marins s'estompe évidemment. A signaler la présence, à 2000 mètres, du gastéropode *Thalassocyron bonus*, décrit et connu jusqu'ici provenant uniquement d'Afrique du Sud.



d. Bilan général sur la composante benthique

Le Banc Walters n'est pas un Himalaya de biodiversité tropicale et sub-tropicale. Il s'agit d'un mont sous-marin dont la position géographique fait que le recrutement¹⁴ des organismes benthiques a nécessairement (distance, courants) une origine tropicale/subtropicale (Madagascar). La latitude (34°S) explique sans doute que la plupart des recrutements possibles n'ont pas donné lieu à l'établissement de populations locales, ni par conséquent, à l'évolution in situ d'espèces. La faune y est incontestablement pauvre, mais est constituée probablement pour moitié d'espèces petites, endémiques et nouvelles pour la science¹⁵. En termes de faciès écologique, un mont sous-marin avec une zone sommitale couverte de coralligène est un environnement remarquablement original. Pour ces raisons, le Banc Walters

reste un «objet biogéographique» unique dans l'océan Indien.

De la langouste *Palinurus barbarae*, seuls trois juvéniles ainsi que quelques larves phyllosomes ont été collectés. Selon les renseignements recueillis à Durban, il apparaît qu'il n'y a pas eu et qu'il n'y a pas de pêche commerciale sur le banc. A part la pêche sous-marine récréative occasionnelle avérée, il est probable que les ressources exploitées se limitent aux requins.

A bord du *Marion-Dufresne*, seuls les organismes de taille supérieure à 3-5 mm ont été triés. La quasi-totalité des «résidus» de tamis de maille inférieure ou égale à 3 mm a été simplement ensachée et fixée pour un tri ultérieur au laboratoire. La poursuite de leur exploitation scientifique s'est faite par un tri puis séquençage d'ADN. A bord du *Marion-Dufresne*, un sous-échantillon



Figure 7 : Nouvelle espèce *Iphiaster noemieae*



Figure 8 : Nouvelle espèce *Sphaeriodiscus ganae*

14 Processus par lequel la fraction la plus jeune de la population s'intègre pour la première fois à l'ensemble des poissons accessibles à l'exploitation. Toutefois, le terme est généralement utilisé chez les halieutes pour désigner la fraction elle-même et non le processus : effectif de juvéniles qui vient chaque année reconstituer le stock constamment réduit par les morts naturelles et les captures. (Source: Ifremer)

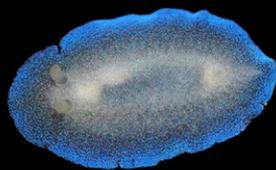
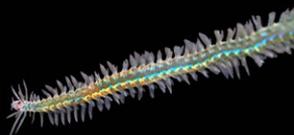
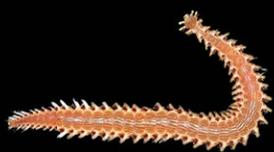
15 L'ensemble des données et photos des collections sont accessibles en ligne, ici : <https://expeditions.mnhn.fr/campaign/waltersshoal>.



représentatif des organismes collectés vivants a été fixé pour séquençage de l'ADN – et la ventilation des organismes vers le réseau d'experts taxonomistes du MNHN. Au terme du tri des résidus, les organismes triés à bord et ceux issus du tri des fractions fines ont été ventilés par grands taxons (ordre, superfamille ou famille) vers les experts taxonomistes.

Les premiers travaux de taxonomie sur les astéries de la famille des Goniasteridae de l'océan Indien, ont été publiés par Christopher L. Mah (Museum of Natural History,

Smithsonian Institution). Dans cet article de synthèse, un total de 49 espèces sont décrites dont 18 sont nouvelles pour la science. Parmi ces dernières, deux espèces *Iphiaster noemieae* Mah, 2018 (Exp. MD208 Walters shoal ; CP4905, CP4911 ; nouveau genre, nouvelle espèce, **Figure 7**) et *Sphaeriodiscus ganae* Mah, 2018 (Exp. MD208 Walters shoal ; CP4901, CP4902; nouvelle espèce, **Figure 8**) ont été découvertes lors de la campagne Walters shoal en 2017 et peuvent être considérées, à l'heure actuelle des connaissances, comme endémiques du mont Walters.





1.2.5 Composante pélagique

Existe-t-il des écosystèmes spécifiques associés aux monts sous-marins ? Des processus physiques peuvent-ils soutenir des écosystèmes réputés productifs ? C'est ce que suggère la théorie, du moins sous certaines conditions qui dépendent de la topographie du lieu (les dimensions de la structure, sa profondeur sous la surface, etc.), de l'environnement « océanographique » (intensité et stabilité des courants, structure verticale des masses d'eau) et de la position géographique (latitude, variabilité saisonnière). Si ces conditions sont favorables, alors des mouvements verticaux sont possibles et contribuent à augmenter à proximité de la surface (dans la zone euphotique) la production biologique des premiers échelons trophiques (plankton). Des cellules de recirculation peuvent également se mettre en place autour du mont sous-marin créant un environnement suffisamment stable pour que le signal biologique se propage aux niveaux supérieurs de la chaîne alimentaire. De nombreux scénarios sont envisageables, chaque mont sous-marin étant probablement un cas particulier qui supportera – ou ne suppor-

tera pas – un écosystème spécifique et productif.

Peu d'études spécifiques aux écosystèmes « monts sous-marins » ont été menées dans le sud-ouest de l'océan Indien, comme il a été rappelé précédemment. L'UMR MARBEC de l'IRD s'est intéressé à cette problématique depuis 2014 avec ses partenaires en France, à la Réunion et en Afrique du Sud, et des opérations de terrain ont démarré dès 2015. La campagne « Walters Shoal » (MD208) est la troisième opération conduite par l'équipe sur des monts sous-marins peu profonds du sud-ouest de l'océan Indien (Campagne LA PÉROUSE en septembre 2016, la campagne MAD-Ridge en novembre-décembre 2016) présentant des indices de productivité biologique soutenue – (**Figure 10 ; voir encadrés**).

L'objectif général de cette composante était de comprendre l'influence du mont sous-marin sur la circulation des masses d'eau, sur les processus biogéochimiques et la productivité primaire, et sur les différents niveaux trophiques de la faune pélagique. En d'autres termes, l'objectif global de la

La campagne La Pérouse a concerné un mont sous-marin localisé à 90 milles nautiques (MN) (165km) au nord-ouest de l'île de La Réunion (à environ 20° S), culminant à moins de 60 m sous la surface. Le mont La Pérouse est situé entre La Réunion et la côte est de Madagascar. C'est un accident topographique isolé et de faible étendue géographique. La partie sommitale s'étend sur moins de 10 km, les pentes sont abruptes et la profondeur atteint rapidement des valeurs supérieures à 4000 m. Le mont sous-marin est situé à l'ouest de la grande gyre subtropicale du sud de l'océan Indien, une zone oligotrophe peu productive. Le courant dominant est le Courant Equatorial Sud et les tourbillons méso-échelle sont peu nombreux et de faible amplitude. Le mont La Pérouse est fréquenté par les palangriers de La Réunion qui y réalisent une part importante (10%) de leurs captures thonières annuelles.

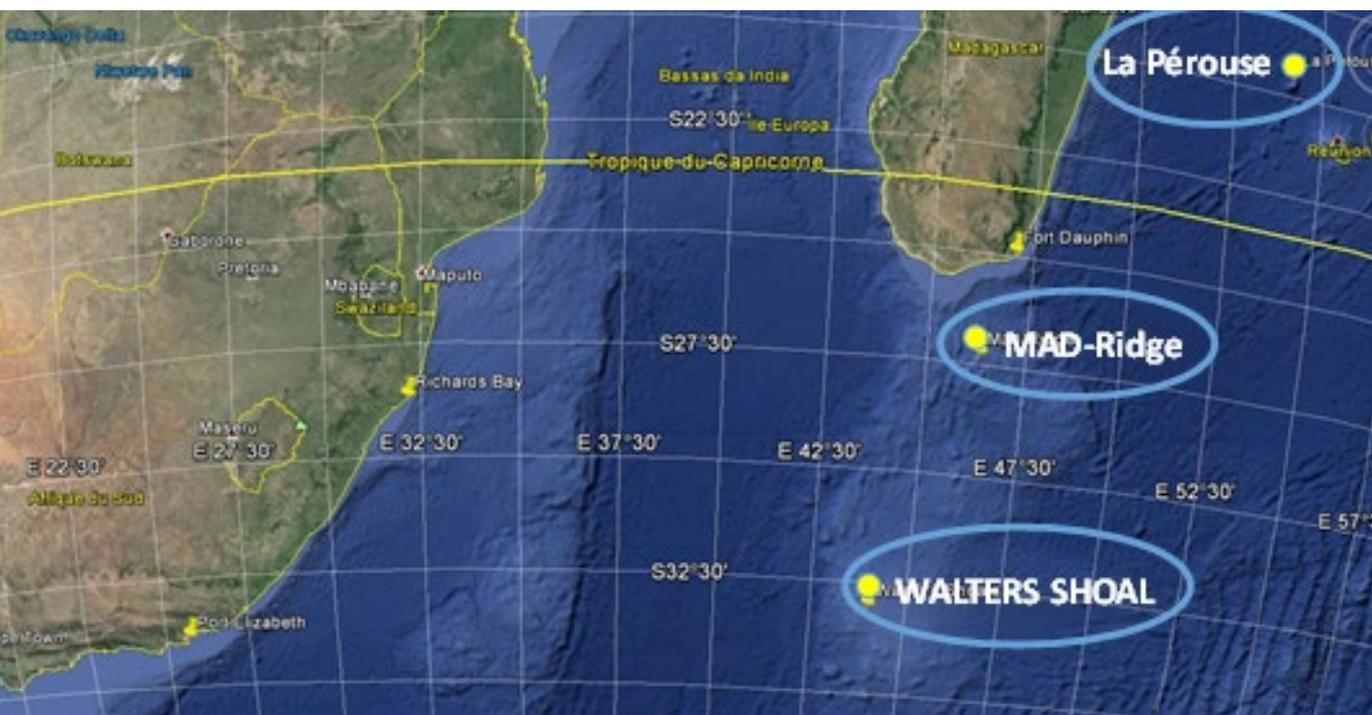


Figure 9 : localisation des monts sous-marins où ont été réalisées des campagnes océanographiques « pélagiques » entre septembre 2016 et mai 2017

composante « pélagique » était d'analyser si la présence d'un mont sous-marin pouvait être à l'origine d'un écosystème spécifique, quelles en sont les caractéristiques

(physiques, chimiques et biogéochimiques) et quelles communautés pélagiques (plankton, micronecton, prédateurs supérieurs) occupent cet environnement.

La campagne MAD-Ridge s'est intéressée à un mont sous-marin situé dans la partie nord de la Ride Sud Madagascar, à environ 200 km de la côte malgache (dans la ZEE de Madagascar), à la latitude de 27°30'S. Ce mont sous-marin culmine à 230m sous la surface, sa base étant située à environ 1500 m de profondeur. Il fait partie d'un ensemble de structures bathymétriques (quatre autres sommets sont présents autour du mont, qui culminent entre 600 et 1200 m). Il s'agit d'une structure particulièrement escarpée, au moins jusqu'à l'isobathe 500 m. Le sud de Madagascar est une zone très dynamique, avec la présence régulière de tourbillons méso-échelle qui sont formés à l'est de Madagascar et qui se déplacent vers l'ouest en direction du Courant de Aiguilles. Le Courant Sud Est Madagascar est également présent sur la zone par intermittence. Le mont sous-marin est fréquenté par la pêche palangrière de la Réunion qui y a déployé pendant plusieurs années un effort de pêche important. La zone est également fréquentée par des oiseaux marins originaires de La Réunion qui s'y nourrissent au cours de voyages « courts ».

Jusqu'à quel niveau trophique l'enrichissement biologique lié à la topographie se propage-t-il ? Cette question n'a pas non plus de réponse universelle. Les exemples d'une productivité biologique soutenue aux abords d'un mont sous-marin, traduisant la mise en place d'un écosystème spécifique, sont nombreux dans l'analyse des pêcheries mondiales. Dans l'océan Indien, le site du « Coco de Mer » à proximité de l'équateur, qui culmine à moins de 200m, au nord des Seychelles, est exemplaire puisqu'il supporte, sur une superficie très restreinte, les plus fortes captures de thons à la palangre dans toute la zone (Marsac et al., 2014).

Les trois monts sous-marins La Pérouse, MAD-RIDGE et le Banc Walters présentent chacun des indices de production biologique soutenue (activité de la pêche palangrière sur les deux premiers sites, lieu de nourrissage d'oiseaux marins au sud de Madagascar), et se situent dans des « biomes » différents (masses d'eau, courants océaniques, température, variabilité saisonnière). En effet, le Banc Walters, est situé au nord de la zone de rétroflexion¹⁶ du Courant des Aiguilles (**Figure 10**). Les courants y sont modérés à faibles et peu de tourbillons de méso-échelle sont observés, contrairement à la zone MAD-Ridge. Le Banc Walters est le mont sous-marin le plus isolé parmi les trois sites et situé dans une zone climatique tempérée (à 33°S) au sud de la gyre subtropicale du sud de l'océan Indien. Il s'agit d'un environnement oligotrophe tout comme les deux autres monts sous-marins étudiés, marqué cependant, par une variabilité saisonnière

relativement prononcée des conditions environnementales (température et chlorophylle en surface, notamment). Le Banc Walters est proche de la limite entre les eaux subtropicales et subantarctiques, et la zone est fréquentée saisonnièrement par des espèces migratrices originaires de ces deux grandes zones géographiques. C'est aussi une zone importante de nourrissage pour le Pétrel de Barau, une espèce endémique d'oiseau marin de La Réunion (Pinet et al., 2012). Comme indiqué précédemment, le Banc Walters a fait l'objet de campagnes de pêche démersales exploratoires (palangre de fond) qui n'ont pas révélé de stock important (Romanov, 2003).

Les processus physiques résultant de l'interaction entre la circulation océanique et un mont sous-marin, et l'enrichissement biologique qui en découle, dépendent de plusieurs paramètres que sont les caractéristiques topographiques du mont (la hauteur de son élévation au-dessus du plancher océanique, la profondeur de son sommet sous la surface), de la nature des courants océaniques sur la zone (force et variabilité des courants), de la stratification verticale des eaux océaniques (gradients verticaux de température, salinité, densité) et aussi de la latitude du lieu (pour tenir compte de l'effet local de la rotation de la terre) – (White et al, 2007). Par exemple, la profondeur au sommet des trois monts sous-marins (Banc Walters < 20 m, La Pérouse : 60 m, MAD-Ridge : 230 m) ou les caractéristiques des courants sur chaque zone (forte variabilité à méso-échelle sur MAD-Ridge par rapport aux deux autres monts, courant moyen modéré et peu

16 Par définition, la rétroflexion d'un courant consiste en un changement brutal de sa direction, et ce processus entraîne généralement des tourbillons ou anneaux de rétroflexion. Pour le courant des Aiguilles, qui prend sa source dans le Canal du Mozambique et longe les côtes sud-africaines, cette rétroflexion s'effectue au large du Cap de Bonne-Espérance.

a. Echantillonnage pélagique autour du Banc Walters

Les mesures et échantillonnages effectués au titre de la « composante pélagique » étaient de natures diverses, effectués en route (le long du trajet du navire) comme les mesures par fileyeur de courant à effet Doppler ADCP (ou *Acoustic Doppler Current Profiler* en anglais), d'acoustique multifréquence (distribution du micronecton), de paramètres physiques de surface (température, salinité, fluorescence), et les observations d'oiseaux et de mammifères marins ; ou en station (ensemble de mesures et prélèvements effectués en un point fixe et à différents niveaux de profondeur), comme les paramètres physiques ou biogéochimiques, et la collecte d'échantillons biologiques (zooplancton et micronecton).

A cela s'ajoute des données acquises à partir de plateformes indépendantes du navire : dont un hydrophone à bord d'un « glider » déployé pendant la durée de la mission sur site et piloté par une équipe à terre (pour l'étude des mammifères marins à proximité du mont), et un système de caméras déployées en point fixe sur le sommet du mont pendant des périodes de 24h pour analyser la faune pélagique présente sur site.

La campagne a bénéficié, pendant la majeure partie du temps passé sur site, de conditions météorologiques très favorables, et n'a pas eu à pâtir de mauvaises conditions de mer. Le paramètre « météo » est difficile à anticiper lors de la prépara-

tion d'une campagne océanographique même si le programmeur tente de cibler une période plus favorable. Le Marion Dufresne 2, navire de 120 m de long, a offert d'autre part des conditions de stabilité et de travail tout à fait remarquables.

La seconde semaine a permis de prospecter, par acoustique et chalutage, la distribution des organismes du micronecton, depuis le sommet jusqu'à une distance de l'ordre de 25 MN, de nuit et dans les quatre secteurs cardinaux autour du sommet (prospection « en étoile »)

L'organisation du travail en alternance « jour / nuit », et l'inversion de ces périodes en milieu de campagne a eu des conséquences sur la stratégie d'échantillonnage des organismes pélagiques, qui ont un cycle nyctéméral (migration verticale entre les phases de jour et de nuit). Ainsi, le zooplancton n'a été échantillonné (de jour) que pendant la première semaine puisque la comparaison avec des échantillons collectés de nuit la seconde semaine aurait été largement biaisée par cette migration verticale du zooplancton. L'ensemble des collectes d'échantillon de micronecton (chalut mésopélagique) ont été effectués en conditions « de nuit » quand la « couche migrante » des organismes mésopélagiques se trouvait dans la couche de surface. Faute de temps, certains secteurs autour du sommet n'ont cependant pas pu être échantillonnés pour le micronecton (à l'est du sommet notamment).

b. Opérations et objectifs scientifiques

Les opérations menées à bord par l'équipe « pélagique » ont été les suivantes :

Océanographie physique, chimique et biogéochimique : il s'agit de mesures classiques pour la caractérisation des conditions environnementales sur la zone, avec des mesures et prélèvements effectués entre la surface et le fond (détails en encadré). Ces mesures apportent des informations sur les masses d'eau échantillonnées (circulation océanique générale, stratification verticale de la « colonne d'eau »), sur la signature éventuelle de processus d'enrichissement en éléments nutritifs (de type « upwelling ») sur les pentes du mont sous-marin et leur traduction en termes de production primaire (quantité de chlorophylle, nature du phytoplancton). Cette composante de la mission s'intéresse donc essentiellement au premier niveau de la chaîne trophique.

Echantillonnage du zooplancton : les échantillons de zooplancton ont été collectés de jour durant la semaine 1 et à proximité du sommet aux stations décrites précédemment. L'objectif ici est de décrire la distribution spatiale du zooplancton autour du sommet du mont, la composition spécifique et les spectres de taille, et de comparer ces résultats (composition, abondance) avec ceux obtenus sur les autres monts sous-marins échantillonnés. Ces échantillons sont pris en compte également dans l'analyse des réseaux trophiques autour du Banc Walters.

Distribution et composition spécifique du micronecton : le micronecton représente le niveau trophique intermédiaire

- entre le zooplancton et les prédateurs supérieurs (on parle aussi de faune fourrage). Il est composé d'organismes de taille comprise entre 2 et 20 cm. On considère quatre types d'organismes : les poissons, les crustacés, les céphalopodes et les organismes gélatineux.

Observations des oiseaux et mammifères marins : Outre l'inventaire des espèces présentes sur zone pendant la campagne, cette opération permet de renseigner également sur le statut IUCN de conservation de ces espèces – et donc sur l'intérêt du site « Banc Walters » dans des problématiques de conservation des espèces et de la biodiversité.

Acoustique passive (mammifères marins) : cette opération avait pour objectif de renseigner, pendant la durée de la campagne, sur la présence éventuelle sur site et sur le comportement de deux espèces de baleine (la baleine bleue antarctique et la baleine pygmée de Madagascar) connues pour fréquenter la zone pendant au moins une partie de l'année. Cette opération vise également à estimer l'intérêt écologique du Banc Walters en tant que site fréquenté par la mégafaune migratrice.

Enregistrement vidéo de la faune pélagique au sommet du mont sous-marin : cette opération a été menée à titre expérimental. L'objectif était de photographier et identifier la faune pélagique présente au sommet du Banc Walters. Des dauphins en groupe (Tursiops) sont souvent identifiables, plusieurs espèces de requins ainsi que plusieurs espèces de grands pélagiques comme le « Yellowtail Kingfish » (*Seriola Lalandi*) connu des pêcheurs sportifs.

Encadré 1: Plan d'échantillonnage pélagique

Compte tenu des différentes contraintes de la campagne, le plan d'échantillonnage pour la composante pélagique a été adapté au fur et à mesure de son déroulement. Si la prospection « benthique » est par nature adaptative (un site présentant une forte abondance d'organismes sera exploré longuement alors qu'un site sur lequel les individus sont peu nombreux sera rapidement délaissé), l'échantillonnage de la « colonne d'eau » est organisé de manière beaucoup plus systématique afin de pouvoir interpréter les mesures réalisées sur les échantillons collectés. Cette différence méthodologique a été un défi supplémentaire de cette campagne pluridisciplinaire.

Une seule radiale « sommet – large » (au nord du sommet) a pu être réalisée intégralement, les autres secteurs ayant été échantillonnés à une ou deux stations uniquement ou bien à trois stations sur deux journées non consécutives (**Figure 11**). Sur la figure 11.b, les points rouges représentent la position des stations « physique – biogéochimie – zooplancton » réalisées à proximité du sommet pendant la semaine 1. Les points bleus de la figure 11.c représentent la position des chaluts mésopélagique de la semaine 1.

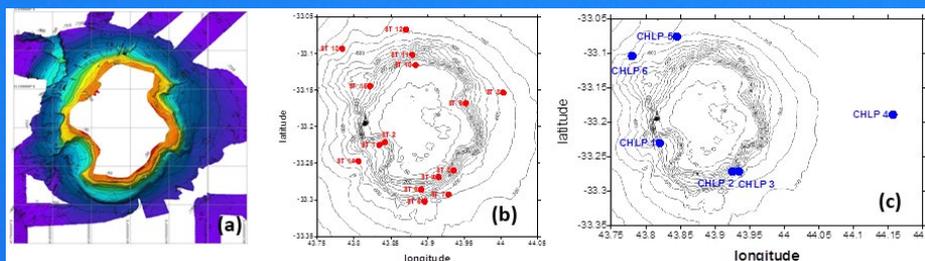


Figure 11 : (a) Bathymétrie du sommet du Banc Walters (profondeur >50m) réalisée pendant la campagne ; (b) localisation des stations « environnement + zooplancton » réalisées pendant la première semaine d'échantillonnage ; (c) localisation des opérations de chalutage mésopélagique pendant la première semaine d'échantillonnage

L'échantillonnage nocturne de la deuxième semaine a été réalisé selon un protocole déjà expérimenté pour les deux autres campagnes (La Pérouse et MAD-Ridge). Il s'agit d'un protocole « en pétales » autour du mont qui permet un échantillonnage relativement homogène des paramètres mesurés en continu pendant le trajet du navire (courant sous la coque du navire, acoustique multifréquence pour la distribution du micronecton). D'autre part, effectuer cette opération pendant la nuit entière permet de capturer au sondeur le mouvement vertical de descente de la couche migrante au lever du jour. Enfin, l'opération réalisée pendant 4 nuits consécutives a permis un échantillonnage relativement homogène de la zone dans un rayon de 25 MN autour du sommet.

La dernière opération effectuée sur site a consisté à parcourir sans arrêt du navire un trajet en carré (de 40 MN de côté) autour du mont, de manière à obtenir des données acoustiques et de courant de meilleure qualité. Le trajet a été parcouru en 24 heures ce qui a permis, de nouveau, de caractériser les mouvements verticaux du micronecton (par acoustique multifréquence) à la tombée du jour (migration vers la surface) et au lever du jour (migration vers le fond). Aucune station ni chalut n'ont été effectués pendant cette période de 24h. Des sondes autonomes (XBT, pour la mesure de profils verticaux de température) ont été déployées au centre et aux extrémités de chaque côté du carré (évolution de la structure verticale de la « colonne d'eau » autour du sommet), et deux bouées dérivantes de surface ont été déployées, de part et d'autre du sommet.



Encadré 2 : Détails des opérations scientifiques

Océanographie physique, chimique et biogéochimique : Les mesures de courant ADCP en route (entre 0-600 m) ont été mentionnées précédemment. En station, des profils verticaux de température, salinité, oxygène et fluorescence (un proxy de la chlorophylle) ont été réalisés (sonde CTD de type SBE 911). Des prélèvements d'eau ont été effectués à différentes profondeurs à l'aide d'une Rosette de 24 bouteilles, à des niveaux définis en fonction des profils de température et de fluorescence dans la couche euphotique, puis à des niveaux standards au-delà. Ces prélèvements ont permis de collecter des échantillons pour l'analyse des sels nutritifs (nitrate, nitrite, phosphate, silicate), de la chlorophylle_a et des pigments phytoplanctoniques - qui apportent des informations sur les communautés de phytoplancton. Pour ces paramètres biogéochimiques, seuls l'échantillonnage (sels nutritifs) et les filtrations (chlorophylle, pigments) ont été effectués à bord, les analyses ayant été réalisés à Brest (laboratoire IMAGO de l'IRD) et en Afrique du Sud (Université de Cape Town) en fonction des paramètres.

Zooplancton : Plusieurs classes de taille de zooplancton ont été échantillonnées avec des filets spécifiques (filet Bongo 63 µm, filet Bongo 200 µm, filet Bongo 300-500 µm, filet à neuston de surface de 900 µm, filet WP3 de taille de maille 1000 µm). Des échantillons de zooplancton ont également été obtenus par filtration d'eau (10 litres) collectée en profondeur par la Rosette, sur 6 tamis de différentes tailles de maille.

Micronecton : Deux outils distincts sont mis en œuvre pendant la campagne : l'acoustique multifréquence (sondeur EK80 à 5 fréquences : 18, 38, 70, 120 et 200 kHz) d'une part qui permet d'estimer la distribution spatiale des organismes dans la colonne d'eau le long du trajet du navire. Les différentes classes et tailles d'organismes ont des réponses spécifiques aux fréquences – ou combinaisons de fréquence. – auxquelles est effectué le suivi acoustique. Ce suivi ne permet pas néanmoins de connaître les espèces de chaque catégorie d'organismes qui sont présentes sur le site. Pour répondre à cet objectif, des opérations de chalutage au chalut mésopélagique (chalut de petite taille, avec des mailles en cul de chalut de 5mm, opéré sur des courtes périodes de temps – de l'ordre de 30 minutes – à des profondeurs comprises entre la surface et 500m de profondeur, définies à partir du suivi acoustique) ont également été réalisées. Au total, 17 traits de chalut ont été réalisés, tous dans des conditions « de nuit » pendant lesquelles les organismes sont localisés dans les couches peu profondes.

Analyse de la structure des réseaux trophiques : cette analyse est effectuée à partir des valeurs de rapports isotopiques du carbone et de l'azote (isotopes stables du carbone C-13 et de l'azote N-15) sur la matière organique particulaire (niveau trophique de base), sur le zooplancton et sur le micronecton. Ces rapports isotopiques varient en fonction du niveau trophique des organismes (N-15) et de l'origine (marine ou terrestre) des organismes consommés à chaque niveau trophique (C-13). L'analyse des isotopes stables de l'azote et du carbone permet d'étudier les relations prédateurs / proies entre les niveaux trophiques échantillonnés, donc le fonctionnement des écosystèmes. Elle est menée a posteriori, à partir d'organismes extraits des échantillons de zooplancton (par classes de taille) et de micronecton collectés pendant la campagne.

Oiseaux et mammifères marins : Ces observations ont été réalisées simultanément à l'avant du navire par deux opératrices, par tranche de 15 minutes chaque heure, chaque fois que le navire était en route et que les conditions météorologiques et d'éclairement le permettaient. Les observations consignées sont relatives à l'identification des espèces observées, l'abondance et le comportement des individus observés ainsi que la localisation et l'heure des observations – selon un protocole standardisé permettant d'abonder les bases de données internationales et de confronter ces observations à des données antérieures (répartition spatiale et temporelle des espèces). De nombreux clichés complètent les observations réalisées pendant la campagne.

Acoustique passive (mammifères marins) : Les observations menées ici sont des enregistrements des vocalises d'individus de ces espèces à l'aide d'un hydrophone embarqué sur un « glider » (planeur sous-marin autonome piloté à distance par une équipe à terre) qui a été déployé sur site pendant une période de 10 jours. Au cours de ce déploiement, il a effectué des cycles de plongée (jusqu'à 700m de profondeur) et de remontée à la surface (pour échanger des données par satellite avec l'équipe à terre) tout en s'éloignant vers le sud-est du sommet du mont sous-marin. Il a été récupéré avant de quitter la zone et ramené à terre.

Enregistrement vidéo de la faune pélagique : Il s'agissait de tester l'efficacité d'un système de six caméras vidéo immergées en point fixe le long d'une ligne de mouillage déployée au sommet du mont sous-marin (sur des fonds de 25m) pendant des périodes de 24 heures. Ces images ont été obtenues en dehors de la présence de plongeurs sur le site (hors phases de mise à l'eau et de récupération du dispositif). Environ 65 000 images ont été acquises et dépouillées dans un premier temps sur des critères purement visuels, afin d'identifier et de classer les différents types de situations rencontrées.

c. Bilan de la composante pélagique

Conditions environnementales

Les mesures de courant confirment que la circulation océanique à proximité du sommet est modérée, avec des courants très variables de quelques dizaines de centimètres par seconde. Aucun événement de type « tourbillon de méso-échelle », tel que ceux rencontrés au sud de Madagascar mais peu fréquents au niveau du Banc Walters, n'a été mis en évidence pendant la campagne. Les prélèvements effectués (hydrologie, sels nutritifs) autour du mont sous-marin témoignent de processus spécifiques à proximité du sommet par rapport aux stations plus éloignées. En particulier, la couche de surface est moins appauvrie en sels nutritifs à ces stations, ce qui indique une production primaire moins prononcée à ces stations ou bien des apports (de type « upwelling ») depuis les couches plus profondes. Les valeurs de chlorophylle en surface sont peu élevées – comme le laissent supposer les données satellites de couleur de l'eau correspondant à cette période. La distribution verticale de la chlorophylle montre une distribution relativement homogène dans la couche de surface (sur environ 30 m de profondeur) à proximité du sommet, et la présence d'un maximum profond de chlorophylle autour de 80 m de profondeur pour les stations les plus éloignées, typique des zones peu productives tropicales et subtropicales.

Zooplancton et micronecton

Différentes classes de taille de zooplancton (micro-, meso- et macrozooplancton) ont été échantillonnées à différentes profondeurs (entre la surface et 500m de profondeur), aux stations proches du som-

met et de jour uniquement. L'analyse des données laisse apparaître une plus grande abondance dans le secteur sud-ouest d'organismes qui sont par ailleurs de plus petite taille qu'aux autres stations échantillonnées. Aucune tendance n'est observée dans la distribution spatiale des organismes de plus grande taille (macrozooplancton).

D'une manière générale, le Banc Walters présente une biomasse relativement faible, que ce soit pour le méso et le macrozooplancton, ou pour le micronecton, en comparaison notamment de deux monts sous-marins (sud de Madagascar et est de La Réunion) échantillonnés par notre équipe. Plus de 130 taxa (poissons, crustacés, mollusques, échinodermes, tuniciers pélagiques, cnidaires) ont été observés dans les chaluts mésopélagiques, avec de nouvelles espèces à chaque chalut. La présence d'organismes gélatineux (salpes, pyrosomes et siphonophores) a été observée également, en faible nombre et dans des proportions (par rapport aux organismes planctoniques) sensiblement équivalentes à celles obtenues sur les deux autres sites. Ce résultat est préliminaire cependant, la quantification et la détermination précises des organismes gélatineux étant toujours en cours. La présence de micro-plastiques et de déchets dans le chalut a été faible mais constante tout au long de la mission.

Les mesures réalisées par acoustique multifréquence confirment la dissymétrie de la répartition du micronecton entre l'est et l'ouest du mont sous-marin, à proximité du sommet uniquement, le secteur ouest présentant des densités acoustiques plus faibles. Les densités acoustiques mesurées sur les secteurs les plus éloignés du sommet sont restés homogènes. Une analyse comparée des mesures d'acoustique et

de la composition spécifique des chaluts est en cours, pour tenter de quantifier à partir des enregistrements acoustiques, les grandes classes d'organismes (poissons, crustacés, céphalopodes et gélatineux) présents sur la zone.

Oiseaux et mammifères marins

Le nombre d'observations de mammifères marins pendant la campagne a été faible malgré un effort d'observation soutenu. Trois grands groupes d'espèces ont été rencontrés dans la zone d'étude (grands dauphins, cachalots, rorquals communs). Une de ces espèces (*Tursiops truncatus*) a été observée en grand nombre sur plusieurs jours. Aucun comportement de fuite, ni d'attraction au navire n'a été constaté. Les plongeurs scientifiques de l'équipe « benthique », à l'eau au moment de l'observation d'un groupe de Grands dauphins, ont mentionné des comportements d'accouplement à plusieurs reprises. Les dauphins ne semblaient pas farouches, voire même curieux de la présence des plongeurs. **Peu de groupes d'aussi grande taille de cette espèce ont été référencés dans la littérature.**

L'analyse des données acoustiques collectées par le « glider » a révélé, sur les spectrogrammes des enregistrements collectés pendant les dix jours de déploiement de l'instrument, la présence de vocalises de baleines bleues pygmées de Madagascar ainsi que des vocalises de rorquals communs. Un chorus correspondant à des vocalises de baleine bleue Antarctique et de rorqual commun est également présent dans les enregistrements.

Une diversité élevée d'espèces d'oiseaux a été observée (une vingtaine d'espèces) pour une quantité assez faible d'individus

cependant (268 sur 25 jours de campagne). Ces observations fournissent une indication sur la présence des espèces en fonction de leur aire de distribution connue. Elles montrent ainsi la présence, pendant la campagne, de certaines espèces à des latitudes relativement hautes par rapport à leur aire de répartition préférentielle, comme le pétrel à menton blanc. Le Grand Albatros a été observé dès la latitude 31°S. L'observation de juvéniles est cohérente avec la période de dispersion des oiseaux. La période de réalisation de la campagne n'est pas celle de la présence sur le Banc du Pétrel de Barau au sud de Madagascar. Cette espèce endémique de l'île de La Réunion, dont on sait à partir de mesures de télémétrie qu'elle utilise la région du Banc Walters comme zone d'alimentation pendant la période d'élevage des poussins, n'a donc pas pu être observée.



d. Conclusion

Globalement, les données acquises pendant la campagne montrent que la densité et la diversité des organismes pélagiques sont relativement faibles autour du Banc Walters, en comparaison des observations réalisées sur deux autres monts sous-marins du sud-ouest de l'océan Indien (sud de Madagascar et est de La Réunion). Ce résultat peut être la conséquence d'un effort d'échantillonnage moindre pendant la campagne « Walters Shoal » (qui comportait également un important volet « benthique ») et de l'utilisation de dispositifs d'échantillonnage différents (le chalut méso-pélagique notamment). Il s'explique aussi par le contexte environnemental autour du Banc Walters qui est globalement moins productif, en l'absence de dynamique de méso-échelle (tourbillons océaniques connus pour favoriser la production primaire), et par l'isolement géographique du Banc Walters qui ne bénéficie d'aucun apport continental.

On retient néanmoins de la campagne « Walters Shoal » une « sectorisation »

de la faune méso-pélagique et planctonique aux abords du sommet (signal acoustique plus faible au sud-ouest du sommet, au contraire du zooplancton plus abondant dans ce secteur).

L'origine de cette sectorisation reste à préciser. Les observations sur les oiseaux et mammifères marins confirment par ailleurs la distribution spatiale des espèces présentes à cette période de l'année. C'est également le cas des enregistrements en acoustique passive qui indiquent la présence des baleines (baleine bleue antarctique et baleine pygmée de Madagascar) à proximité du mont sous-marin. L'ensemble de ces informations confirme l'intérêt écologique du site « Banc Walters » pour la faune migratrice (poissons pélagiques, oiseaux et mammifère marins).

Les données « environnementales » acquises à proximité du sommet du mont sous-marin constituent un ensemble d'informations de référence qui permettent de tester différents scénarios de fonctionnement de l'écosystème « Banc Walters ». Elles ont ainsi mis en évidence des processus différents de production primaire entre les stations proches du sommet et celles

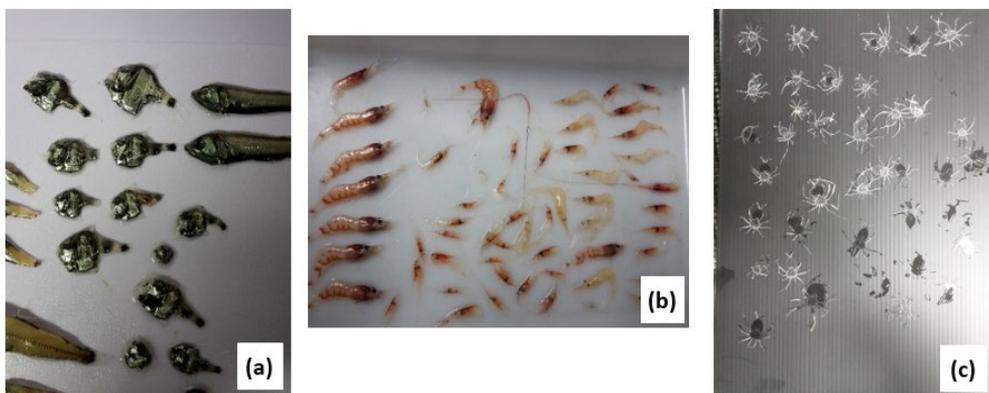
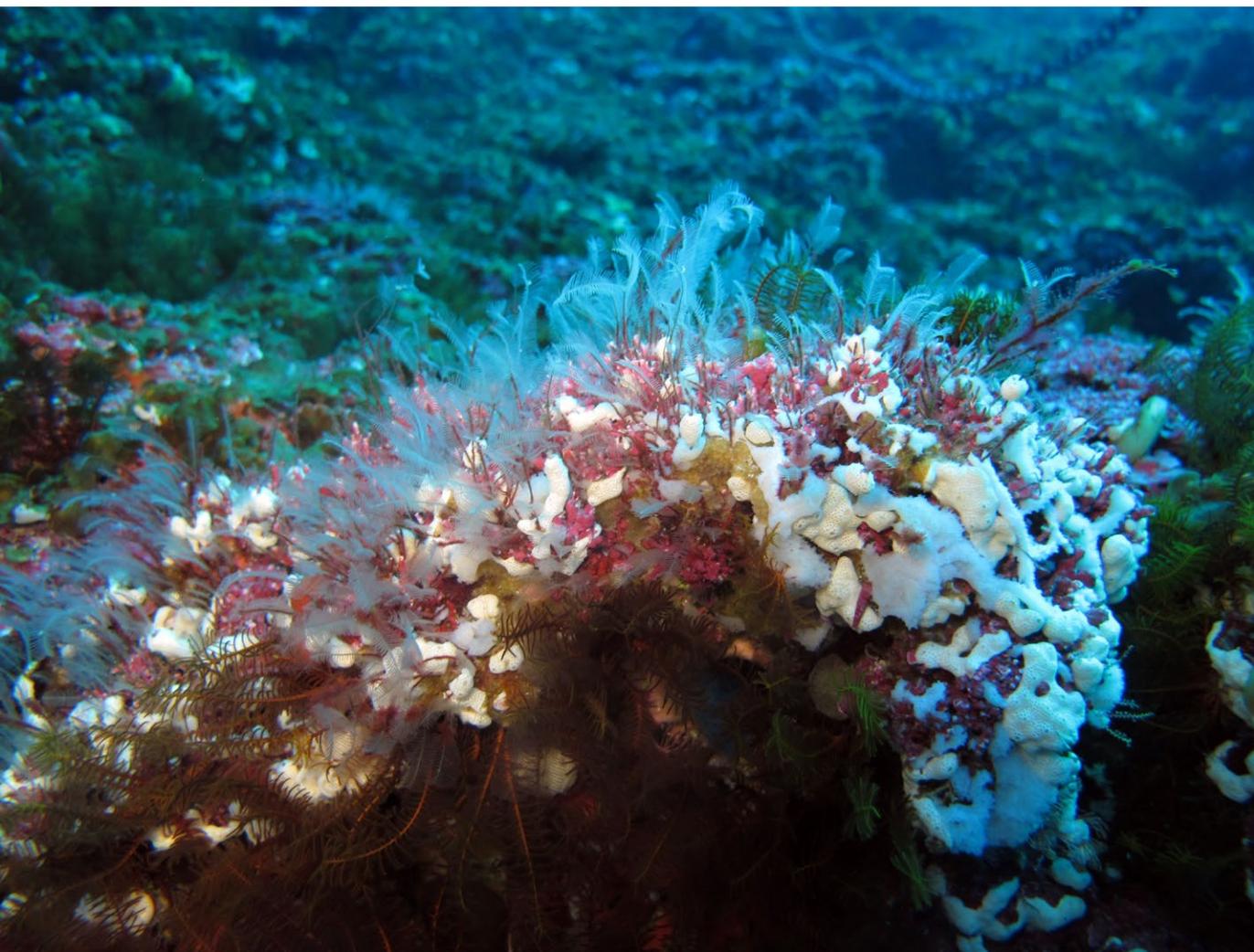


Figure 12 : Quelques organismes collectés pendant la campagne (a) poissons hachés et myctophydés (micronecton) ; (b) différentes espèces de décapodes ; (c) larves phyllosomes de langouste.



plus éloignées. Du fait de la faible profondeur (18m) à la périphérie du sommet, l'échantillonnage de la caldeira centrale (profondeur jusqu'à 50m) n'a pas pu être réalisé pendant la campagne. Par ailleurs, l'analyse des séries temporelles de données de couleur de l'eau (comme proxy de la quantité de chlorophylle à la surface de l'océan) a montré le rôle singulier du Banc Walters au sein d'une zone globalement peu productive. Ces données démontrent en effet l'existence de « patches » de

chlorophylle qui apparaissent par intermittence au niveau du mont sous-marin (non présents pendant la campagne) et qui sont ensuite dispersés par les courants. Enfin, la variabilité saisonnière des conditions environnementales, importante à la latitude du Banc Walters, devra également être prise en compte (réalisation d'une nouvelle campagne en hiver austral), la campagne « Walters Shoal » ayant été réalisée pendant une période de faible productivité primaire.

1.3 Biodiversité des prédateurs supérieurs autour du Banc Walters

En complément de la campagne océanographique Walters Shoal MD208, une étude sur la biodiversité des prédateurs supérieurs autour du Banc Walters a été réalisée.

1.3.1 Contexte

Il a été suggéré que les monts sous-marins peu profonds et intermédiaires (profondeur du sommet < 200 m et jusqu'à 400 m, respectivement) attireraient une grande diversité de prédateurs marins (poissons,

oiseaux marins, mammifères marins, tortues marines), car ils leur serviraient de stations d'alimentation (Guenin & Dower 2007, Morato *et al.* 2008). Les monts sous-marins pourraient également jouer le rôle de repère magnétique pour plusieurs espèces migratrices (thons, requins, tortues marines, baleines ; Fréon & Dagorn 2000, Klimley *et al.* 2003, Klimley *et al.* 2005, Etnoyer *et al.* 2006). Ainsi, les monts sous-marins sont décrits comme des zones majeures pour la biodiversité marine (Worm *et al.* 2003, Pitcher *et al.* 2007,

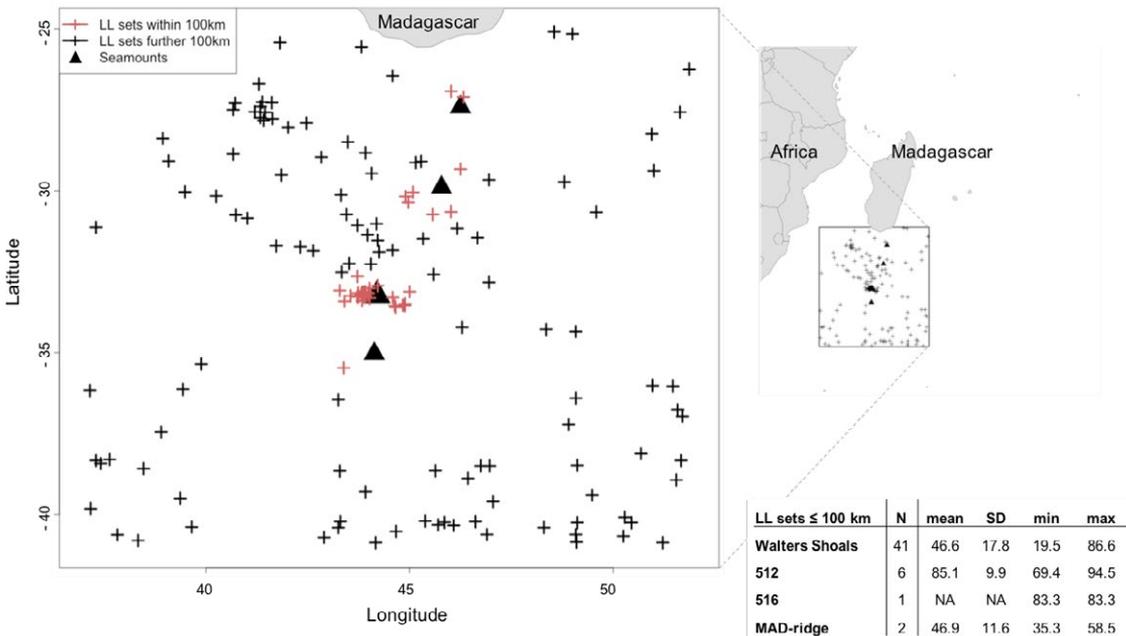


Figure 13. Position des déploiements de palangre (LL) dans la zone d'étude ⁽¹⁾ (25°S-41°S, 37°E-52°E). Les palangres situées à moins de 100 km du sommet du mont sous-marin (triangles noirs) le plus proche sont représentées par des croix rouges, celles situées à plus de 100 km d'un mont sous-marin sont représentées par des croix noires. Des informations concernant le nombre et la distance au sommet (moyenne, écart-type, min et max) des palangres déployées à moins de 100 km d'un mont sous-marin sont présentées dans le tableau à droite de la figure.

Morato *et al.* 2008, Rogers 2012), pouvant faire figures de hotspot (sensus Myers *et al.* 2000). Pourtant, cet écosystème, et la biodiversité qu'il accueille, sont mis en péril par la pression insoutenable des pêcheries industrielles, à la recherche des dernières zones de forte concentration de biomasse exploitable et économiquement attractives (Pitcher *et al.* 2010, Norse *et al.* 2012).

La moitié des monts sous-marins se situent en haute mer (Kitchingman *et al.* 2007). Il est crucial de réunir des données et des observations fiables sur la diversité biologique de ces sites exceptionnels et sur l'usage que peut en faire la mégafaune (grands poissons pélagiques, oiseaux et mammifères marins) (see Clark *et al.* 2012), pour permettre leur protection.

Le Walters Shoal ou Banc Walters est le mont sous-marin le plus connu de la zone du plateau des Mascareignes. La pêche industrielle s'y est fortement développée dans les années 90 (Clark *et al.* 2007), et serait encore présente (Shotton 2006). En complément de la campagne Walters Shoal et du travail de l'équipe pélagique, la biodiversité de la mégafaune a été évaluée dans la zone du Banc Walters de 25°S à 41°S et de 37°E à 52°E qui sont les limites décrites dans la base de données des monts sous-marins (<http://seamounts.sdsc.edu>), à partir d'une part, de données historiques de campagnes de pêche à la palangre, et d'autre part, à partir de données originales de suivi télémétrique¹⁷ de la mégafaune pélagique (oiseaux marins, tortues marines et mammifères marins). En combinant ces deux approches, nous

montrons la nécessité de protéger la mégafaune qui y est associée.

La description des communautés de poissons de la zone du Banc Walters s'est basée sur les seules données de captures disponibles dans cette zone (1968 à 1987) issues de pêches à la palangre pélagique provenant de 25 campagnes historiques menées par l'Institut de Recherche ukrainien YugNIRO (Southern Scientific Research Institute of Fisheries and Oceanography Ukraine). Les captures réalisées par 163 palangres filées jusqu'à 400 m de profondeur ont été analysées en distinguant la zone proche du Banc Walters (<100 km) de la zone éloignée (>100 km) (**Figure 13**). 23 espèces différentes ont été capturées dans la zone proche du Banc Walters. Les données de marquage de la mégafaune pélagique ont été acquises entre 1991 et 2015 (suivi de 23 espèces d'oiseaux, de tortues et de mammifères marins, à partir de 20 sites, soit 77 groupes ou « populations stades ») par différents programmes de recherche réalisés dans l'océan Indien, des tropiques jusqu'en Antarctique.



17

Le suivi télémétrique a pour but de procurer des informations sur le comportement et sur la démographie qui soient représentatives de la population, à travers l'utilisation d'émetteurs fixés à des individus de la population étudiées pour permettre d'en suivre ses déplacements.

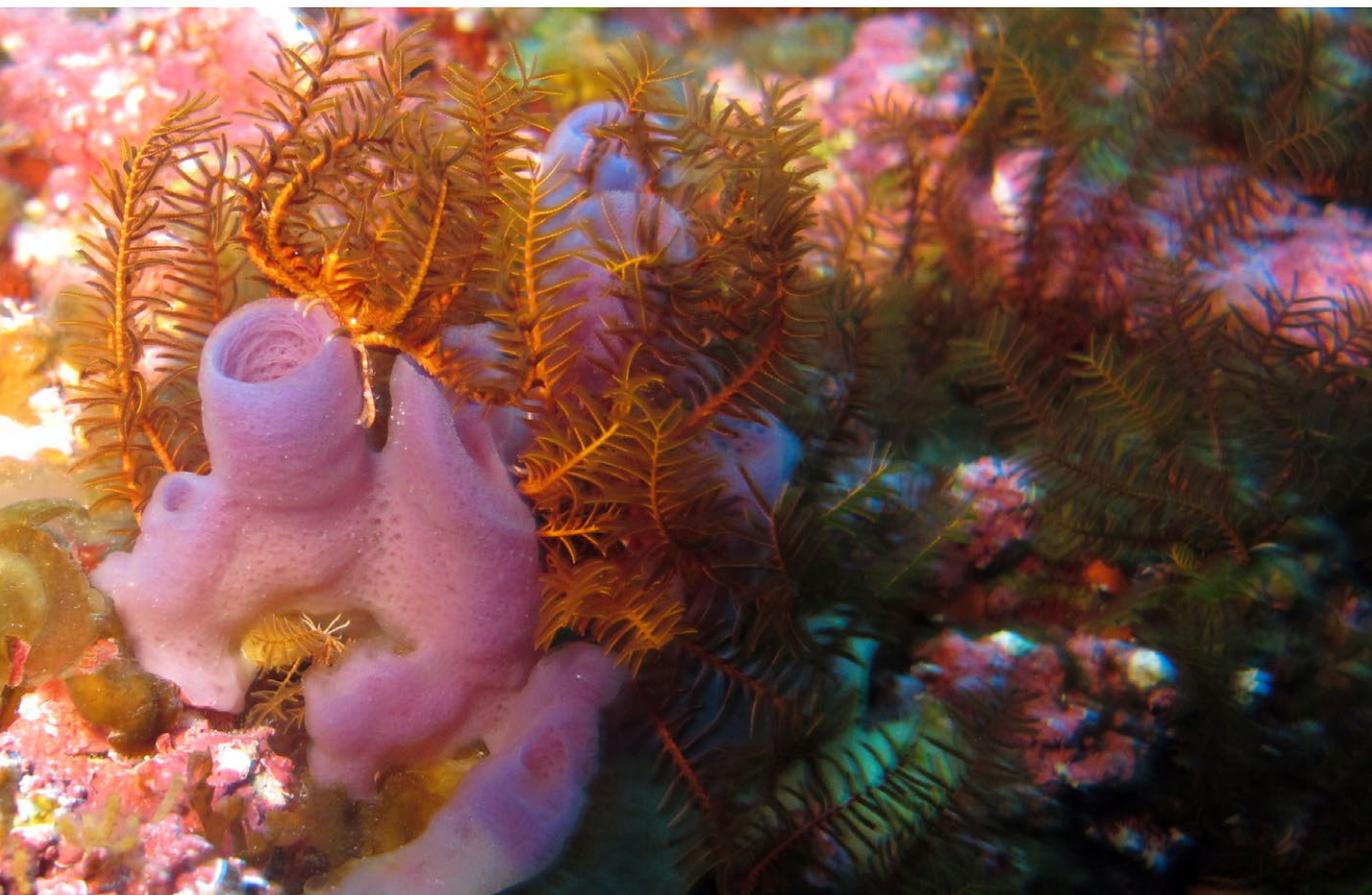
1.3.2 Résultats

Les espèces dominantes de poissons osseux capturés étaient la seriole chicard (*Seriola lalandi*), l'albacore ou thon jaune (*Thunnus albacores*) et le thon germon (*Thunnus alalunga*). Le requin de sable (*Carcharhinus obscurus*), et le requin peau bleue (*Prionace glauca*) représentaient les espèces dominantes des poissons cartilagineux capturés. Parmi ces espèces dominantes, 1 espèce est classée vulnérable dans la liste rouge de l'UICN (requin de sable), 3 sont quasi-menacées (thon jaune, thon germon et requin peau bleue) et 1 est de préoccupation mineure (seriole chicard). Concernant les autres espèces capturées, 1 espèce est classée en danger critique (thon rouge du Sud, *Thunnus maccoyii*), 1 est en danger (requin marteau halicorne, *Sphyrna lewini*) et 4 sont vulnérables (thon obèse, *Thunnus obesus* ; requin marteau commun, *Sphyrna zygaena* ; requin mako, *Isurus oxyrinchus* ; requin taupe commun, *Lamna nasus*). Les poissons osseux et les espèces de requins sont plus abondants dans un rayon de 40 km autour du WS soit relativement proche du sommet. Nous suggérons que ces répartitions reflètent différents degrés d'association des espèces avec les monts sous-marins, allant de résident à visiteur (Pitcher *et al.* 2010). Cette gamme de degrés d'association pourrait être expliquée par les caractéristiques physiques du mont sous-marin (*e.g.*, profondeur du sommet) et/ou par la fonction du mont pour l'espèce (*e.g.*, reproduction, station d'alimentation, repère pour la migration), (Morato *et al.* 2008, Pitcher *et al.* 2010, Fréon & Dagorn 2000, Klimley *et al.* 2005, Etnoyer *et al.* 2006).

Quant à la diversité en termes de richesse spécifique elle est aussi plus grande dans



la zone proche du sommet. Si nombre d'espèces sont communes aux 2 zones, la composition spécifique diffère : la seriole chicard, le requin de sable et le thon jaune dominant dans la zone proche du sommet alors que c'est le thon germon et le requin peau-bleue qui sont essentiellement capturés dans la zone éloignée. De plus l'abondance de certaines espèces dominantes décroît avec la distance au sommet du Banc Walters. Mais ce n'est pas le cas pour les espèces de haute mer comme les thons et le requin peau-bleue. Les poissons pélagiques adoptent des comportements différents lorsqu'ils s'associent ou visitent le mont sous-marin : le temps de résidence varie en fonction de l'usage qui en est fait, zone d'alimentation ou zone de passage. Les données de sexe ratio et de



taille montrent aussi des différences entre espèces. Certaines espèces ne sont observées qu'à l'état juvénile (requin de sable), d'autres au stade adulte (thon jaune).

Il résulte des données de suivi télémétrique de la mégafaune marine que 12 populations (8 espèces) sont des résidents réguliers, 5 des résidents occasionnels (5 espèces), 6 des visiteurs réguliers (5 espèces) et 20 populations (12 espèces) sont des visiteurs occasionnels. Tous les résidents réguliers ou occasionnels sont des oiseaux marins. Les 12 groupes ou « populations-stades » réguliers sont ceux de : l'Albatros d'Amsterdam (*Diomedea amsterdamensis*) adulte en migration/ hivernage et immature, l'Albatros Fuligineux à Dos Clair immature (*Phoebetria*

palpebrata) de Crozet et de Kerguelen, l'Albatros Fuligineux à Dos Sombre immature (*Phoebetria fusca*) de Crozet, le Grand Albatros de Crozet adulte en migration et juvénile (*Diomedea exulans*), le Pétrel à Menton Blanc de Crozet et de Kerguelen immature (*Procellaria aequinoctialis*), le Skua de Svarthamaren (*Catharacta mac-cormicki*) adulte en migration, le Pétrel de Barau (*Pterodroma baraui*) de la Réunion adulte reproducteur, le Paille-en-queue à brins rouges (*Phaethon rubricauda*), de Nosy Be adulte reproducteur. Ils sont potentiellement présents dans la zone du Walters Shoal tout au long de l'année (par exemple l'Albatros Fuligineux à Dos Clair de Crozet et l'Albatros d'Amsterdam), ou durant des périodes spécifiques (par exemple de mi-avril à mi-décembre pour

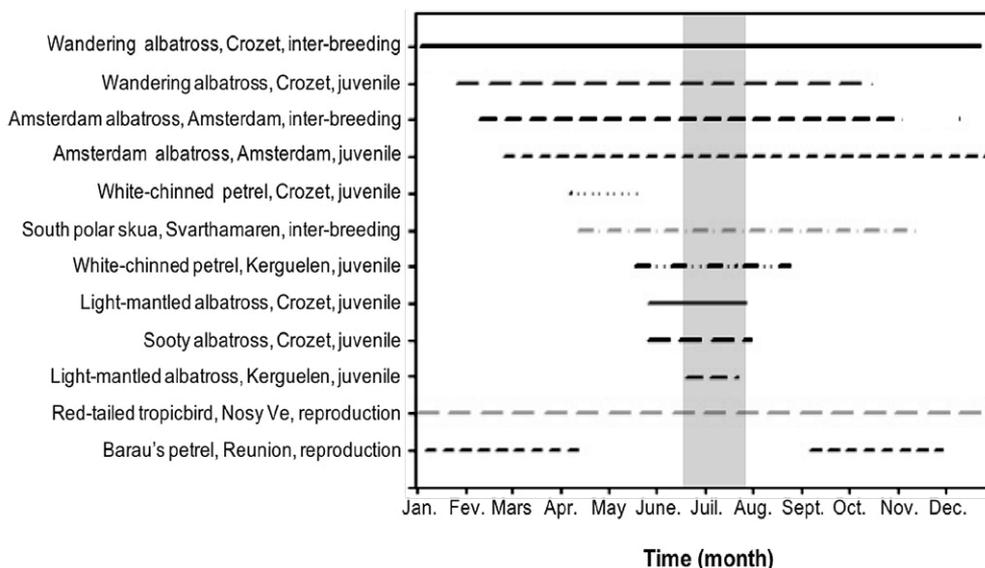


Figure 14. Tendances de la distribution temporelle des populations « Résidentes Régulières ». Chaque ligne représente la période pendant laquelle chacune des populations était potentiellement présentes dans la zone du Banc Walters, d'après les données de télémétrie. La période grisée représente la période pendant laquelle le plus grand nombre de ces espèces étaient présentes ensemble dans la zone du WS.

le Skua Svarthamaren adulte en migration). La **Figure 14** illustre les différentes périodes. On notera que le Pétrel de Barau est présent dans la zone à 2 périodes différentes, de janvier à mi-avril puis de début septembre à la fin de novembre. La période commune pendant laquelle la plupart des populations sont présentes dans la zone du Banc Walters (10 sur les 12 inventoriées) se situe de mi-juin à la fin du mois de juillet (**Figure 14**). Parmi ces résidents réguliers et selon la classification de l'IUCN, une espèce est en danger critique d'extinction (CR ; Albatros d'Amsterdam), deux sont en danger (EN ; Pétrel de Barau, Albatros Fuligineux à Dos Sombre), deux sont vulnérables (VU ; Grand Albatros, Pétrel à Menton Blanc), une est quasi menacées (NT ; Albatros Fuligineux à Dos Clair) et deux sont classées en préoccupation mineure (LC ; Paille-en-queue à brins rouges, Skua). Les espèces de tortues ou les mammifères marins sont des visiteurs soit réguliers soit occasionnels.

1.3.3 Conclusion

Ce travail montre que la zone du Banc Walters présente une diversité importante des prédateurs supérieurs. Un nombre non négligeable d'espèce au statut de conservation sensible a été décrit, démontrant l'intérêt majeur de cette zone pour la biodiversité marine, et l'urgence nécessaire de sa protection. Les prédateurs supérieurs utilisant la zone du Banc Walters semblent être associés à plus ou moins fort degré avec le mont sous-marin lui-même et avec les autres monts sous-marins de la zone, et présents sur de plus ou moins longues périodes. Les liens sous-jacents à leur présence et à leur association avec ces monts, tels que les conditions environnementales et les traits d'histoire de vie des individus (périodes de reproduction, durée de vie larvaire, comportement, etc.), devraient être étudiés en détails pour mieux comprendre le rôle des monts sous-marins du Sud Madagascar sur ces espèces.

1.4 Etude de connectivité via l'utilisation de modèles numériques

1.4.1 Contexte

La connaissance des patrons de connectivité¹⁸ est essentielle dans le savoir scientifique nécessaire à la gestion efficace des écosystèmes marins (Cowen & Sponaugle, 2009 ; Foley *et al.*, 2010 ; Sale *et al.*, 2005 ; Wilson *et al.*, 2010). En effet, si pour chaque espèce, le stock se renouvelle à partir de ses propres populations (auto-recrutement), les stocks doivent être gérés à l'échelle locale pour maintenir le pool génétique. En revanche, s'il existe des échanges significatifs entre différents sites (allo-recrutement), il faudrait envisager de protéger la zone géographique dans son ensemble.

Bien que diverses méthodes aient été développées pour étudier les patrons de dispersion larvaire et la connectivité des populations de poissons à travers le milieu marin (génétique, marquage chimique, isotopes stables, chimie des otolithes, analyse de formes des otolithes), ces dernières techniques ont une couverture spatiale et temporelle limitée (échantillonnage intensif et relativement coûteux) et donc une faisabilité limitée pour de vastes régions. Pour pallier à ces limitations, les chercheurs ont développé des modèles de transport numériques permettant de suivre virtuellement des individus, sur de grandes échelles spatiales et temporelles. Cette approche nécessite cependant des connaissances sur les paramètres biologiques des larves et sur leur environnement.

L'isolement des monts-sous-marins laisse supposer une faune particulière, composée d'une part, d'espèces à développement larvaire abrégé, et donc sans phase de dispersion planctonique, et qui sont endémiques d'un mont sous-marin ou d'un groupe (archipel) de monts sous-marins voisins ; d'autre part, d'espèces à larves planctoniques de longue durée, assurant une connectivité génétique entre monts sous-marins, et entre monts sous-marins et écosystèmes côtiers. C'est sur ces espèces à larves planctoniques que porte exclusivement cette étude. Les traits de vie de ces espèces sont difficiles à prévoir, et méconnus pour la plupart.

Un outil de dispersion larvaire a été utilisé pour étudier la connectivité marine autour des monts sous-marins de l'océan Indien occidental. Cela a permis d'acquérir des connaissances sur les dynamiques courantologiques auxquelles sont soumis ces écosystèmes, et d'établir les grandes tendances de connectivité entre ces écosystèmes, mais également depuis ces écosystèmes vers les écosystèmes côtiers proches (Madagascar, Afrique du Sud, Mozambique).

L'objectif était de répondre à deux questions principales : **Existe-t-il des échanges entre les monts sous-marins de l'océan Indien occidental ? Existe-t-il des échanges entre les monts sous-marins de l'océan Indien occidental et les écosystèmes côtiers proches, à savoir**

18 Schémas d'échanges d'individus entre populations locales spatialement séparées.

Madagascar, l'Afrique du Sud et le Mozambique ? Si oui, quels sont les caractéristiques de ces échanges, c'est-à-dire, à partir de quelle Durée de Vie Larvaire (DVL) ces échanges se produisent-ils ?

Pour la prédiction des courants de surface, il a été décidé d'utiliser les produits OSCAR (voir encadré) compte tenu de leur résolution spatiale, permettant ainsi une mise en œuvre rapide de l'étude. Concernant l'outil de dispersion larvaire, le choix s'est porté sur le logiciel ICHTHYOP (voir encadré), pour sa facilité et sa rapidité de mise en œuvre (voir Crochelet 2017 pour une description détaillée des résultats).

Deux zones géographiques sont particulièrement ciblées : la zone du plateau de Madagascar et plus particulièrement le Banc Walters et la Ride Sud-Ouest indienne entre 35 et 50°S, où l'Université d'Oxford poursuit des recherches depuis 2009 (Rogers, 2012). Ces monts sous-marins se situent entre -15 et -1249 mètres de profondeur (profondeur sommitale).

1.4.2 Résultats

Les échanges entre les monts sous-marins peuvent avoir lieu dès 15 jours de DVL (distance comprise entre 157 km (Walters Shoal et Un-named Seamount) et 458 km (MOW Seamount et Melville Bank)), (**Figure 15**). A partir de 180 jours de DVL, tous les monts sous-marins étudiés sont connectés de manière bilatérale via les courants, à l'exception de la connexion Atlantis Bank vers Coral Seamount, même à

360 jours, étant les plus éloignés et distants de 1942 km. Les connexions depuis et vers Atlantis Bank sont longues à se mettre en place. Ce mont est celui situé le plus à l'Est de la zone d'étude. Les échanges depuis les monts sous-marins vers les écosystèmes côtiers peuvent, eux, avoir lieu dès 30 jours de DVL (**Figure 16**). Ils concernent les côtes de Madagascar en premier lieu et s'étendent jusqu'au Mozambique et l'Afrique du Sud à partir de 45 et 60 jours respectivement.

Les distances de dispersion sont très variables. Elles augmentent avec la DVL, et sont comprises entre 325,8 km à $t=15$ jours, et 963,8 km à $t=360$ jours entre les monts sous-marins exclusivement. Lorsque l'on considère les écosystèmes côtiers, la distance de dispersion s'étend jusqu'à 1195,4 km. Le taux de connectance¹⁹ augmente également avec la DVL. Il est plus fort lorsqu'on considère exclusivement les échanges entre les monts sous-marins, plutôt que les échanges entre les monts sous-marins et les écosystèmes côtiers.

Les valeurs de rétention²⁰ locale sont décroissantes avec l'augmentation de la DVL. Elles sont très faibles et comprises entre 0 et 4% environ. Le mont le plus rétentif pour toutes les DVL testées est Atlantis Bank. Les valeurs d'export larvaire sont décroissantes avec l'augmentation de la DVL. Elles sont également très faibles et comprises entre 0,3 et 0,9%.

Les valeurs d'auto-recrutement²¹ sont également décroissantes avec l'augmentation de la DVL. Elles sont comprises entre 22 et

19 La connectance est le nombre d'interactions réalisées entre les niveaux trophiques spécifiés divisé par le nombre d'interactions potentielles.

20 Valeurs correspondant au nombre de larves restant dans la région considérée.

21 Fraction locale du recrutement au sein d'une zone donnée.

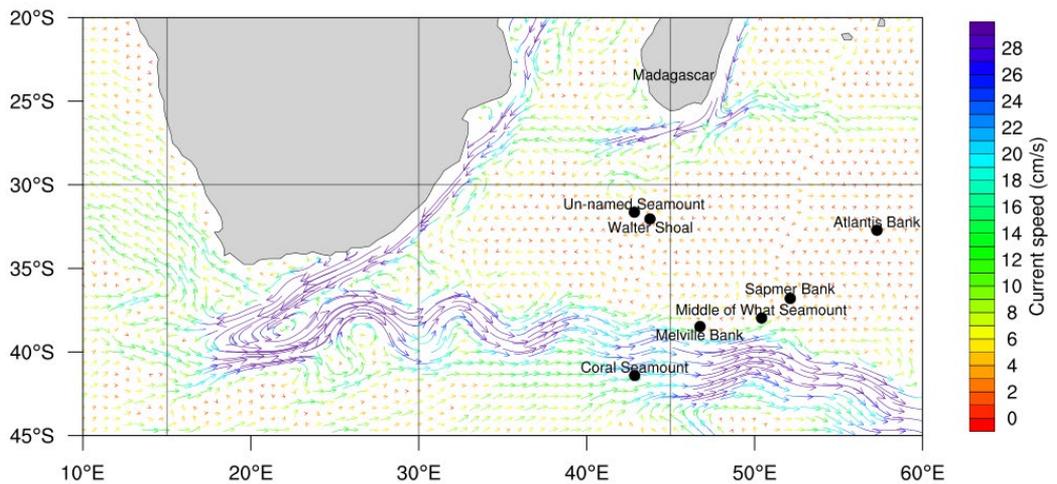


Figure 15 : Localisation des monts sous-marins ciblés et principaux courants de la zone sud-ouest de l’océan Indien. Données issues des produits OSCAR sur la période 2010-2016. Carte réalisée par N. Barrier.

85% environ. De manière plus spécifique, le taux d’auto-recrutement est de 100% sur Atlantis Bank et Coral Seamount jusqu’à 60 jours de DVL. On remarque également que le Banc Walters et Un-named Seamount sont fortement connectés dès 15 jours de DVL et ont des échanges exclusivement bidirectionnels jusqu’à 60 jours de DVL.

1.4.3 Conclusion et implications en termes de coopérations internationales

Ces travaux mettent en évidence l’échelle géographique de la connectivité marine dans l’océan Indien entre les monts sous-marins d’une part, et entre les monts sous-marins et les écosystèmes côtiers situés à proximité (Madagascar, Mozambique, Afrique du Sud) d’autre part. Ils fournissent un support pour les processus de planification de l’environnement marin et la coopération régionale. En effet, ils montrent que la connectivité entre les populations marines a lieu à grande échelle, sur plusieurs centaines/milliers de kilomètres. Ainsi,

ces populations ne se reconstituent pas exclusivement par auto-recrutement. Les écosystèmes sont intrinsèquement liés.

Des mesures de gestion devraient être mises en œuvre en tenant compte des patrons de connectivité, et en distinguant les sites émetteurs et récepteurs. Les aires marines protégées sont des outils disponibles pour répondre à cette problématique. Leur mise en place peut être accompagnée de mesures plus traditionnelles comme la mise en place de quotas de pêche dans les sites sources, à travers des zones de protection temporaire ou permanente par exemple. La mise en œuvre d’Aires Marines Protégées (AMP) doit être conçue en tant que réseau et planifiée à l’échelle régionale pour maintenir des écosystèmes fonctionnels. Cela nécessite une coopération régionale entre les différentes nations et le soutien du gouvernement pour établir une gouvernance transfrontalière efficace fondée sur le fonctionnement des écosystèmes (Micheli, 2013). Ce doit donc être le résultat d’une volonté politique établie.

OSCAR (NOAA Ocean Surface Current Analyses - Real Time)

OSCAR (*Ocean Surface Current Analyses Real-time en anglais*) est un projet de recherche financé par la NASA et une base de données mondiale sur les courants de surface. Les produits hydrodynamiques OSCAR sont issus d'imagerie satellite et, compte tenu de leur résolution spatiale, permettent une mise en œuvre rapide de l'étude. Les données accessibles concernent une longue série d'archives à l'échelle globale, qui englobe les latitudes 80°N à 80°S et 360 degrés de longitude, et sont fournies dans une projection géographique. Les produits sont disponibles à une résolution de 1/3°. Ils débutent le 21 octobre 1992, sont mis à jour jusqu'à aujourd'hui, et concernent les courants à une profondeur de 15 mètres. Les produits OSCAR ont été validés dans l'océan Indien par Sikhakolli *et al.* (2013).

Modèle de dispersion larvaire ICHTHYOP

Il s'agit d'un outil lagrangien conçu pour étudier les effets des facteurs physiques et biologiques sur les dynamiques de l'ichthyoplancton (Lett *et al.*, 2008). En sortie de modèle, l'outil produit des fichiers NetCDF, qui stockent les informations sur la dynamique des individus (temps, longitude, latitude, profondeur, longueur, etc.). Afin de lancer les simulations de dispersion larvaire sur la zone d'étude, il a fallu définir l'étendue géographique et les caractéristiques de la zone d'étude, c'est-à-dire la position des sept monts sous-marins correspondant aux zones de frai. Les produits de courants OSCAR utilisés en entrée de modèle ont ensuite été téléchargés pour chaque année entre 2010 et 2016. Enfin, les paramètres biologiques ont été renseignés. Les simulations concernent les espèces dont la Durée de Vie Larvaire (DVL) est de $t=15, 30, 45, 60, 90, 120, 180, 270$ et 360 jours. Les périodes de reproduction n'étant pas connues dans la zone d'étude, nous avons choisi de prendre l'exemple des gastéropodes pour lesquels les phases de reproduction semblent associées aux phases lunaires (Collin et Ochoa, 2016 ; Collin *et al.*, 2016, 2017 ; Velasco & Barros, 2017). Ainsi, nous avons fait partir les larves à la nouvelle lune de chaque mois durant 6 ans, de 2010 à 2015. Concernant le comportement des larves, les connaissances actuelles concernant d'éventuelles migrations nyctémérales, orientations chimiques, etc., étant très limitées, l'hypothèse choisie est que les larves se déplacent de manière passive au gré des courants. Enfin, la densité de larves initiale définie pour chaque point de lâcher (i.e. mont sous-marin) est de 10 000 larves, afin d'avoir des estimations assez précises des probabilités de connexion (Andrello *et al.*, 2013). Dans le cadre de cette étude de connectivité, le modèle ICHTHYOP, en association avec les produits courantologiques OSCAR, disponibles en 3D, ont permis de suivre le déplacement des larves via les courants de surface (-15 mètres). Dans cette configuration, les zones de lâchers ont été définies (les monts sous-marins), mais pas les zones de recrutement. Les larves dérivent ainsi au gré des courants. Il s'ensuit une analyse statistique en post traitement dans laquelle sont définies les zones de recrutement (monts sous-marins et bandes côtières de Madagascar, Afrique du Sud et Mozambique).

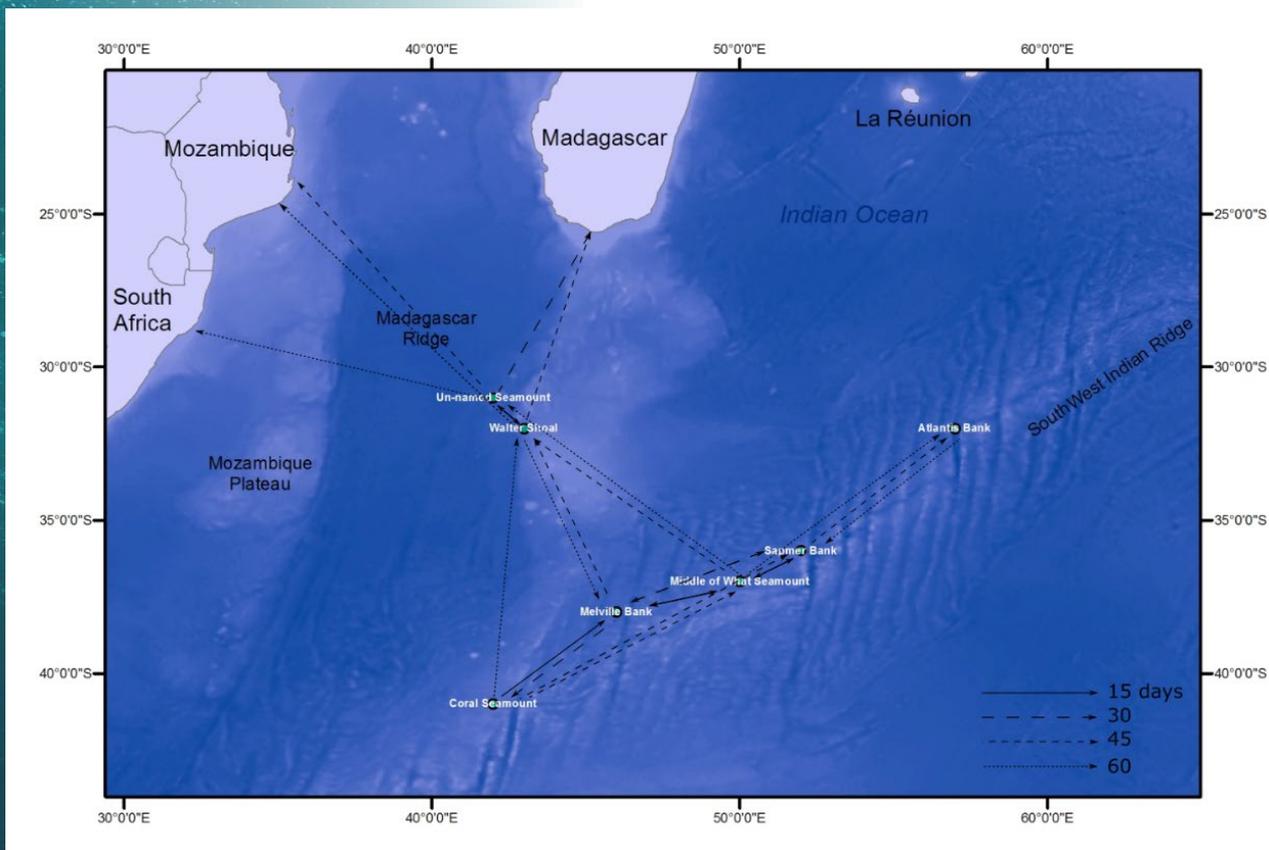


Figure 16 : Représentation schématique des connexions entre les monts sous-marins et les écosystèmes côtiers de l’océan Indien occidental entre 15 et 60 jours de DVL



2 La science en appui à la gouvernance de la haute mer

La campagne scientifique menée dans le cadre du projet était particulière : elle a pris le cap de l'aide à la décision publique avec comme objet d'étude le Banc Walters, emblématique des lointains sites de l'océan Indien. Lors des phases de préparation de la campagne, la composition de l'équipe embarquée et son ambition d'aller *au-delà des exercices habituels* de compilation et du traitement de données scientifiques propres à chaque discipline naturaliste ont permis de prendre conscience du caractère singulier de cette initiative.

Il s'agissait ainsi :

- a) d'identifier comment les découvertes de l'exploration de la zone du Banc Walters peuvent dépasser le cadre de la recherche océanographique et de ses seuls acteurs ; et
- b) d'identifier comment les données et observations acquises peuvent être expliquées et diffusées afin d'aider à la prise de décisions publiques dans la région de l'océan Indien.

Le droit de la mer s'engage aujourd'hui dans un tournant significatif auquel se préparent les États et les institutions de l'océan Indien. Les négociations menées aux Nations unies permettent d'envisager de nouvelles manières de définir des modalités de gouvernance pour les eaux de haute mer et les zones sous-marines *au-delà des plateaux continentaux*, cas-type du Banc Walters. Ces modalités de gouvernance peuvent s'envisager au travers de formes juridiques fort distinctes. Ceci, ici, ne sera admis qu'au travers de *quelques* possibilités juridiques fort distinctes, exhaustivement énumérées dans le texte onusien récapitulatif le consensus entre États, parmi lesquelles : celle de pouvoir établir légalement des aires marines protégées à des endroits et sites

comme celui du Banc Walters. Parmi ces quelques voies nouvelles, cette dernière est une question qui n'est ni simple ni mono-disciplinaire : elle implique une expertise collégiale, en partie juridique, nécessairement éclairée par un fort recueil de données scientifiques. La campagne MD 208 avait ainsi pour ambition d'être utilisée pour soutenir d'éventuels projets de gouvernance bilatérale ou multilatérale d'un espace au-delà de la juridiction nationale. Elle permet d'envisager la co-construction entre États voisins, ou plus éloignés, *via* les organisations régionales, d'arrangements juridiques provisoires, d'instruments juridiques bilatéraux ou multilatéraux, et d'alliances (Rochette et Wright, 2015).

La communication des résultats de campagne peut susciter l'adoption de mesures publiques par des institutions et dans des processus de gouvernance de la région *déjà actifs*. Elle peut également alimenter des questions de conservation de l'environnement marin inscrites aux agendas et sessions des arènes de gouvernance nationale, régionale voire internationale. Ceci, qu'il s'agisse d'enjeux de conservation globale ou par segments (environnements de fond ou pélagiques), par espèces (protection des cétacés, des oiseaux marins, des requins, des crustacés de l'océan Indien), ou par secteur économique (ressources mi-

nérales ou énergétiques, filières de pêches pélagiques ou benthiques traitées par les ORGP pélagiques; ou l'ORGP benthique du récent Accord des pêches du sud-ouest de l'océan Indien (APSOI), ou les deux filières comme la Commission pour la conservation de la faune et de la flore marines de l'Antarctique (CCAMLR).

A l'issue de la campagne, il s'agit de voir comment les observations confirment ou infirment les situations que les systèmes

de gouvernances existant essaient de réguler (sorts faits aux espèces, état de l'écosystème que l'on croyait intact ou très productif dans la zone Walters, etc.) et d'en informer les systèmes juridiques sectoriels actuels (de protection de l'environnement et d'exploitation de pêches commerciales). Un autre objectif consiste à commencer à constituer une base d'analyses, de données et de conseils solides pour l'élaboration de futures mesures de protection.



2.1 L'apport des premières observations aux régimes de protection juridique actuels

L'apport des observations benthiques au droit des pêches benthiques et des environnements vulnérables profonds

L'apport des observations benthiques par échantillonnage (drague, chalut à perche) et sondeurs multifaisceaux sur grandes profondeurs est une information plutôt naturaliste et de systématicien. Elle porte sur le type de fonds, l'écosystème et les espèces associées, leur endémisme et vulnérabilité, leur abondance, et l'observation de nouvelles espèces qui feront l'objet de longues et complexes procédures de répertoriage. Ces résultats sont exploratoires. Ils ne sont pas transférables en l'état pour l'aide à la décision. Par exemple, les informations sur les poissons de grands fonds ne sont pas en l'état des informations calibrées *par* et *pour* des sorties de pêches benthiques de navires d'États Parties ou de Parties coopérantes à l'Accord des pêches du sud-ouest de l'océan Indien (APSOI) compétent sur la zone. Cet accord attend plutôt de ses États participant de recevoir des données qualitatives et quantitatives sur la faune benthique, récoltées généralement par les professionnels de la pêche via des protocoles spéciaux de collecte de l'information. Le recueil de données de campagne n'est donc pas immédiatement transformé en données quantifiables et opportunément utilisables pour le strict pilotage de l'activité de pêche.

Néanmoins, l'APSOI reste un premier destinataire régional public intéressé par les résultats de la campagne scientifique, ne serait-ce qu'au niveau de son comité scientifique. Il a été tenu informé du projet et de la campagne par l'IUCN, qui en est un membre observateur. En matière de droit des pêches benthiques en espaces profonds vulnérables, plusieurs instruments juridiques internationaux ont en effet théoriquement vocation à s'appliquer. À l'interface entre le droit international et la législation des États, l'APSOI est la seule ORGP compétente *in situ* pour appliquer ce droit international « du profond » et le compléter par des mesures. Opérationnel depuis juin 2016, son comité scientifique organise annuellement une réunion scientifique qui examine la prise de mesures de gestion environnementale susceptibles de réduire ou d'empêcher l'activité de pêche benthique (Galletti & Simard, 2019). Ces mesures sont ensuite proposées, parmi d'autres, aux États Parties à la réunion annuelle de l'accord, qui les acceptent ou les refusent.

Un statut juridique contraignant acquis en 2018

Plusieurs États, dont la France, ont posé la constitution de bases de données publiques comme une condition préalable à l'acceptation des réductions d'activité de

pêche benthique dans des zones telles que celle du Banc Walters.

Depuis 2014, l'association professionnelle « Southern Indian Ocean Deepsea Fishers Association » (SIODFA), observatrice à l'APSOL, proposait de faire transformer 13 « territoires benthiques protégés » (« Benthic Protected Area ou BPAs ») prononcés par la seule SIODFA et originellement applicables à ses seuls membres, en zones benthiques protégées de l'APSOL. En cas d'acceptation par l'APSOL, l'idée était de donner une force contraignante à la protection juridique offerte à ces sites auprès de tous les États signataires et coopérant à l'APSOL, donc à tout opérateur de pêche portant pavillon de ces États (Leroy et Galletti, 2014), ainsi qu'un signal fort de l'évolution du droit de la protection des habitats et écosystèmes profonds à tout autre Etat. Cette suggestion a été remise à l'ordre du jour de la réunion du comité scientifique de l'APSOL en mars 2018 pour le cas du Banc Walters., Cela démontre que la campagne menée a sorti ce site de l'anonymat et du cadre fermé de discussions entre seuls ministères ou directions des pêches des États de l'APSOL pour en faire un cas rémanent, en attente d'abord de protections benthiques, mais aussi plus tard peut-être de protections environnementales plus vastes.

Lors du Comité scientifique de l'APSOL en mars 2018, le projet a pu, avec l'appui du Museum National d'Histoire Naturelle, s'appuyer sur des avis portant sur les zones australe et tropicale pour estimer et exprimer, que 5 sur 13 des territoires benthiques protégés de la SIODFA présentaient les caractéristiques nécessaires pour acquérir un statut de zones benthiques protégées de l'APSOL : Walters Shoal, Coral, Atlantis Bank, Middle Of What (MOW) et Fool's Flat. (**Figure 17**). Excepté Fool's Flat très à l'est, les quatre autres zones sont voisines et disséminées sur la Ride sud-ouest ou sur l'ouest de la ride (partie plus au nord du Banc Walters).

Leur accession à ce statut juridique international contraignant se devait d'être discutée en session de réunion annuelle des parties de l'organisation régionale de pêche APSOL. L'issue de la réunion annuelle des parties 2018 de l'APSOL (MOP5), décisionnaire, les a confirmées toutes les 5, le 29 juin 2018, comme des « zones protégées » édictée par l'APSOL (**Figure 18**). Devront s'y appliquer des régulations des opérations de pêches benthiques (interdiction de pratiquer le chalutage sur certaines zones, surveillance par observateurs, ...), pour une durée temporaire, jusqu'à ce que des plans de gestion des pêches benthiques et des recherches adaptées prises par les Etats parties à cette organisation viennent compléter ce dispositif.

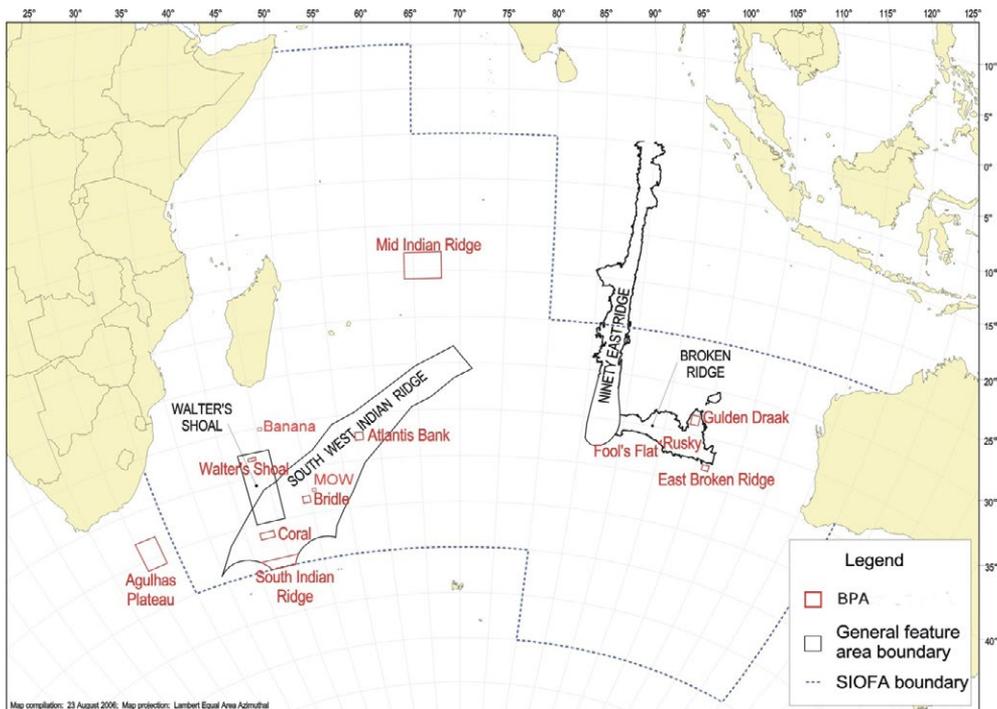


Figure 17 – Territoires Benthiques Protégés (BPAs) déclarés par SIODFA (en rouge), dont 5 sites reconnus par le Comité scientifique de l'APSOL le 24 mars 2018 comme proposés au statut de zones benthiques protégées de l'APSOL. Source : 2018 - adapté 2018 de Southern Indian Ocean Deepwater Fishers' Association SIODFA (2006) http://cmsdata.iucn.org/custom/image-viewer/launch.cfm?img_id=33161

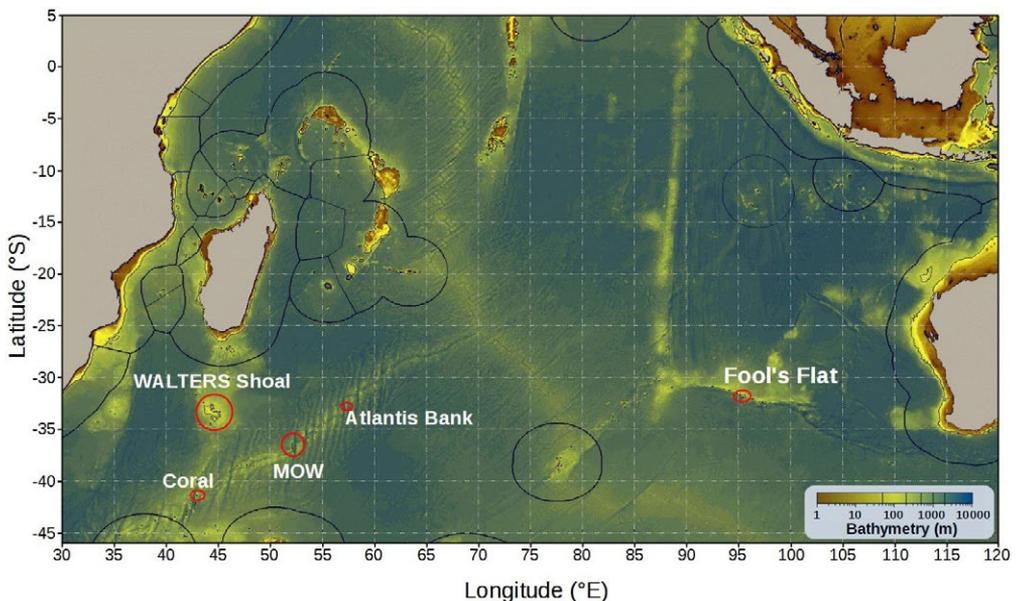


Figure 18 – Sites officiels qualifiés d'aires benthiques protégées de l'APSOL par la Réunion annuelle de l'APSOL (MoP5) du 29 juin 2018. Source : 2018, juillet, Hervé Demarcq & Florence Galletti (IRD, MARBEC, France)

L'apport des observations pélagiques aux connaissances de productivité écologique et au droit des pêches

Le but des opérations et le prélèvement des échantillons était de mieux connaître les processus d'océanographie physique sur le site du Banc Walters et la réponse de l'écosystème, dès les premiers maillons de la chaîne alimentaire, à ces contraintes environnementales.

Les résultats de la composante pélagique peuvent contribuer à déterminer la distribution spatiale des proies potentielles pour les poissons, et sont donc d'intérêt potentiel pour les pêcheries pélagiques. Les opérations de détection acoustiques ont une fonction de renseignement biologique (détection, localisation, déplacements, biomasse, taille des bancs) sur les espèces pélagiques (plancton, poissons...) et de leurs comportements (déplacements verticaux de jour comme de nuit). Ces informations contribuent à la connaissance du fonctionnement de l'écosystème pélagique associé au Banc Walters.

Bien que différents des besoins classiques des ORGP en données statistiques de capture d'espèces commerciales, ces résultats contribueront à l'évaluation environnementale des écosystèmes exploités. Cette tâche sert aussi à renseigner des ORGP thonières, les commissions environnementales (CCAMLR) ou encore les groupes de travail de conventions de protection des environnements.

Au-delà des institutions publiques (ORGP, commission, ou ministère) ces recherches présentent aussi un intérêt pour le secteur de la pêche.

L'intérêt de disposer de résultats lisibles que livre la campagne n'est pas uniquement d'accéder aux renseignements sur l'écosystème ou d'extrapoler ces résultats aux grands pélagiques exploités par les pêcheries, mais de suivre l'augmentation du contrôle juridique des activités en mer et des prises de pêche susceptibles de se développer dans la zone du Banc Walters. Le focus pluridisciplinaire porté sur le Banc Walters implique potentiellement un renforcement de sa surveillance sous divers angles, dont l'angle des législations et réglementations.

Le Banc Walters est théoriquement soumis à certains contrôles juridiques :

- au titre des recommandations et résolutions émises par les ORGP compétentes sur la zone (CTOI, APSOI par exemple) pour éviter la pêche illicite, non déclarée ou non réglementée ;
- au titre des mesures de ces ORGP et de commissions environnementales visant à rapprocher les formes et techniques de pêche profondes ou pélagiques des exigences requises de protection des écosystèmes et des espèces.

Les contrôles sur ces deux points occuperont, voire préoccuperont aussi, les pêcheurs pélagiques légaux et illégaux (les opérateurs benthiques n'étant pas les seuls concernés). Qu'ils appellent le renforcement de ces contrôles de leurs vœux ou qu'ils les rejettent, toute évolution du paysage du contrôle public des zones maritimes les affectent.

Pour tous, l'apparition de nouvelles réglementations a déjà complexifié les

opérations de pêches. On pense à celles en accord avec le partenariat CITES/FAO par exemple, portant sur la protection d'espèces de poisson-scie inscrites à l'Annexe I de la CITES (commerce interdit) ou d'espèces de requins et de raies inscrites à l'Annexe II de la CITES (commerce réglementé) dont l'inscription sur liste s'étoffe lentement au gré des CoP (entre la CoP 13 de 2003 et la CoP 18 en mai 2019). Les évolutions des filières pêche vers la conservation que veulent réussir les pouvoirs publics nationaux soucieux de respecter les obligations contenues dans les instruments internationaux sont mal aisées. Il ne s'agit pas seulement pour le pêcheur ou le contrôleur de savoir si une espèce capturée dans la zone Banc Walters est inscrite ou pas sur une liste, notamment sur la Liste rouge de l'UICN ou les annexes de la CITES, mais de connaître les mesures commerciales liées à la capture de l'espèce et les marges d'action pour celui qui la détient, la transporte, l'écoule, et ceux chargés d'en contrôler les chaînes de circulation et de commerce. L'application de mesures commerciales reste obscure pour de nombreux États de l'océan Indien qui doivent les reprendre à leur compte dans leurs législations, les appliquer et contribuer à la légalité et à la CITES. Les résultats de campagne scientifique peuvent avoir un impact sur les inscriptions d'espèces de requins à protéger ou reconcentrer les moyens publics, voire privés, de surveillance sur les trajectoires de navires faisant route vers le Banc Walters, pour s'enquérir des activités qu'ils y mènent.

L'apport des observations de mégafaune marine aux régimes de protection juridique présents

Concernant la mégafaune, l'ensemble des techniques d'observation est destiné à renseigner sur la diversité des espèces classées présentes ou nouvelles. Plusieurs spécimens d'espèces de cétacés protégés ont été identifiés lors de la campagne, dont des petits rorquals boréaux et des cachalots. Sur la zone du banc et dans les alentours, de nombreux dauphins ont été identifiés de type *tursiops truncatus*. La présence de requins observés à 25 m environ sous la surface (*Carcharhinus oscurus*, *Carcharhinus galapagensis*) n'a pas permis d'identifier plus d'une des espèces de requins protégés (doute sur une présence de *Carcharhinus longimanus*) par les annexes I, II et III de la Convention sur le commerce international des espèces de faune et de flore sauvage menacées d'extinction (CITES). Tous les spécimens observés lors de la campagne MD 208 semblent appartenir majoritairement à l'espèce requin des galapagos (*Carcharhinus galapagensis*, statut CITES : « quasi-menacé » / « Near Threatened (NT) »). Ceci entérinant l'idée – au moment des observations – d'un peuplement très mono spécifique du Banc Walters et peut-être celle de la disparition des autres espèces. Le Banc Walters, île sous la mer, est probablement un « mont aux requins », et plus l'on descend ses pentes vers les grandes profondeurs (-2000m), plus il perd son caractère insulaire immergé pour former les grands fonds océaniques à profondeur utile pour les plongées profondes des grands cétacés.



Un nombre conséquent d'espèces d'oiseaux de mer protégés, ou dont la zone de répartition est plus au sud (Grand Albatros), ont été identifiés autour du bateau : Pétrels à menton blanc (classé « vulnérable »), Pétrels gris (classé « quasi menacée »), Océanites de Wilson (classé « préoccupation mineure »), Océanites à ventre noir (classé « préoccupation mineure »), Damier du Cap (classé « préoccupation mineure »), Albatros de Salvin (classé « vulnérable »), Albatros fuligineux (classé « en danger ») notamment. La CCAMLR est compétente pour les oiseaux rencontrés au sud de la convergence antarctique, de même que l'Accord sur la conservation des albatros et des pétrels du 19 juin 2001 destiné à lutter contre la mortalité produite par les activités à la palangre en mer (Michallet I., 2007). Le rapprochement des observations avec ces instruments juridiques est une nécessité, de même qu'avec les mesures établies par toutes les ORGP pour limiter la capture et la mortalité d'oiseaux lors des opérations de pêche de tout type, actives ou passives.

L'hypothèse de la mise en protection de la zone Banc Walters est plus évidente :

- si des espèces classées très menacées sont aperçues, selon des classements UICN par exemple. La Liste rouge UICN use d'un système de classification de chaque espèce ou sous-espèce et de critères axés sur divers facteurs biologiques corrélés au risque d'extinction, tels qu'une taille de population, une aire de répartition, un taux de déclin, un degré de peuplement et de fragmentation de la répartition, qui placent l'espèce étudiée dans l'une des trois catégories d'espèces menacées d'extinction : CR pour *Critically Endangered* (en français : En danger critique d'extinction), EN pour *Endangered* (en français : En danger), et VU pour *Vulnerable* (en français : Vulnérable).
- si la CITES ou la Convention sur la conservation des espèces migratrices appartenant à la faune sauvage (CMS) traitent de ces espèces aperçues.

Cette remarque n'est pas à suivre de manière absolue car peu d'espèces marines font l'objet d'inscription (seuls 18 espèces de poissons-scies, raies et requins sont inscrits à la CITES en 2018) et il peut être périlleux d'attendre de les apercevoir pour agir. D'autre part, pour les cétacés (baleines à fanons ou à dents, cachalots, orques, hyperoodons), des protections juridiques anciennes existent déjà dans l'océan Indien (avant la protection CITES et Liste rouge), et sont encore critiquées pour les failles dans leur efficacité.

La zone sud-ouest océan Indien est concernée par deux textes : la convention

internationale pour la réglementation de la chasse à la baleine (CBI) de 1946 et le moratoire international sur la chasse commerciale de 1986. Ceux-ci ont respectivement permis la création du sanctuaire baleinier de l'océan Indien en 1979 et du sanctuaire baleinier Antarctique comme zones d'interdiction de la chasse commerciale. On n'interprètera pas trop vite et trop positivement l'existence de ces textes a priori protecteurs. À l'origine, la convention de 1946, comme convention de pêche, tente la régulation de la chasse baleinière, par une meilleure connaissance et gestion des « stocks » et le recours à des quotas de prélèvement. Certains textes sont davantage orientés vers le soutien d'une activité industrielle telle que la pêche, qui nécessite un effort de conservation pour garantir la viabilité de la filière économique (pas l'inverse). D'autres sont plus orientés vers la défense de l'espèce. Un double mandat pour la conservation et régulation d'une filière d'activité d'une part, et la protection de la faune et de la flore d'autre part est souvent affiché (Sorby, 2017). L'exégèse des textes et des pratiques des accords nous indique alors si l'objectif majeur reste l'exploitation, ou s'il s'infléchit.

L'océan Indien n'est pas protégé ; il est concerné par les dérogations pour chasse scientifique et des réserves et objections des États Partie au texte de la CBI et au moratoire persistant. La chasse dite scientifique, notamment en Antarctique, reste difficile.

Les observations sur les cétacés et requins lors de la campagne nous rappelle deux points : l'importance des observations de terrains pour porter à connaissance et faire évoluer les listes et régimes de protection, et le fait que le statut juridique de ces

espèces n'est pas que la conséquence de mesures de conservation (ou droit environnemental des espèces). Ces observations sont également à confronter aux mesures commerciales ou de protection commerciale (droit du commerce), ou aux mesures halieutiques proprement dites (droit des pêches) et enfin aux mesures techniques ; on pense aux règles techniques accompagnant les mesures de contrôle des efforts halieutiques, par exemple des mesures destinées à éviter les étranglements ou les captures non souhaitées (prises accessoires), à d'autres mesures techniques visant les troubles acoustiques, ou encore aux dispositifs anticollision.

Les observations bateaux

Dans l'océan Indien occidental, le trafic commercial maritime ne faiblit pas. Cette activité connaît un développement exponentiel depuis un accord conclu en 2014 par l'armateur CMA-CGM avec Port Réunion qui renforce les routes maritimes de l'Asie et de l'Afrique Europe, ne serait-ce qu'au départ de la Réunion. Des filières comme le bateau de croisière paraissent en développement net sur une partie de l'année dans l'océan Indien occidental. D'après les sites de plusieurs entreprises de pêche récréative en Afrique du Sud, le Banc Walters apparaît également comme une destination, mais il ne nous pas été possible d'établir l'importance réelle de cette activité ni le nombre de bateaux touristiques au départ de ports d'États triangulant la zone.

Une observation notable doit être rapportée : celle de n'avoir croisé aucun bateau de jour sur le site entre le 29 avril et 16 mai 2017, à l'exception d'un seul, le jour précis de l'arrivée du Marion Dufresne. Le

comportement de ce navire peut sembler étrange, avec un renseignement AIS (système d'identification automatique) minimaliste destiné probablement à sa sécurité (MMS1 et call sign) mais ne permettant pas de renseigner un navire tiers sur son itinéraire, activité, etc. Le renseignement en passerelle du Marion-Dufresne n'a pu récupérer que son nom d'origine asiatique, mais aucune indication de son activité ou de sa destination. Ce navire (de pêche probablement) se trouvait sur le Banc Walters, en activité, à l'arrivée nocturne du Marion Dufresne le 29 avril 2017. Il a quitté immédiatement le site à l'arrivée du bateau océanographique. Ce fait remarquable, au titre des usages et activités constatées sur mer pour les membres de l'équipe « gouvernance » embarqués, a attiré l'attention une première fois. Le 16 mai, à la fin de la mission d'observation, le Marion-Dufresne a quitté le site du Banc Walters pour faire route

vers Durban, route indiquée (aux autres navires) comme les systèmes de navigation le permettent. Quelques heures après le départ, le Marion Dufresne a recroisé ce même bateau, qui, renseignement pris en passerelle, revenait à 2 nœuds vers l'Est, donc droit sur la zone du Banc Walters. Un bateau de type « cargo » était également signalé par la passerelle indiquant quant à lui, de manière plus complète, faire route vers l'Indonésie. Ces éléments peuvent suggérer qu'il s'agissait d'un navire pratiquant la pêche, qui ne souhaitait pas être identifié comme tel. La zone étant très pauvre au niveau pélagique au moment des observations et très basse en prises thonières, il pouvait probablement s'agir de pêche aux requins. Sur le Banc Walters, potentiel site à requins dans des eaux très isolées, on craint ainsi des effets d'attraction pour la pêche commerciale aux requins pélagiques et des grandes profondeurs.



2.2 Faisabilité d'une Aire marine protégée globale « Banc Walters »

La création de liens entre les observations spécialisées et l'objectif collectif d'aide à la décision publique pour une (meilleure) gouvernance des espèces et espaces protégés est un résultat nouveau pour une majorité des scientifiques sollicités. Un premier effort de décloisonnement a visé le recueil des blogs impulsé par l'équipe de communication scientifique embarquée, destinés à vulgariser au meilleur niveau les expérimentations à destination d'un public plutôt averti. La seconde partie de l'effort s'est portée sur les expérimentateurs interrogés par rapport à leur travail et les effets que l'on pouvait leur faire produire, puis leur positionnement (s'ils en avaient) par rapport à la situation des espèces et de l'espace du banc. L'effort final est l'échange expert, dialogué, régulier entre les chefs de mission (benthos et pélagique) et de thème (droits et gouvernance), échange relatif aux zonages cartographiés, aux découvertes biologiques, à l'état des écosystèmes et au décalage entre ce que l'on pensait rencontrer et la réalité observable. Cet effort avait pour ambition d'envisager la candidature de la zone Banc Walters au statut d'aire marine protégée de haute mer et de développer des pistes pour l'ébauche d'un périmètre de l'aire et de mesures d'un plan de gestion. Un schéma de gouvernance de la zone peut être envisagé à partir des données regroupant couche benthique et pélagique, celles assimilables à des solutions pour la situation d'espèces migratrices et les possibilités d'établissement de réseaux écologiques marins protégés, celles rapprochant l'ex-

ploitation des ressources minérales marines de la question de l'écosystème profond vulnérable (EMV).

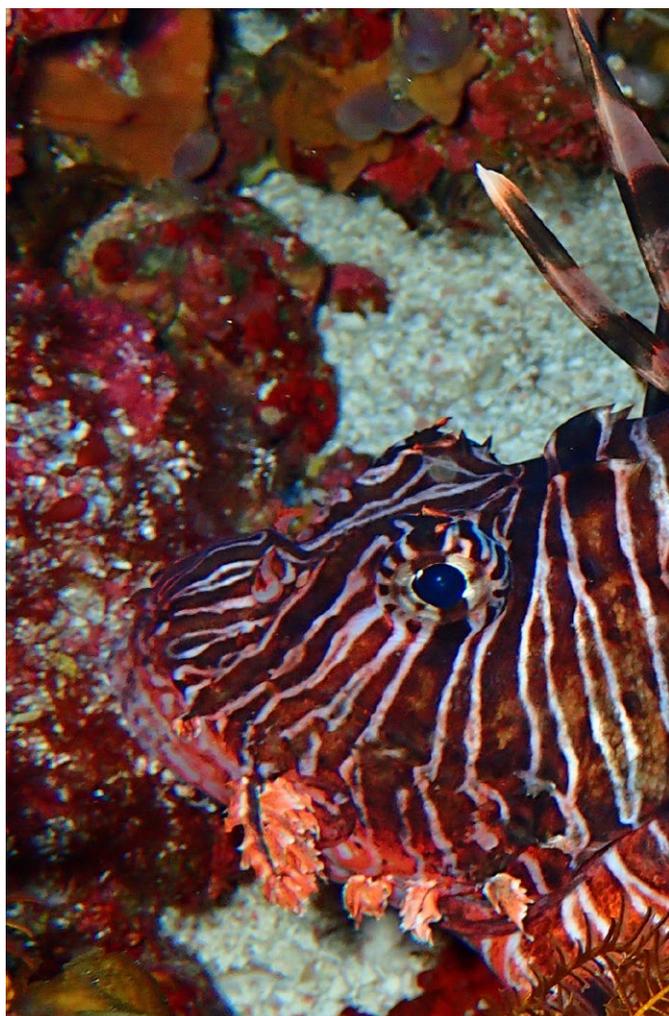
Le propre des « aires marines » dans les espaces sous contrôle étatique est l'attribution d'un régime protecteur complet ou quasi, quelle que soit la composante de l'écosystème qui y est protégée. Il y est plus rare qu'une seule fonction de l'aire soit protégée, sauf pour une aire sectorielle (exemple : aire pélagique). Pour les espaces internationaux, les aires complètes n'existent pas encore et les cas d'aires sectorielles protégées sont peu nombreuses (Wright et Rochette 2016). En ce qui concerne celles-ci, il est rappelé que le comité scientifique de l'APSOI a donné son accord de principe pour que cinq sites de l'océan Indien occidental soient proposés pour l'obtention du statut comme d'aires benthiques protégées aux Etats membres de l'APSOI. Avec la campagne, une somme de premières données est disponible à la fois sur le benthos (entre -27m sous la surface pour le sommet du mont et -2000m parfois) et la colonne d'eau (océanographie physique, pélagique planctonique et gélatineux, acoustique pélagique). Ces informations, d'habitude compartimentées du fait de leur émission par des disciplines distinctes, sont rassemblées ici. Elles correspondent à un recueil d'informations complet qu'il est utile d'avoir pour traiter de la gouvernance spatiale d'une zone internationale comme un tout (vertical et horizontal, espèces et habitats, fonctions

écologiques et échanges). Ceci peut servir pour constituer une aire protégée globale.

Selon les espèces recensées, les instruments visant directement la protection de l'espèce – comme par exemple la Convention sur les espèces migratrices dite convention de Bonn de 1979 – s'appliquent. Pour les espèces migratrices, la protection par des zonages fixes déterminés n'est jamais suffisante, à moins de s'assurer de la continuité territoriale de zones de protections accolées suivant le chemin de l'espèce, ou d'être certain que l'espèce ne court pas de risque fatal lorsqu'elle passe d'une zone à une autre en traversant des espaces non protégés. Cette protection juridique des réseaux écologiques marins – dont les corridors –, a posé jusqu'à présent des difficultés au droit de la mer (Galletti, 2014). La possibilité d'user de périmètres spatiaux en haute mer est donc encore très attendue.

Selon la Convention des Nations unies sur le droit de la mer, le Banc Walters est situé dans la Zone internationale des grands fonds marins (sol et sous-sol) après la limite des plateaux continentaux des États. En octroyant un régime juridique aux ressources minérales, solides, liquides ou gazeuses, la Convention des Nations unies sur le droit de la mer a dû permettre la création d'une organisation internationale autonome, l'Autorité internationale de fonds marins (AIFM). Son activité principale consiste à contrôler les activités minières d'États ou d'opérateurs sur des ressources minérales des fonds marins au-delà de la juridiction nationale. Cette activité de l'AIFM implique des ramifications et des inclusions vers les domaines de la diversité biologique, de la recherche scientifique marine et de la protection des environ-

nements benthiques. L'AIFM a établi un code minier qui vise des gisements et par conséquent des écosystèmes, étant donné l'intrication intense entre la vie biologique et les éléments abiotiques alentours. La série d'obligations imposées depuis 1998 aux opérateurs pour rendre compte de cela, via des « études environnementales » exigées et des séquences d'évaluations avant essai d'extraction, pendant et après, font progresser les méthodes d'évaluation des impacts en zones profondes. Ils aboutissent à des définitions de ce qu'est, par exemple, l'« écosystème marin vulnérable ». Désormais cette notion d'« écosystème marin vulnérable » concerne aussi l'exploiti-



tation minière. Le Banc Walters n'a pas (encore) été considéré de ce point de vue, et constitue un site ne bénéficiant d'aucune qualification au titre d'écosystème marin vulnérable (EMV) ou au titre d'une zone de l'AIFM présentant un intérêt écologique particulier.

Le nombre des demandes et la taille des blocs sous-marins concédés sont un indicateur de l'emprise minière sous-marine. Des demandes d'extension des plateaux continentaux ont été déposées conjointement par la France et l'Afrique du Sud plus au Sud de la zone du Banc Walters, ainsi que par Madagascar aux abords nord

du Banc Walters. Au-delà de celles-ci, les contrats d'explorations aux alentours de la zone obtenue notamment par l'Inde, la Chine et la Corée du sud progressent. Les proportions des perturbations à attendre de l'exploitation de structures géomorphologiques sous-marines n'ont rien de commun avec celles issues de l'extraction des ressources vivantes pélagiques mais elles ne peuvent que se combiner. L'usage d'une aire protégée délimitée et complète pourrait être utile afin de prévenir l'exploration et l'exploitation des ressources minérales en repoussant ailleurs cette activité.



2.3 Candidature du Banc Walters au statut d'aire marine protégée

Faire d'une campagne scientifique exploratoire un support de réflexion pour l'élaboration d'un régime de gouvernance est tout à fait innovant. Sans en documenter tous les aspects, il y en a au moins un ici : la candidature du Banc Walters au statut d'aire marine protégée et ses raisons.

Les aires marines « nouveau format » étant envisagées comme des dispositifs généraux, l'exploration a été conduite pour renseigner les pouvoirs publics et sociétés civiles de l'océan Indien avec des attendus définis largement :

- des méthodes scientifiques rigoureuses mais une utilité élargie au-delà de la seule augmentation du savoir scientifique par secteur ;
- l'acceptation d'une contrepartie, une campagne multidisciplinaire incluant le recueil de données ciblées mais non exhaustives ;
- des vulgarisations scientifiques produites pour leur caractère opérationnel et mobilisable ;
- l'exploration a été menée pour contrebalancer la faible quantité des études menées sur les zones à grande distance des zones côtières des États Parties à la Convention de Nairobi et pour renseigner les pouvoirs publics et sociétés ;
- aller plus loin que les classements de zones biologiques très larges faits pour

l'océan Indien occidental, issus de la CDB (classements en zones marines d'importance écologique ou biologique ZIEB), ou de l'identification des « grands écosystèmes marins, dits LME » qui couvrent de vastes zonages mais ne débouchent pas assez sur des processus de gouvernance (Vousden *et al.* 2017) repensés ou recentrés.

Toute décision de « candidature » du Banc Walters à la désignation devra tenir compte des six constats suivants :

- la singularité écologique de la zone du Banc Walters justifiant qu'elle soit choisie. Ce qui n'implique pas une productivité biologique hors du commun, ni une productivité utile à toutes les sociétés civiles et filières d'acteurs côtiers
- les niveaux d'inconnues très élevés sur les recensements et la connaissance naturaliste des espèces, faunistiques et floristiques présentes, grandes et petites (souvent laissées de côté) et notamment sur les profondeurs
- les niveaux d'inconnues visant l'état d'endémisme des espèces identifiées et les niveaux de connectivités écologiques entre ce mont et d'autres zones du bassin maritime de l'océan Indien, le mont recueillant la dispersion des espèces ou en exportant
- des fonctions ou services écologiques rendus, justifiant de concevoir une

- protection, ou une gestion avisée avant le développement d'extractions industrielles de ressources biologiques et minérales profondes capables de compromettre ces échanges écologiques (qu'il s'agisse d'extractions autorisées car supposées contrôlables ou de faits illégaux d'extraction)
- la singularité administrative de la zone due à sa position, à la limite de la convergence tropicale et Antarctique, position qui la place dans un « entre deux » propice au délaissement (public) des organisations environnementales et de pêches compétentes, situation qui doit être contrebalancée
 - l'augmentation des capacités des pouvoirs publics de confronter les déplacements de bateaux sur la zone dont ils auraient connaissance avec leurs causes réelles (améliorer les moyens de signalement et de lutte contre la pêche illicite, non déclarée et non règlementée et la sensibilisation), capacités actuellement limitées et restreintes concrètement à quelques pouvoirs publics des « États du port »
 - le constat que l'absence de statut juridique de conservation est identifié comme problématique et une évolution souhaitée vers plus de «juridicisation» pour conserver les patrimoines naturels marins.





3 Cadre de gouvernance et gestion de la haute mer dans le sud-ouest de l'océan Indien

3.1 Les institutions et organisations présentes dans la région

Le cadre de gouvernance de l’océan Indien occidental (OIO) est complexe et multi-forme, avec diverses puissances régionales, des États souverains et des organisations régionales et internationales contribuant à différentes parties du puzzle (Leroy et al., 2019). De nombreuses organisations, mécanismes et projets sont dédiés à la conservation et à l’utilisation durable de la biodiversité marine dans l’OIO, mais peu d’entre eux traitent actuellement des questions politiques liées à la conservation et à l’utilisation durable de la biodiversité marine dans les zones au-delà de la juridiction nationale (ZAJN) (Rochette et Wright, 2015). Cette section identifie les principales organisations internationales et régionales compétentes dans l’OIO et présente leurs activités actuelles dans les ZAJN, en mettant l’accent sur la Convention de Nairobi, les Organisations Régionales de Pêche (ORP) et les organisations sectorielles.

La Convention de Nairobi

Au début des années 1980, reconnaissant le caractère unique de l’environnement côtier et marin de la région et la nécessité de prendre des mesures pour le protéger contre les menaces émergentes, le Conseil d’administration du Programme des Nations Unies pour l’environnement (PNUE) a demandé l’inclusion des régions de l’Atlantique Sud-Ouest dans le cadre du Programme des mers régionales «en vue d’initier et de mettre en œuvre (...) un programme de gestion et de conserva-

tion appropriées des ressources marines et côtières dans ces zones». Le PNUE a ensuite appuyé le développement du Plan d’action de l’Afrique de l’Est. Une réunion d’experts gouvernementaux s’est tenue en septembre 1982 aux Seychelles en vue de préparer une première version du Plan d’action de l’Afrique de l’Est et d’identifier les problèmes environnementaux prioritaires. Une Conférence des Parties a enfin été convoquée par le Directeur exécutif du PNUE du 17 au 21 juin 1985 et a débouché sur l’adoption d’un plan d’action, d’une convention-cadre et de deux protocoles sectoriels.

La zone géographique de la Convention de Nairobi s’étend de la Somalie au Nord à l’Afrique du Sud au Sud, couvrant cinq États continentaux (Somalie, Kenya, Tanzanie, Mozambique, Afrique du Sud) et cinq États insulaires (Comores, France via La Réunion, Madagascar, Maurice, Les Seychelles). La mise en œuvre du plan d’action, de la convention et des protocoles a ensuite été bloquée, en grande partie en raison d’un manque de financement adéquat et d’engagement politique. Le système régional a ensuite connu une période de revitalisation à partir de la fin des années 1990. Les illustrations les plus récentes de ce «nouveau départ» sont l’adoption en mars 2010 de deux nouveaux instruments juridiques : (i) la Convention de Nairobi modifiée pour la protection, la gestion et le développement du milieu marin et côtier de l’océan Indien occidental (pas encore en vigueur en raison

de ratifications insuffisantes); (ii) Le Protocole relatif à la protection du milieu marin et des zones côtières de l'océan Indien occidental contre les sources et activités telluriques (ci-après dénommé «Protocole tellurique») (pas encore en vigueur faute de ratifications suffisantes).

Le Secrétariat de la Convention de Nairobi, qui coordonne la mise en œuvre du programme de travail de la Convention, est guidé par les décisions de la Conférence des Parties tenue tous les deux ans et soutenu par les points focaux nationaux. Une unité de coordination régionale a été créée en 1997.

Ni la Convention de Nairobi originale ni le texte modifié n'incluent explicitement les ZAJN dans son mandat géographique. Cependant, les Parties contractantes ont récemment montré un intérêt croissant pour les ZAJN. Au-delà des projets scien-

tifiques développés en partenariat avec le Secrétariat de la Convention de Nairobi, les Parties contractantes ont adopté à la huitième Conférence des Parties à la Convention de Nairobi tenue à Mahé (Seychelles) du 22 au 24 juin 2015 la décision CP8 / 10 pour améliorer la gouvernance des zones au-delà des juridictions nationales, en s'appuyant sur les institutions régionales existantes, y compris la Convention de Nairobi, et en développant des outils de gestion territoriaux tels que la planification spatiale marine pour promouvoir les voies de l'économie bleue dans la Région de l'océan Indien occidental.

Organismes régionaux de pêche

Les organisations régionales de pêches (ORP) sont les principales organisations internationales dédiées à la gestion durable des ressources halieutiques. Les États membres des ORP coopèrent pour assurer

Organisations régionales de gestion des pêches de l'océan Indien occidental

- La Commission des thons de l'océan Indien (CTOI), qui encourage la coopération dans le but d'assurer la gestion, la conservation et l'utilisation optimale des stocks de thonidés et d'espèces apparentées dans l'océan Indien. La CTOI couvre les eaux nationales et les ZAJN de l'océan Indien.
- L'Accord relatif aux pêches dans le sud de l'océan Indien (APSOI /SIOFA en anglais), qui vise à assurer la conservation à long terme et l'utilisation durable des ressources halieutiques dans l'océan Indien grâce à la coopération entre les Parties contractantes. La couverture géographique de l'APSOI exclut les eaux relevant de la juridiction nationale.
- La Commission des pêches de l'océan Indien du sud-ouest (CPSOOL), un organe consultatif des pêches qui encourage l'utilisation durable des ressources marines vivantes de la région du sud-ouest de l'océan Indien. La CPSOOL ne couvre que les eaux relevant de la juridiction nationale.

la conservation et l'exploitation durable des stocks de pêche. Certaines ORP sont purement consultatives, bien que la plupart ait le mandat d'adopter des mesures de conservation et de gestion contraignantes. Celles-ci sont appelées Organisations régionales de gestion des pêches (ORGP). Les instruments internationaux, notamment la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer (CNUDM), l'Accord des Nations Unies sur les stocks de poissons chevauchants (UNFSA) de 1995, obligent les ORGP à prendre une série de mesures concernant la conservation et l'exploitation durable des stocks de poissons (Wright et al., 2014).

Trois organismes de pêche opèrent dans la région de l'océan Indien occidental, chacun avec des compétences et des mandats différents (voir encadré) : la Commission des thons de l'océan Indien (CTOI), l'Accord relatif aux pêches dans le sud de l'océan Indien (APSOI / SIOFA en anglais) et la Commission de pêche du sud-ouest de l'océan Indien (CPSOOI).

En parallèle de ces ORP, en 2006, des exploitants de navires de pêche hauturière de la région ont créé l'Association des pêcheurs en eau profonde de l'océan Indien (SIODFA). Cette association industrielle vise à promouvoir une gestion responsable de la pêche profonde en veillant à la conservation de la biodiversité, en particulier des peuplements benthiques. En l'absence d'ORGP dans la région, entre 2006 et 2013, SIODFA a établi ses propres règles pour la gestion de ses pêcheries dans l'ouest de l'océan Indien. Ainsi, l'un des principaux résultats des premières réunions de l'association a été de déclarer onze zones dans le sud de l'océan Indien sous le nom de « zones benthiques protégées

» (BPA), fermées à la pêche au chalut de fond.

Contrairement aux fermetures pratiquées par les ORGP, les règles en vigueur dans les BPA déclarées par la SIODFA ne s'appliquent qu'aux compagnies membres de l'Association, sans aucun moyen d'obliger les non-membres à se conformer puisque c'est une initiative privée. SIODFA ne peut pas non plus contrôler d'autres activités dans ces zones. Les règles propres à l'association n'incluent donc pas toutes les pêcheries, notamment celles à la palangre, deuxième principale pratique de pêche du sud-ouest de l'océan Indien.

Outre ces ORGP opérant dans le sud-ouest de l'océan Indien, deux organismes de gestion ont des mandats couvrant les eaux adjacentes (**Figure 19**), à savoir (i) la Commission pour la conservation de la faune et la flore marines de l'Antarctique (CCAMLR) ; ii) et l'Organisation des pêches de l'Atlantique du Sud-Est (OPASE ou SEAFO en Anglais).

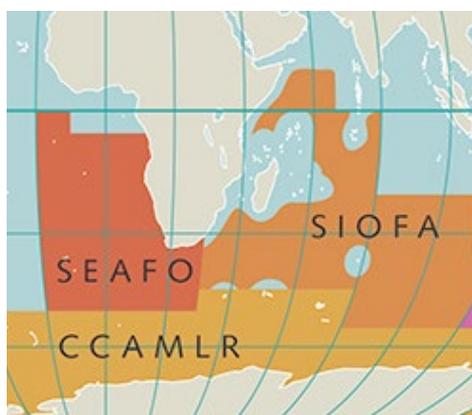


Figure 19: Domaines de compétence des ORGP dans le sud-ouest de l'océan Indien et les eaux adjacentes : Revue mondiale des océans.

L'Organisation Maritime Internationale

L'Organisation maritime internationale (OMI) est l'agence spécialisée des Nations Unies chargée de la sûreté et de la sécurité de la navigation et de la prévention de la pollution marine par les navires. Sous l'égide de l'OMI, plusieurs règles et traités ont été adoptés concernant la sécurité maritime, la sécurité et la protection de l'environnement marin.

Les États membres de l'OMI peuvent désigner des zones maritimes particulièrement sensibles (PSSA (Particularly Sensitive Sea Area), en anglais) où des réglementations spécifiques sont appliquées pour protéger l'environnement marin des impacts environnementaux de la navigation et de la pollution marine (Mayol et al., 2013). La désignation d'une zone maritime particulièrement sensible est faite par une résolution juridiquement non contraignante du Comité de protection de l'environnement marin de l'OMI. Cette résolution prend effet par l'adoption de « mesures de protection associées ».

Il existe une route de navigation importante qui couvre l'océan Indien occidental. Si des menaces spécifiques liées à cette activité sont identifiées, l'établissement d'une PSSA pourrait être proposé. Les critères de désignation des PSSA se rapportent à l'identification des PSSA à l'intérieur et au-delà des limites de la mer territoriale, ce qui inclut la possibilité qu'une PSSA puisse être identifiée dans les ZAJN. Selon Roberts et al. (2010), « il semble clair, en principe du moins, qu'une PSSA pourrait être désignée en haute mer, soit isolément soit en combinaison avec une AMP en haute mer (...) tout État pourrait soumettre une telle proposition à l'OMI, bien que l'approbation nécessitera un large consensus parmi les États membres de l'OMI, qui, sur la base de l'expérience antérieure de l'OMI, risque d'être litigieuse » (Roberts et al., 2010). Cependant, aucune PSSA n'a encore été établie dans ZAJN.

L'Autorité internationale des fonds marins

L'Autorité internationale des fonds marins (AIFM) est l'organisation internationale compétente chargée de réglementer et de contrôler les activités liées à l'exploration et à l'exploitation des ressources minérales des grands fonds marins des ZAJN (« la Zone »). L'AIFM est constituée en vertu des dispositions de la Convention des Nations Unies sur le Droit de la Mer et de l'Accord de mise en œuvre de la partie XI. L'article 136 de la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer prévoit que la zone et ses ressources constituent le patrimoine commun de l'humanité : tous les droits sur les ressources appartiennent à l'humanité dans son ensemble et

L'AIFM agit en son nom. À ce titre, l'AIFM a conclu 28 contrats d'exploration dans les océans Atlantique, Indien et Pacifique.

En 2012, dans le cadre de son plan de gestion environnementale pour la zone Clarion Clipperton, l'AIFM a désigné 9 zones d'intérêt environnemental particulier (APEI (Areas of Particular Interest), en anglais) pour l'environnement marin dans la région. Aucune exploitation minière n'est autorisée dans ces zones. Ces désignations ont été faites avant les « zones de référence d'impact » et les « zones de référence de préservation » désignées par l'entrepreneur. Aucune APEI n'a été établie dans l'océan Indien occidental jusqu'à présent.

L'UNESCO et la Convention du patrimoine mondial

La Convention de 1972 pour la protection du patrimoine mondial culturel et naturel (Convention du patrimoine mondial), administrée par l'Organisation des Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO), prévoit la désignation de sites du patrimoine mondial. Ces sites ont une « valeur universelle exceptionnelle » (c'est-à-dire qu'ils ont une signification culturelle, historique, scientifique ou autre) déterminée selon un ensemble de critères par le Comité du patrimoine mondial de l'UNESCO. Ces sites sont juridiquement protégés par des traités internationaux et les États sont tenus d'adopter des mesures et de fournir des ressources pour leur protection. Il n'y a actuellement aucune procédure pour l'inscription des sites dans les ZAJN, mais l'intérêt pour l'extension de la couverture a augmenté. En 2011, l'Assemblée générale des États parties a entériné l'audit de la stratégie globale de la Convention, qui comportait une recommandation appelant les parties à « réfléchir sur les moyens appropriés pour préserver les sites qui correspondent à des valeurs universelles exceptionnelles » qui ne dépendent pas de la souveraineté des États Parties». Pour faciliter la discussion, l'UNESCO a récemment publié un rapport sur les moyens d'application de la Convention aux ZAJN (UNESCO 2016), avec des options comprenant : la négociation d'une modification de la Convention ; une interprétation « audacieuse » de la Convention ; et la négociation d'un protocole optionnel. La décision d'étendre la Convention et / ou d'élaborer une procédure pour l'inscription des sites dans les ZAJN doit être prise par les parties à la Convention.

3.2 Outils de gestion par zones en vue de la conservation des écosystèmes

Dans tout effort de planification des activités humaines en mer, notamment dans les zones au-delà de la juridiction nationale, il est crucial d'identifier les zones à protéger prioritairement et les zones de conflits potentiels. La planification de l'espace maritime vise, en effet, à réduire les conflits d'usage, à encourager les différents usages conciliables, promouvoir l'utilisation durable et la conservation de l'environnement et des ressources marines. Elle est envisagée comme un outil permettant de rendre opérationnelle l'approche écosystémique (Douvere, 2008 ; Guilliland et Laffoley, 2008).

Une série de critères scientifiques ont été développés par la communauté internationale et par différentes organisations sectorielles afin de pouvoir aider les décideurs à identifier les zones clés pour la conservation du milieu marin. Certains ont été développés par et pour un secteur

d'activité particulier (EMV pour la pêche par la FAO, PSSA²² pour le trafic maritime par l'OMI) ou une région particulière (SPAMI²³ pour la Méditerranée, ASPA et ASMA pour l'Antarctique²⁴) ; d'autres s'inscrivent dans un effort plus global de conservation de la biodiversité marine (KBA²⁵ de l'UICN, ZIEB de la Convention sur la diversité biologique²⁶). Ces critères permettent d'évaluer quelles sont les informations scientifiques pertinentes en termes de planification spatiale.

Le Tableau 2 présente les différents types de zones définies dans un but de protection des ressources ou de conservation de la biodiversité et détaille leurs critères de définition. On peut tenter une comparaison ou une mise en parallèle de ces critères scientifiques, avec un fort parallèle entre KBA et ZIEB (EBSA en anglais) comme décrit dans le tableau 3.

22 PSSA : Zones maritimes particulièrement sensibles

23 SPAMI : Aires Spécialement Protégées d'Importance Méditerranéenne

24 Zone spécialement protégée (ASPA) et Zone spécialement gérée (ASMA) de l'Antarctique

25 KBA : Zone clé pour la biodiversité

26 ZIEB : Zone marine d'importance écologique et biologique de la Convention sur la diversité biologique (CDB)

Tableau 2 Critères pour la définition de zones particulières

Cadre	Organisations/Conventions	Critères
Zones marines d'importance écologique ou biologique (ZIEB)	<ul style="list-style-type: none"> Convention sur la diversité biologique 	<ul style="list-style-type: none"> Caractère unique ou rareté Importance particulière pour les stades du cycle de vie des espèces Importance pour les espèces et/ou les habitats menacés, en danger ou en déclin Vulnérabilité, fragilité, sensibilité, ou récupération lente Productivité biologique Productivité biologique Caractère naturel
Écosystèmes marins vulnérables (EMV)	<ul style="list-style-type: none"> Organisation des Nations Unies pour l'alimentation et l'agriculture (ONUAA ou, FAO en anglais <i>Food and Agriculture Organization of the United Nations</i>) 	<ul style="list-style-type: none"> Caractère unique ou rareté Importance fonctionnelle de l'habitat Fragilité Caractéristiques du cycle biologique des espèces composantes qui rendent le rétablissement Complexité structurelle
Zones maritimes particulièrement vulnérables (PSSA)	<ul style="list-style-type: none"> Organisation Maritime Internationale (OMI) 	<ul style="list-style-type: none"> Écologiques (comme l'unicité ou rareté, la diversité ou fragilité face aux dégradations causées par des phénomènes naturels ou des activités humaines) Socio-économiques et culturels (comme l'importance sociale ou économique particulière, notamment pour la pêche, les loisirs, le tourisme) Scientifiques et éducatifs (comme pour la recherche)
Aire Spécialement Protégée d'Importance Méditerranéenne (ASPIM)	<ul style="list-style-type: none"> Protocole relatif aux Aires spécialement protégées et à la diversité biologique (Protocole ASP/DB) de la Convention de Barcelone 	<ul style="list-style-type: none"> L'unicité La représentativité naturelle La diversité : La diversité : La présence d'habitats d'une importance cruciale pour les espèces en danger, menacées ou endémiques
Zone spécialement protégée de l'Antarctique (ZSPA) et Zones spécialement gérées de l'Antarctique (ZSGA).	<ul style="list-style-type: none"> Commission pour la conservation de la faune et la flore marines de l'Antarctique (CCAMLR) 	<p>Les ZSPA peuvent inclure :</p> <ul style="list-style-type: none"> les zones encore vierges de toute intrusion humaine, pour pouvoir ultérieurement effectuer des comparaisons avec des régions qui ont été altérées par les activités humaines des exemples représentatifs des principaux écosystèmes terrestres, notamment glaciaires et aquatiques, ainsi que des écosystèmes marins les régions dotées de rassemblements d'espèces inhabituels ou importants, notamment de grandes colonies d'oiseaux ou de mammifères se reproduisant sur place ; la localité type ou le seul habitat connu de toute espèce les régions présentant un intérêt particulier pour des travaux de recherche en cours ou programmés des exemples de caractéristiques géologiques, glaciologiques ou géomorphologiques exceptionnelles les régions dont les paysages et la nature à l'état sauvage ont une valeur exceptionnelle les sites ou monuments ayant une valeur historique reconnue toute autre région dont il conviendrait de protéger les valeurs environnementales, scientifiques, historiques ou esthétiques exceptionnelles, ou l'état sauvage de la nature, ou toute combinaison de ces valeurs, ainsi que toute recherche scientifique en cours ou programmée dans la zone <p>Les ZSGA peuvent inclure :</p> <ul style="list-style-type: none"> zones où les activités présentent des risques d'interférence mutuelle ou des impacts environnementaux cumulatifs sites ou monuments présentant une valeur historique reconnue
Zones Clés pour la Biodiversité (KBA)	<ul style="list-style-type: none"> Union internationale pour la conservation de la nature et de ses ressources 	<ul style="list-style-type: none"> A. Biodiversité menacée <ul style="list-style-type: none"> A1. Espèces menacées A2. Types d'écosystèmes menacés B. Biodiversité géographiquement restreinte <ul style="list-style-type: none"> B1 : Espèces individuelles géographiquement restreintes B2 : Espèces co-occurentes géographiquement restreintes B3 : Assemblages géographiquement restreints B4 : Types d'écosystèmes restreints géographiquement C. Intégrité écologique D. Processus biologiques <ul style="list-style-type: none"> D1 : Agrégats démographiques D2 : Refuges écologiques D3 : Sources de recrutement E. Irremplaçabilité déterminée par analyse quantitative

Tableau 3 Comparaison des critères de définition ZIEB (EBSA en anglais) et de KBA (source: UICN (2016). Standard mondial pour l'identification des Zones Clés pour la Biodiversité, Version 1.0. Première édition. Gland, Suisse : UICN)

Critères ZIEB	Critères KBA
Caractère unique ou rareté	B1 : Espèces individuelles restreintes géographiquement B2 : Espèces géographiquement restreintes cooccurrentes B3 : Assemblages géographiquement restreints
Importance particulière pour les stades du cycle de vie des espèces	D1 : Agrégats démographiques
Espèces et/ou les habitats menacés, en danger ou en déclin	A1 : Espèces menacées A2 : Types d'écosystèmes menacés
Vulnérabilité, fragilité, sensibilité, ou récupération lente	
Biological productivity	D1 : Agrégats démographiques D3 : Sources de recrutement
Diversité biologique	

Pour une gestion par zones en vue de la conservation des écosystèmes, il s'agit en premier lieu d'identifier toutes les pressions qui s'appliquent sur les écosystèmes de la région qu'on évalue. Comme il en est fait mention précédemment, le projet se concentre principalement sur les pressions venant de la pêche et des activités minières.

La carte ci-dessous présente les zones en lien avec les activités minières (présence de minéraux ; zones sous contrat d'exploration) ainsi que les zones identifiées dans un but de conservation de la biodiversité marine dans la zone du sud-ouest de l'océan Indien. A au moins deux endroits, on voit que des zones sous contrat d'exploration touchent ou se superposent à des zones

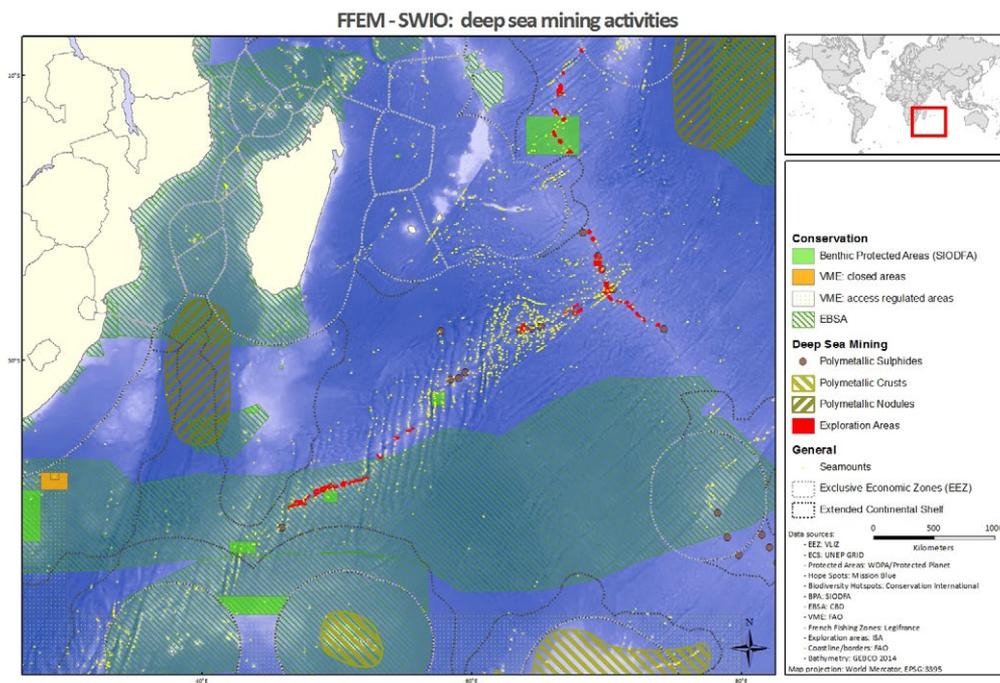


Figure 20 : Zones en lien avec les activités minières dans le sud-ouest de l'océan Indien et zones identifiées pour la conservation. Michael Vollmar / UICN

benthiques fermées volontairement à la pêche (BPA) par l'association de pêcheurs en eaux profondes du sud de l'océan Indien SIODFA. On remarque également que certaines zones d'exploration se situent à l'intérieur d'une ZIEB.

De la même manière, la carte ci-dessous présente les zones en lien avec les activités halieutiques et les zones identifiées dans un but de conservation de la biodiversité marine dans la région. La carte montre l'empreinte de pêche historique de la France dans la zone de compétence de l'APSOI, prise comme exemple. On peut constater également qu'il y a des chevauchements entre les zones de l'empreinte de pêche française dans la région et les zones fermées à la pêche de manière volontaire par l'association de pêcheurs, SIODFA. On voit aussi une large intersection entre l'empreinte de pêche française et les ZIEB.

Une des questions à se poser concerne la taille des zones à définir en vue de leur protection et gestion adéquates. Pour pouvoir y répondre, il va falloir consulter les gestionnaires, les utilisateurs de la ressource et les scientifiques, puisqu'à cheval entre ces secteurs.

En ce qui concerne la région du sud-ouest de l'océan Indien, on peut se demander quelles sont les structures existantes ou proposées sur lesquelles les efforts de gestion et de conservation pourraient s'appuyer. Le mandat de la Convention de Nairobi (qui constitue le cadre privilégié pour les actions de coopération internationale relatives à la mer dans cette région) ne couvre pas les zones au-delà de la juridiction nationale des Etats côtiers. Mais elle a récemment montré un intérêt à étendre sa compétence à la haute mer, ou en tout cas à coopérer sur ces questions.

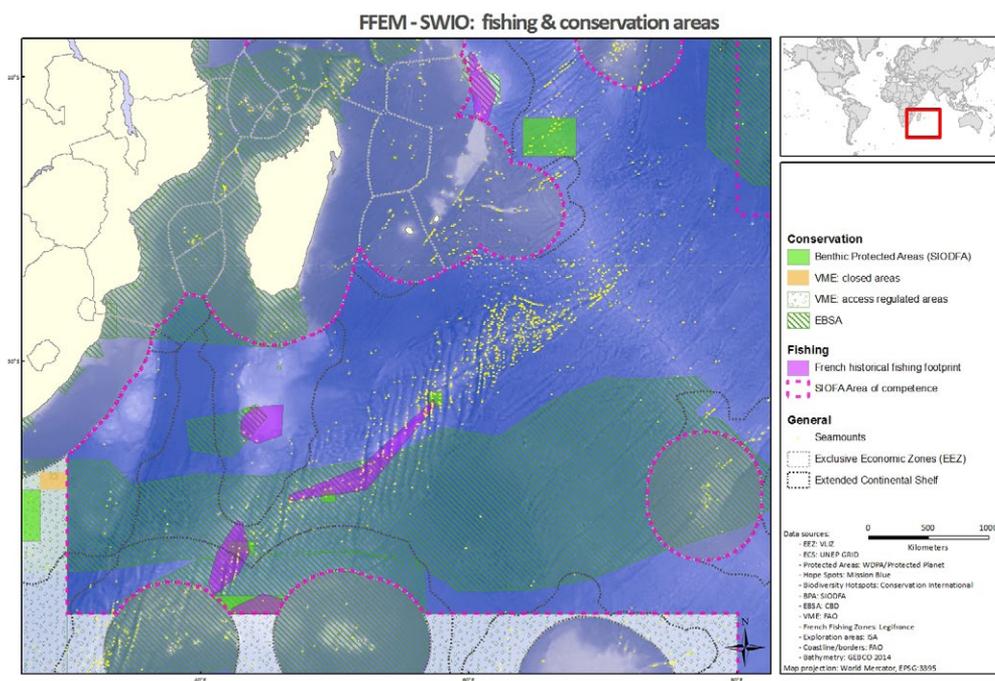


Figure 21 : zones en lien avec les activités de pêche et zones identifiées dans un but de conservation des ressources marines. Michael Vollmar / UICN

3.3 Gestion des pêches : problème ou solution ?

3.3.1 Mandats et outils de gestion dans les ZAJN

Parmi les organisations de gestion des pêches listées plus haut, la CTOI et l'APSOI ont toutes deux pour mandat spécifique d'adopter des mesures juridiquement contraignantes pour la conservation et la gestion dans les ZAJN de l'Ouest de l'océan Indien.

La CTOI est active depuis les années 90 et a pris de nombreuses décisions, soit sous formes de résolutions, soit de recommandations pertinentes pour la conservation de la biodiversité. Actuellement, 53 Mesures de Conservation et de Gestion sont en place, dont 50 sont des résolutions contraignantes. Mais, leur cible étant le thon et les espèces apparentées, autrement dit les espèces pélagiques, elle a peu d'impact sur la gestion des monts sous-marins.

En ce qui concerne les pêcheries de fond, l'Assemblée générale des Nations Unies (AGNU) a demandé en 2006 aux ORGP « avec des compétences en matière de réglementation des pêches de fond, d'adopter et de mettre en œuvre des mesures (...) prioritaires ». La Résolution 61/105 (2006) spécifie les mesures à mettre en œuvre pour protéger les écosystèmes marins vulnérables contre des impacts négatifs considérables : (i) des évaluations pour gérer et prévenir ces impacts sur les écosys-

tèmes marins vulnérables (EMV) ; (ii) une amélioration de la recherche scientifique, de la collecte et du partage de données ; (iii) une réglementation des pêcheries nouvelles et exploratoires ; (iv) des règles de « déplacement » et des protocoles de « rencontre »²⁷ avec des EMV pour exiger que les navires cessent la pêche de fond dans une zone où ils sont découverts, et pour signaler cette « rencontre », en vue de l'adoption de mesures de gestion appropriées par l'ORGP concernée ; et v) « En ce qui concerne les zones où les EMV sont connus ou susceptibles de se trouver, et sur la base des meilleures informations scientifiques disponibles, fermer ces zones à la pêche de fond et veiller à ce que ces activités ne se poursuivent que si des mesures de conservation et de gestion ont été créés pour prévenir ces impacts ».

Dans ce contexte, de nombreuses ORGP du monde entier ont fermé des EMV à la pêche de fond. Par exemple, la Commission des pêches de l'Atlantique Nord-Est a ordonné 13 fermetures ; l'Organisation des pêches de l'Atlantique Nord-Ouest, 20 fermetures ; l'Organisation des pêches de l'Atlantique Sud-Est, 12 fermetures ; et la Commission pour la conservation de la faune et la flore marines de l'Antarctique, 4 fermetures, 76 zones à risque EMV fermées conformément aux protocoles de rencontre, et une grande aire marine protégée.

27 La résolution 61/105 de l'Assemblée générale des Nations Unies (AGNU), datant de 2006, exigeait l'adoption par les organisations régionales de gestion des pêches de protocoles enjoignant les engins de pêche commerciale à s'éloigner des écosystèmes maritimes vulnérables (EMV) rencontrés en haute mer.

Le chalutage de fond et la pêche à la palangre sont les deux principales pêcheries présentes dans le sud-ouest de l'océan Indien. Précédemment à la mise en place de l'APSOI, l'association SIODFA n'avait pas réussi à inclure les pêches palangrières dans ses mesures volontaires de fermeture de zones de pêches, indiquant déjà l'existence de diverses approches de la pêche. L'APSOI doit ainsi composer avec ces divergences et les parties doivent identifier les moyens appropriés pour travailler ensemble à la gestion équitable de toutes les pêcheries.

En 2016, les Parties contractantes ont adopté la mesure 2016/01 sur la gestion de la pêche de fond dans la zone APSOI, appelant le comité scientifique à développer d'ici 2017 (i) une norme d'évaluation d'impact de la pêche de fond qui tient compte des dernières informations disponibles; (ii) des cartes des zones où des EMV sont connus ou susceptibles de se trouver dans la zone visée par l'accord ; (iii) des lignes directrices pour l'évaluation et l'approbation de programmes d'observation pour la collecte de données scientifiques en vue de leur examen par la Réunion des Parties ; et (iv) des protocoles standards pour la future désignation de zones protégées (zones qui devraient être fermées à la pêche)». L'APSOI pourra alors prendre des mesures de conservation applicables à toutes les pêcheries en eau profonde du sud-ouest de l'océan Indien. En outre, les Parties ont chargé le Comité scientifique de fournir d'ici à 2020 des recommandations sur (i) une empreinte de pêche de fond APSOI appropriée (...); (ii) une évaluation d'impact de pêche de fond. «Entre-temps, chaque partie contractante, partie contractante non-coopérante et l'entité de pêche participante doit, sauf

accord contraire de la Réunion des Parties, établir et appliquer des mesures spécifiques pour limiter l'étendue de l'effort de pêche de fond des navires battant leur pavillon». Une fois ces règles communes adoptées, et une fois l'empreinte documentée pour toutes les pêcheries, des mesures de conservation équitables et durables pourront être prises. En 2017, les Parties ont adopté la mesure de conservation et de gestion 2017/01 pour la gestion intérimaire de la pêche de fond dans la zone de l'APSOI.

3.3.2 Les fermetures de pêches de l'APSOI

Contrairement aux écosystèmes pélagiques, les écosystèmes benthiques sont bien adaptés aux outils de gestion par zone, notamment les fermetures de pêche. En ce qui concerne le Banc Walters, l'activité de pêche et en particulier la pêche de fond, semble constituer la plus grande menace potentielle.

Bien que les territoires benthiques protégés (BPA, de l'anglais Benthic Protected Area) actuellement en vigueur resteront en vigueur pour les membres de la Southern Indian Ocean Deepsea Fishers Association (SIODFA), il est clair que l'APSOI est également tenue de prendre certaines mesures : l'Accord des Nations Unies sur les stocks de poissons chevauchants indique clairement que les ORGP sont le principal vecteur de collaboration pour la gestion des pêches. En outre, bien que les BPA de SIODFA soient un effort volontaire louable en l'absence d'une organisation internationale compétente, l'expérience suggère que les mesures volontaires prises par les pêcheurs ne sont pas nécessairement le

meilleur mécanisme de protection marine à long terme (Rieser et al., 2013).

Il existe des règles internationales claires et des précédents pour gérer la pêche de fond, ainsi le cadre de gouvernance pour la pêche dans la région se développe à mesure que l'APSOI s'établit. Les mesures suivantes ont été identifiées comme étant nécessaires : i) identification des EMV par les Parties contractantes à l'APSOI ; ii) établissement de fermetures de pêcheries et la conversion des BPA de SIODFA en fermetures officielles des pêcheries, le cas échéant, ainsi que la prise en compte d'autres mesures de gestion pertinentes; iii) développement de mesures de Suivi Contrôle et Surveillance (SCS). Cependant, étant donnée la complexité des négociations internationales et la fréquence de rencontre des parties (une fois par an) la prise de décision est très longue. Celle-ci doit être basée sur un consensus, le seul moyen de s'assurer que les décisions seront mises en œuvre.

En 2018, encore aucune fermeture de pêche n'avait été adoptée par l'APSOI. Lors de la deuxième réunion de l'APSOI, SIODFA a présenté ses préoccupations concernant l'échec des mesures, et la Deep Sea Conservation Coalition a fait valoir que le projet de Mesure de Conservation et de Gestion 14.02 pour la protection des EMV était loin des engagements de protection que les États parties à l'APSOI ont pris à plusieurs reprises dans le cadre des résolutions de l'Assemblée générale des Nations Unies au cours des 11 dernières années.

Une voie relativement simple pour l'adoption des fermetures des EMV dans le cadre

de l'APSOI était d'étudier la faisabilité de la conversion des BPA de SIODFA - qui comprennent le Banc Walters - dans les fermetures officielles des EMV. Une telle proposition a été présentée lors de la troisième (La Réunion, France, 3-8 juillet 2016) et la quatrième réunion (Maurice, 26-30 juin 2017) de l'APSOI. Cette proposition a été soutenue par la majorité des parties et la société civile, n'a pas été adoptée à l'époque en raison des objections de la France et de la République de Corée. Qui ont souligné le manque de données scientifiques examinées par le Comité scientifique de l'APSOI à l'époque.

Si la transformation de l'ensemble des BPA en fermetures officielles des pêches des ORGP n'est pas politiquement viable, une autre solution consistait à discuter des propositions pour chaque zone séparément. C'est ce qui a été fait en 2018, lors du Comité Scientifique de l'APSOI en mars, puis lors de la Réunion des Parties en juin, où l'APSOI a déclaré ses 5 premières zones marines fermées au chalut de fond, couvrant une surface totale de 25 000 km² (2 500 000 hectares) d'habitats de monts sous-marins, avec une obligation de couverture d'observation²⁸ de 100% pour tous les autres types de pêche. Notons que, la participation d'observateurs à la Conférence des Parties et d'experts indépendants aux réunions du Comité scientifique de l'APSOI est importante, et peut influencer les décisions à prendre.

Il existe déjà quelques signaux positifs pour renforcer la conservation des monts sous-marins et améliorer la gouvernance des ZAJN dans l'océan Indien occidental, comme l'entrée en vigueur de l'APSOI et

sa volonté d'établir des règles claires et durables pour la gestion des pêcheries en eau profonde dans le sud de l'océan Indien. Les discussions au sein de la Convention de Nairobi, le Programme des mers régionales pour l'océan Indien occidental dans le cadre du Programme des Nations Unies pour l'environnement (PNUE), sont pour le moins une opportunité pour les États côtiers de la région de réfléchir à leurs intérêts et rôles dans les ZAJN, tandis que le développement en cours de l'APSOI est susceptible d'aboutir, dans un proche avenir, à des mesures de conservation et de gestion des pêches. Pour se faire, les parties à l'accord doivent établir une relation de coopération et cela peut prendre un certain temps. De plus, l'année 2016 a vu l'émergence d'une coordination entre la Convention de Nairobi, la CPSOOI et la CTOI, et une réunion a été organisée pour discuter des domaines d'intérêt commun et de la coopération éventuelle. Cet effort de coopération entre les organismes régionaux est essentiel pour éviter les approches

sectorielles, car la conservation de la biodiversité ne peut être réalisée uniquement par la gestion des pêches, mais ne peut pas non plus être réalisée sans la gestion des pêcheries. Ces efforts de concertation doivent être poursuivis afin d'assurer la coordination et la coopération pour la gouvernance des ABNJ dans la région.

3.3.3 Initiatives nationales unilatérales

Notons que les États du pavillon conservent le droit de réglementer leurs navires même lorsque l'ORGP n'a pas adopté de mesures et rien n'empêche un ou plusieurs États de déclarer unilatéralement qu'ils interdiront ou restreindront la pêche dans des zones telles que le Banc Walters par des navires battant leur pavillon. Il existe un précédent pour une initiative nationale unilatérale visant à interdire ou à restreindre la pêche dans les ZAJN, en particulier dans le sud-ouest de l'Atlantique.



3.4 Exploitation de richesses minières potentielles, menaces ou opportunités ?

Les avancées technologiques vont rendre possible, dans un futur proche, l'exploitation commerciale des ressources minérales des fonds marins. Le niveau d'investissements nécessaires pose la question de la viabilité économique de cette activité. Si on additionne les coûts environnementaux, sociétaux, économiques et financiers, on peut se demander si l'exploitation des ressources minérales des fonds marins est sensée (Cuyvers et al., 2018).

Le calendrier typique d'un projet minier en eaux profondes prévoit environ 10 ans de recherche et développement (études de pré-faisabilité et de faisabilité) et plusieurs années de construction et de montée de production avant que l'exploitation minière ne commence. Les concessions devraient durer 25-30 ans.

Les coûts économiques et sociétaux, en particulier l'impact sur le capital naturel des eaux profondes, sont difficiles à estimer à cause des lacunes de connaissances notamment sur le fonctionnement des écosystèmes, leur connectivité et leur taux de rétablissement.

Pour ce qui est de l'exploitation des ressources minérales associées aux écosystèmes de monts sous-marins, la technologie disponible ne permet pas encore une exploitation rentable. On peut supposer que des progrès seront faits dans les années à venir et que si l'exploitation des ressources minérales associées aux nodules

polymétalliques est un succès commercial, les autres formes de dépôts de minerais (encroûtements sur les monts sous-marins et cheminées des sources hydrothermales) verront leur exploitation commencer. La destruction de ces habitats vulnérables, notamment les monts sous-marins, sera très certainement importante et irréversible.

3.4.1 Limitation des impacts de l'exploitation minière

En 2012, dans le cadre de son plan de gestion environnementale pour la zone Clarion-Clipperton, l'Autorité internationale des fonds marins (AIFM) a désigné neuf zones d'intérêt environnemental particulier pour l'environnement marin. Aucune exploitation minière n'est autorisée dans ces zones. Ces désignations ont été faites avant les « zones de référence d'impact » et les « zones de référence de préservation » (ou zones-témoin non exploitées) désignées par l'entrepreneur. En même temps, le Règlement de l'AIFM sur la prospection et l'exploration des nodules polymétalliques, des sulfures polymétalliques et des encroûtements de ferromanganèse dans la Zone prévoit que « la prospection ne sera pas entreprise si des preuves substantielles indiquent un risque de dommages sérieux pour le milieu marin ».

L'exploration des ressources minérales est en cours dans l'océan Indien, y compris dans sa partie occidentale (**Figure 20**). L'AIFM n'a pas encore défini de zone

d'intérêt environnemental particulier dans la région, et aucune évaluation n'a été menée dans ce sens. Il s'agit donc d'une étape à laquelle les États de l'océan Indien

occidental, et plus largement la communauté internationale, pourraient être intéressés à collaborer.



3.5 Mise en place des aires marines protégées en eaux internationales

Les aires marines protégées (AMP) sont largement reconnues comme un outil important pour la conservation de la biodiversité, et les réseaux d'AMP connectés écologiquement sont cruciaux pour le maintien des écosystèmes de haute mer (Sumaila et al., 2007). La communauté internationale s'est engagée, dans de nombreux forums mondiaux, à établir un réseau d'AMP couvrant un pourcentage significatif des océans (Rochette et al., 2014a). Par conséquent, l'intérêt pour la création d'AMP polyvalentes dans les ZAJN est fort, mais actuellement aucun mécanisme global n'existe pour rendre cela possible. Néanmoins, certains efforts ont été déployés pour développer des initiatives spécifiques pour conserver la biodiversité marine dans les ZAJN à travers la création d'AMP. Dans ce contexte, plusieurs options existent pour établir une AMP dans la région du Banc Walters.

a. Établir des aires marines protégées à travers la Convention de Nairobi

Certaines initiatives et organisations régionales ont progressivement étendu leurs activités aux ZAJN, notamment à travers la création d'AMP (Rochette et al., 2014b). Quatre zones sont actuellement couvertes par une mer régionale avec un mandat spécifique dans les ZAJN : la Méditerranée à travers la Convention de Barcelone, l'océan Austral à travers la Convention pour la conservation de la faune et la flore marines de

l'Antarctique (CCAMLR), l'Atlantique du Nord-Est à travers la Convention OSPAR et le Pacifique Sud à travers la Convention de Nouméa. Trois d'entre eux - la Méditerranée, OSPAR et l'océan Austral - ont déjà développé des actions spécifiques dans les ZAJN à travers la création d'AMP.

Comme indiqué précédemment, la couverture géographique de la Convention de Nairobi est actuellement limitée aux zones relevant de la juridiction nationale. La désignation des AMP dans les ZAJN n'est donc pas possible. Cependant, l'opportunité d'étendre la couverture géographique de la convention cadre aux ZAJN pourrait être envisagée. En effet, l'Assemblée des Nations Unies pour l'environnement (UNEA) a adopté en 2016 une résolution qui « encourage les parties contractantes aux conventions existantes des mers régionales à envisager la possibilité d'étendre la couverture régionale de ces instruments conformément au droit international ». Les parties à la Convention pourraient donc poursuivre leurs discussions sur la prolongation du mandat de la Convention de Nairobi, en vue d'instaurer éventuellement un processus de développement des AMP dans les ZAJN.

L'extension du mandat de la Convention de Nairobi permettrait en théorie de prendre de telles mesures dans la région de l'OIO. Cependant, certaines

limitations importantes doivent être notées. Premièrement, ces AMP ne lient que les parties au programme pour les mers régionales et non les tierces parties. Cela signifie que même si la Convention de Nairobi prenait cette mesure, toute future AMP ou mesure de gestion ne serait pas applicable aux non-parties. Deuxièmement, la gestion de ces AMP nécessiterait également une coordination et une coopération avec d'autres organismes. Le mandat de la Convention de Nairobi étant limité, il devra coopérer avec d'autres organismes pour veiller à ce que des mesures de protection complémentaires soient prises, par exemple par l'APSOI sur les pêches et l'Autorité Internationale des Fonds Marins sur l'exploitation minière en haute mer. Sans la coopération entre ces organisations, toute AMP déclarée dans le cadre d'un programme des mers régionales serait un peu plus que «des lignes sur une carte».

b. Une approche basée sur la coalition

Une alternative à l'approche par mers régionales serait l'utilisation d'une approche basée sur la coalition. L'inspiration pourrait être tirée du Sanctuaire Pelagos en Méditerranée, un effort dirigé par l'Etat à petite échelle centré sur la conservation des cétaqués, et des efforts de l'Alliance Sargasses (maintenant la Commission de la mer des Sargasses), une initiative large et coopérative lancée et dirigée par la société

civile et un territoire champion. Ces deux exemples montrent qu'un nombre limité d'États peuvent faire progresser la conservation et l'utilisation durable des ZAJN, mais avec des limites considérables. Tirant les enseignements de cette approche, certains États de l'OIO pourraient défendre un processus visant à améliorer la conservation des écosystèmes des ZAJN, notamment en déclarant conjointement un site spécifique (par exemple le Banc Walters) comme AMP et en s'engageant à conserver sa biodiversité. Ce processus pourrait également être une première étape vers la reconnaissance finale de la zone en tant qu'AMP au travers d'une Convention de Nairobi élargie.

c. Inscription en tant que site du patrimoine mondial

Les zones de désignation de l'OIO pour inscription sur la Liste du patrimoine mondial commencent à être envisagées. Les parties à la Convention du patrimoine mondial (CPM) devront d'abord décider d'autoriser cette possibilité. En supposant que la CPM soit finalement étendu aux ZAJN, certains sites du OIO (par exemple le Banc Walters) devront alors être désignés conformément aux procédures convenues, et devront être pris en compte pour la reconnaissance de sa « valeur universelle exceptionnelle ». Néanmoins, les États de la région du sud-ouest de l'océan Indien, voudront peut-être garder à l'esprit la possibilité d'une telle reconnaissance.

3.6 Contrôle et surveillance, un défi à relever

3.6.1 Systèmes de surveillance

Il existe deux systèmes principaux de surveillance des navires : le système de surveillance des navires par satellite (VMS), généralement installé sur les navires de pêche conformément aux exigences de l'État du pavillon, et le système d'identification automatique (AIS), requis en vertu des dispositions de l'Organisation maritime internationale (OMI) pour les navires d'une capacité supérieure à 300 tonneaux.

Le système VMS

Le système VMS est un outil de surveillance des pêches par lequel un équipement (également appelé transpondeur) installé sur les navires de pêche fournit des informations sur la position des navires et peut inclure le cap et la vitesse.

La plupart des mouvements du navire sont révélateurs d'une activité. Par exemple, une vitesse de déplacement relativement constante (pour un navire de pêche normalement supérieur à 8 nœuds) pendant une durée assez longue signifie que le navire navigue entre deux points ; si le navire change fréquemment de cap et se déplace à basse vitesse (moins de 8 nœuds), cela signifie généralement que le navire n'est plus en « passage inoffensif » ou en transit, mais peut rechercher du poisson, être en train de trainer ou déployer des lignes. De même, la présence de deux navires à proximité peut indiquer un transbordement et / ou un échange de marchandises (illicites ou légales).

Le système VMS jouant un rôle important en tant qu'outil de suivi, contrôle et surveillance (MCS, Monitoring, Control and Surveillance), l'échange d'informations est souvent un élément important du MCS régional. Les informations qu'il serait souhaitable d'échanger avec d'autres agences incluent les informations de position VMS, les registres de permis et de licences, les certificats de capture et les documents commerciaux, les informations du journal de pêche électronique, les codes du tarif douanier et les informations de traçage des produits de la pêche. Le VMS ne remplace ni n'élimine les mesures classiques du MCS telles que la surveillance aérienne, l'embarquement en mer à l'aide de patrouilleurs, les inspections au port et les enquêtes documentées. Cependant, bon nombre de ces mesures sont parfois mises en œuvre suite à des informations reçues via le VMS.

Le système AIS

Le système d'identification automatique (AIS) a été développé à l'origine comme outil de séparation du trafic maritime et de prévention des collisions afin de permettre aux navires de commerce de se « voir » plus clairement dans toutes les conditions. Pour ce faire, l'AIS transmet en permanence l'identité, la position, la vitesse et le cap d'un navire, ainsi que d'autres informations pertinentes, à tous les autres navires équipés d'un système AIS se trouvant à proximité (généralement dans la ligne de mire). Le système AIS est important lorsqu'il est déployé en tant

que station côtière pour permettre aux autorités portuaires et aux organismes de sécurité maritime de gérer le trafic maritime et de réduire les risques liés à la

navigation maritime. Les systèmes AIS sont obligatoires pour les navires SOLAS de plus de 300 tonnes brutes ou de plus de 24 m (<http://www.mesltd.co.uk/aisguide.pdf>).



Capacité de Suivi, Contrôle et Surveillance (MCS) par pays

Afrique du Sud²⁹

Le programme MCS d'Afrique du Sud est basé sur trois éléments clés : conformité, contrôle et surveillance, et déploiement de navires de protection des pêches. Il existe trois Directions régionales : (i) Les programmes de surveillance et de conformité - avec les agents des pêches en uniforme ; (ii) la Direction du contrôle et de la surveillance enquête et engage des poursuites à l'encontre de contrevenants de premier plan et de syndicats violant les dispositions de la loi sur la pêche ; (iii) la Direction des navires de protection de la pêche, opérationnelle depuis 2005. L'Afrique du Sud a été l'un des premiers pays à mettre en œuvre le VMS pour tous les navires de pêche commerciale en 1999. L'Afrique du Sud investit dans un système de sensibilisation au domaine maritime (voir <https://www.ocims.gov.za/>) qui interroge une série de données de sources ouvertes, de données exclusives (payées) ainsi que les données sur les pêcheries pour les afficher sur une plate-forme unique afin d'accroître la réactivité opérationnelle dans des situations allant de la gestion des catastrophes et des déversements d'hydrocarbures au suivi de la pêche.

Les défis actuels sont le niveau élevé d'activités illégales dans la zone côtière pour des ressources de grande valeur, le manque de fonds pour maintenir une présence de patrouille et le manque de personnel de contrôle de la pêche.

Mozambique

Les pêcheries mozambicaines sont gérées sur la base du total autorisé des captures, des quotas et d'une réglementation en matière d'entrée limitée au moyen de licences et d'une répartition de l'effort. Il existe également des réglementations spécifiques sur les saisons de fermeture et le maillage. Des exigences relatives à la construction des navires, au marquage des engins de pêche, à l'affrètement de navires pour les navires mozambicains et étrangers et à la collecte de données sont également stipulées. Le Mozambique dispose d'un système de gestion de la flotte (VMS) opérationnel et surveille principalement les navires des pays qui pratiquent la pêche hauturière, autorisés à pêcher dans les eaux mozambicaines. Le Mozambique a été un acteur clé dans d'autres projets tels que FISH-i Africa (voir plus loin).

Madagascar³⁰

Le Centre de surveillance des pêches (CSP) a été créé en 1999. Le mandat du CSP est de veiller au respect de la réglementation de la pêche en matière de préservation des ressources de pêche et de développement durable de la pêche. Le système de MCS pour les pêcheries industrielles comprend, entre autres, un VMS opérationnel. Le CSP a également signé un protocole d'accord avec la marine malgache afin de mettre en synergie l'utilisation de navires gouvernementaux pour les opérations en mer, ainsi que la police militaire (gendarmerie) afin de renforcer le système de surveillance dans les eaux côtières et sur terre. Le CSP a participé activement à des opérations de surveillance conjointes au niveau régional gérées par la Commission de l'Océan Indien (COI) dans le cadre de son programme régional de surveillance de la pêche au thon et du programme SmartFish.

Comores³¹

Le Centre national de contrôle et de surveillance de la pêche aux Comores (CNCSP) a bénéficié de l'assistance du plan régional de surveillance de la pêche CIO-UE (examiné plus loin), qui a permis de renforcer considérablement les capacités de MCS aux Comores. Un système VMS a été installé en 2007 pour surveiller les activités de la flotte de thon sous licence opérant dans les eaux comoriennes, et remplacé en 2010 par un système plus fonctionnel. Le système souffre toutefois d'un manque de moyens logistiques : Le CNCSP n'a aucun navire de patrouille et la plupart des ressources nautiques gérées par la Garde côtière ne sont pas adaptées à la réalisation d'activités de surveillance en haute mer. D'une manière générale, ceci aboutit au faible MCS des pêcheries industrielles et artisanales. Bien qu'aucun «programme d'observateurs à bord» ne soit mis en œuvre, certains inspecteurs du CNCSP participent de temps à autre à des activités d'observation en mer. Les pêcheurs et les communautés côtières signalent le braconnage et la violation de la zone artisanale (Breuil et Grima, 2014b). De plus, il n'existe actuellement aucun accord de pêche entre les Comores et la flotte thonière asiatique, composée de palangriers. Divers navires asiatiques battant pavillon japonais, coréen et taïwanais opèrent au Mozambique, à Madagascar et dans les eaux des Seychelles. On peut donc supposer que le risque de pêche illégale dans la zone économique exclusive des Comores est élevé.

30 Source Breuil and Grima (2014a).

31 Source Breuil and Grima (2014b).

Seychelles³²

Le contrôle et la surveillance de la pêche aux Seychelles relèvent du Département MCS de la Division de la gestion des pêches de l'Autorité de la pêche des Seychelles (SFA), qui est chargée de veiller au respect des dispositions de la Loi sur les pêches (2001) et de son règlement. Le département MCS est basé au Centre de surveillance des pêches (FMC), qui surveille les mouvements des navires de pêche sous licence au moyen d'un système VMS opérationnel fonctionnant par satellite installé en 2002 et opérationnel pour tous les navires de pêche nationaux et étrangers de plus de 12 m. En mars 2014, un système de VMS régional a été inauguré par la CTOI. Avec ce système, les cinq pays (Comores, Madagascar, Maurice, France (Réunion) et Seychelles) partagent des informations en temps réel sur la position et les mouvements des navires.

Maurice³³

L'unité MCS à Maurice relève de la Division de la planification et de la gestion des pêches, qui comprend également les unités des licences et des ressources marines. Le Service de la protection de la pêche, créé en 2007, est l'organe de contrôle du Ministère de l'économie de la mer, des ressources marines, de la pêche, de la marine marchande et des îles périphériques. Tous les navires et navires licenciés industriels et semi-industriels nationaux et étrangers doivent être conformes à la norme VMS. À partir de juin 2015, ils doivent également disposer de transpondeurs AIS et peuvent être amenés à transporter des observateurs. Après traitement, ces données sont transmises et stockées dans la base de données du centre de surveillance des pêches (CSP).

Kenya³⁴

Les mesures de surveillance et de contrôle dans les pêcheries marines au Kenya sont limitées (Berg, 2011, cité dans Breuil et Grima, 2014d). Les indicateurs relatifs à la capacité institutionnelle révèlent de nombreuses lacunes, notamment en ce qui concerne l'absence de système de contrôle croisé pour vérifier les données de capture et de débarquement, la collecte limitée d'informations de MCS, une communication interne médiocre et une coopération entre institutions limitée notamment en ce qui concerne le partage d'information. Le système VMS ne fonctionne que partiellement en raison de difficultés techniques. Le cadre juridique doit être mis à jour et ajusté à la lumière des obligations régionales et internationales afin de

32 Sourced from Breuil and Grima (2014c).

33 Sourced from COFREPECHE *et al.* (2015).

34 Sourced from Breuil and Grima (2014d).

permettre juridiquement que des mesures soient prises à l'encontre des navires de la pêche illicite, non déclarée et non réglementée connus. En 2017, le VMS était en cours de reprise par un nouveau fournisseur de services, et un patrouilleur était en construction.

Tanzanie³⁵

Le ministère du Développement, de l'élevage et de la pêche, par l'intermédiaire de la Direction de la protection des ressources de la pêche, assure les opérations de MCS. Une autorité similaire du gouvernement révolutionnaire de Zanzibar, le ministère de l'Agriculture, des Ressources naturelles, de l'Élevage et de la Pêche, s'occupe de la pêche relevant de la juridiction des îles. L'autorité de pêche hauturière est responsable de toutes les activités de MCS liées à la pêche pélagique (principalement au thon). L'autorité de pêche hauturière exploite un centre de surveillance doté d'un VMS opérationnel.

Programmes de Suivi, Contrôle et Surveillance dans le sud-ouest de l'océan Indien

Stop à la pêche illégale (SIF) et FISH-i Africa

Stop à la pêche illégale (SIF) est une organisation à but non lucratif qui coordonne et soutient les efforts de lutte contre la pêche illicite, non déclarée et non réglementée (INN) en Afrique. Elle joue un rôle essentiel dans le renforcement de la coopération et de la coordination entre les gouvernements et les partenaires afin de mettre un terme à la pêche illicite. FISH-i Africa est l'un des projets phares actuels du SIF. Il a été créé pour faire face aux niveaux élevés de pêche INN dans la région de l'océan Indien occidental. Les huit pays participant à l'initiative FISH-i Africa sont les Comores, le Kenya, Madagascar, Maurice, le Mozambique, les Seychelles, la Somalie et la Tanzanie. Ces pays travaillent ensemble en tant que groupe de travail FISH-i Africa par le biais duquel les responsables nationaux de la mise en œuvre de la réglementation des pêches échangent des informations et prennent des mesures à l'encontre des personnes considérées comme des opérateurs de pêche illégaux. Le groupe de travail FISH-i Africa a récemment été nommé partenaire technique international du groupe de travail INN de la Communauté de développement de l'Afrique australe. Les systèmes et les enseignements tirés du travail de FISH-i Africa seront utilisés pour la mise en place du Centre de coordination régional de MCS³⁶ prévu par la SADC³⁷.

Plan régional de surveillance des pêches (RFSP)

La Commission de l'océan Indien (COI) et l'Union européenne ont signé un partenariat-cadre mettant en œuvre le Plan régional de surveillance des pêches (RFSP) en 2007. L'objectif principal du RFSP est la mise en place de patrouilles conjointes et d'un VMS régional dans le sud-ouest de l'océan Indien. Aujourd'hui pleinement opérationnel, ce partenariat a exigé un soutien politique fort et l'engagement des États concernés. Le VMS régional utilise un modèle dans lequel les données sont envoyées à l'État côtier - à la base de données centrale de la COI- puis réexportées vers l'État côtier. Cela signifie que seule la base de données centrale de la COI offre une vue d'ensemble de tous les navires de pêche dans toutes les zones, alors que les États côtiers ne peuvent voir que leurs propres navires battant pavillon et leur propre ZEE, ainsi que les navires pêchant dans le cadre d'un accord de licence, mais pas ceux se trouvant dans les ZAJN. Les pays qui pratiquent la pêche en eaux lointaines peuvent voir leur navire dans les eaux des États côtiers et des ZAJN.

36 <https://www.fish-i-africa.org/fish-i-africa-task-force-meets-in-kenya>

37 Southern African Development Community - Communauté de développement de l'Afrique australe

Centre régional de coordination de la surveillance de la pêche de la Communauté de développement de l'Afrique australe (SADC)

Bien qu'il ne soit pas encore complètement établi, le Centre régional de coordination de MCS sur les pêches de la SADC assurera la coordination des activités de MCS et d'application (dans les ports et en mer) entre les États membres. Les autres activités régionales du centre seront l'échange accru d'informations, la création d'un registre régional des navires de pêche et le cadre régional pour le VMS³⁸. L'objectif principal de la création d'un centre régional de MCS est d'éliminer la pêche illégale en Afrique australe grâce à une meilleure coopération régionale et interrégionale, à la gouvernance de la pêche et à des cadres juridiques et à une capacité nationale de MCS (UA-IBAR, 2016). Un résultat important envisagé est l'amélioration de la capacité nationale des États membres en matière d'activités de MCS.

Engagements volontaires de la FAO

Accord de la FAO sur les mesures du ressort de l'État du port visant à prévenir, contrecarrer et éliminer la pêche illicite, non déclarée et non réglementée

Cet accord a été adopté par la Conférence des Nations Unies pour la FAO en 2009 et constitue le premier accord international contraignant visant directement à mettre un terme au commerce des produits INN. Les pêcheurs INN s'appuyant souvent sur des «ports de complaisance» où la capacité d'inspection ou le contrôle sont limités, cet accord permet aux États du port de fermer ces canaux de commerce illégaux (WWF, 2015). L'Accord permet également aux États du port de contrôler leurs ports par des mesures telles que l'autorisation d'entrée, de débarquement, de transbordement, d'inspection et l'assistance des ORGP ; renforcer la gouvernance des pêches aux niveaux national et international et renforcer le contrôle des États du pavillon sur leurs navires.

Plan d'action international de la FAO - Illégal, non signalé et non réglementé (IPOA-IUU)

Le Plan d'action international visant à prévenir, à contrecarrer et à éliminer la pêche illicite, non déclarée et non réglementée (IPOA-IUU) est un instrument international volontaire élaboré spécifiquement pour lutter contre la pêche illicite, non déclarée et non réglementée. Les composantes du IPOA-IUU reposent sur le droit international, notamment la Convention des Nations Unies sur le droit de la mer de 1982, l'Accord de conformité de la FAO et l'Accord des Nations Unies sur les stocks de poissons de

38 <http://oceansbeyondpiracy.org>



1995. Le IPOA-IUU fournit des informations aux États du pavillon, du port, côtiers et marchands une gamme complète de mesures pour lutter contre la pêche IUU dans les États et en haute mer (UA-IBAR, 2016). Le IPOA-IUU appelle également tous les États à élaborer et à adopter des plans d'action nationaux (NPOA-IUU) pour atteindre les objectifs du IPOA-IUU, en tenant compte de ses dispositions dans les plans nationaux de gestion de la pêche. Dans certaines régions, il peut être plus approprié de développer un RPOA-IUU³⁹, comme prévu pour la région Afrique australe. La coordination régionale sert à améliorer le partage d'informations, soutient le développement d'un registre régional des navires de pêche et d'un cadre VMS régional. Travailler dans un cadre régional améliore également les capacités au niveau national grâce à des collaborations institutionnelles et au partage des ressources.

39 RPOA-IUU Regional Plan of Action to Prevent, Deter, and Eliminate Illegal, Unreported and Unregulated Fishing.

3.6.2 Améliorer les capacités de contrôle et surveillance dans les ZAJN de l’océan Indien occidental

Un navire équipé d’un VMS peut être surveillé par l’État du pavillon, son propriétaire (ou une autre partie autorisée), ou même par un organisme régional de gestion des pêches.

En termes de droit international et national, rien n’empêche les États côtiers de surveiller leurs propres navires de pêche dans les ZAJN. De même, rien ne limite ni n’empêche les pays pratiquant la pêche lointaine de surveiller leurs navires dans les ZAJN, telles que celles de l’océan Indien occidental. Par conséquent, la déclaration d’activité illégale au sein des ZAJN n’est pas un problème technique ou juridique, mais est plutôt limitée par les problèmes de coûts.

Cependant, l’aspect surveillance des données pose plusieurs problèmes. La question la plus difficile concerne l’accès et le partage des données de position des navires lorsqu’ils se trouvent dans les ZAJN avec d’autres pays. Les questions de souveraineté sont le plus souvent utilisées pour soutenir l’argument visant à limiter / restreindre / annuler l’accès à ces informations. Bien que la souveraineté reste une question politique, les problèmes pratiques se posent lorsque les pays pratiquant la pêche lointaine pêchent dans les eaux des États côtiers - ils rendent compte au VMS de l’État côtier (ou devraient), cependant, s’ils quittent la ZEE, ils n’ont plus l’obligation de faire rapport à l’Etat côtier, seulement à l’Etat du pavillon. Ces navires peuvent continuer à pêcher dans les zones

adjacentes à la ZEE les stocks de poissons qu’ils pêchaient dans les eaux des États côtiers. L’objectif initial de la Convention des Nations Unies sur le Droit de la Mer était de sécuriser les stocks démersaux, d’empêcher la capture non autorisée de ce type de poisson et de limiter la pratique de la pêche lointaine visant les espèces hautement migratrices. Ainsi, les concepts de ZEE et de stocks de grands migrateurs coexistent dans les mesures de gestion des ORGP, mais la responsabilité est partagée entre les juridictions de la ZEE et de la haute mer.

Dans l’océan Indien, la CTOI a adopté une résolution contraignante selon laquelle les parties non contractantes doivent disposer d’un système VMS pour les navires de plus de 24 m, avec une mise en œuvre de 50% dès 2017, ce qui constitue un premier pas réussi. Les navires relevant de la convention CTOI pourraient se rapporter à une base de données VMS de la CTOI, en particulier lorsque le pays pratiquant la pêche lointaine n’a pas de système VMS ou n’a pas les moyens d’investir dans un système VMS. Ce modèle a été adopté par au moins deux autres ORGP.

La Commission des pêches pour le Pacifique occidental et central a mis en place un système de VMS qui oblige tous les navires de pêche opérant dans la zone de la convention à se rapporter à un VMS central hébergé par une tierce partie, la Pacific Island Forum (<https://www.wcpfc.int/navire-monitoring-system>). Par conséquent, un accord permet de surveiller les navires de manière centralisée.

De la même manière, la Commission pour la conservation de la faune et la flore marines de l’Antarctique (CCAMLR) gère un

VMS qui repose sur des données envoyées à l'État du pavillon ainsi que sur le VMS de la Commission, lorsque le navire se trouve dans la zone de la convention.

Un autre défi réside dans le fait que toutes les activités de pêche ne concernent pas les espèces relevant du mandat de la CTOI. Il n'y a pas d'organisation régionale autre que la CTOI dans la région de l'océan Indien occidental et son mandat s'applique uniquement au thon et aux espèces apparentées au thon (et aux captures accidentelles dans la pêcherie). La pêche au requin et la pêche au calmar pélagique en haute mer ne sont que deux exemples de pêcheries connues et ces navires seraient exclus des dispositions de la CTOI.

Si l'objectif est de couvrir toutes les activités de pêche et / ou ayant un impact sur l'habitat marin, le mandat de la CTOI peut être élargi avec l'ajout spécifique de « toutes les espèces et / ou activités pouvant avoir un impact sur les espèces présentes dans la zone de convention » au-delà de la juridiction nationale. En cas de conflit avec d'autres organes de gestion internationaux tels que la Commission Baleinière Internationale, un groupe inter-organisationnel pourrait être constitué pour résoudre et répartir les responsabilités. On peut s'attendre à ce que certains pays et groupes de pays soient moins enthousiastes à l'idée d'accepter soit l'élargissement du mandat,

soit la nécessité de contrôler et de surveiller les navires de pêche en l'absence de convention spécifique ou d'ORPG.

Technologiquement ou juridiquement, l'utilisation de VMS (ou AIS) dans les ZAJN ne présente pas de difficultés. Le défi réside dans la justification de son utilisation et l'identification des destinataires des informations.

Si, par exemple, une zone d'importance pour la biodiversité ou la reproduction d'une espèce est déclarée dans une ZAJN, il serait techniquement faisable que cette zone soit géo-clôturée et que les systèmes de surveillance des navires franchissant ses frontières transmettent les informations collectées à l'organisation responsable et / ou à l'État du pavillon.

De même, si l'objectif est de vérifier que tous les navires de pêche sont autorisés à pêcher dans les ZAJN, un VMS national ou régional suffirait.

L'enjeu sera probablement de répondre à ces deux questions : 1) comment surveiller les ZAJN pour les navires n'émettant pas de signal de position - c'est-à-dire les navires malhonnêtes éteignant volontairement leur AIS / VMS, ou n'ayant jamais eu de tels équipements? et 2) quelles mesures prendre contre les navires transgressifs?





4 Conclusion

La conservation de la biodiversité en haute mer est à un tournant de son histoire.

La Conférence Intergouvernementale sur l'établissement d'un nouvel accord international juridiquement contraignant dans le cadre de la Convention des Nations Unies pour le Droit de la Mer (CNUDM) sur la conservation et l'exploitation durable des ressources des zones au-delà de la juridiction nationale s'est ouverte le 24 décembre 2017, devant l'Assemblée générale des Nations Unies. Cette conférence intergouvernementale majeure, dédiée à la biodiversité en haute mer, est désignée sous l'acronyme BBNJ - *Biodiversity Beyond National Jurisdiction*. Ce pas historique, qui a été précédé par la tenue d'un Comité Préparatoire, et avant cela, d'une dizaine d'années de réunions d'un Groupe de Travail au sein des Nations Unies, a été salué par l'ensemble de la communauté internationale.

Les principaux résultats du projet UICN FFEM-SWIO [2014-2018], présentés de manière synthétique dans cet ouvrage, sont résumés ci-après.

Un renforcement des connaissances scientifiques associé à une meilleure compréhension du cadre de gouvernance et une bonne connaissance des organisations régionales concernées ont permis de sensibiliser à la fois les acteurs régionaux et les instances internationales à l'importance de préserver les écosystèmes de monts sous-marins de la haute mer en s'appuyant sur l'exemple du Banc Walters. Les résultats exposés ici ont été présentés au niveau régional (APSOI⁴⁰, Convention de Nairobi)

et au niveau global (UN BBNJ). Enfin, des pistes de réflexion vers des modèles hybrides de gouvernance impliquant à la fois les instances régionales et internationales ou sectorielles ont été proposées.

Une campagne en mer multidisciplinaire de 26 jours sur un vaste mont sous-marin situé en haute mer au sud de Madagascar – le Banc Walters – a permis de renforcer les connaissances sur cet écosystème unique puisqu'il culmine à 20 mètres sous la surface de l'océan en étant situé à 700 km de la première côte. Plusieurs espèces nouvelles pour la science ont été découvertes, un inventaire de la biodiversité associée à ce mont sous-marin a été réalisé, son importance pour les oiseaux marins, les mammifères marins et les grands prédateurs a été documentée et les processus océanographiques de circulation des eaux aux abords du mont sous-marin mieux compris. La connectivité des monts sous-marins en haute mer a été testée à l'aide de modèles numériques. Ces découvertes ont été étayées par une analyse bibliographique approfondie. Grâce à ces connaissances, des propositions de mesures de gestion des pêches au sein de l'organisation régionale compétente – l'APSOI (Accord relatif aux pêches dans le sud de l'océan Indien) – ont été faites et ont contribué à aboutir en juin 2018 à la fermeture à la pêche au chalut de fond de 5 zones de monts sous-marins couvrant une surface totale de 2 500 000 hectares avec d'une obligation de couverture d'observation des pêches de 100%⁴¹ pour tous les autres types de pêche. De même, l'importance de ces monts sous-marins à l'échelle régionale a permis à la Convention de

40 Accord relatif aux pêches dans le sud de l'océan Indien

41 Présence permanente obligatoire d'un observateur des pêches à bord

Nairobi – convention de mers régionales pour l’ouest de l’océan Indien – de susciter et renforcer l’intérêt des pays côtiers à la conservation de la biodiversité marine dans les zones au-delà de la juridiction nationale adjacentes à leurs Zones Economiques Exclusives.

Les différents scénarios de renforcement du cadre de gouvernance pour les zones au-delà de la juridiction nationale dans cette région de l’océan mondial ont été explorés et analysés et figurent dans cet ouvrage. Il n’y a pas de solution simple et il faudra certainement identifier des compromis et procéder à des ajustements de façon à pouvoir mettre en place une gestion efficace tout en respectant toutes les règles précédemment établies. L’idée de gouvernance hybride, telle que celle qui se dessine au niveau de l’accord BBNJ, apparaît la plus solide. Cet accord devra combiner une approche globale et des approches régionales. La première est nécessaire pour appréhender l’océan dans son ensemble et les secondes pour des raisons d’efficacité et de pragmatisme. Il faudra également mettre en place des systèmes de gouvernance croisée entre les diverses instances et organisations sectorielles (pêche, transport maritime, exploitation des ressources minérales) et l’approche environnementale dédié à la conservation.

Une fois ce nouvel accord international établi, un des principaux défis sera la prise en compte des connaissances scientifiques pour la gestion des activités humaines en haute mer, comme cela a été initié pour les écosystèmes de monts sous-marins du sud-ouest de l’océan Indien. S’il est entendu que l’apport de la science est fondamental pour la gouvernance, les moyens à mettre en œuvre sont encore peu définis. Il paraît fondamental que dans les prochaines années, dans le cadre de la mise en œuvre de l’accord, des mécanismes de documentation scientifique transversaux et robustes soient mis en place pour soutenir les processus de décision.

Enfin, le projet a permis de conduire l’analyse, pays par pays, des systèmes de “Suivi, Contrôle et Surveillance” disponibles dans la région, d’identifier les lacunes et de proposer des pistes de renforcement de ces outils de gestion.

La gestion des activités humaines en haute mer est d’une importance capitale pour l’avenir de la biodiversité marine globale. Cela va déterminer la capacité future de l’océan à continuer à réguler le climat de la Terre et à fournir de façon durable les ressources alimentaires essentielles à l’alimentation humaine et les moyens de subsistance comme il l’a fait jusqu’à présent.

Références bibliographiques

- AU-IBAR (2016). Status of Monitoring, Control and Surveillance Systems in Southern Africa - Strengthening National and Regional Capacities for Combating Illegal, Unreported and Unregulated Fishing. AU-IBAR Reports.
- Bach, P., Romanov, E., Rabearisoa, N., Akbaraly, A. and Sharp, A. (2011). Report for 2010 exhaustive data collected by observers on board largest pelagic long-liners based in La Reunion. IOTC-2011-WPEB07-INF29.
- Bellard, C., Leclerc, C. and Courchamp, F. (2013). Impact of sea level rise on the 10 insular biodiversity hotspots. *Global Ecology and Biogeography* 23: 203–212 doi:10.1111/geb.12093.
- Bensch, A., Gianni, M., Grébroval, D., Sanders, J.S. and Hjort, A. (2008) Worldwide review of bottom fisheries in the high seas. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 522 Food and Agriculture Organisation of the UN, Rome, 145 pp.
- Berthois L. (1973). Mission O.S.I.R.I.S des TAAF. Mai 1973. Sondage à bord du Marion Dufresne, Cdt Bilhaut.
- Breuil, C. and Grima, D. (2014a). Baseline Report Madagascar. SmartFish Programme of the Indian Ocean Commission, Fisheries Management FAO component, Ebene, Mauritius. 35 pp.
- Breuil, C. and Grima, D. (2014b). Baseline Report Comoros. SmartFish Programme of the Indian Ocean Commission, Fisheries Management FAO component, Ebene, Mauritius. 27 pp.
- Breuil, C. and Grima, D. (2014c). Baseline Report Seychelles. SmartFish Programme of the Indian Ocean Commission, Fisheries Management FAO component, Ebene, Mauritius. 35 pp.
- Breuil, C. and Grima, D. (2014d). Baseline Report Kenya. SmartFish Programme of the Indian Ocean Commission, Fisheries Management FAO component, Ebene, Mauritius. 40 pp.
- Brewin, P.E., Stocks, K.I., Haidvogel, D.B., *et al.* (2009). Effects of oceanographic retention on decapod and gastropod community diversity on seamounts. *Marine Ecology Progress Series* 383, 225–237.
- Capet, X., McWilliams, J.C., Molemaker, M.J. and Shchepetkin, A.S. (2008). Mesoscale to submesoscale transition in the California Current System. Part I: Flow structure, eddy flux, and observational tests. *Journal of Physical Oceanography*, 38, 29-43.
- Clark A. M. (1972). Some crinoids from the Indian Ocean. *Bulletin of the British Museum (Natural History)*, 24(2): 73-156.
- Clark, M.R., Vinnichenko, V.I., Gordon, J.D.M., Beck-Bulat, G.Z., Kukharev, N.N. and Kakora, A.F. (2007). Large-scale distant-water trawl fisheries on seamounts. *Seamounts: Ecology, Fisheries and Conservation*. (eds. Pitcher, T.J., Morato, T. and Hart, P.J.B. *et al.*), pp. 361-399. Blackwell Publishing, Oxford.
- Clark, M.R., Rowden, A.A. and Schlacher, T., *et al.* (2010). The ecology of seamounts: structure, function, and human impacts. *Annual Review of Marine Science* 2, 253–278.
- Clark MR, Schlacher TA, Rowden AA, Stocks KI, Consalvey M (2012). Science priorities for seamounts: research links to conservation and management. *PLoS ONE* 7(1): e29232. doi:10.1371/journal.pone.0029232
- COFREPECHE, NFDS, MRAG and POSEIDON, (2015). Ex post and ex ante evaluation of the protocol to the Fisheries Partnership Agreement between the EU and the Republic of Mauritius (Framework contract MARE/2011/01 – Lot 3, specific contract 16). Brussels, 141 pp.
- Collette B.B. & Parin N.V. (1991). Shallow-water fishes of Walters Shoals, Madagascar Ridge. *Bulletin of Marine Science*, 48(1): 1-22.
- Consalvey, M., Clark, M.R., Rowden, A.A and Stocks, K.I. (2010). Life on Seamounts. *In*: McIntyre AD, editor. *Life in the World's Oceans: diversity, distribution, and abundance*. United Kingdom: Wiley Blackwell; pp. 123–138.

Crochelet E., 2017. Utilisation de modèles de transport numériques pour l'analyse des connectivités marines des monts sous-marins de l'océan Indien Occidental. 44p.

Cuyvers, L., Berry, W., Gjerde, K. M., Thiele, T., Wilhem, C. (2018). Deep seabed mining: a rising environmental challenge. Gland, Switzerland: IUCN and Gallifrey Foundation. 60pp. DOI: <https://doi.org/10.2305/IUCN.CH.2018.16.en>

Das, P., Lyer, S.D., Kodagali, V.N. and Krishna, K.S. (2005). A new insight into the distribution and origin of seamounts in the Central Indian Ocean Basin. *Mar. Geod.*, 28, 259-269.

Douve, F., 2008, The importance of marine spatial planning in advancing ecosystem-based sea use management, *Marine Policy*, 32, 5, pp. 762-771. DOI : [10.1016/j.marpol.2008.03.021](https://doi.org/10.1016/j.marpol.2008.03.021)

Dower, J., Freeland, H. and Juniper, K. (1992). A strong biological response to oceanic flow past Cobb seamount. *Deep-Sea Research*, 39, 1139-1145.

Etnoyer P, Canny D, Mate BR, Morgan LE, Ortega-Ortiz JG, Nichols WJ (2006) Sea surface temperature gradients across blue whale and sea turtle foraging trajectories off the Baja California Peninsula, Mexico. *Deep-Sea Research*, 53: 340-358

Etnoyer, P., Wood, J. and Shirley, T. (2010). How large is the seamount biome? *Oceanography* 23: 206-209.

FAO (2002). Report of the Second Ad Hoc Meeting on Management of Deepwater Fisheries Resources of the Southern Indian Ocean. Fremantle, Western Australia. 20-22 May 2002. FAO Fisheries Report. No. 677. Rome, 106p.

Fréon P & Dagorn L (2000) Review of fish associative behaviour: toward a generalisation of the meeting point hypothesis. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* 10, 183-207

Gadenne H. & Saloma A., (2017), Observations des oiseaux et des mammifères marins - Campagne scientifique BANC WALTERS 2017, Rapport de campagne 21 avril- 18 mai 2017 sur N/O Marion Dufresne, MD 208, Projet FFEM & IUCN Conservation et exploitation durable des écosystèmes de monts sous-marins et sources hydrothermales du sud-ouest de l'océan Indien

au-delà des zones de juridiction nationale (2014-2018), 28 p.

Galletti F. (2014), La protection juridique des réseaux écologiques marins. Compétences et implications du droit de la mer contemporain, Sobrino Heredia J.M. (eds.), La contribution de la Convention des Nations unies sur le Droit de la Mer à la bonne gouvernance des mer et océans. Editoriale Scientifica, Napoli, 2014, pp.765-791 (Vol. 2).

Galletti .F.(Law), Marsac F. (Ecology), Ternon J.-F.(Oceanography), (2018), Gouvernance des monts sous-marins du Sud-Ouest de l'océan Indien / Governance of seamounts of the South West Indian Ocean Governance of the South West Indian Ocean Seamounts, A contribution to FARI (Forum for Heads of Academic and Research Institutions), 5 p, Science to Policy meeting before the 9th COP of the Nairobi Convention, 10 July 2018, Durban, South Africa.

Galletti F., Ternon J.-F. François, Menard F., Demarcq H., (2018), Rapport global d'exécution de la participation de l'IRD au Projet FFEM- South West Indian Ocean SWIO-UICN « Conservation et exploitation durable des écosystèmes profonds du sud-ouest de l'océan Indien au-delà des zones de juridiction nationale » 2014-2018. 27 juin 2018, 37 p.

Genin, A. and Boehlert, G.W. (1985). Dynamics of temperature and chlorophyll structures above a seamount: an oceanic experiment. *Journal of Marine Research*, 43, 907-924.

Genin, A. and Dower, J.F. (2007). Seamount plankton dynamics. *In* Seamounts : ecology, fisheries and conservation Pitcher T.J., Morato, T., Hart, P.J.B., Clark, M.R., Haggan, N. and Santos., R.S. (Eds. Blackwell Publishing), pp. 84-100.

Guilliland, P M, D. Laffoley, 2008, Key elements and steps in the process of developing ecosystem-based marine spatial planning, *Marine Policy*, 32, 5, pp. 787-796. DOI : [10.1016/j.marpol.2008.03.022](https://doi.org/10.1016/j.marpol.2008.03.022)

Groeneveld J.C., Griffiths C.L. & van Dalsen A.P., 2006. A new species of spiny lobster, *Palinurus barbarae* (Decapoda, Palinuridae) from Walters Shoals on the Madagascar Ridge. *Crustaceana*, 79(7): 821-833.

Guinot D. and B. Richer de Forges. 1981. Homolidae, rares ou nouveaux, de l'Indo-Pacifique (Crustacea, Decapoda, Brachyura).

- Bulletin du Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris, ser. 4(3), section A(2):523-581.
- Hirsch, S. and Christiansen, B. (2010). The trophic blockage hypothesis is not supported by the diets of fishes on Seine Seamount. *Marine ecology*, 31 (Suppl. 1), 107-120.
- Huppert, H. (1975). Some remarks on the initiation of inertial Taylor columns. *Journal of Fluid Mechanics*, 67, 397-412.
- Huppert, H. and Bryan, K. (1976). Topographically generated eddies. *Deep-Sea Research*, 23, 655-679.
- Kimani, E.N., Okemwa G.M and Kazungu J.M (2009). Fisheries in the Southwest Indian Ocean: Trends and Governance Challenges. *In: Laipson, E. and A. Pandya (Eds) The Indian Ocean; Resource and Governance Challenges. The Henry L. Stimson Centre, Washington DC, USA, p 3-90.*
- Kitchingman A, Lai S, Morato T, Pauly D (2007) How many seamounts are there and where are they located. *In: Pitcher TJ, Morato T, Hart PJB, Clark MR, Haggan N, Santos RS (Eds) Seamounts: Ecology, Fisheries & Conservation. Fish and Aquatic Resources Series 12, Blackwell Publishing, Oxford, United Kingdom, pp 361-399*
- Kensley B., 1975. Five species of Jaeropsis from the southern Indian Ocean (Crustacea, Isopoda, Asellota). *Annals of the South African Museum*, 67(10): 367-380.
- Kensley B., 1981. On the zoogeography of southern African decapod Crustacea, with a distributional checklist of the species. *Smithsonian Contributions to Zoology*, 338: 1-64.
- Klimley AP, Jorgensen SJ (2003) The occurrence of yellowfin tuna (*Thunnus albacares*) at Espiritu Santo Seamount in the Gulf of California. *Fishery Bulletin*, 101: 684-692
- Klimley AP, Richert JE, Jorgensen SJ (2005) The Home of Blue Water Fish. *American Scientist*, 93: 42-49
- Leroy A. & Galletti F. (2014), L'Accompagnement de l'Accord relatif aux pêches du sud de l'océan indien – APSOI – / South Indian Ocean Fisheries Agreement – SIOFA– vers des mesures environnementales benthiques et de conservation. Rapport de recherche IRD - Activité 223 Gouvernance, Projet FFEM/UICN Conservation et exploitation durable des écosystèmes de monts sous-marins et sources hydrothermales du sud-ouest de l'océan Indien au-delà des zones de juridiction nationale (2014- 2018), 22 septembre 2014, 54 p. + Table des annexes pp.54-108, (UMR IRD EME 212).
- Leroy A., Galletti F., Simard F., (2019), La gestation des mesures environnementales benthiques dans le récent Accord relatif aux pêches du sud de l'océan indien – APSOI –/ South Indian Ocean Fisheries Agreement – SIOFA–, 20 p., en préparation.
- Lévy, M. (2008). The modulation of biological production by oceanic mesoscale turbulence. *Lectures Notes in Physics, Springer-Verlag*, 744, 219-261.
- Mah, C.L. (2018). New genera, species and occurrence records of Goniasteridae (Asteroidea; Echinodermata) from the Indian Ocean. *Zootaxa*. 4359(1): 1-116.
- Manning R.B., 1992. A new geryonid crab from Walters Shoals, southwestern Indian Ocean (Crustacea: Decapoda: Brachyura). *Proceedings of the Biological Society of Washington*, 105(1): 86-89.
- Marsac F., Foutenu A., Michaud P., 2014 L'or bleu des Seychelles. Histoire de la pêche industrielle au thon dans l'océan Indien. IRD Editions, 271 p.
- McClain, C.R., Lundsten, L. and Ream, M., *et al.* (2009). Endemicity, biogeography, composition and community structure on a northeast Pacific seamount. *PLoS ONE* 4e4141.
- Michallet I., (2007), L'accord sur la conservation des albatros et des pétrels : la protection de la biodiversité marine face à l'industrie de la pêche, *RJ.E*, vol. 32,2/2007, pp.187-201.
- Morato T & Clark MR (2007) Seamount fishes: ecology and life histories. *In: Pitcher TJ, Morato T, Hart PJB, Clark MR, Haggan N, Santos RS (Eds) Seamounts: Ecology, Fisheries & Conservation. Fish and Aquatic Resources Series 12, Blackwell Publishing, Oxford, United Kingdom, pp 361-399.*
- Morato T, Varkey DA, Damaso C, Machete M, Santos M, Prieto R, Santos RS, Pitcher TJ (2008) Evidence of a seamount effect on aggregating visitors. *Marine Ecology Progress Series*, 357: 23-32.
- Mouriño, B., Fernandez, E., Serret, P., Harbour, D., Sinha, B. and Pingree, R. (2001). Variability

and seasonality of physical and biological fields at the great Meteor Tablemount (subtropical NE Atlantic). *Oceanologica Acta*, 24(2), 1-20.

Myers N, Mittermeier RA, Mittermeier CG, da Fonseca GAB, Kent J (2000) Biodiversity hotspots for conservation priorities. *Nature*, 403: 853-858.

Norse EA, Brooke S, Cheung WWL, Clark MR, Ekeland I, Froese R, Gjerde KM, Haedrich RL, Heppell SS, Morato T, Morgan LE, Pauly D, Sumaila R, Watson R (2012) Sustainability of deep-sea fisheries. *Marine Policy*, 36: 307- 320

Parin N.V., Nesis K.N., Sagaidachny A.Y. & Shcherbachev Y.N., 1993. Fauna of Walter Shoals, a seamount in the southwestern Indian Ocean. *Trudy Institut Okanologii*, 128: 199-216. [in Russian]

Pinet, P., Jaquemet, S., Phillips, R.A. and Le Corre, M. (2012). Sex specific foraging strategy throughout the breeding season in a tropical, sexually monomorphic small petrel. *Animal Behaviour*, doi:/10.1012/j.anbehav.2012.01.19.

Pitcher TJ, Morato T, Hart PJB, Clark MR, Haggan N, Santos RS (2007) Seamounts: Ecology, Fisheries and Conservation. *Fish and Aquatic Resources Series 12*, Blackwell Publishing, Oxford, United Kingdom, pp 361-399.

Pitcher TJ, Clark MR, Morato T, Watson R (2010) Seamount fisheries: do they have a future, *Oceanography*, 23: 134-144

Probert PK, Christiansen S, Gjerde KM, Gubbay S, Santos RS (2007) Management and conservation of seamount. In: Pitcher TJ, Morato T, Hart PJB, Clark MR, Haggan N, Santos RS (Eds) *Seamounts: Ecology, Fisheries & Conservation*. *Fish and Aquatic Resources Series 12*, Blackwell Publishing, Oxford, United Kingdom, pp 361-399

Ramanantsoa, J. D., Krug M., Penven P., Rouault M., Gula J. (2018). Coastal upwelling south of Madagascar: Temporal and spatial variability, *Journal of Marine Systems*. 178, 29-37, doi:10.1016/j.jmarsys.2017.10.005

Ravokatra, T. (2014). Conditions environnementales dans le Sud-ouest de l'océan Indien: entre processus régionaux et mécanisme local. *Mémoire Master 2 Télédétection et Risques Naturels*, Universités de la Réunion et de Antananarivo.

Richer De Forges, B., Koslow, J.A. and Poore, G.C.B. (2000). Diversity and endemism of the benthic seamount fauna in the south-west Pacific. *Nature* 405, 944–947.

Rieser, A., Watling, L., & Guinotte, J. (2013). Trawl fisheries, catch shares and the protection of benthic marine ecosystems: Has ownership generated incentives for seafloor stewardship? *Marine Policy*, 40, 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.marpol.2012.12.028>.

Rochette J. & Wright G., (2015), Outils de gestion par zone dans les espaces marins situés au-delà des juridictions nationales : options possibles pour l'océan Indien occidental, *Iddri, Working papers N°6/15*, 16 p.

Roberts, C.M., McClean, C.J., Veron, J.E.N., Hawkins, J.P. and Allen, G.R., *et al.* (2002). Marine biodiversity hotspots and conservation priorities for tropical reefs. *Science* 295: 1280–1284 doi:10.1126/science.1067728.

Rogers, A.D. (1994). The biology of seamounts. *Advances in Marine Biology* 13, 305–350.

Rogers, A.D. (2004). The Biology, ecology and vulnerability of seamount communities. Report for the World Conservation Union for the 7th Convention of Parties, Convention for Biodiversity, Kuala Lumpur, 8–19 February, 8pp.

Rogers AD (2012) *An Ecosystem Approach to Management of Seamounts in the Southern Indian Ocean*. Volume 1 – Overview of Seamount Ecosystems and Biodiversity. Gland, Switzerland: IUCN. pp. 24.

Rogers, A.D., Baco, A., Griffiths, H., *et al.* (2007). Corals on seamounts. In: *Seamounts: Ecology Fisheries and Conservation* (eds Pitcher, T.J., Morato, T. and Hart, P.J.B., *et al.*), pp. 141–169. Oxford: Blackwell.

Rogers, A.D and Gianni, M. (2010). The Implementation of UNGA Resolutions 61/105 and 64/72 in the Management of Deep-Sea Fisheries on the High Seas. Report prepared for the Deep-Sea Conservation Coalition. International Programme on State of the Ocean, London, United Kingdom, 97pp.

Romanov, E.V. (2003). Summary and review of Soviet and Ukrainian scientific and commercial fishing operations on the deepwater ridges of the southern Indian Ocean. *FAO Fisheries Circular (FAO)*, 991, 84 pp.

Ruwa, R. and Rice, J. (2016). Chapter 36E. Indian Ocean. Contribution to the United

Nation's World assessment. Copyright 2016 United Nation, 28pp.

Salazar-Vallejo S.I. (2003). Revision of Synelmis Chamberlin, 1919 (Annelida, Polychaeta, Pilargidae). *Zoosystema*, 25(1): 17-42.

Samadi, S., Botton, L., Macpherson, E., *et al.* (2006) Seamount endemism questioned by the geographical distribution and population genetic structure of marine invertebrates. *Marine Biology* 149, 1463–1475.

Shotton, R. (2006). Management of demersal fisheries resources of the Southern Indian Ocean. FAO Fisheries Circular No.1020, FAO, Rome, Italy, 90p.

Simard, F. and Spadone, A. (eds) (2012). An Ecosystem Approach to Management of Seamounts in the Southern Indian Ocean. Volume 2 – Anthropogenic Threats to Seamount Ecosystems and Biodiversity. Gland, Switzerland: IUCN. iv+64 pp.

Sorby.S.(2017), Protection of whales. A review of current legislation and insights for the Indian Ocean, Congrès mondial sur la baleine à bosse/ Humpback Whale World Congress, Ile de la Réunion, 03-07 juillet 2017.

Stocks, K.I. and Hart, P.J.B. (2007). Biogeography and biodiversity of seamounts. *In*: Seamounts: Ecology, Fisheries, and Conservation (eds. Pitcher, T.J., Morato, T. and Hart, P.J.B. *et al.*), pp. 255–281. Oxford: Blackwell.

Tracey, D., Rowden, A., Mackay, K., Compton, T. (2011). Habitat-forming coldwater corals show affinity for seamounts in the New Zealand region. *Marine Ecology Progress Series* 430: 1–22.

Vousden David H. & Hudson A.(2017), Large Marine Ecosystems and Sustainable Development: A review of Strategic Management Processes and Goals, June 2017,

United Nations Development Programme UNDP,103 p.

Wessel P (2007) Seamount characteristics. *In*: Pitcher TJ, Morato T, Hart PJB, Clark MR, Haggan N, Santos RS (Eds) Seamounts: Ecology, Fisheries & Conservation. Fish and Aquatic Resources Series 12, Blackwell Publishing, Oxford, United Kingdom, pp 361-399

White, M., Bashmachnikov, I., Aristegui, J., Martins, A. (2007). Physical processes and seamount productivity. *In* Seamounts : ecology, fisheries and conservation Pitcher T.J., Morato, T., Hart, P.J.B., Clark, M.R., Haggan, N., Santos., R.S., (Eds. Blackwell Publishing), pp. 65-84.

Worm B, Lotze HK, Myers RA (2003) Predator diversity hotspots in the blue ocean. *Proceedings of the National Academy of Sciences USA*, 100: 9884-9888.

Wright G., Ardron J., Gjerde K., Rochette J., (2014). Advancing marine biodiversity protection through regional fisheries management: a review of high seas bottom fisheries closures. IDDRI, Working Paper N°14/2014, 28p.

Wright G., Rochette J. (2016), An overview of vulnerable marine ecosystem closures, IDDRI, N°08/16 August 2016, Oceans, 2p.

WWF. (2015). Blueing the Economy by Ratifying Port State Measures (PSMA).

Yesson, C., Clark, M.R., Taylor, M., and Rogers, A.D (2011). The global distribution of seamounts based on 30-second bathymetry data. *Deep Sea Res I.*; 58:442–453.

Zucchi, S., Ternon, J.F., Demarcq, H., Ménard, F., Guduff, S. and Spadone, A. (2018). State of knowledge on seamount and hydrothermal vent ecosystems – FFEM-SWIO Project Bibliography study. Gland, Switzerland: IUCN. 45pp. [Manuscript submitted for publication]



**FONDS FRANÇAIS POUR
L'ENVIRONNEMENT MONDIAL**

Secrétariat du FFEM

Agence Française de Développement
5, rue Roland Barthes
75598 Paris Cedex 12
TEL. +33 1 53 44 42 42
Courriel : ffem@afd.fr
<http://www.ffem.fr>

Ministère de l'Europe et des Affaires étrangères

Direction générale de la Mondialisation, de la
Culture, de l'Enseignement et du Développement
international
Sous-direction de l'Environnement et du Climat
27, rue de la Convention . CS 91533 . 75732 Paris
cedex 15
www.diplomatie.gouv.fr

Ministère de l'Enseignement supérieur, de la Recherche et de l'Innovation

Direction générale pour la Recherche et l'Innovation
1, rue Descartes. 75005 Paris
www.enseignementsup-recherche.gouv.fr