



# ***Estimations des densités en macro-déchets sur les platiers et récifs frangeants de Mayotte - Impacts sur les communautés coralliennes***

**BIORECIF**

*Expertise en environnement marin*

### Maîtres d'ouvrage :

**DEAL et IFRECOR Mayotte** : terre plein de M'Tsapere 97600 Mamoudzou, M'Tsapere  
– Pierre Bouvais - Tel : 0269611254 [pierre.bouvais@developpement-durable.gouv.fr](mailto:pierre.bouvais@developpement-durable.gouv.fr)

### Maîtres d'œuvre :

**BIORECIF** : 3 ter rue de l'albatros 97434 La Saline Les Bains Ile de La Réunion –  
Thierry Mulochau - Tel. : 0692685831 [biorecif@gmail.com](mailto:biorecif@gmail.com)

**Parc Naturel Marin de Mayotte** : Centre d'affaires de l'aéroport de Mayotte 97615  
Pamandzi - Clément Lelabousse - Tel : 02 69 60 73 65 Fax : 02 69 60 73 66  
[clement.lelabousse@afbiodiversite.fr](mailto:clement.lelabousse@afbiodiversite.fr)

### Dates :

Campagnes terrain : août 2018 et février 2019  
Rapport : juin/juillet 2019

### Echantillonnage terrain :

Thierry Mulochau, Clément Lelabousse, Ambdillah Ali, Bruno Garel, Sebastien Quaglietti,  
David Berthelemy, Nikita Jost et Jeanne Wagner.

### Analyses bactériologiques

Mathieu Seré

### A citer sous la forme :

Mulochau T., Sere M. & C. Lelabousse (2019) Estimations des densités en macro-déchets sur les platiers et récifs frangeants de Mayotte – Impact sur les communautés coralliennes. BIORECIF et Parc Naturel Marin de Mayotte. DEAL Mayotte/Ifreco. 23 p + annexes

# SOMMAIRE

I.	Introduction.....	p3
II.	Matériel et méthode.....	p4
III.	Résultats.....	p9
	A. Estimation des densités en macro-déchets.....	p9
	B. Nature des macro-déchets.....	p11
	C. Taille des macro-déchets collectés.....	p12
	D. Impacts des macro-déchets sur les communautés coralliennes.....	p13
	D1. Etat de santé des colonies coralliennes présentant un macro-déchet à leur contact.....	p14
	D2. Analyses bactériologiques des déchets et des colonies coralliennes collectées.....	p15
IV.	Discussion et bilan.....	p16
V.	Perspectives.....	p21
VI.	Références.....	p23
	Annexes.....	p24

# Estimations des densités en macro-déchets sur les platiers et récifs frangeants de Mayotte - Impacts sur les communautés coralliennes

Thierry Mulochau<sup>1</sup>, Mathieu Seré<sup>2</sup>, Clément Lelabousse<sup>3</sup>

<sup>1</sup>BIORECIF, 3 ter rue de l'Albatros 97434 La Réunion, France – [biorecif@gmail.com](mailto:biorecif@gmail.com)

<sup>2</sup>University of Derby- Aquatic Research Facility Environmental – Sustainability Research Centre – Kedleston Road DE2216B Derby, United Kingdom - [M.Sere@derby.ac.uk](mailto:M.Sere@derby.ac.uk)

<sup>3</sup>Parc Naturel Marin de Mayotte, Centre d'affaires de l'aéroport de Mayotte 97615 Pamandzi - [clement.lelabousse@afbiodiversite.fr](mailto:clement.lelabousse@afbiodiversite.fr)

## I. Introduction

Le devenir des déchets en mer est une préoccupation environnementale de premier ordre qui fait aujourd'hui partie de la définition du « Bon Etat Ecologique » des écosystèmes marins, selon la Directive Cadre Sur le Milieu Marin (DCSMM, descripteur n°10). En milieu marin, ces déchets sont composés de 40 à 80% de plastiques (Barnes et al., 2009 ; Eriksen et al., 2014).

L'impact des déchets sur les milieux récifaux est multiple (mécanique, chimique,...) et les déchets plastiques pourraient accroître le risque de maladies des colonies coralliennes déjà affectés par de nombreux facteurs d'origine anthropique : une étude récente montre que les densités en macro-déchets plastique varient de 0,4 débris/100m<sup>2</sup> en Australie à 25,6 débris/100m<sup>2</sup> en Indonésie, au total 11,1 milliards de déchets plastiques sont présents sur les récifs ; le risque de maladie s'accroît lorsque les coraux se retrouvent en contact avec ces plastiques (Juleah B. *et al.*, 2018), notamment par leur capacité à transporter des organismes pathogènes et par la fragilisation des tissus coralliens à leur contact.

Il n'y a pas de suivis réguliers sur les quantités de macro-déchets présents au niveau des récifs coralliens de Mayotte, seul le suivi de cinq plages réalisé par le Parc Naturel Marin de Mayotte permet de collecter des données sur les densités et la nature de ces macro-déchets qui viennent s'y échouer. Cette étude propose de faire une première estimation des macro-déchets (> 5 cm<sup>2</sup>) sur plusieurs platiers et récifs frangeants situés autour de l'île en évaluant leur densité en nombre de débris par unité de surface et répartis par nature. Ces stations ont été suivies en hiver et en été afin de surveiller l'évolution de leur charge en macro-déchets et de mieux appréhender l'impact des bassins versants sur les communautés coralliennes notamment au moment de la saison des pluies. Un état de santé de chaque site est évalué, l'impact des déchets sur les colonies coralliennes est estimé et des échantillons de déchets et de coraux (< 1 cm<sup>2</sup>) sont prélevés afin de chercher la présence de bactéries pathogènes sur les déchets et les coraux.

## II. Matériel et méthode

Le protocole de la DCSMM et le Descripteur 10 du Bon Etat Ecologique ont été appliqués : « suite aux recommandations (OSPAR, CIO / PNUE, le CIEM / WKMAL), les déchets seront classifiés selon 7 catégories (plastique, papier et carton, bois usinés, métal, verre et céramique, tissu (textile naturel)) et de caoutchouc) ainsi que des catégories supplémentaires dans le cas de suivis particuliers à une zone, une saison ou un type d'activité (déchets présentant un risque sur les plages, déchets issus de la pêche etc.). Les données doivent être présentées en densité (nombre/surface) ou par une unité de distance selon les engins utilisés (submersibles, ROVs). »

### Densités moyennes en macro-déchets

22 stations ont été échantillonnées sur les platiers et récifs frangeant de Mayotte, en hiver du 20 au 31 août 2018 et en été du 11 au 22 février 2019 (Fig. 1 et Tab. 1). Sur chacune des stations, deux transects de 100 x 5m sont effectués en plongée sous-marine par 3 plongeurs scientifiques qualifiés, soit 1000 m<sup>2</sup> prospectés sur chaque station. Un aller simple est effectué sur chaque transect et permet de collecter tous les déchets d'une surface supérieure à 5 cm<sup>2</sup>. Pour chacun des transects, les déchets récoltés sont répartis par nature et comptabilisés (Photos 1). Une moyenne ( $\pm$  écarts types) de déchets collectés pour 500 m<sup>2</sup> peut ainsi être calculée par station, et une estimation d'une densité moyenne par hectare et par station est proposée. Les macro-déchets sont classés dans trois catégories de longueur ou surface : « Petit » pour une longueur ou une surface inférieure à 10 cm ou 100 cm<sup>2</sup>, « Moyen » pour une longueur ou une surface comprise entre 10 cm ou 100 cm<sup>2</sup> et 30 cm ou 900 cm<sup>2</sup> et « Grand » pour une longueur ou une surface supérieure à 30 cm ou 900 cm<sup>2</sup>.



Figure 1. Situation des 22 stations de l'étude sur l'estimation des densités en macro-déchets sur les platiers et récifs frangeants à Mayotte en août 2018 et février 2019 (Icônes rouges : stations situées sur les platiers et frangeants au droit des plages suivies par le PNMM pour estimer les densités en macro-déchets présents sur ces plages).

Stations	Sites	Longitude	Latitude	Profondeur (m)	Remarques	Dates hiver	Dates été
1	Titi Moya	45° 17.395'E	12° 48.768'S	3	Aire Marine Educative	20 août 2018	14 février 2019
2	Sakouli	45° 12.794'E	12° 53.536'S	3	Plage à "Voulé"	20 août 2018	13 février 2019
3	Ilot sable blanc Saziley	45° 12.890'E	12° 59.197'S	3	Suivi déchets plage	21 août 2018	13 février 2019
4	Bambo SE	45° 11.838'E	12° 55.985'S	3	Suivi déchets plage	21 août 2018	13 février 2019
5	Musical plage	45° 11.204'E	12° 55.176'S	3	Plage à "Voulé"	21 août 2018	13 février 2019
6	Tzoundzou	45° 12.391'E	12° 49.080'S	3	Reef Check	21 août 2018	11 février 2019
7	M'Tzamboro	45° 01.196'E	12° 38.373'S	3	Suivi déchets plage	22 août 2018	19 février 2019
8	Doimougno	45° 06.354'E	12° 38.971'S	3	GCRMN	22 août 2018	19 février 2019
9	Handrema	45° 06.976'E	12° 40.444'S	4	Suivi déchets plage	22 août 2018	19 février 2019
10	Boueni	45° 04.976'E	12° 55.831'S	3	Znieff	23 août 2018	12 février 2019
11	M'zouziazia	45° 05.996'E	12° 56.087'S	3	Znieff	23 août 2018	12 février 2019
12	Ngouja	45° 04.989'E	12° 57.835'S	3	Znieff	23 août 2018	12 février 2019
13	Saziley	45° 10.710'E	12° 59.501'S	3	Suivi déchets plage/GCRMN	23 août 2018	12 février 2019
14	M'Tsanga Fanou	45° 02.344'E	12° 43.227'S	4	Sentier sous-marin	24 août 2018	15 février 2019
15	Tanaraki	45° 03.994'E	12° 45.680'S	3	GCRMN	24 août 2018	15 février 2019
16	M'Tsanga Nyamba	45° 05.845'E	12° 48.366'S	3	Znieff	24 août 2018	15 février 2019
17	Sada	45° 05.512'E	12° 50.789'S	3	Plage avec déchets	24 août 2018	15 février 2019
18	M'Bouzi ouest	45° 13.839'E	12° 48.463'S	3	Réserve naturelle	27 août 2018	11 février 2019
19	Mbouzi Est	45° 14.476'E	12° 48.745'S	4	Réserve naturelle	27 août 2018	11 février 2019
20	Majikavo	45° 14.167'E	12° 44.929'S	3	Plage avec déchets	28 août 2018	14 février 2019
21	Koungou	45° 13.492'E	12° 44.256'S	3	GCRMN	28 août 2018	14 février 2019
22	Longoni	45° 08.914'E	12° 43.414'S	1.5	GCRMN	28 août 2018	21 février 2019

Tableau 1. Caractéristiques des 22 stations suivies lors de l'estimation des densités en macro-déchets sur les récifs frangeants et platiers de Mayotte : sites, points GPS, profondeurs, historiques (cf. « remarques ») et dates d'échantillonnages



Photos 1. Déroulement d'un fil de 100 m de longueur matérialisant deux transects de 5 m de largeur (en haut à gauche), collecte des déchets dans l'un des transects (en haut à droite), résultat d'une collecte de déchets sur un transect (en bas à gauche sur la station 18 M'Bouzi Ouest), tri et classement dans l'une des 7 catégories du protocole de la DCSMM (en bas à droite)

### Etat de santé des communautés coralliennes

- Un état de santé général de chaque station est estimé selon plusieurs paramètres (% du recouvrement corallien, blanchissement, maladies, présence de macro-déchets, hypersédimentation, envasement,...) permettant de classer les stations avec des états de santé « Bon », « Moyen », « Mauvais ».
- Le genre des colonies coralliennes présentant un macro-déchet à leur contact est noté ainsi que la nature du déchet.
- L'état de santé des colonies présentant un déchet à leur contact a été estimé et classé dans l'une des huit catégories : « Normal (N) », « Abrasé, Brisé (AB) », « Enalgué (EN) », « Pale (P) », « Blanc (B) », « Partiellement mort (PM) », « Mort (M) » et « Malade (MA) ».

### Extraction ADN des plastiques et des coraux

Des prélèvements de petits fragments de déchets et de corail inférieur à 1 cm<sup>2</sup> sont réalisés sur les colonies présentant un macro-déchet à leur contact. Le nombre de colonies coralliennes échantillonnées par station est au maximum de 5. Les échantillons de coraux et de déchets prélevés sont envoyés à Mathieu Séré, expert en épidémiologie, interactions microbiennes et maladies coralliennes, actuellement en poste à l'Université de Derby (<https://www.derby.ac.uk/research/about-our-research/centres-groups/environmental-sustainability-research-centre/coral-reef-conservation/>), afin de réaliser les analyses bactériologiques et les extractions d'ADN nécessaires à la détection des communautés microbiennes.

Les morceaux de plastiques sont découpés, broyés pour l'extraction. L'extraction d'ADN bactérien contenu dans les plastiques est effectuée à l'aide du kit QIAGEN DNeasy<sup>®</sup> Blood & Tissue. Les bactéries présentes sur les plastiques broyés sont ensuite lysées par l'ajout de 180 µl de tampon ATL et 20 µl de protéinase K. Le lysat est incubé à 56°C pendant 1h-1h30 jusqu'à ce que les tissus soient complètement lysés. La préparation est ensuite « vortexée » afin de disperser l'échantillon et 200 µl de tampon AL, ainsi que 200 µl d'éthanol (96 à 100%) sont ajoutés. Il est essentiel que l'échantillon, le tampon AL et l'éthanol soient mélangés immédiatement et soigneusement par vortex ou par pipetage pour obtenir une solution homogène. Le mélange précédent est pipeté et mis dans les DNeasy Mini spin colonne et centrifugé à 6000 x g (8000 tr / min) pendant 1 min. La colonne est récupérée et placée dans un nouvel Eppendorf où 500 µl de tampon AW1 ont été ajoutés. Le tout est ensuite centrifugé 1 min à 6 000 x g (8 000 tr / min). La colonne est de nouveau placée dans un nouvel Eppendorf et 500 µl de tampon AW2 sont ajoutés. L'échantillon est centrifugé 3 min à 20 000 x g (14 000 tr / min) pour sécher la membrane DNeasy. Il est important de sécher la membrane de la colonne DNeasy Mini, car les résidus d'éthanol peuvent interférer avec les réactions ultérieures. Cette étape de centrifugation garantit qu'aucun éthanol résiduel ne sera transporté lors de l'élution suivante. La colonne est ensuite placée dans un nouveau tube Eppendorf, où 200 µl de tampon AE est placé au centre de la membrane DNeasy. Après une incubation à température ambiante pendant 1 min, le tube est centrifugé 1 min à 6 000 x g (8 000 tr / min) pour éluer.

L'ADN génomique bactérien contenu dans les coraux et les sédiments est extrait en utilisant les kits NucleoSpin<sup>®</sup> Soil (Macherey-Nagel GmbH & Co. KG). Les échantillons congelés sont séchés à température ambiante. Environ 150 mg de matériel biologique contenant à la fois du tissu et du squelette est placé dans un tube à centrifuger de 1,5 ml contenant 700 µl de tampon de lyse et homogénéisé à l'aide d'un mortier et d'un pilon. Les échantillons sont ensuite placés dans des tubes contenant du produit de lyse permettant l'extraction d'ADN. L'ADN extrait est élué dans 50 µl de

solution tampon stérile, vérifié par électrophorèse sur gel d'agarose (1,5% p / v) coloré avec du GelRed™ (Biotium) et enfin stocké à -20 °C jusqu'à son utilisation.

Concernant l'amplification et séquençage des domaines 1S variables, la région V3-V4 du gène de l'ARNr 16S bactérien est amplifiée en utilisant les amorces 338F (5'-ACTCCTACGGGAGGCAGCAG-3'; Huse et al., 2008) et 806R (5' GGACTACHVGGGTWTCTAAT-3'; Caporaso et al., 2011) pour chaque échantillon. Le séquençage est réalisé sur une plateforme Illumina MiSeq par la société Genoscreen (Lille, France). Les séquences sens et anti-sens sont ensuite assemblées. Une communauté artificielle (ABC), composée d'un mélange de 11 bactéries et d'une levure, est intégrée aux projets et sert de contrôle positif. Un contrôle négatif (H<sub>2</sub>O pure) est intégré et conservé tout au long du process Metabiote®. Ayant subi l'ensemble des étapes du protocole, le contrôle négatif permet d'évaluer le bruit de fond inhérent au procédé technologique et de le soustraire aux données de séquence générées.

Concernant les analyses bio-informatiques, les données de séquençage sont analysées en trois étapes à l'aide d'une version modifiée de la pipeline Illumina MiSeq SOP dans mothur v.1.39.5 (Schloss et al., 2009); [http://www.mothur.org/wiki/MiSeq\\_SOP](http://www.mothur.org/wiki/MiSeq_SOP)). La première étape vise à nettoyer et filtrer les séquences selon différents critères, notamment la longueur et l'ambiguïté des séquences. Les lectures inférieures à 98 pb et supérieures à 447 pb sont supprimées, tout comme les séquences uniques, considérées comme étant liées à une erreur de PCR. Dans un deuxième temps, les séquences sont alignées sur la base de données SILVA qui fournit des jeux de données complets et régulièrement mis à jour d'ADNr correspondant à la petite (16S/18S, SSU) et à la grande sous-unité (23S / 28S, LSU), pour les trois domaines de vie (Bacteria, Archaea et Eukarya). Ces alignements permettent d'identifier des chimères qui sont supprimées avec la fonction UCHIME, et de classer les séquences en utilisant la base de données Greengenes. Seules les séquences classées comme dérivant de bactéries sont conservées, et les séquences correspondant à des taxons non bactériens (chloroplastes, mitochondries et eucaryotes) sont retirées du jeu de données. Dans la dernière étape, les séquences sont regroupées en Unités Taxonomiques Opérationnelles (OTUs) avec un seuil de similarité fixé arbitrairement à 97%.

Concernant les analyses statistiques, pour comparer une différence de l'abondance des phylums/familles entre les deux régions testées nous utilisons un test exact d'indépendance de Fisher dans un premier temps. Afin de savoir s'il existait une différence d'abondance des phylums/familles dans chaque région, nous utilisons un test de Kruskal-Wallis, suivi d'un test de non paramétrique de Wilcoxon-Mann-Whitney permettant de déterminer les phylums/familles les plus différents.

### III. Résultats

#### A. Estimation des densités en macro-déchets

Un total de 172 macro-déchets a été collecté sur les 22 stations en août 2018 et 167 en février 2019 (Tab. 2).

	<b>Nombre de déchets</b>	<b>Moy1/St</b>	<b>Moy2/St</b>
<b>Aout 2018</b>	172	78.2 ± 172.3	42.4 ± 39.6
<b>Février 2019</b>	167	75.9 ± 150	44.8 ± 34.7

Tableau 2. Nombre total de macro déchets collectés sur les 22 stations de l'étude en août 2018 et février 2019, moyenne 1 ( $\pm$  écart type) en nombre de déchets/hectare collectés par station (= « Moy1/St ») et moyenne2 ( $\pm$  écart type) en nombre de déchets/hectare collectés par station sans la station 18 « MBouzi ouest » (= « Moy2/St »)

L'estimation moyenne du nombre d'objets échantillonnés sur les 22 stations est de  $78.2 \pm 172.3$  déchets par hectare en août 2018 et de  $75.9 \pm 150$  déchets par hectare en février 2019 (moyennes 1 Tab. 2). Les écarts types importants indiquent une grande disparité de résultats entre les stations, notamment du aux fortes valeurs de la station 18. Des macro-déchets ont été retrouvés sur 91 % des stations en août 2018 avec une absence de déchets sur deux stations, les stations 4 et 20, et sur 95 % des stations en février 2019 avec la station 12 sans déchet. La station 18, « M'Bouzi Ouest », située dans la réserve naturelle de M'Bouzi, présente une estimation moyenne de macro-déchets remarquable de  $830 \pm 240.4$  déchets par hectare en août 2018 et de  $730 \pm 127.3$  déchets par hectare en février 2019 (Fig.2). L'estimation moyenne de la densité de macro-déchets sur 21 stations, sans tenir compte des fortes valeurs de la station 18, est de  $42.4 \pm 39.6$  déchets par hectare en août 2018 et de  $44.8 \pm 34.7$  déchets par hectare en février 2019 (Moyennes 2 Tab.2).

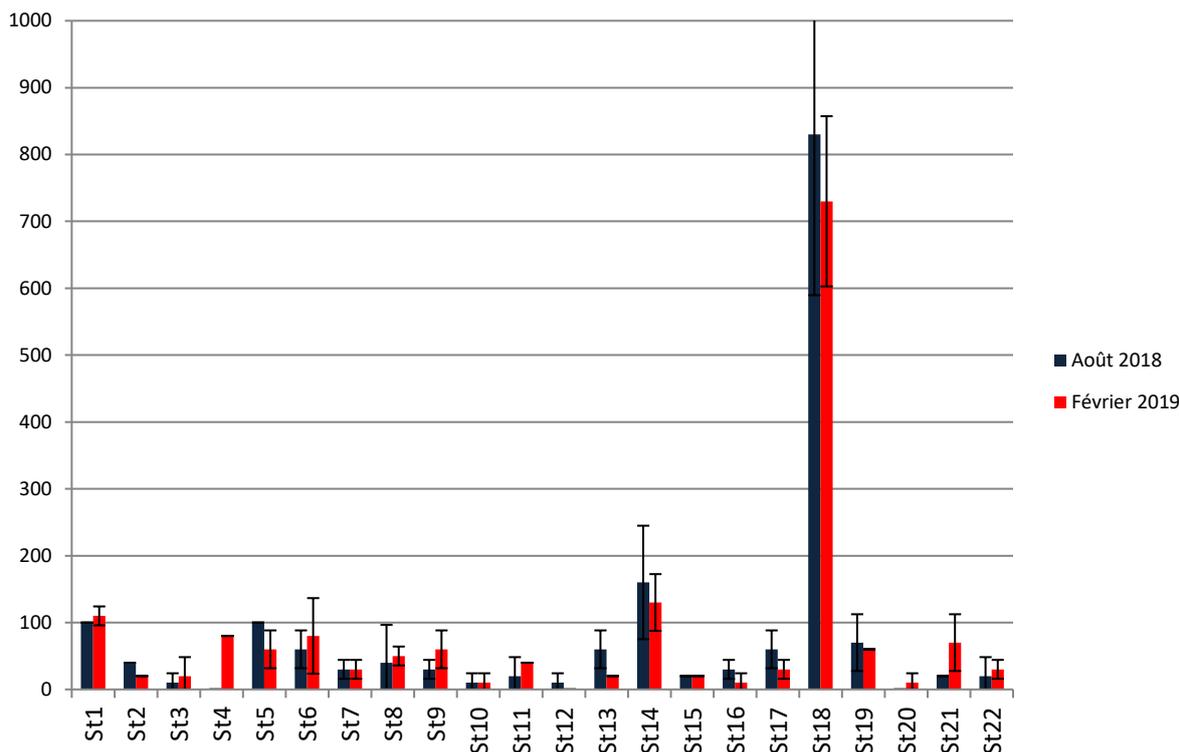


Figure 2. Estimation des densités moyennes ( $\pm$  écarts types) en nombre de déchets par hectare pour les 22 stations situées sur les platiers et récifs frangeants de Mayotte échantillonnées en août 2018 et février 2019

La moitié des stations ont des valeurs moyennes en nombre de déchets comprises entre 20 et 60 déchets par hectare en août 2018 et entre 20 et 67.5 déchets par hectare en février 2019. Les médianes sont proches entre les deux périodes d'échantillonnage et les valeurs extrêmes également. Les valeurs maximales de la station 18 n'apparaissent sur ces box-plots (Fig. 3).

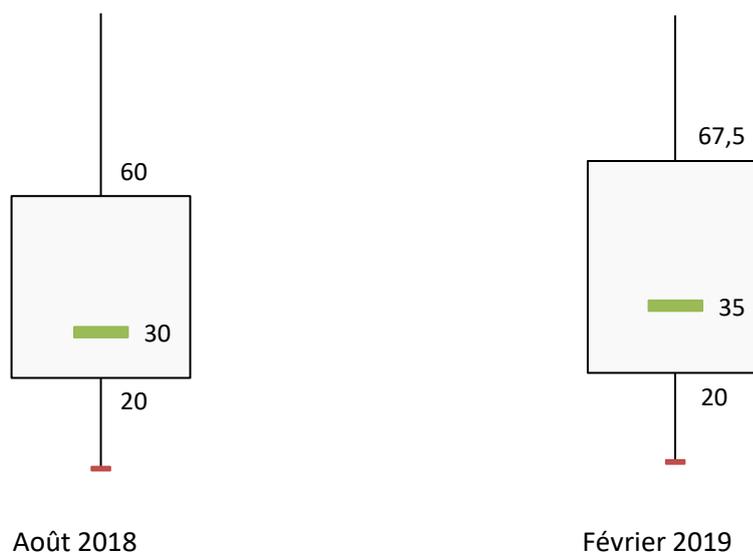


Figure 3. Répartition des valeurs des moyennes du nombre de déchets par hectare pour les 22 stations de l'étude en août 2018 et février 2019 (médianes  $\quad$ , 1<sup>e</sup> quartiles = 20, 3<sup>èmes</sup> quartiles = 60 et 67.5, valeurs minimum = 0 et valeurs maximums non représentées)

## B. Nature des macro-déchets

Les déchets plastiques sont dominants :

- Les macro-déchets plastiques représentent 94.6 % de l'ensemble des débris échantillonnés sur les 22 stations en août 2018 et 89.2 % en février 2019 (Tab. 3).
- 77.2 % des stations ne présentent que des déchets plastiques en août 2018 et 54.5 % des stations en février 2019

	% Plastiques					% Métaux	% Verre et céramique	% Bois usiné
	Pêche (fil, corde, filet,...)	Sachets (sacs de riz, poubelle...)	Bouteilles	Tissus	"Caoutchouc", plastique bateau,...	Aluminium, plomb, fer, inox,...		
Août 2018	62.3	15	14.5	5.8	2.3	4.4	1	0
	94.6							
Février 2019	69.5	10.5	4.1	9.5	6.3	10.7	0	0.1
	89.2							

Tableau 3. Classement des macro-déchets collectés sur les 22 stations de l'étude en août 2018 et février 2019 en pourcentage de leur catégorie selon le protocole DCSMM et le Descripteur 10 du Bon Etat Ecologique

Seules quatre catégories (plastiques, métaux, verre, bois usiné) sur les sept préconisées dans le classement de la DCSMM ont été trouvées sur les 22 stations échantillonnées (Tab.3).

Les macro-déchets issus de la pêche (fils de nylon, cordelettes, cordes, filets,...) sont présents dans 68 % des stations en août 2018 et dans 81.8 % des stations en février 2019. Ils représentent la part la plus importante des déchets plastiques avec 62.3 % de cette catégorie en août 2018 et 69.5 % en février 2019 (Tab. 3 et photos 2). La catégorie des déchets plastiques dites « Sachets », notamment avec les sachets de riz et sacs poubelles, sont présents dans 31.8 % des stations en août 2018 et dans 22.7 % des stations en février 2019 (photos 2). Ils représentent la part la plus importante des déchets plastiques provenant des bassins versants avec 15 % des déchets plastiques en août 2018 et 10.5 % en février 2019.

Les déchets « Métaux » sont présents dans 9 % des stations en août 2018 et dans 40.9 % des stations en août 2019. Ils représentent 4.4 % de l'ensemble des macro-déchets collectés en août 2018 et 10.7 % en février 2019 (Tab. 3).

La station 18, « Bouzi ouest », déjà remarquable par sa densité très importante en macro-déchets avec 830 objets/hect en août 2018 et 730 objets/hect en février 2019, se distingue également des autres stations comme étant la seule station où la densité en macro-déchets de la catégorie « Métaux » est supérieure à celle de la catégorie « Plastiques », avec 55 % de macro-déchets en aluminium (canettes,...)/39.8 % de plastiques (bouteilles) en août 2018 et 57.5%/41.1 % en février 2019. On peut noter également l'absence de déchets issus de la pêche sur cette station (fils, filets, cordelettes,...).



Photos 2. Les macro-déchets plastiques issus de la pêche (filets, fils, cordes) sont dominants et présents dans un grand nombre de stations (à gauche). D'autres macro-déchets plastiques ont été échantillonnés comme les sacs de riz qui se désagrègent en petits filaments plastiques impactant les colonies coralliennes

### C. Taille des macro-déchets collectés

Les macro-déchets échantillonnés ont été classés en fonction de leur longueur ou de leur surface. La catégorie « Moyen » (entre 10 cm et 30 cm de longueur ou 100 cm<sup>2</sup> et 900 cm<sup>2</sup> de surface), avec 69 % des macro-déchets en août 2018 et 60 % en février 2019, est la mieux représentée parmi les déchets collectés sur les 22 stations (Tab. 4). Plusieurs macro-déchets de grande taille ont été observés, notamment des filets de pêche et des sacs de riz. Ces macro-déchets se désagrègent ensuite en morceaux de taille inférieure.

	<b>Grand &gt; 30 cm ou &gt; 900 cm<sup>2</sup></b>	<b>10&lt;Moyen&lt;30 cm ou 100&lt;Moyen&lt;900 cm<sup>2</sup></b>	<b>Petit&lt;10 cm ou &lt; 100 cm<sup>2</sup></b>
<b>Août 2018</b>	18	69	13
<b>Février 2019</b>	27	60	13

Tableau 4. Classement des macro-déchets collectés en fonction des trois catégories de taille et répartition en % dans ces catégories en août 2018 et février 2019



Photos 3. Filet de 50 m<sup>2</sup> environ observé sur la station 16 « M'Tsianga Nyamba » en août 2018 et en février 2019 impactant les colonies coralliennes et la faune associée

#### D. Impact des macro-déchets sur les communautés coralliennes

L'état de santé des 22 stations a été évalué au moment de l'échantillonnage des macro-déchets en tenant compte de plusieurs paramètres tels que le recouvrement corallien, l'hypersédimentation et l'envasement, la présence de macro-déchets, les maladies coralliennes, le blanchissement,... Sur la base de ces paramètres, environ la moitié des stations présente un état de santé « moyen » et un tiers, un « bon » état de santé (Tab. 5).

Etat de santé des stations	« Bon »	« Moyen »	« Mauvais »
Août 2018	32	54	14
Février 2019	36	45	19

Tableau 5. Pourcentages des stations en fonction de leur état de santé en août 2018 et février 2019 tenant compte des paramètres de recouvrement, d'hypersédimentation et d'envasement, de la présence de macro-déchets, de maladies coralliennes et de blanchissement

Seules trois stations ont vu leur état de santé évoluer entre le suivi d'août 2018 et celui de février 2019 : la station 9 Handrema a vu son état de santé se dégrader en raison du nombre colonies coralliennes « Pales », « Blancs » ou « Mortes », la station 14 M'Tsanga Fanou a présenté un meilleur état de santé des colonies coralliennes en février 2019 malgré la présence de déchets de pêche, et la station 22 Longoni présente en février 2019 un état de santé dégradé avec des colonies coralliennes « Blanches », « Malades » et un envasement important.

#### D1. Etat de santé des colonies coralliennes présentant un macro-déchet à leur contact

L'état de santé des colonies coralliennes présentant un macro-déchet à leur contact a été évalué et est présenté dans le tableau 6.

	Nbre colonies avec déchet	% <i>Acropora</i> spp avec déchet	% Colonies "N"	% Colonies "AB", "P", "B"	% colonies "EN"	% Colonies "PM"	% colonies "M"	% colonies "MA"
Août 2018	78	92.3	40	36	12	6	4	1
Février 2019	94	92	54	15	16	11	4	0

Tableau 6. Etat de santé des colonies coralliennes présentant un déchet à leur contact en août 2018 et Février 2019 – (« Nbre colonies avec déchet » = nombre total de colonies avec un déchet pour chaque suivi ; « % *Acropora* spp avec déchet » = % de colonies d'*Acropora* spp présentant un déchet par rapport au nombre total de colonies coralliennes avec un déchet ; « % Colonies « N » » = % de colonies normales sans impact visible du déchet ; « % Colonies « AB », « P », « B » » = % de colonies brisées, abrasés ou pales ou blanchies par le déchet ; « % Colonies « EN » » = % de colonies enalguées par le déchet ; « % Colonies « PM » » = % de colonies partiellement mortes par le déchet ; « % Colonies « M » » = % de colonies mortes par le déchet ; « % Colonies « MA » » = % de colonies malades avec un déchet)

Parmi les couples « déchets – corail », les *Acropora* spp représentent environ 92 % des colonies sur lesquelles un macro-déchet a été trouvé (Tab. 6). Les *Porites* sp. représentent 6.5 % de ces colonies. Les colonies coralliennes normales (« N ») ne présentant pas d'impact « visible » du déchet au moment de l'étude ont été estimées à 40 % en août 2018 et à 54 % en février 2019. La catégorie « Abrasé, Brisé », « Pale » et « Blanc », essentiellement représentée par des colonies cassées et/ou abrasées par les déchets accrochés aux coraux, représente l'impact des déchets le plus important sur les stations de cette étude, avec 36 % des colonies impactées en août 2018 et 15 % en février 2019 (Tab. 6). Les déchets peuvent également servir de support aux algues (catégorie « Enalgué » = « EN ») et impactés la vitalité des colonies avec 12 % de colonies enalguées à cause d'un déchet en août 2018 et 16 % en février 2019. Les déchets impactent directement les colonies et peuvent provoquer leur mort (catégorie « M » = « Mort » et « Partiellement mort » = « PM ») : en regroupant ces deux catégories, 10 % des colonies sont impactées en août 2018 et 15 % en février 2019. Une seule colonie d'*Acropora* sp présentant une maladie (« Syndrome Blanc ») a été échantillonnée avec un déchet.



Photo 4. Les *Acropora* spp représentent 92 % du total des colonies coralliennes échantillonnées avec un macro-déchet (en haut et en bas à gauche). Une moyenne de 47 % ( $\pm 9.9$ ) des colonies avec un macro-déchet à leur contact présentent un état de santé « Normal » (en haut à gauche), l'impact des déchets peut être mécanique « Abrasé, brisé » (en bas à droite), d'autres colonies présentent un aspect « Pale » au contact d'un déchet (en haut à droite) ou sont « Malades » (en bas à gauche colonie présentant un « Syndrome Blanc »)

## D2. Analyses bactériologiques des déchets et des colonies coralliennes collectées

En août 2018, 55 fragments de coraux « sains » (= « non malades ») inférieurs à 1 cm ont été prélevés lorsqu'un déchet était en contact avec une colonie corallienne, 1 fragment de corail en zone malade ainsi que 54 morceaux de déchets. En février 2019, les recherches et prélèvements se sont davantage orientés vers le prélèvement de déchets et de tissus coralliens malades, ainsi 12 fragments de tissus coralliens ont été prélevés en zone saine et malade ainsi que 21 morceaux de déchets.

Sur l'ensemble de l'étude et les 22 stations échantillonnées lors des deux saisons, une seule colonie présentant une maladie et un déchet à son contact a été observée. De nombreuses colonies présentaient des déchets accrochés et étaient impactées par les déchets sans observation de maladie (Tab. 6).

Les analyses bactériologiques se sont focalisées sur la recherche d'ADN bactérien sur les déchets prélevés. Les valeurs obtenues sur l'ensemble des échantillons prélevés sont inférieures à 2 ng/μl et les extractions de l'ADN bactérien des échantillons de plastiques n'ont pas permis d'obtenir des concentrations suffisamment élevées pour amplifier et séquencer les domaines 16S variables (concentrations minima nécessaires comprises entre 2 et 25 ng/μl).

#### IV. Discussion et bilan

Le plan d'actions local IFRECOR de la phase IV pour Mayotte se fixe notamment comme objectif sur la période 2016-2020 dans son axe 2.1 de « Prévenir et lutter contre les pollutions et les dégradations » afin de garantir le bon état de conservation des récifs coralliens et écosystèmes associés et de « Poursuivre les efforts pour limiter la pollution par les macro-déchets avec la sensibilisation du grand public et l'acquisition de connaissances sur la problématique ». D'autre part, dans le cadre du plan de gestion du Parc Naturel Marin de Mayotte, une des finalités prévoit de « limiter l'abandon des déchets solides afin de préserver l'environnement marin et les usages professionnels, traditionnels et récréatifs » et a pour objectif de « diminuer le nombre de macro déchets dans le milieu naturel ». L'évaluation de ces actions, passe par la mise en place d'un indicateur intégrant :

- le nombre de déchets estimé sur les sites de suivi ;
- le pourcentage de sites touchés par des échouages de déchets par rapport au nombre de sites suivis ;
- le taux de déchets recyclés.

Cette étude a permis d'estimer les densités en macro-déchets présents sur 22 sites situés sur les récifs frangeants et platiers de Mayotte et de mesurer leurs impacts sur les colonies coralliennes.

Les macro-déchets sont présents sur l'ensemble des sites étudiés en août 2018 et février 2019, et sont dominés par les plastiques représentant environ 90 % des déchets collectés. Parmi ces déchets plastiques, les déchets issus de la pêche (fils, cordes, filets,...) sont dominants et représentent environ 65 % des déchets plastiques, l'autre « tiers » provenant des bassins versants (sacs de riz, sachets, bouteilles,...). D'autre part, cette étude ne montre pas de différence significative entre les densités de déchets estimées sur les récifs frangeants et platiers échantillonnées en août 2018, en saison sèche, et celles estimées en février 2019, en saison des pluies. L'hypothèse « d'une augmentation significatives des densités en macro-déchets issus des bassins versants en saison des pluies sur les récifs de Mayotte » n'a pas été observée, ni validée par cette étude (Fig. 2 et 3). Cette augmentation des densités de déchets liée à la saisonnalité est par contre confirmée sur les cinq plages suivies par le Parc Naturelle Marin de Mayotte, avec 70 % des macro-déchets collectés pendant la saison des pluies sur une année, et qui semblent donc être un bon indicateur pour suivre l'évolution des densités de macro-déchets venant s'échouer sur les plages au cours du temps. La comparaison des résultats de ces deux études (récifs frangeants/plages) concernant la corrélation, ou l'absence de corrélation, entre densités en macro-déchets et saisonnalité sur les stations et plages suivies, permet d'émettre l'hypothèse d'une dérive des macro-déchets issus des bassins versants de Mayotte « au-delà » des platiers et récifs frangeants de Mayotte. Cette dérive pourrait se faire en surface, dans la colonne d'eau ou sur le fond. Les résultats obtenus sur le suivi des plages montrent qu'une partie des macro-déchets dérive en surface avant de se déposer à terre et le suivi des macro-déchets réalisé sur les plages des îles Glorieuses (îles éparses sans production de déchets à terre) montre que la dérive peut se faire sur plusieurs centaines ou milliers de km.

La moyenne des densités des macro-déchets échantillonnés sur 21 stations de cette étude pour les deux saisons est estimée à 43.5 objets/hectare ( $\pm 37.2$ ) sans prendre en compte la station 18 (Tab. 2). Les stations 14 (M'Tsanga Fanou), 1 (Titi Moaya) et 16 (M'Tsianga Nyamba) sont les plus impactées par les déchets de pêches avec des densités moyennes respectivement de 145 ( $\pm 21.2$ ), 105 ( $\pm 7.1$ ) et 20 ( $\pm 14.1$ ) macro-déchets/hectare pour les deux saisons. Les densités moyennes trouvées pour les

stations 1 et 14 reflètent bien ce qui a été observé *in situ*, avec des morceaux de filet, cordes et fils de pêches emmêlés dans les colonies coralliennes. Par contre, concernant la station 16, la densité moyenne en macro-déchets trouvés ne représente pas les observations *in situ* où l'on a pu observer à 6 mois d'intervalle un filet de très grande taille impacter les communautés coralliennes (photo 3). Cet objet, compté comme « 1 macro-déchet de grande taille » de taille supérieure à 900 cm<sup>2</sup>, estimé à 50 m<sup>2</sup> environ en août 2018, puis à plusieurs nappes de 5 à 10 m<sup>2</sup> en février 2019, montre les limites de cette estimation à partir du nombre d'objet collecté par unité de surface. La taille ou la surface des macro-déchets doivent être prise en compte, comme cela a été le cas pour cette étude, mais en intégrant ce paramètre, par exemple comme coefficient multiplicateur variant selon la taille ou la surface, afin de permettre une meilleure représentation des sites impactés par les macro-déchets de très grande taille. Les filets ou cordages de très grande taille observés pendant cette étude impacte durablement le milieu en provoquant des actions mécaniques négatives sur les communautés coralliennes, en servant de support aux macrophytes ou cyanophycées et en se fragmentant en déchets de tailles moins importantes pouvant impacter à leur tour le milieu. Le filet de la station 16 en se fragmentant au cours du temps, va contribuer à augmenter la densité de ce site en macro-déchets, ce qui peut représenter une interprétation erronée de l'évolution de cette densité sur cette station si l'on ne tient pas compte de la taille ou surface de ce macro-déchet. D'autre part, le suivi de la dégradation de ce filet dans le temps, et d'une manière générale des macro-déchets de très grande taille, est important pour bien appréhender les impacts sur les communautés coralliennes et le devenir de ce type de déchets dans l'environnement (temps de dégradation, mortalité corallienne, recouvrement algal,...).

Les stations 12 (N'Gouja) et 20 (Majicavo) sont les moins impactées par les macro-déchets avec des densités moyennes de 5 ( $\pm 7.1$ ) macro-déchets/hectare pour les deux saisons. La station 20 (Majicavo) a été suivie en raison du nombre important de déchets présent sur la plage et la mangrove situées à proximité (photo 5).



Photo 5. Mangrove et plage de Majicavo situées à 1 km de la station 20 – Majicavo – dont le récif frangeant semble peu impacté par les macro-déchets avec une densité moyenne de 5 ( $\pm 7.1$ ) macro-déchets/hectare pour les deux saisons – Photo ©Frédéric Ducarme

La station 21 Koungou, située également à 1 km de la mangrove et plage de Majicavo impactées par les macro-déchets (photo 5), présente des densités moyennes de 20 objets/hectare en août 2018 et 70 objets/hectare en février 2019. Une étude de la courantologie et des marées pourrait permettre de différencier les densités et l'impact des macro-déchets sur les stations 20 et 21 situées à proximité d'un site littoral très impacté par les macro-déchets.

Les densités importantes en macro-déchets à terre sur certains sites impactés, à proximité du littoral (plages, mangroves, rivières), ne peuvent pas être corrélés à des densités en macro-déchet importantes sur les platiers et récifs frangeants situés à proximité de ces sites (sur les stations échantillonnées) ; le devenir de ces déchets en mer dépend de nombreux facteurs et notamment de leur dérive en surface pour la plupart des déchets plastiques (cf. perspectives ci-dessous).

#### La station 18 (M'Bouzi ouest)

Cette station située dans la réserve naturelle de M'Bouzi présente des résultats « hors normes » comparativement aux autres stations de cette étude avec une densité moyenne en macro-déchets de 780 objets/hectare ( $\pm 70.7$ ) pour les deux saisons. La réserve naturelle nationale de l'îlot M'Bouzi est située à environ 2 kms face à l'un des plus grands centres urbains de Mayotte et est sous l'influence

du bassin versant notamment des rivières Gouloué et Majimbini sur sa partie occidentale. Cette réserve joue un rôle de sentinelle dans un contexte où les pressions d'origine anthropique sont multiples (pollution des eaux, déchets, envasement,...). Les macro-déchets échantillonnés sur cette station proviennent uniquement des bassins versants et se différencient en partie des objets collectés sur les autres stations qui sont majoritairement issus de la pêche et en plastique, alors que la station 18 présente environ 56 % d'objets en aluminium (canettes) pour environ 40 % d'objets en plastique (bouteilles). Cette station peut servir de station de référence pour les suivis des macro-déchets d'origine terrestre et leur impact. Les objets collectés sur cette station sont pour la majorité colonisés et envasés, et ont du dériver en surface, en pleine eau ou sur le fond avant de se retrouver aculés contre la partie occidentale de l'îlot M'Bouzi qui constitue une barrière pour les déchets provenant du bassin versant et évacués en mer. Une étude de la courantologie de la zone pourrait permettre de mieux appréhender la dérive des macro-déchets provenant des centres urbains (Mamoudzou, Cavani, Doujani, Passamainty, Tsountsou) vers la réserve de l'îlot M'Bouzi. Des plongées et des dragages entre La Grande Terre de Mayotte et l'îlot M'Bouzi pourraient permettre de valider l'hypothèse de la présence importante de macro-déchets dans cette zone.

#### Impacts des macro-déchets sur les colonies coralliennes

Une moyenne de 47 % de colonies coralliennes présentant un déchet à leur contact, sur les deux saisons, n'ont pas montré de signes permettant d'indiquer un impact négatif des déchets au moment de l'étude. Certains fils de pêches ou cordes ont un impact limité et sont intégrés aux colonies. L'impact des déchets sur les colonies coralliennes dépend notamment de leur nature et de leur capacité à avoir une action mécanique ou chimique. Les impacts des déchets sont notamment d'ordre mécanique en cassant ou abrasant les colonies ou en permettant aux macrophytes opportunistes de se développer sur un support d'origine anthropique au détriment des coraux (Tab. 6). La différence observée entre les deux saisons (colonnes « AB », « EN » et « PM » du Tab. 6) peut s'expliquer par l'impact des déchets de très grande taille (filet) sur un nombre de colonies coralliennes important pendant plusieurs mois ou années : l'impact d'un filet de plusieurs m<sup>2</sup> va d'abord être d'ordre mécanique et briser de nombreuses colonies, puis va servir de support aux algues et cyanophycées qui vont recouvrir un certain nombre de coraux et entraîner leur mort.

Les colonies coralliennes les plus impactées sont les colonies à branches et tabulaires, comme les *Acropora* spp., qui offrent de part leur morphologie une capacité à capter les macro-déchets, ceux-ci s'accrochant aux branches des différentes espèces. D'autre part, ce sont souvent des colonies plus fragiles que les colonies massives (cf. *Porites* spp.) avec des branches qui cassent facilement sous une pression mécanique : fils de pêche, ancre artisanale, filet,... Ces colonies branchues, avec une complexité structurelle plus importantes que les formes massives, représentent des micro-habitats où une multitude d'organismes peuvent s'abriter et évoluer, et remplissent des fonctions écosystémiques majeures contribuant à l'équilibre des écosystèmes coralliens.

#### Analyses bactériologiques des déchets et coraux

Suite à l'absence de détection d'ADN bactérien, des tests complémentaires ont été réalisés en utilisant d'autres méthodes d'extractions (phénol/chloroforme) et/ou en modifiant les protocoles des kits (QIAGEN DNeasy® Blood & Tissue) notamment en augmentant les temps d'incubations des

échantillons dans la protéinase K. Aucune amélioration notable n'a pu être observée avec des concentrations finales d'ADN toujours inférieures aux valeurs attendues. Ce résultat peut être lié à une mauvaise préservation des échantillons dans l'éthanol absolu (transport, température élevée, précipitation et séquestration de l'ADN en présence de l'alcool 99.8%) et/ou à une dilution des bactéries dans les tubes contenant un volume trop important d'alcool. Afin de limiter tout risque de détérioration de l'ADN bactérien contenu dans/sur des matrices souples et exposées telles que les plastiques, il serait préférable de fixer et de conserver les échantillons directement dans de l'azote liquide ou d'imbiber et non immerger les prélèvements dans l'éthanol absolu et les conserver à -20°C. Il est également important d'extraire l'ADN rapidement et de le conserver à -80°C jusqu'à son utilisation. Si de telles expérimentations doivent être renouvelées, il est conseillé que les extractions d'ADN puissent être réalisées directement à Mayotte en partenariat avec le CUFR ou un laboratoire.

L'objectif de ces prélèvements était de tester l'impact des communautés bactériennes présentes sur les déchets plastiques lorsqu'elles sont mises en contact avec les coraux (échantillons plastiques en contact direct avec les coraux) et notamment leur capacité à engendrer des maladies coralliennes. Pour cela, il aurait fallu identifier et comparer les bactéries présentes sur les plastiques et sur les coraux afin de vérifier l'hypothèse de cette transmission. Les analyses se sont d'abord focalisées sur la recherche d'ADN bactériologique sur les déchets et, en l'absence de détection de cet ADN, il s'avérait inutile de chercher de l'ADN sur les morceaux de coraux dans le cadre de la problématique de cette étude. Les échantillons de coraux ont été stockés à -80°C et restent disponibles pour analyses à l'Université de Derby.

## V. Perspective

D'autres études sont nécessaires pour mieux appréhender la problématique des déchets en mer à Mayotte et notamment leur devenir. De nombreux facteurs peuvent influencer « la dérive » des macro-déchets en mer et devront être pris en compte lors des futurs suivis. On peut notamment citer :

- Nature des déchets et capacité à couler, flotter, à s'accrocher au récif,...
- Courantologie/hydrodynamisme/marées
- Géomorphologie récifale et mangroves
- Influence des saisons et des bassins versants

Ces études doivent concerner tous les compartiments de l'écosystème récifal afin de bien appréhender la pollution due aux déchets et notamment des plastiques à Mayotte. Cela concerne les macro-déchets dérivants en surface mais également la recherche de microplastiques sur les plages, à la surface et dans la colonne d'eau des lagons, pentes externes et dans les organismes vivants (contenus stomacaux et muscles des poissons, oiseaux marins, tortues, cétacés, mollusques, holothuries,...). Ces études doivent s'appuyer sur une meilleure connaissance de la courantologie locale dans le lagon et en pente externe afin de pouvoir émettre des hypothèses sur la dérive des déchets.

L'un des nombreux objectifs du descripteur 10 du Bon Etat Ecologique est notamment la réduction significative du nombre de macro-déchets (> 1-5 cm<sup>2</sup>) mesuré en plongée dans les zones les plus affectées et peu profondes entre 2014 et 2020 (descripteur 10.1.2 du protocole de la DCSMM). Cet objectif repose sur la mesure de tendances spatio-temporelles et, dans ce cadre, il semble pertinent de suivre dans le temps la charge en macro-déchets de certaines stations situées dans le lagon et sur les pentes externes du Parc Marin de Mayotte. Ce suivi pourrait également permettre une surveillance des maladies coralliennes et permettre d'avoir des indicateurs sur l'état de santé des récifs coralliens de Mayotte.

D'autre part, l'harmonisation des méthodes et des protocoles revêt un caractère fondamental et, à notre connaissance, il n'y a pas de méthodes harmonisées concernant le suivi des macro-déchets sur les récifs coralliens. La méthode des transects semble être la plus appropriée pour obtenir des densités de macro-déchets par unité de surface. Les surfaces à prospecter doivent être suffisamment étendues pour être représentatives d'un site, notamment avec la capacité des plastiques à se disperser en milieu marin.

Il n'y a actuellement pas d'indice de pollution défini pour les macro-déchets et adapté aux récifs coralliens. L'indice d'Alkalay est utilisé pour les déchets sur les plages (Alkalay *et al.*, 2007) et repose sur une densité en nombre de déchets par m<sup>2</sup> de pollution pour les littoraux. Cet indice a été utilisé pour une étude sur la propreté des plages à La Réunion (A. Cartraud, 2016) avec une échelle de propreté composée de cinq catégories allant de « très propre » à « très pollué ». Concernant les récifs coralliens, l'indice le plus pertinent semble être l'évolution des estimations des densités de macro-déchets pour des stations suivies dans le temps en intégrant un coefficient lié à la taille ou la surface des objets collectés ou observés.

Le temps de dégradation des plastiques dans l'environnement est long (en moyenne 500 ans) et varie selon leur composition (polyéthylène, polypropylène, phtalate,...). Compte tenu de leur flottabilité et de « leur légèreté », les plastiques ont tendance à dériver en surface, dans la colonne d'eau ou en profondeur puis à s'accumuler dans des gyres ou dans des zones de dépôt sur le fond. Les zones urbanisées et les cours d'eau environnant sont producteurs de déchets, que l'on peut retrouver au

niveau du littoral et sur les récifs, les différents facteurs hydrodynamiques et météorologiques contribuant alors à leur dispersion et éventuellement à leur échouage sur des sites parfois éloignés de la zone de « production » (cf. Iles Eparses). Ces temps longs de dégradations dans l'environnement, les impacts négatifs sur les récifs corrélés aux maladies coralliennes dont le risque augmente de 4 à 89 % lorsque les coraux sont en contact avec des déchets plastiques d'après Juleah B. *et al.* 2018, la capacité des plastiques à se fractionner, à « évoluer » chimiquement (Dussud *et al.*, 2014), à intégrer les organismes vivants et la chaîne alimentaire, à se disperser le long de la côte et en profondeur, doit inciter les politiques publiques en matière de gestion des déchets à prendre les mesures d'urgence qui s'imposent pour limiter leur présence, leur impact environnemental et organiser les filières de recyclage.

### **Remerciements**

Nous remercions le Parc Naturel Marin de Mayotte et l'ensemble de ses agents pour leur investissement et leur professionnalisme qui ont permis la réalisation de cette étude, et notamment Ambdillah Ali, Bruno Garel, Sebastien Quaglietti, Jeanne Wagner, David Berthelemy et Nikita Jost. Nous remercions également les agents de la Réserve Naturelle de l'îlot M'Bouzi et son conservateur, Antoine Cressent, pour les moyens et les échanges qui nous ont permis d'échantillonner les macro-déchets dans le périmètre de cette réserve.

## VI. Références

Alkalay R, Pasternak G and Zask A, 2007. Clean-coast index: a new approach for beach cleanliness assessment. *Ocean and Coastal Management*. 50, 352--362.

Barnes DK, Galgani F, Thompson RC and Barlaz M, 2009. Accumulation and fragmentation of plastic debris in global environments. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*, 364(1526): 1985-1998

Cartraud A, 2016. La pollution par les déchets marins à La Réunion étude préliminaire – Identification, sources et impacts. Rapport Master Best seconde année. Entropie, DEAL, RNMR, HydroRéunion 56 p

Curren E. and Chee Yew Leong S, 2019. Profiles of bacteria assemblages from microplastics of tropical coastal environments. *Science of the Total Environment*. 655, 313-320

Dussud C. and Ghiglione J-F, 2014. La dégradation des plastiques en mer. <https://www.sfecologie.org/regard/r63-plastiques-en-mer-dussud-et-ghiglione/>

Eriksen M, Lebreton L., Carson S. , Thiel M, Moore C, Borrorro J, Galgani F, Ryan P and Reisser J. 2014. Plastic Pollution in the World's Oceans: More than 5 Trillion Plastic Pieces Weighing over 250,000 Tons Afloat at Sea. *PloS one*, 9(12): e111913. <http://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0111913>

Galgani F, 2012. Ifremer, LER/PAC, Bon Etat Ecologique, Descripteur 10

Henry M. 2010. Pollution du milieu marin par les déchets solides : état des connaissances. Perspectives d'implication de l'Ifremer en réponse au défi de la Directive Cadre Stratégie Marine et du Grenelle de la Mer. Ifremer, RST.DOP/LER-PAC/10-09. 68 p

Joleah B. Lamb, Bette L. Willis, Evan A. Fiorenza, Courtney S. Couch, Robert Howard, Douglas N. Rader, James D. True, Lisa A. Kelly, Awaluddin Ahmad, Jamaluddin Jompa, C. Drew Harvell, 2018. Plastic waste associated with disease on coral reefs. *Science*, Vol. 359, Issue 6374, pp. 460-462 DOI: 10.1126/science.aar3320

Mansui J. 2015. Observation et modélisation des macro-déchets en mer Méditerranée, de la large échelle aux échelles côtières et littorales. Thèse, Institut méditerranéen d'océanologie, Université de Toulon

## Annexes

### Annexe 1. Résultats et préconisations pour chaque station :

- Etat de santé : Un état de santé général de chaque station est estimé selon plusieurs paramètres (% de recouvrement corallien, blanchissement, maladies, présence de macro-déchets, hypersédimentation, envasement,...) qui permettent de classer les stations avec des états de santé « Bon », « Moyen », « Mauvais ».
- Nombre d'objets par transect : nombre de macro-déchets collectés et comptés par transect de 500 m<sup>2</sup> (T1 et T2) pour les deux saisons (août 2018 et février 2019)
- Tailles des objets : les macro-déchets sont classés dans trois catégories de longueur ou surface : « Petit » pour une longueur ou une surface inférieure à 10 cm ou 100 cm<sup>2</sup>, « Moyen » pour une longueur ou une surface comprise entre 10 cm ou 100 cm<sup>2</sup> et 30 cm ou 900 cm<sup>2</sup> et « Grand » pour une longueur ou une surface supérieure à 30 cm ou 900 cm<sup>2</sup>.
- Nature des objets et % de plastique : les déchets sont classés selon 7 catégories (plastique, papier et carton, bois usinés, métal, verre et céramique, tissu (textile naturel)) et de caoutchouc). Les déchets de pêche sont en plastique (fil, corde, filet).
- Moyenne en Nbre/hectare : moyenne du nombre d'objets estimée par hectare ( $\pm$  écart types) dans la zone d'échantillonnage
- Observations de maladies : les maladies coralliennes observées ont été répertoriées (PWPS = Patch blanc, WS = syndrome blanc)
- Préconisations : conseils de suivis pour les gestionnaires avec 3 ordres de priorité : 1. « Prioritaire », 2. « Moyennement prioritaire », 3. « Non prioritaire ». Pas de temps de suivi : annuel pour les stations « prioritaires », tous les 2 ou 3 ans pour les stations « moyennement prioritaires », pas de suivi pour les stations « non prioritaires ». Les suivis doivent être réalisés chaque année à la même période.

### Station 1 – Titi Moya - 45° 17.395'E / 12° 48.768'S

	<b>Août 2018</b>	<b>Février 2019</b>
<b>Etat de santé</b>	« Moyen »	« Moyen »
<b>Nombre d'objets par transect</b>	T1 = 5 et T2 = 5	T1 = 6 et T2 = 5
<b>Tailles des objets</b>	6 « Grands », 4 « Moyens »	6 « Grands », 2 « Moyens », 1 « Petit »
<b>Nature des objets</b>	Filet, cordes,... sac de riz	Filet, cordes, bouts,...
<b>Moyennes en Nbre/hectare</b>	100	110 ± 14.1
<b>% plastique</b>	100	82
<b>Observation de maladies</b>	non	non



Photos 6. Vue générale de la station 1 Titi Moya (en haut à gauche), macro-déchets issus de la pêche de très grandes tailles (en haut à droite et en bas à gauche) et collecte (en bas à droite)

#### Préconisations :

- Station « prioritaire » à suivre annuellement par le PNMM
- Nettoyer le site en enlevant les déchets de très grande taille vecteurs de déchets plus petits et de microplastiques.

**Station 2 – Sakouly - 45° 12.794'E / 12° 53.536'S**

	<b>Août 2018</b>	<b>Février 2019</b>
<b>Etat de santé</b>	« Moyen »	« Moyen »
<b>Nombre d'objets par transect</b>	T1 = 2 et T2 = 2	T1 = 1 et T2 = 1
<b>Tailles des objets</b>	« Moyens »	« Moyens »
<b>Nature des objets</b>	Cordes	Fils de pêches
<b>Moyennes en Nbre/hectare</b>	40	20
<b>% plastique</b>	100	100
<b>Observation de maladies</b>	non	PWPS



Photos 7. Vue générale de la station 2 Sakouly (en haut à gauche), impact des fils de pêche sur les *Acropora* sp (en haut à droite et en en bas à gauche) et collecte (en bas à droite)

**Préconisations :**

- Station « moyennement prioritaire » pour les futurs suivis. Cette station peut être suivie par le gestionnaire tous les deux ou trois ans.

**Station 3 - îlot sable blanc Saziley - 45° 12.890'E / 12° 59.197'S**

	<b>Août 2018</b>	<b>Février 2019</b>
<b>Etat de santé</b>	« Moyen »	« Moyen »
<b>Nombre d'objets par transect</b>	T1 = 0 et T2 = 1	T1 = 2 et T2 = 0
<b>Tailles des objets</b>	« Moyens »	1 « Moyen » et 1 « Petit »
<b>Nature des objets</b>	Fil de pêche	Fils de pêche
<b>Moyennes en Nbre/hectare</b>	10 ( $\pm$ 14.1)	20 ( $\pm$ 28.3)
<b>% plastique</b>	100	100
<b>Observation de maladies</b>	Non	non



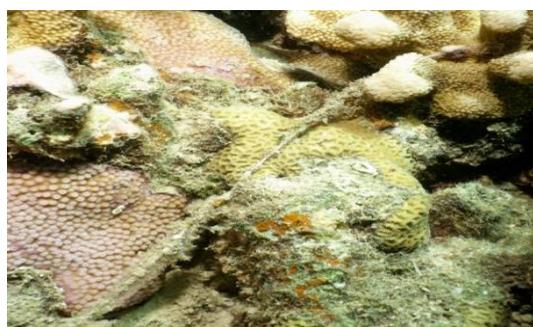
Photos 8. Vue générale de la station 3 îlot sable banc Saziley et mise en place des transects (en haut), ancre artisanale de pêche avec fil nylon colonisé (en bas à gauche) et collecte de fil de pêche colonisé par les algues (en bas à droite)

**Préconisation :**

- Station « non prioritaire » pour les futurs suivis

**Station 4 - Bambo SE - 45° 11.838'E / 12° 55.985'S**

	<b>Août 2018</b>	<b>Février 2019</b>
<b>Etat de santé</b>	« Bon »	« Bon »
<b>Nombre d'objets par transect</b>	0	T1 = 4 et T2 = 4
<b>Tailles des objets</b>	n.a	5 « Grands », 2 « Moyens », 1 « Petit »
<b>Nature des objets</b>	n.a	Fils de pêche, hameçon
<b>Moyennes en Nbre/hectare</b>	0	80
<b>% plastique</b>	0	87.5
<b>Observation de maladies</b>	non	non



Photos 9. Vue générale de la station 4 Bambo SE (en haut à gauche), macro-déchets (canette de soda) sur le fond (en haut à droite), cordelette de pêche colonisée par les algues sur les colonies coralliennes (en bas à gauche) et collecte de fils de pêche en février 2019 (en bas à droite)

**Préconisation :**

- Station « prioritaire » à suivre annuellement par le PNMM

**Station 5 - Musical plage - 45° 11.204'E / 12° 55.176'S**

	<b>Août 2018</b>	<b>Février 2019</b>
<b>Etat de santé</b>	« Moyen »	« Moyen »
<b>Nombre d'objets par transect</b>	T1 = 5 et T2 = 5	T1 = 2 et T2 = 4
<b>Tailles des objets</b>	2 « Grands », 7 « Moyens », 1 « Petit »	4 « Grands », 2 « Petit »
<b>Nature des objets</b>	Fils de pêche, corde et sac de riz	Fils de pêches, cordes,...
<b>Moyennes en Nbre/hectare</b>	100	60 (± 28.3)
<b>% plastique</b>	100	100
<b>Observation de maladies</b>	non	non



Photos 10. Vue générale de la station 5 Musical plage (en haut à gauche), impact des macro-déchets plastiques (sac et sachet) sur les colonies coralliennes (en haut à droite et en bas à gauche) et collecte en août 2018 (en bas à droite)

**Préconisation :**

- Station « prioritaire » à suivre annuellement par le PNMM

**Station 6 – Tzoundzou - 45° 12.391'E / 12° 49.080'S**

	<b>Août 2018</b>	<b>Février 2019</b>
<b>Etat de santé</b>	« Mauvais »	« Mauvais »
<b>Nombre d'objets par transect</b>	T1 = 2 et T2 = 4	T1 = 2 et T2 = 6
<b>Tailles des objets</b>	5 « Grands », 1 « Moyen »	3 « grands », 4 « Moyens », 1 « Petit »
<b>Nature des objets</b>	Tissus, sac	Fils de pêche, hameçon, gaine fil électrique
<b>Moyennes en Nbre/hectare</b>	60 (± 28.3)	80 (± 56.6)
<b>% plastique</b>	100	75
<b>Observation de maladies</b>	non	non



Photos 11. Vue générale de la station 6 Tzoundzou (en haut à gauche), impact des tissus (plastique) sur les colonies coralliennes (en haut à droite et en bas à gauche) et collecte en août 2018

**Préconisation :**

- Station « prioritaire » à suivre annuellement par le PNMM

**Station 7 – M'Tsambo - 45° 01.196'E / 12° 38.373'S**

	<b>Août 2018</b>	<b>Février 2019</b>
<b>Etat de santé</b>	« Moyen »	« Moyen »
<b>Nombre d'objets par transect</b>	T1 = 2 et T2 = 1	T1 = 2 et T2 = 1
<b>Tailles des objets</b>	1 « Grand », 2 « Moyens »	2 « Moyens », 1 « Petit »
<b>Nature des objets</b>	Fils de pêche, cordes,...	Sac de riz, cordelette pêche
<b>Moyennes en Nbre/hectare</b>	30 (± 14.1)	30 (± 14.1)
<b>% plastique</b>	100	100
<b>Observation de maladies</b>	non	WS



Photos 12. Vue générale de la station 7 M'Tsambo (en haut à gauche), filaments plastique (sac de riz et fils de pêches sur les colonies coralliennes (en haut à droite et en bas à gauche) et collecte en août 2018 (en bas à droite)

**Préconisation :**

- Station « moyennement prioritaire » pour les futurs suivis. Cette station peut être suivie par le gestionnaire tous les deux ou trois ans.

**Station 8 – Doimougno - 45° 06.354'E / 12° 38.971'S**

	<b>Août 2018</b>	<b>Février 2019</b>
<b>Etat de santé</b>	« Bon »	« Bon »
<b>Nombre d'objets par transect</b>	T1 = 4 et T2 = 0	T1 = 3 et T2 = 2
<b>Tailles des objets</b>	3 « Grands », 1 « Petit »	3 « Grands », 2 « Moyens »
<b>Nature des objets</b>	Fils de pêche, cordes, bouchon	Sacs, fils de pêche, cordelettes
<b>Moyennes en Nbre/hectare</b>	40 ( $\pm$ 56.6)	50 ( $\pm$ 14.1)
<b>% plastique</b>	100	100
<b>Observation de maladies</b>	non	non



Photos 13. Vue générale de la station 8 Doimougno (en haut à gauche), sac poubelle et sangle plastique colonisés dans les colonies d'Acropora sp. (en haut à droite et en bas à gauche) et collecte en août 2018 (en bas à droite)

**Préconisation :**

- Station « moyennement prioritaire » pour les futurs suivis. Cette station peut être suivie par le gestionnaire tous les deux ou trois ans.

**Station 9 – Handrema - 45° 06.976'E / 12° 40.444'S**

	<b>Août 2018</b>	<b>Février 2019</b>
<b>Etat de santé</b>	« Moyen »	« Mauvais »
<b>Nombre d'objets par transect</b>	T1 = 1 et T2 = 2	T1 = 2 et T2 = 4
<b>Tailles des objets</b>	2 « Moyens », 1 « Petit »	1 « Grand », 4 « Moyens », 1 « Petit »
<b>Nature des objets</b>	Bouteille, fil de pêche, plomb	Fils de pêche, sangle, canette (alu)
<b>Moyennes en Nbre/hectare</b>	30 ( $\pm$ 14.1)	60 ( $\pm$ 28.3)
<b>% plastique</b>	66	83.5
<b>Observation de maladies</b>	non	non



Photos 14. Vue générale de la station 9 Handrema (en haut à gauche), bouteille plastique colonisé par des algues calcaires (en haut à droite), canette de soda (en bas à gauche) et collecte de février 2019

**Préconisation :**

- Station « prioritaire » à suivre annuellement par le PNMM

**Station 10 – Boueni - 45° 04.976'E / 12° 55.831'S**

	<b>Août 2018</b>	<b>Février 2019</b>
<b>Etat de santé</b>	« Bon »	« Bon »
<b>Nombre d'objets par transect</b>	T1 = 1 et T2 = 0	T1 = 0 et T2 = 1
<b>Tailles des objets</b>	1 « Moyen »	1 « Moyen »
<b>Nature des objets</b>	Bouteille	Plastique (sac de riz)
<b>Moyennes en Nbre/hectare</b>	10 ( $\pm$ 14.1)	10 ( $\pm$ 14.1)
<b>% plastique</b>	100	100
<b>Observation de maladies</b>	non	non



Photos 15. Vue générale de la station 10 Bouéni (en haut à gauche), matérialisation des transects (en haut à droite), bouteille plastique collectée en août 2018 (en bas à droite) et fil plastique colonisé par des algues provenant d'un sac de riz collecté en février 2019 (en bas à droite).

**Préconisation :**

- Station « non prioritaire » pour les futurs suivis

**Station 11 – M'Zouazia - 45° 05.996'E / 12° 56.087'S**

	<b>Août 2018</b>	<b>Février 2019</b>
<b>Etat de santé</b>	« Moyen »	« Moyen »
<b>Nombre d'objets par transect</b>	T1 = 2 et T2 = 0	T1 = 2 et T2 = 2
<b>Tailles des objets</b>	1 « Grand », 1 « Petit »	2 « Grands », 2 « Moyens »
<b>Nature des objets</b>	File de pêche, cordelette	Fils de pêche, bout ancre
<b>Moyennes en Nbre/hectare</b>	20 ( $\pm$ 28.3)	40
<b>% plastique</b>	100	100
<b>Observation de maladies</b>	PWPS	PWPS



Photos 16. Vue générale de la station 11 M'Zouazia (en haut à gauche), croissance de *Porites* sp. avec une cordelette de pêche intégrée (en haut à droite) et collectes de février 2019 et août 2018 (en bas à gauche et à droite)

**Préconisations :**

- Station « moyennement prioritaire » pour les futurs suivis. Cette station peut être suivie par le gestionnaire tous les deux ou trois ans.
- Station à intégrer à un suivi « maladies coralliennes »

**Station 12 – Ngouja - 45° 04.989'E / 12° 57.835'S**

	<b>Août 2018</b>	<b>Février 2019</b>
<b>Etat de santé</b>	« Bon »	« Bon »
<b>Nombre d'objets par transect</b>	T1 = 0 et T2 = 1	T1 = 0 et T2 = 0
<b>Tailles des objets</b>	1 « Petit »	n.a
<b>Nature des objets</b>	Fil de pêche	n.a
<b>Moyennes en Nbre/hectare</b>	10 ( $\pm$ 14.1)	0
<b>% plastique</b>	100	n.a
<b>Observation de maladies</b>	non	WS



Photos 17. Vue générale de la station 12 NGouja (à gauche) et collecte d'un fil de pêche colonisé (à droite)

**Préconisation :**

- Station « non prioritaire » pour les futurs suivis

**Station 13 – Saziley - 45° 10.710'E / 12° 59.501'S**

	<b>Août 2018</b>	<b>Février 2019</b>
<b>Etat de santé</b>	« Bon »	« Bon »
<b>Nombre d'objets par transect</b>	T1 = 2 et T2 = 4	T1 = 1 et T2 = 1
<b>Tailles des objets</b>	2 « Grands », 4 « Petits »	1 «Grand », 1 « Moyen »
<b>Nature des objets</b>	Fils de pêches, cordes	Fils de pêche
<b>Moyennes en Nbre/hectare</b>	60 ( $\pm$ 28.3)	20
<b>% plastique</b>	100	100
<b>Observation de maladies</b>	non	PWPS



Photos 18. Vue générale de la station 13 Saziley (en haut à gauche), cordes impactant les colonies d'*Acropora* spp. (en haut à droite et en bas à gauche) et collecte des macro-déchets d'août 2018 (en bas à droite)

**Préconisation :**

- Station « prioritaire » à suivre annuellement par le PNMM

**Station 14 – M'Tsanga Fanou - 45° 02.344'E / 12° 43.227'S**

	<b>Août 2018</b>	<b>Février 2019</b>
<b>Etat de santé</b>	« Moyen »	« Bon »
<b>Nombre d'objets par transect</b>	T1 = 11 et T2 = 5	T1 = 5 et T2 = 8
<b>Tailles des objets</b>	1 « Grand », 7 « Moyens », 3 « Petits »	9 « Grands », 4 « Moyens »
<b>Nature des objets</b>	Filet, fils de pêche	Fils de pêche, plastique, sac de riz, fer
<b>Moyennes en Nbre/hectare</b>	160 (± 84.9)	130 (± 42.4)
<b>% plastique</b>	100	84.5
<b>Observation de maladies</b>	WS	non



Photos 19. Vue générale de la station 14 M'Tsanga Fanou (en haut à gauche), présence d'un filet impactant les colonies coralliennes et le milieu (en haut à droite), *Acropora* sp. avec la maladie du « White Syndrome » et un déchet de pêche à son contact (en bas à gauche) et collecte des déchets de pêche en août 2018 (en bas à droite)

**Préconisation :**

- Station « prioritaire » à suivre annuellement par le PNMM

**Station 15 – Tanaraki - 45° 03.994'E / 12° 45.680'S**

	<b>Août 2018</b>	<b>Février 2019</b>
<b>Etat de santé</b>	« Bon »	« Bon »
<b>Nombre d'objets par transect</b>	T1 = 1 et T2 = 1	T1 = 1 et T2 = 1
<b>Tailles des objets</b>	2 « Moyens »	1 « Moyen », 1 « Petit »
<b>Nature des objets</b>	Plastique	Tissu, fil de pêche
<b>Moyennes en Nbre/hectare</b>	20	20
<b>% plastique</b>	100	100
<b>Observation de maladies</b>	non	non



Photos 20. Vue générales de la station 15 Tanaraki (à gauche) et un « tissu » sur une colonie corallienne (à droite)

**Préconisation :**

- Station « moyennement prioritaire » pour les futurs suivis. Cette station peut être suivie par le gestionnaire tous les deux ou trois ans.

**Station 16 - M'Tsanga Nyamba - 45° 05.845'E / 12° 48.366'S**

	<b>Août 2018</b>	<b>Février 2019</b>
<b>Etat de santé</b>	« Moyen »	« Moyen »
<b>Nombre d'objets par transect</b>	T1 = 2 et T2 = 1	T1 = 1 et T2 = 0
<b>Tailles des objets</b>	2 « Grands », 1 « Moyen »	1 « Grand »
<b>Nature des objets</b>	Filet, corde, fil de pêche	Filet
<b>Moyennes en Nbre/hectare</b>	30 ( $\pm$ 14.1)	10 ( $\pm$ 14.1)
<b>% plastique</b>	100	100
<b>Observation de maladies</b>	non	non



Photos 21. Vue générale de la station 16 M'Tsanga Nyamba avec impact d'un filet (zone sombre) (en haut à gauche), emprise et recouvrement des colonies coralliennes par le filet (en haut à droite et en bas à gauche) et collecte des déchets en août 2018 (en bas à droite)

**Préconisations :**

- Station « prioritaire » à suivre annuellement par le PNMM
- Nettoyer le site en enlevant les morceaux de filet de très grandes tailles vecteurs de déchets plus petits et de microplastiques.

**Station 17 – Sada - 45° 05.512'E / 12° 50.789'S**

	<b>Août 2018</b>	<b>Février 2019</b>
<b>Etat de santé</b>	« Moyen »	« Moyen »
<b>Nombre d'objets par transect</b>	T1 = 4 et T2 = 2	T1 = 2 et T2 = 1
<b>Tailles des objets</b>	2 « Moyens », 4 « Petits »	1 « Grand », 2 « Petits »
<b>Nature des objets</b>	Fils de pêche	Fil de pêche, capsule alu
<b>Moyennes en Nbre/hectare</b>	60 ( $\pm$ 28.3)	30 ( $\pm$ 14.1)
<b>% plastique</b>	100	66.5
<b>Observation de maladies</b>	non	non



Photos 22. Vue générale de la station 17 Sada dominé par un herbier clairsemé et des colonies coralliennes éparées (en haut à gauche), déchet plastique accroché au branche d'*Acropora* sp. (en haut à droite), fil de pêche et plastique sur un *Acropora* sp cassé et blanc (en bas à gauche) et collecte de février 2019 (en bas à droite)

**Préconisation :**

- Station « non prioritaire » pour les futurs suivis

**Station 18 - M'Bouzi Ouest (Réserve Naturelle de M'Bouzi) - 45° 13.839'E / 12° 48.463'S**

	<b>Août 2018</b>	<b>Février 2019</b>
<b>Etat de santé</b>	« Mauvais »	« Mauvais »
<b>Nombre d'objets par transect</b>	T1 = 33 et T2 = 50	T1 = 32 et T2 = 41
<b>Tailles des objets</b>	6 « Grands », 75 « Moyens », 2 « Petits »	4 « Grands », 64 « Moyens », 5 « Petits »
<b>Nature des objets</b>	Canettes (alu), bouteilles, flacons...	Canettes (alu), bouteilles, tissus,...
<b>Moyennes en Nbre/hectare</b>	830 ( $\pm$ 240.4)	730 ( $\pm$ 127.3)
<b>% plastique</b>	39.8	41.1
<b>Observation de maladies</b>	PWPS	WS



Photos 23. Vue générale de la station 18 M'Bouzi ouest située dans la réserve naturelle de Bouzi (en haut à gauche), nombreux déchets plus ou moins colonisés sur le fond (en haut à droite et en bas à gauche) et collecte d'août 2018 (en bas à droite)

**Préconisations :**

- Station « prioritaire » à suivre annuellement par le PNMM
- Les suivis doivent être éloignés des opérations de nettoyage

**Station 19 - M' Bouzi Est (Réserve Naturelle de M'Bouzi) - 45°14.476'E / 12°48.745'S**

	<b>Août 2018</b>	<b>Février 2019</b>
<b>Etat de santé</b>	« Moyen »	« Moyen »
<b>Nombre d'objets par transect</b>	T1 = 2 et T2 = 5	T1 = 3 et T2 = 3
<b>Tailles des objets</b>	6 « Moyens », 1 « Petit »	1 « Grand », 3 « Moyens », 2 « Petits »
<b>Nature des objets</b>	Bouteilles, sachet, fil de pêche	Canettes (alu), plastique
<b>Moyennes en Nbre/hectare</b>	70 (± 42.4)	60
<b>% plastique</b>	86	66.7
<b>Observation de maladies</b>	PWPS	non



Photos 24. Vue générale de la station 19 M'Bouzi Est située dans la Réserve Naturelle de M'Bouzi (en haut à gauche), un sachet plastique au contact d'un *Acropora* sp. (en haut à droite) et collectes d'août 2018 et février 2019 (en bas)

**Préconisations :**

- Station « prioritaire » à suivre annuellement par le PNMM
- Les suivis doivent être éloignés des opérations de nettoyage

## Station 20 – Majikavo - 45° 14.167'E / 12° 44.929'S

	<b>Août 2018</b>	<b>Février 2019</b>
<b>Etat de santé</b>	« Mauvais »	« Mauvais »
<b>Nombre d'objets par transect</b>	0	T1 = 0 et T2 = 1
<b>Tailles des objets</b>	n.a	1 « Moyen »
<b>Nature des objets</b>	n.a	plastique
<b>Moyennes en Nbre/hectare</b>	0	10 ( $\pm$ 14.1)
<b>% plastique</b>	n.a	100
<b>Observation de maladies</b>	PWPS	PWPS



Photos 25. Vue générale de la station 20 Majikavo (à droite) et collecte d'un déchet plastique en février 2019 (à gauche)

### Préconisations :

- Station « non prioritaire » pour les futurs suivis
- Station à intégrer à un suivi « maladies coralliennes »

**Station 21 - Koungou - 45° 13.492'E / 12° 44.256'S**

	<b>Août 2018</b>	<b>Février 2019</b>
<b>Etat de santé</b>	« Moyen »	« Moyen »
<b>Nombre d'objets par transect</b>	T1 = 1 et T2 = 1	T1 = 2 et T2 = 5
<b>Tailles des objets</b>	1 « Grand », 1 « Moyen »	2 « Grands », 3 « Moyens », 2 « Petits »
<b>Nature des objets</b>	Sac de riz, plastique	Fil de pêche, bobine, fer à béton
<b>Moyennes en Nbre/hectare</b>	20	70 (± 42.4)
<b>% plastique</b>	100	86
<b>Observation de maladies</b>	non	PWPS



Photos 26. Vue générale de la station 21 Majikavo (en haut à gauche), déchet de pêche sur les *Acropora* sp. (en haut à droite et en bas à gauche) et collecte d'août 2018 (en bas à droite)

**Préconisations :**

- Station « moyennement prioritaire » pour les futurs suivis. Cette station peut être suivie par le gestionnaire tous les deux ou trois ans.
- Station à intégrer à un suivi « maladies coralliennes »

**Station 22 – Longoni - 45° 08.914'E / 12° 43.414'S**

	<b>Août 2018</b>	<b>Février 2019</b>
<b>Etat de santé</b>	« Moyen »	« Mauvais »
<b>Nombre d'objets par transect</b>	T1 = 2 et T2 = 0	T1 = 1 et T2 = 2
<b>Tailles des objets</b>	1 « Grand », 1 « Moyen »	2 « Grands », 1 « Moyen »
<b>Nature des objets</b>	Fils de pêche	Tissu, bouts de pêche
<b>Moyennes en Nbre/hectare</b>	20 ( $\pm$ 28.3)	30 ( $\pm$ 14.1)
<b>% plastique</b>	100	100
<b>Observation de maladies</b>	non	PWPS

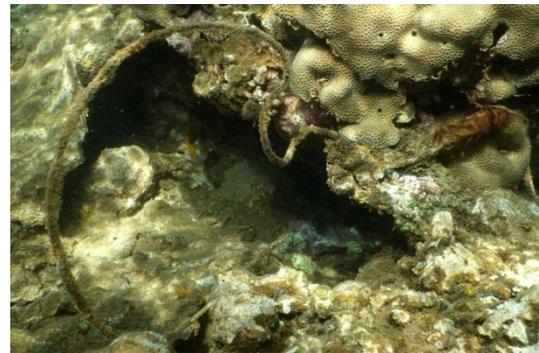


Photo 27. Vue générale de la station 22 Longoni (en haut à gauche), déchets de pêche (en haut à gauche et en bas à droite) et collecte d'un tissu en février 2019 (en bas à droite)

**Préconisations :**

- Station « moyennement prioritaire » pour les futurs suivis. Cette station peut être suivie par le gestionnaire tous les deux ou trois ans.
- Station à intégrer à un suivi « maladies coralliennes »

Annexe II. Catégories d'impacts des déchets sur les colonies coralliennes

A. Catégorie « Abrasé, brisé » par un déchet



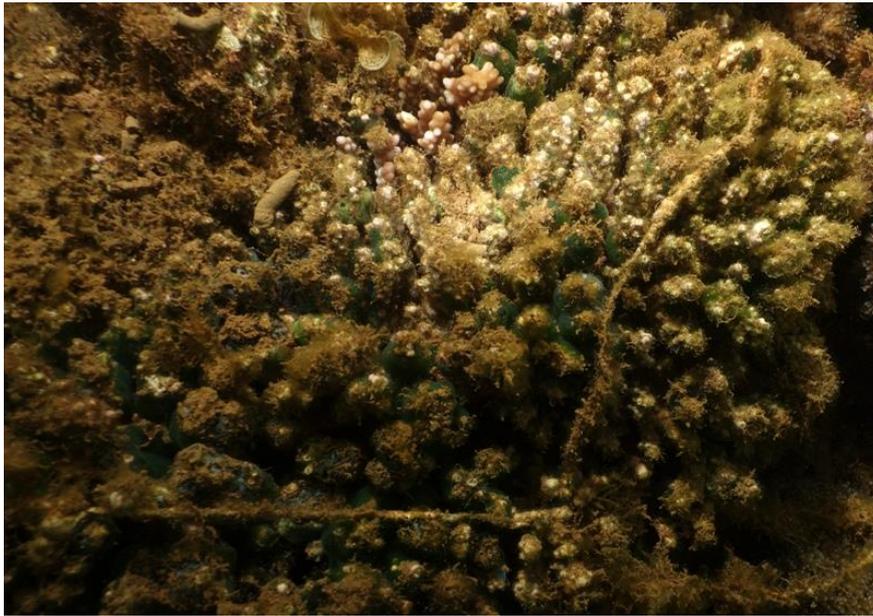
Colonies d'*Acropora* sp. abrasées et brisées

B. Catégorie « Enalgué » par un déchet



Colonies coralliennes recouvertes d'un déchet servant de support aux algues impactant la vitalité et le développement des coraux

C. Catégorie « Partiellement mort » et « Mort » à cause d'un déchet



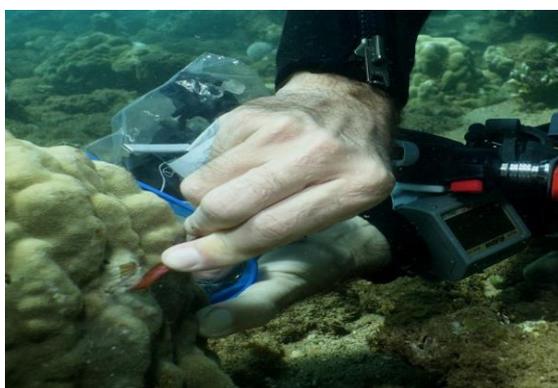
Colonies coralliennes enalguées à partir d'un déchet et partiellement mortes ou mortes

D. Catégories « Pale », « Blanc » et « malade »



Déchets impactant les tissus des colonies coralliennes pouvant devenir pales après avoir été recouvertes par un déchet (en haut), blanches (au milieu) ou malade (en bas)

Annexe III. Collectes des échantillons de coraux et de déchets



Collectes de déchets et de petits bouts de colonies coralliennes (en haut à gauche et à droite), prélèvements de tissus coralliens malades (en bas à gauche) et isolement en tube (en bas à droite)