



MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR
ET DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITE DE TOLIARA



INSTITUT HALIEUTIQUE ET DES SCIENCES MARINES
B.P. 141-Route du Port-Mahavatse Toliara 601, Madagascar

Tel : (+261) 20 94 941 67

Email : direction@ihsm.mg Web : www.ihsm.mg

**Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du Diplôme de Master en Sciences Marines et
Halieutique**

Parcours : Pêche et Aquaculture



**Etude de la macrofaune benthique exploitée par la
petite pêche dans les herbiers littoraux de la baie de
Toliara (sud-ouest de Madagascar)**

Présenté par : HERINIRINA Patricia Andrée

Sous le co-encadrement de :

**Dr. Lantoasinoro RANIVOARIVELO (Enseignant IH.SM),
Dr. Patrick FROUIN (Université de la Réunion),
Dr. Marc LEOPOLD (IRD , Madagascar),
Dr. Lionel BIGOT (Université de la Réunion)**

Les membres de Jury :

**Dr. RAHERINAINA Christian Edmond (Président des jury)
Dr. Marc LEOPOLD (Encadrant)
Dr. RAVELO VOLOLONAVALONA (Examineur)
Dr. Hélène MAGALON (Examineur)**

REMERCIEMENTS

La recherche en océanographie n'est jamais un travail solitaire. Enrichie de nombreuses rencontres, cette expérience scientifique fut également une belle aventure humaine. C'est un an de mémoire qui n'aurait pu être finalisé sans de nombreux soutiens tant professionnels que personnels. Ces quelques lignes me permettent de remercier sincèrement et chaleureusement ceux et celles qui ont permis la réalisation de ce travail.

Je tiens à remercier chaleureusement MAHAFINA Jamal, le Directeur de l'IH.SM, qui partage la paternité de ce projet de recherche et qui a montré un vif intérêt pour ce travail de son commencement à sa soutenance. Et je tiens à remercier l'IH.SM et tous les enseignant(e)s pour ces cinq années à partager, tous leurs conseils et soutiens sinon je ne serai pas arriver à ce stade.

L'approche développée dans cette étude n'a été possible que grâce de nombreuses collaborations. Je tiens à remercier tout particulièrement l'Institut de Recherche pour le Développement et l'UMR Entropie, d'avoir financé ce stage, le CROUS de l'université de la Réunion de m'avoir hébergé durant mon séjour là-bas.

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde reconnaissance envers mes quatre encadrants qui m'ont accordé leur confiance, soutenu et guidé et dont la complémentarité a beaucoup enrichi ce travail : Messieurs Lionel BIGOT (Ingénieur de Recherche à l'université de la Réunion), Patrick FROUIN (Enseignant-Chercheur à l'université de la Réunion) et Marc LEOPOLD (Ingénieur de Recherche de l'IRD à Toliara). Merci Marc, initiateur de ce sujet et encadrant au quotidien, merci Lionel, de m'avoir initié à la systématique des invertébrés benthiques et d'avoir partagé tes connaissances en écologie benthique. Merci Patrick, travailleur infatigable, pour tes conseils et la rigueur que tu as apportée à ce travail. Je remercie sincèrement Madame Lantoasinoro RANIVOARIVELO, Responsable de Mention au sein de l'IH.SM, qui m'a fait l'honneur d'être mon encadrant pédagogique.

Ce mémoire doit également beaucoup à Joséphine PIERRAT, mon collègue de bureau à la Réunion., d'avoir été disponible pour les nombreuses déterminations sur lesquelles je séchais lamentablement et pour ses conseils avisés dans les analyses écologiques et statistiques.

Je ne peux oublier mes collègues de bureau : Faustinato BEHIVOKÉ, Roddy Michel

RANDRIATSARA, Radonirina LEBELY, Lucas ANDRIATAHINA, merci de m'avoir supportée au quotidien et de m'avoir accordé votre amitié.

Mes sincères remerciements à ses amies rares : Lovasoa Rina RAHARINAIVO,, pour tes encouragements et tous ces repas ensemble. Je garderai toujours une pensée pour toi.

Je n'aurais pu réaliser l'analyse de l'évolution des peuplements benthiques d'Ankilibe sans l'aide du pionnier, Monsieur DAREA, Assistant local, et tous les pêcheurs d'Ankilibe, auquel j'exprime ma profonde reconnaissance pour l'intérêt qu'il a porté à ce travail.

Je remercie également mes amis et collègues qui ont accepté d'embarquer lors des nombreuses campagnes à la mer et de m'avoir épaulée pendant les jours de mes échantillonnages: en tout premier lieu Romano, Jean Jaques et Duphrehino dont l'aide extrêmement efficace, la bonne humeur et le volontarisme ont grandement favorisé les différentes campagnes. Sans oublier Tovo, de nous avoir guidés durant les sorties en mer.

Je remercie chaleureusement Sandra RANAIVOMANANA, Victoire Mahasoa TSIEBO, pour leur aide précieuse et indispensable pour la correction et le bouclage du manuscrit.

*Je remercie aussi tous mes amis de ma **promotion Megaptera novaeangliae** pour les soutiens et aides durant ces cinq ans à Toliara.*

Bien évidemment, je remercie toute ma famille et tout particulièrement mes parents, pour le soutien moral et mes frères et sœurs de toujours croire en moi.

Enfin, ce travail ne serait certainement pas achevé sans le soutien, la patience et la compréhension.

Je remercie également toutes les personnes qui ont participé de près ou d'un peu plus loin à ce travail

Mahavelo Bevata !

RESUME

La baie de Toliara à Madagascar est couverte principalement par des fonds sédimentaires, avec une forte présence d'herbiers marins. Elle abrite des communautés diversifiées de macrofaune benthique. La pêche traditionnelle y est une activité socioéconomique de première importance.

Pourtant, la connaissance des peuplements d'invertébrés et du fonctionnement de ces écosystèmes associés aux substrats meubles reste parcellaire. Cette étude vise donc à : 1/ améliorer la connaissance des zones côtières non-récifales et en particulier du benthos de substrats meubles ; 2/ définir des interactions biotiques existants entre les différentes communautés afin d'apporter des éléments nouveaux dans la connaissance des mécanismes et processus biologiques et écologiques impliqués dans la dynamique de l'environnement côtier. Pour cela, une analyse des communautés benthiques pêchées au chalut à moustiquaire « draotsy » a été réalisée, basée sur des variables de densité, biomasse, taille et position géographique. . Cet engin de pêche traînant classé comme destructif par la réglementation, est parmi les plus utilisés par les pêcheurs dans le lagon de Toliara, en particulier dans les herbiers littoraux. L'échantillonnage a été effectué mensuellement à partir des captures des pêcheurs lors marées de mortes eaux et vives eaux, durant sept mois, à Ankilibe. 43 espèces d'invertébrés ont été recensées, majoritairement des crustacés, des stomatopodes et des céphalopodes. Un quart des espèces a été présent dans plus de 80% des échantillons, et dominé par la famille des Portunidés. Une différence significative de la densité a été observée entre les familles. Un effet saison a été constaté dans les valeurs mensuelles de densité des macroinvertébrés. Les communautés de la macrofaune varient en fonction de l'habitat exploité. Cette variation est liée à la nature du fond, en particulier à la densité de la couverture végétale. L'étude a montré que le taux de recouvrement des herbiers est faible, dominés par des *Thalassia hemprechii* et des *Halodula*. Les herbiers mixtes sont plus riches en termes de densité de macrofaune.

Mots-clés : Chalut à moustiquaire, macrofaune benthique, substrats meubles, Ankilibe, Habitat.

ABSTRACT

The bay of Toliara in Madagascar is mainly covered by sedimentary bottoms, with a strong presence of sea grass beds. It is home to diverse communities of benthic macrofauna. Traditional fishing is a major socio-economic activity. However, knowledge of invertebrate populations and the functioning of these ecosystems associated with soft substrates remains incomplete. This study therefore aims to: 1/ to improve the knowledge of non-reef coastal areas and in particular the benthos of unconsolidated substrates; 2/ to define existing biotic interactions between the different communities in order to provide new elements in the knowledge of the biological and ecological mechanisms and processes involved in the dynamics of the coastal environment. To this end, an analysis of the benthic communities fished by "draotsy" net trawl was carried out, based on density, biomass, size and geographical location variables. This trawling gear, classified as destructive by regulations, is among the most used by fishermen in the Toliara lagoon, particularly in coastal meadows. Sampling was carried out monthly from fishermen's catches during neap tides in Ankilibe for seven months. 43 species of invertebrates were recorded, mainly crustaceans, stomatopods and cephalopods. A quarter of the species were present in more than 80% of the samples, and dominated by the Portunidae family. A significant difference in density was observed between families. A seasonal effect was observed in the monthly density values of macroinvertebrates. Macrofauna communities vary according to the habitat exploited. This variation is related to the nature of the bottom, in particular the density of the vegetation cover. The study showed that the recovery rate of meadows is low, dominated by *Thalassia hemprechii* and *Halodula*. Mixed beds are richer in terms of macrofauna density.

Keywords: Mosquito net trawl, benthic macrofauna, loose substrates, Ankilibe, Habitat.

TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	i
RESUME.....	iii
ABSTRACT	iv
TABLE DES MATIERES	v
LISTE DES FIGURES	vii
LISTE DES ACRONYMES	ix
INTRODUCTION	1
1. MATERIEL ET METHODES.....	4
1.1 Choix du site d'étude.....	4
1.2 Choix de l'engin de pêche	5
1.3 Collecte des données	Erreur ! Signet non défini.
1.3.1 Localisation et étendue des sites de pêche	7
1.3.2 Caractérisation des habitats benthiques.....	8
1.3.3 Caractérisation des engins de pêche.....	9
1.3.4 Caractérisation des captures	11
1.4 Traitement des données	14
2. RESULTATS	16
2.1 Vision globale de l'échantillonnage	16
2.1.1 Caractéristiques des zones de pêche.....	16
2.1.2 Caractéristiques des trajectoires	17
2.2 Analyse de la structure des communautés.....	18
2.2.1 Densité et Biomasse	18
2.2.2. Diversité des communautés benthiques	19
2.3 Effets des habitats.....	26
2.3.1 Typologie des habitats.....	26
2.3.2 Analyse des interactions entre la « macrofaune benthique » et les habitats	29
3. DISCUSSION	36
3.1 Analyses des forces et faiblesses.....	36
3.2 Diversité de la macrofaune benthique	37
3.3 Diversité des herbiers	38

3.4 Effets spatio-temporels sur la densité des invertébrés.....	39
3.5 Impact des chaluts à moustiquaires sur les invertébrés et le milieu physique (herbiers).	41
CONCLUSION.....	42
REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES	43
ANNEXE	

LISTE DES FIGURES

Figure 1: Localisation de la zone d'étude. A : représentation des récifs de Toliara (Source : Brenier et al, 2011); B : représentation satellitaire des récifs de Toliara	5
Figure 2: Photographie d'un chalut à moustiquaire en action de pêche	6
Figure 3: Forme des trajectoires des pirogues pour les coups de pêche au chalut moustiquaire (Randriatsara, 2019)	8
Figure 4: Carte des 81 stations pour la phase de vérité terrain (A) Espèces d'herbiers observées (B).....	9
Figure 5: Mensuration des chaluts à moustiquaire réalisée à terre	10
Figure 6: Composants du chalut à moustiquaire (La: longueur des ailes; Lr: largeur de la ralingue; O: Ouverture en mer)	10
Figure 7: Tri des échantillons et regroupements par taxons majeurs avant identification.	11
Figure 8: Mensurations utilisées pour les différents groupes taxonomiques (Ifremer, 2012)..	13
Figure 9: Répartition du nombre de sous-échantillon par zones de pêche.....	17
Figure 10: Relation entre Lt et Om, avec Lt : Longueur du chalut, Om : Ouverture du chalut en action de pêche	18
Figure 11 : Représentation des principales catégories de captures. valeurs moyennes, d'un kg d'échantillon (en écart-type) : Fig a : proportion des individus tous groupes confondus (biotiques) et de la fraction inerte (abiotiques), Fig b : pourcentage des poissons, de débris et des invertébrés.....	19
Figure 12: Densité des principales familles taxonomiques.....	20
Figure 13: Analyse multidimensionnelle (nMDS) de la structure faunistique globale (n = 66 sous-échantillons) (en densité) en fonction du facteur « mois / saisons ».	22
Figure 14 : Densité moyenne des principales familles taxonomiques en fonction de la saison a, b, c indiquent les significativités à 99%, Fig a : densité en hiver, Fig b : densité en été	23
Figure 15: Biomasse des principales familles taxonomiques en fonction de la saison. a, b, c et d indiquent les significativités à 5 %, Fig a : biomasse en hiver, Fig b : biomasse en été.....	24
Figure 16: Densité et biomasse moyenne des invertébrés capturés durant les sept mois d'échantillonnage : Fig a = densité, Fig b =biomasse, a, b, et c indiquent les significativités à 99%. Barres = erreur standard.....	25
Figure 17: Densité et biomasse moyenne en fonction des marées: Barre= erreur standard, NS= non significatif ($p > 0,05$).....	26

Figure 18: Cartographie des différents groupes d'habitats benthiques littoraux rencontrés sur le récif frangeant du sud de la baie de Toliara (formations d'herbiers, algueraies, types de substrats) en mars 2019.	29
Figure 19: Distribution spatiale de la richesse spécifique en macrofaune par principaux types d'habitats	30
Figure 20 : Représentation spatiale de la densité par habitat pour chaque saison : Fig a: hiver et Fig b: été.....	33
Figure 21: Densités (A) et biomasse (B) par types d'habitats. (Cs= <i>Cymodocea serrulata</i> , Hu= <i>Halodule uninervis</i> , Th= <i>Thalassia hemprichi</i> , Si= <i>Syringodium isoetifolium</i> , Tc= <i>Thalassodrendron ciliatum</i>).....	34

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau Récapitulatif de l'échantillonnage dans le village d'Ankilibe, ME=mortes eaux, VE= vives eaux.....	16
Tableau 2 : Richesse spécifique par sous-échantillon.....	21
Tableau 3 : Exemple de regroupement des types d'habitats en fonction du recouvrement des herbiers (%), du taux d'épiphyte (%), de la Hauteur de la canopée (cm), et de la densité faunistique (Ind/ha) et de la richesse spécifique observées sur quelques stations	27
Tableau 4 : Principaux types d'habitats	28
Tableau 5 : Caractéristiques écologiques des principaux types d'habitats et macrofaune associée (Stations types, densité en Ind/ha, biomasse en kg/ha) pour quelques types	30

LISTE DES ACRONYMES

ANOSIM :	Analysis of similarities
CNI :	Crevette non Identifiée
CSV :	Comma-Separated Values
Dt :	Distance des trajectoires
GLM :	Modèle Linéaire Généra
GPS :	Global Positioning System
l :	Largeur de la senne
La :	Longueur des ailes
Lc :	Longueur de la corde
Lp :	Longueur totale de la poche
Lr :	Longueur de la ralingue
nMDS :	nonmetric Multidimensional Scaling
Om :	Ouverture du chalut en action en mer
SIG :	Système d'Information Géographique

INTRODUCTION

Les estuaires et les zones littorales sont des écosystèmes très productifs. Les herbiers de phanérogames marines fréquemment rencontrés en zones littorales constituent l'un des écosystèmes les plus remarquables (Kaiser et al., 2002). Ils constituent en effet des habitats qui abritent les principaux producteurs primaires macrophytes du milieu côtier, associés à une flore et une faune riche et abondante. La faune des herbiers est constituée des différentes espèces de poissons et d'invertébrés benthiques. Les invertébrés colonisent le milieu marin, depuis la ligne de rivage jusqu'aux profondeurs abyssales, les eaux saumâtres des estuaires et mangroves, et les eaux douces des rivières et torrents (Poupin, 2008). Chaque espèce d'herbier a des exigences écologiques propres, la diversité spécifique des herbiers sera très variable selon les conditions locales de l'environnement, comme la granulométrie du substrat et la profondeur (Hily et al., 2010). La complexité et la variété de leur structure physique ainsi que leur forte productivité permettent de soutenir une biomasse et une diversité considérable des communautés associées (Cuvillier, 2016). Les phanérogames marines abritent une faune et une flore conséquente, les utilisant comme support (épiphytes), comme source de nourriture (tortues marines, mammifères marins, poissons herbivores, crustacés...) comme zone de refuge (juvéniles de poissons) ou zone de prédation (organismes piscivores ou omnivores) (Cuvillier, 2016).

Les écosystèmes marins, notamment côtiers, fournissent des services écologiques importants, mais subissent actuellement d'importantes perturbations : dégradations et pertes d'habitats, surexploitation par l'activité de pêche, pollution de l'eau. L'exploitation par la pêche modifie le fonctionnement des écosystèmes benthiques. Elle agit directement sur les populations en induisant des mortalités différentielles des espèces sous l'action des engins de pêche et indirectement, par modification des interactions biotiques (compétition, prédation), ce qui induit des évolutions dans la structure des peuplements benthiques (Le Loc'H, 2004).

Le sud - ouest de Madagascar, autrefois remarquable pour sa biodiversité et l'abondance de la faune, est de plus en plus menacée par la surpêche, la sédimentation, la pollution et le tourisme (Belle et al., 2009). Une proportion élevée de la population s'installe le long du littoral sud-ouest (Price and Ferriday, 2000). De ce fait, ces ressources marines sont de plus en plus sujettes à une forte exploitation dans cette zone (Mahafina, 2011). En 2014, plus de 50% de production de la petite pêche provenait de la côte ouest de Madagascar (Ministères de l'agriculture, de la pêche et de l'élevage de Madagascar, 2015).

A Madagascar, la loi stipule que l'utilisation de tout engin, méthode et technique de pêche ou dispositif destructif et non sélectif est interdite afin de minimiser les impacts sur les ressources halieutiques et les écosystèmes aquatiques (Chapitre 4 article 17 de la loi n°2015-053 portant sur le code de la pêche et de l'aquaculture). Mais malgré cette interdiction, cet engin est toujours très répandu dans la région Sud-Ouest de Madagascar. L'impact des chaluts a des effets néfastes sur la faune et la flore benthiques, mais aussi sur l'environnement physique (Hiddink et al., 2017).

Les populations benthiques et pélagiques de la baie de Toliara ont été étudiées et exploitées depuis plus de vingt ans. L'approche écosystémique et l'application de méthodologies scientifiques focalisées sur les niveaux d'organisation biologique visent à comprendre quelles sont les structures essentielles, les processus, les fonctions et les interactions entre les organismes et leur environnement (Pullin, 1997). Contrairement aux poissons coralliens, qui étaient le sujet des nombreuses études successives sans citer Angot en 1950, Fournoir en 1957 et 1961, Maugé en 1967, et aussi étudié récemment par Jaonalison (2020), aucune description récente des peuplements d'invertébrés benthiques n'avait été réalisée, depuis les travaux réalisés il y a une vingtaine d'années par Bigot, 1992. L'actualisation de la connaissance des peuplements d'invertébrés et l'analyse de leurs interactions était donc indispensables afin d'aborder l'étude du fonctionnement des écosystèmes.

Cette étude intitulée « Etude de la macrofaune benthique exploitée par la petite pêche dans les herbiers littoraux de la baie de Toliara (sud-ouest de Madagascar) », réalisée dans le plus grand complexe lagunaire de Toliara du mois d'Aout 2018 au mois de Février 2019, s'inscrit dans le cadre général de la problématique suivante : comment les pêcheries affectent-elles la dynamique des communautés d'invertébrés benthiques et quels en sont les effets en retour sur l'exploitation? L'approche développée dans ce travail est écosystémique, et placée dans le contexte d'une pêcherie benthodémersale, dont on se pose la question de savoir si elle répond à un objectif de gestion durable de l'écosystème, du maintien et de la préservation de l'intégrité de ses propriétés, ou le cas échéant de sa restauration. L'objectif de cette étude, centrée sur les habitats de fonds meubles de la région de Toliara, sont l'identification de la structure actuelle des communautés d'invertébrés vagiles associés aux herbiers. Cette approche intégrée d'un écosystème exploité devrait permettre d'apporter des éléments nouveaux dans la connaissance des mécanismes et processus biologiques et écologiques impliqués dans la dynamique de l'environnement côtier. Ce mémoire est structuré en trois parties :

- La première partie est plus méthodologique et va développer à la fois les connaissances disponibles sur la zone d'étude et l'identification des sites de pêche, la caractérisation des habitats, et la stratégie d'échantillonnage à adopter.

- La deuxième partie est axée sur la représentation des résultats. Il présente successivement la structure actuelle des communautés benthiques, leur variabilité spatio-temporelle et l'impact que peut induire la pêche au chalut à moustiquaire sur les habitats d'herbiers.

- La troisième partie est une synthèse des résultats. Il comprend une discussion générale développant les apports de cette étude quant à la compréhension du fonctionnement des communautés et se termine par les perspectives envisagées à l'issue de ce travail. La conclusion résume les acquis majeurs de ce travail.

1. MATERIEL ET METHODES

1.1 Site d'étude

Notre étude a été menée dans la baie de Toliara, au sud-ouest de Madagascar. Elle se distingue par la présence d'un récif barrière de 18 km de long du nord au sud : le Grand Récif de Toliara (GRT), bordant un lagon de 78 km². Ce lagon ainsi que les différents habitats du récif, allant de la zone des herbiers littoraux jusqu'au platier récifal, constituent les zones de pêche des villages situés tout le long de la baie. Cependant, la pression de pêche croissante sur le récif a entraîné une diminution de la biomasse en ressources halieutiques au cours de ces 30 dernières années (Ranaivomanana et al., 2006). En effet, cette pêcherie est soumise à une exploitation intensive notamment une pêche non sélective, ce qui se reflète par un déclin des rendements malgré une augmentation constante de l'effort de pêche, et la dégradation des habitats (Brenier et al., 2013; Bruggemann et al., 2012).

Le village d'Ankilibe, situé à une distance de 15 km au sud de la ville de Toliara a été choisi comme zone d'étude dans le cadre de ce stage (Fig 1). Quatre critères principaux ont conduit à ce choix. Tout d'abord, ce village se trouve dans le plus grand complexe lagunaire de Madagascar, avec de nombreuses zones de fonds meubles fortement exploités par la petite pêche. Ce site est ensuite caractérisé comme un milieu hétérogène et contrasté sous une forte influence des conditions climatiques et des variations saisonnières. De plus, il est soumis à l'influence du fleuve Onilahy au sud et Fiherena au nord. Ce site comporte également des zones à herbiers mixtes favorables au développement de la macrofaune benthique. Enfin, ce site a été choisi de part la forte présence de pêcheurs utilisant le chalut à moustiquaire et ciblant les invertébrés benthiques.

La pêche au chalut à moustiquaire était répartie de manière relativement homogène près du littoral jusqu'en bordure du récif frangeant interne (Randriatsara, 2018). Ce sont de plus des zones de pêche accessibles facilement par les pêcheurs du fait de leur faible profondeur. Les pêcheurs du village d'Ankilibe sont majoritairement de l'ethnie Vezo. L'activité majeure des villageois est la pêche de subsistance et commerciale. La pêche s'effectue à bord d'une embarcation typique de la région : une pirogue monoxyle avec balancier munie ou non d'une voile et propulsée par une pagaie (Annexe 1). La longueur varie de 3 m à 7 m selon sa capacité de transport et les engins de pêche utilisés. La pêcherie récifale de la région est caractérisée par la multitude des techniques, des engins de pêche et aussi des espèces exploitées (Rakotoarinivo, 1998).



Figure 1: Localisation de la zone d'étude. A : représentation des récifs de Toliara (Source : Brenier et al, 2011); B : représentation satellitaire des récifs de Toliara (Source : Randriatsara, 2018)

1.2 Collecte des données

La présente étude est une étude exploratoire qui s'inscrit dans le cadre de la caractérisation de la pêche d'invertébrés de la baie de Toliara. Les données collectées et utilisées sont issues d'un suivi de la pêche réalisé sur le terrain dans le village d'Ankilibe pendant une période de sept mois, du mois d'août 2018 à février 2019.

1.2.1 Choix de l'engin de pêche

Le chalut à moustiquaire fait partie des engins de pêche à filet trainant (Fig 2). Selon la définition de la pêche maritime de l'article premier 1^{er} (abrogée par le décret n°71.238 du 18/05/71 titre III), les filets trainant sont immergés jusqu'au fond au moyen de corps lourds et sont trainés sous l'action d'une force quelconque.



Figure 2: Photographie d'un chalut à moustiquaire en action de pêche

Ces engins n'existaient pas sur le littoral malgache jusqu'à la fin des années 1990 (Domalain, 2000). 108 pirogues ont été recensées au début de l'année 2018 sur le secteur du GRT (Recensement IRD, 2017). L'effort de pêche dans les herbiers étudiés est donc fort (près de 200 sorties par an et par pêcheur). Une partie de ces embarcations évoluent même jusqu'aux niveaux des grands herbiers à *Thalassodendron* du platier de récif barrière du Grand Récif de Toliara (GRT).

Le chalut à moustiquaire (appelé localement « *draotsy* ») a été choisi comme engin d'échantillonnage du fait qu'il capture la totalité des spécimens présents sur l'herbier, notamment les espèces de petite taille comme des juvéniles de poissons, mais aussi et surtout des invertébrés benthiques. Ces engins de pêche sont construits à partir de filets moustiquaires d'où leur nom. La grande partie de l'engin a été faite en moustiquaire, constitué d'un corps et d'une poche centrale et de deux « ailes » dont la conception générale rappelle en bien des points celle du chalut. Les deux ailes permettent de rabattre les espèces capturées dans la poche centrale et de remonter le filet à bord de la pirogue. Le haut du filet comporte une ralingue munie de flotteurs qui sont fabriqués avec des morceaux de bois légers ou de sandales usagées ; les flotteurs sont disposés à raison de quatre à cinq pièces par mètre. La partie inférieure du chalut est lestée : elle est parcourue d'une corde sur laquelle sont attachés des lests de coquillages lourds comme celle de bivalves de l'espèce *Anadara nataliensis*. Les flotteurs vont permettre au filet de se tenir droit dans l'eau, tandis que les lests en bas de filet glissent sur le fond meuble et couchent les frondes des herbiers lors de leur passage. La largeur de la poche varie entre 0.8 et trois mètres, soit 1,5 m en moyenne. La longueur de la poche varie entre trois et cinq mètres dans la majorité des cas. La longueur des ailes est comprise entre 5 et 24 m, et la longueur du filet entre 12 et 54 m. Cet engin est utilisé sur le fond où il est tracté à pied par

deux pêcheurs à l'aide de cordes de longueur variable selon les pêcheurs. A la manière d'un chalut classique, utilisé pour les pêches scientifiques, il est mis à l'eau de manière à assurer le plus grand rabattage possible vers l'ouverture de la poche.

1.3.2 Localisation et étendue des sites de pêche

Dans le cadre d'un travail de thèse de Faustinato Behivoke, 12 pêcheurs au chalut à moustiquaire ont été choisis pour les suivis de captures journalières, chaque mois (Communication personnel). Ces pêcheurs sont sortis en mer chaque jour et/ou la nuit, sauf en cas d'intempéries. A chaque sortie en mer, les embarcations de pêche ont été équipées d'un mini-traceur GPS Catlog. Ces mini-traceurs GPS enregistrent, toutes les 30 secondes, la position des pirogues de manière à pouvoir observer des changements rapides de position des embarcations, et donc d'identifier un changement de comportement et /ou de technique de pêche mis en œuvre par les pêcheurs. Chaque position enregistrée comprend la date, l'heure et les coordonnées géographiques de l'embarcation (Randriatsara, 2018).

Toutes les deux ou quatre semaines, en fonction de la durée de vie des batteries des GPS, les données ont été extraites des GPS et exploitées à l'aide du logiciel Catlog. Les données de positionnement au sein des différents types d'habitats sont traitées à l'aide d'un logiciel de cartographie (QGIS 2.18) afin d'identifier la distribution spatiale des différentes zones de pêches. Les données de géolocalisation permettent de localiser les zones de pêche et la trajectoire de chaque trait de chalut.

D'après le travail de Randriatsara, la forme des trajectoires est typique et permet d'identifier les coups de chaluts pendant la sortie. La forme des trajectoires a été examinée et des polylignes sont tracées à partir de chaque coup de chalut qui sera détecté sur les trajectoires (Annexe 2). La longueur des polylignes (Dt) est calculée sous SIG afin de déterminer la longueur des différents traits de chalut et donc de calculer les surfaces des zones balayées par le chalut (Annexe 3.). Ces données ont été reliées aux noms des pêcheurs, des codes GPS, et des périodes de pêche. La trajectoire typique d'un coup de pêche commence par un arc ou une forme linéaire (pose du chalut), suivie par une forme linéaire serpentée (trait du chalut), et à la fin, des positions groupées (collecte des captures et transvasement des captures dans la pirogue). Parfois, les pêcheurs ne changeaient pas d'endroit entre deux coups de pêche successifs, et redéployaient directement leur chalut. En conséquence la présence de groupe des points signifiait la fin d'un coup de pêche (Fig. 3).

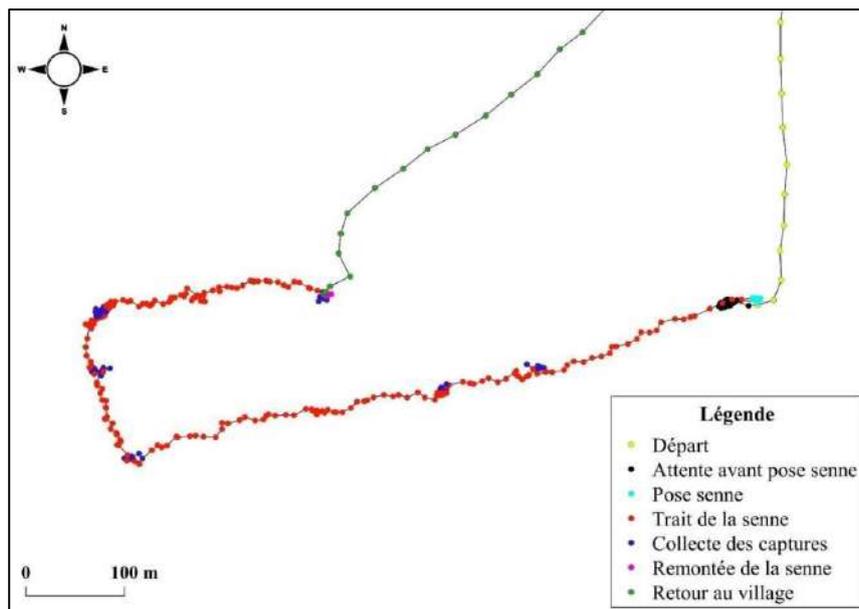


Figure 3: Forme des trajectoires des pirogues pour les coups de pêche au chalut moustiquaire (Randriatsara, 2019)

1.3.2 Caractérisation des Habitats benthiques

Une description des principaux habitats des zones de pêche a été effectuée. Des polygones ont été tracés à partir de l'interprétation visuelle d'images satellites (ESRI Satellite imagery) à l'aide du logiciel QGIS fixé à un zoom de 6250, afin de définir préalablement les zones d'habitat où se situent chacune des stations. Pour chaque trajectoire (une sortie de pêche), trois points ont été choisis au hasard au sein de l'habitat considéré. Chaque point correspond à une station qui a fait l'objet d'une description sur le terrain (Annexe 4). Les polygones peuvent rassembler plusieurs stations. Après avoir définie les stations au sein des différents habitats pré cartographiés, une phase de « vérité terrain » a été effectuée pendant quatre jours. Cet échantillonnage a permis de définir la nature du fond (type de sédiment), de préciser la composition de l'habitat (espèces de phanérogames observées), de préciser le taux d'algues épiphytes colonisant les feuilles de l'herbier, de déterminer la Hauteur de canopée et la densité des phanérogames (Annexe 4). 81 stations ont ainsi été analysées en quatre jours d'échantillonnage (Fig 4).

Par la suite, à l'aide des images satellitaires et en s'appuyant sur les données de vérité terrain des stations, une caractérisation des habitats a été effectuée sur les zones de pêche, et extrapolée aux secteurs adjacents.

Carte des Stations

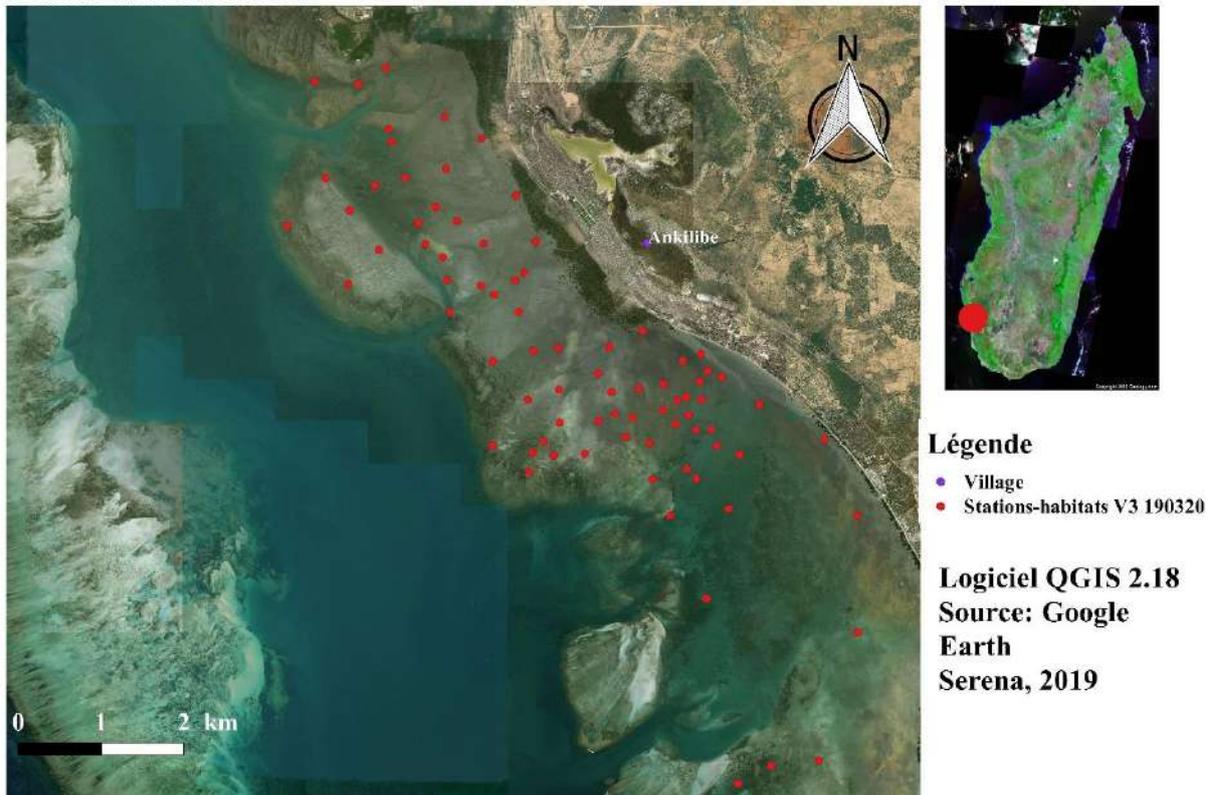


Figure 4: Représentation de la répartition des 81 stations pour la phase de vérité terrain

1.3.3 Caractérisation des engins de pêche

Les mesures suivantes ont été effectuées pour chaque chalut utilisé par pêcheur (figure 5), à l'aide d'une pinta décimètre (Annexe 5):

- la longueur totale de la poche (L_p)
- la largeur de la senne (l)
- la longueur de la ralingue (L_r)
- la longueur de la corde (L_c)
- la longueur des ailes (L_a)
- l'ouverture du chalut en action en mer (O_m)



Figure 5: Mensuration des chaluts à moustiquaire réalisée à terre

Détermination de longueur totale :

La longueur totale (L_t) est obtenue en mesurant chaque élément constitutif du chalut à moustiquaire. Cette longueur a été calculée par la somme de la largeur de la poche additionné de deux fois des ailes ($L_t = L_r + 2 * L_a$). L'ouverture du chalut à moustiquaire en mer (O_m) a été mesurée entre les deux extrémités du chalut pendant l'action de pêche (Fig 6).

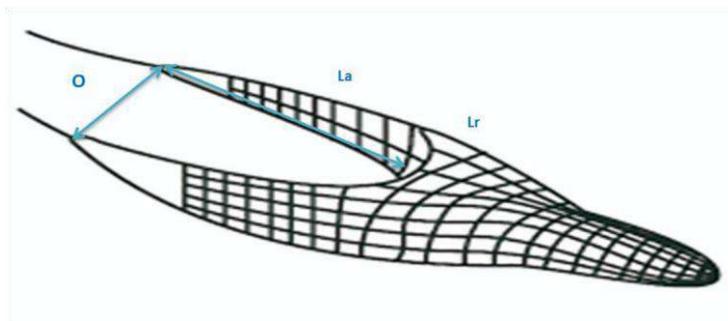


Figure 6: Composants du chalut à moustiquaire (L_a : longueur des ailes; L_r : largeur de la ralingue; O : ouverture en mer)

L'ouverture en mer n'a été mesurée que sur certains engins de pêche qui ont pu être observés en mer pendant 10 sorties. Pour estimer les différentes valeurs de l'ouverture en mer pour les engins restants, une modélisation a été effectuée. « L » est obtenu par la modélisation linéaire O_m .

$O_m = q L_t$ avec q la pente de cette modélisation.

Calcul de l'aire balayée

L'aire balayée de chaque chalut est calculée par le produit de la distance parcourue du trait de chalut par la largeur de l'ouverture du chalut en action de pêche (Fall, 2008)

$S = Om * Dt$ Avec : Om : ouverture du chalut en mer (m) et Dt : distance des trajectoires (m)

1.3.4 Caractérisation des captures

Les captures des 12 pêcheurs traditionnels ont été échantillonnées deux fois par mois pendant une période de marée de vives eaux et une période de marée de mortes eaux, durant sept mois.

Une fiche de suivi de capture est établie chaque jour de suivi en indiquant : le village, le numéro du GPS du pêcheur, la date de suivi, le nom du pêcheur, le nombre des pêcheurs pour chaque pirogue, le nombre de coups de chaluts et la capture totale brute des prises (Annexe 6). Les prises totales sont mises dans un petit panier en fibres, puis pesées à l'aide d'une balance.

Un sous échantillon de 1 kg environ a été prélevé au hasard à partir de la capture totale dans le panier du pêcheur et acheté. Les sous-échantillons ont été ensuite placés sous glace dans des sacs plastiques fermés indiquant : le village, l'engin, le numéro de l'échantillon. Ils ont été transportés immédiatement au laboratoire de l'IH.SM pour le tri et l'analyse de la composition globale des captures.

1.3.4.1 Tri et Conservation des échantillons

La petite taille des espèces observées, associées à une grande fragilité de certains organismes (crustacés notamment), exige une technique de tri délicate et minutieuse (Bigot, 1992). Le contenu de chaque sous échantillon est reparti dans des cuvettes spécifiques (Fig 7).



Figure 7: tri des échantillons et regroupements par taxons majeurs avant identification.

Le contenu de chaque sous-échantillon est reparti dans des cuvettes spécifiques par taxon. Les individus de chaque taxon ont été pesés (poids humides) avant la prise de photo pour le dénombrement. Pour toutes les espèces, tous les individus de chaque espèce ont été photographiés (face dorsale et ventrale pour les crabes et les gastéropodes). Un appareil photo Olympus TG-5, fixé sur un trépied à 1m à la verticale au-dessus des spécimens permet de photographier l'ensemble de l'échantillon (détermination de l'abondance). Une codification appropriée a été associée à chaque échantillon et à chaque prise de vue. Trois ou quatre individus par morphotype photographié sont ensuite sélectionnés au hasard et mis en collection (alcool à 90°) pour constituer une base de données de référence et une base de connaissance taxonomique sur laquelle s'est appuyée l'identification taxonomique des spécimens.

Les individus ont été identifiés d'un point de vue taxonomique avec le maximum de précision possible à l'aide d'une loupe binoculaire et de documents bibliographiques spécifiques (faunes) à chaque taxon. Plus de 24 références bibliographiques et guides taxonomiques ont été utilisés pour réaliser ce travail. Malheureusement, l'identification de certains genres ou espèces s'est avérée très complexe et nécessite un travail de taxonomie plus important (exemple de crustacés de la famille des Squillidés et de certaines espèces de Céphalopodes). Dans ces cas de figures, l'identification s'est arrêtée au niveau de la famille ou du genre, suites aux recommandations des études antérieures (Ferraro and Cole ,1994). Un code a été attribué à chaque espèce distincte (sp1, sp2, sp3) pour les différencier. La taxonomie de l'espèce identifiée est ensuite vérifiée sur le site [WORMS Species](#). Un guide d'identification simplifié des principales espèces rencontrées a été réalisé. (Annexe 7).

1.3.4.2 Dénombrement et mesure de la taille

Pour chaque sous-échantillon, les images ont été enregistrées dans un même dossier pour faciliter l'analyse. Afin d'obtenir les données morpho-métriques, les images numériques prises durant les manipulations au laboratoire ont été traitées sous le logiciel Image J en utilisant le package FIJI (Schindelin et al., 2012). Une méthode basée sur une échelle a été utilisée (Asadi et al., 2017). Une règle graduée de 10 cm a été utilisé comme échelle durant les prises des photos.

Les résultats des mesures seront présentés sur deux colonnes : le numéro des spécimens qui permettra ensuite de connaître le nombre des spécimens sur l'image, mais aussi la taille individuelle de chaque spécimen correspondant à chaque numéro. La méthode de mesure utilisée sera le guide de la mensuration des poissons, mollusques, crustacés, reptiles et mammifères marin et halieutique de l'Ifremer en 2012 (Fig 8). Cependant dans le cadre de cette

étude, les données concernant la taille des spécimens par groupe taxonomique n'ont pas été traitées. Elles feront l'objet d'un travail ultérieur.

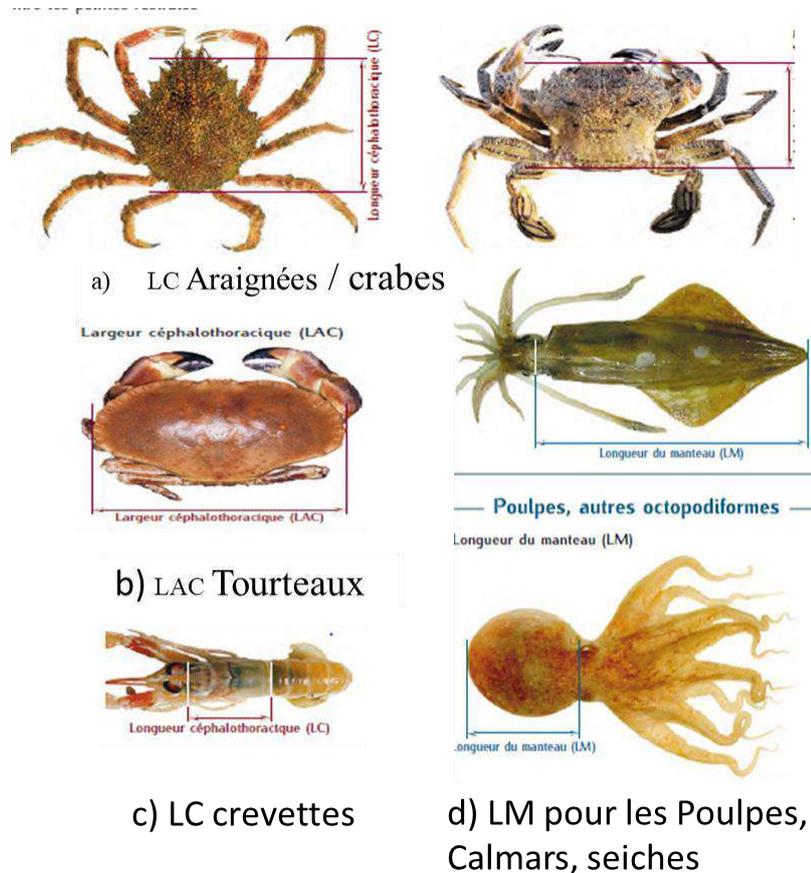


Figure 8: Mensurations utilisées pour les différents groupes taxonomiques (Ifremer, 2012)

LC : Longueur Céphalothoracique

LAC : Largeur Céphalothoracique

LM : Longueur du Manteau

2.3.4.3 Densité et biomasse des individus capturés

L'abondance définira le nombre d'individus d'une espèce dans chaque sous-échantillon. Lorsqu'il s'agit d'un nombre rapporté à une unité de surface, on parle alors de densité.

$$D = Nb/S = Nb / Om * (\sum Dt)$$

Avec :

D : Densité ; Nb : nombre d'individus du sous-échantillon ;

S : Aire balayée de traits de chalut (m^2) ;

$\sum Dt$: somme des distances parcourues des traits de chalut de la sortie (m) ;

Om : ouverture du chalut en action de pêche (m).

Cette densité ainsi que la biomasse sera calculée par groupe taxonomique (espèce et/ou famille) selon les facteurs suivants :

- facteurs temporelle : « saisons » (hiver, été), « mois » (aout, septembre, octobre, novembre, décembre, janvier, février), « cycles lunaires » (marées de vives eaux et de mortes eaux)
- facteur spatial : types d'habitats (herbiers).

1.4 Traitement des données

Cette partie de ce stage a été effectué à la réunion. De ce fait, les données recueillies ont été notées sur des fiches préalablement établies (annexe 6) puis ont été saisies dans plusieurs tables dans un classeur Microsoft Excel. Un fichier global a été produit pour les analyses statistiques. Les données classées dans le fichier ont été enregistrés vers un fichier CSV afin de faciliter la manipulation et le traitement des données. Des tableaux de contingences ont été générés afin de réaliser une analyse multidimensionnelle des données.

Pour étudier les effets de la pêche sur les communautés d'invertébrés benthiques, la structure quantitative et qualitative des communautés a été analysée globalement en considérant tous les sous échantillons et toutes les espèces identifiées. Une analyse de la structure des espèces selon cinq facteurs (zones de pêche, ordre et familles taxonomiques, marée, et saison) a été effectuée par la suite. Dans chacune des distributions de densité et de biomasse représentées graphiquement, la densité minimale et maximale, ainsi que la densité moyenne, la valeur médiane ont été déterminées.

Afin d'évaluer dans quelle mesure les effets de la densité variaient en fonction de l'habitat, la distribution de densité et de biomasse de chaque échantillon ont été étudiées par types d'habitat définis.

Après avoir vérifié la normalité de la distribution (test de Shapiro –Wilk) et l'homogénéité de la variance (test de Leven) des tests non paramétriques ont été utilisés pour évaluer les différences entre les valeurs moyennes des groupes définis par les facteurs étudiés

(i.e., zones, ordre, famille, marée, saison). Un test de Kruskal_Wallis a été utilisé dans le cas de comparaison, selon le facteur choisi. Ce deuxième test est suivi d'un test de Wilcoxon-Mann Whitney pour étudier les différences deux à deux entre les groupes, dans le cas où une différence significative a été détectée. Les lettres a, b, c, et NS désignent les significativités aux seuils de 95%. Les conditions d'application de ces tests sont : i) les échantillons sont aléatoires et indépendants, ii) les variables sont continues, et iii) les données ont des variances homogènes (hypothèse d'homoscadité).

La richesse spécifique désigne le nombre d'espèces invertébrés présentes dans un milieu donné. La richesse spécifique des invertébrés pour chaque facteur (zones de pêche, saisons, types d'habitats) a été étudiée afin de savoir dans quelle mesure ce facteur influence les captures. La diversité par l'indice de Shannon a été calculée pour tous les espèces recensées.

Toutes données ont été traitées et analysées sous le logiciel R version 3.5. Les packages dplyr, tidyr, car, readxlsx ont été utilisés pour traiter les données. Les packages barplot et ggplot, ont permis de faire les représentations graphiques.

Les analyses de structure des communautés ont été traitées à l'aide du logiciel Primer 6 (Clarke and Gorley, 2001). Une analyse multivariée de type nMDS (non Multidimensional Scaling) a été effectuée sur le tableau de données des sous-échantillons exprimés en densité. Elle permet d'analyser la structure fine des communautés et les interactions existantes entre les différentes espèces. Seules les données dont la valeur de stress inférieur à 0,25 ont été acceptées. Des analyses complémentaires (procédure SIMPER) et des tests statistiques (ANOSIM) ont été réalisés sur ce jeu de donnée afin de tester l'influence des différents facteurs considérés (marées, saisons, habitats).

Une analyse GLM ou Modèle Linéaire Général, qui fournit un modèle de régression et une analyse de variance pour plusieurs variables dépendantes par un ou plusieurs facteurs ou variables a été effectuée. Cette procédure de régression linéaire généralisée a permis de tester les hypothèses nulles à propos des effets des autres variables sur la moyenne de densité et biomasse différents types d'habitats. Elle a permis de rechercher aussi les interactions entre les facteurs (types d'abitats et saison) ainsi que les effets de ces différents facteurs.

2. RESULTATS

2.1 Vision globale de l'échantillonnage

Cent neuf sous-échantillons ont été prélevés et traités au laboratoire de l'IH.SM durant cette étude. Parmi ces échantillons traités, 66 (60%) ont été associés à des données trajectoires de pirogues bien identifiées (tableau 1). Dans le cadre de ce travail, seules les données obtenues sur les échantillons associés à des trajectoires ont été utilisés pour calculer l'aire balayée et la densité des macroinvertébrés.

Tableau 1 : Répartition de l'échantillonnage dans le village d'Ankilibe, ME=mortes eaux, VE= vives eaux

Années	2018								2019						TOTAL
	Aout		Septembre		Octobre		Novembre		Décembre		Janvier		Février		
Marées	ME	VE	ME	VE	ME	VE	ME	VE	ME	VE	ME	VE	ME	VE	
Total Echantillon	7	7	7	9	5	10	7	9	11	11	10	0	11	5	109
Avec Trajectoire	6	5	4	9	3	10	3	6	5	4	6	0	5		66

2.1.1 Caractéristiques des zones de pêche

Parmi les zones définies par les pêcheurs (Fig 9), 15 zones ont été répertoriés durant l'échantillonnage.

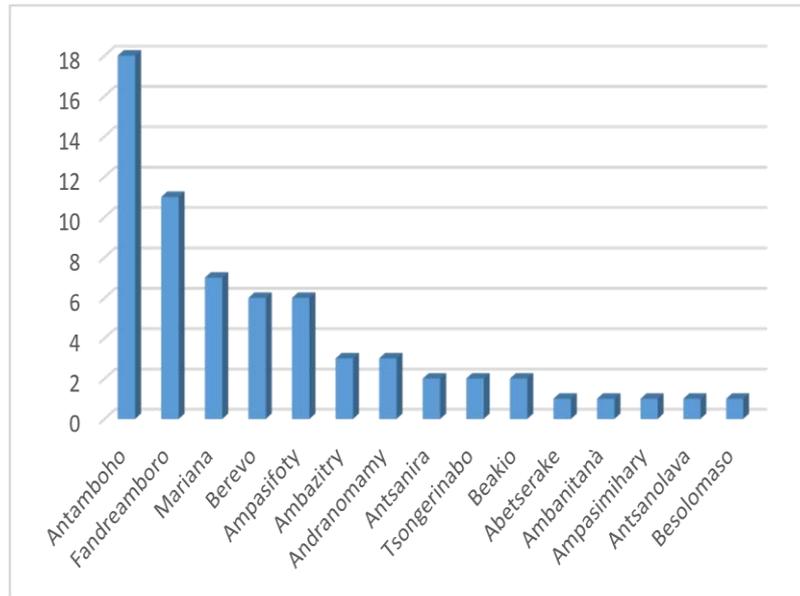


Figure 9: Répartition du nombre de sous-échantillon par zones de pêche

Trois zones de pêche sont les plus fréquentées et représentent 55 % des échantillons (n=35) Fandreamboro, Antamboho et Mariana (Figure 9).

2.1.2 Caractéristiques des trajectoires

Pour chacune des 66 trajectoires observées, 2 à 6 coups de pêche ont été observés. La mesure des distances chalutées n'a été effectuée que sur les traits de chalut des différents coups de pêche sans considérer le départ et le retour au village (Fig 3). La valeur maximale de D_t est approximativement dix fois plus que la valeur minimale (735 m à 6871 m) (Annexe 2). Une forte corrélation est constatée entre les deux variables : Longueur du chalut à Terre (L_t) et Ouverture du chalut en action de pêche (O_m) (Fig 10). La pente q obtenue est de 54 %. Vu le coefficient de détermination avec $R^2 = 0,8036$, une valeur significative qui est un bon indicateur de la relation linéaire entre les 2 variables.

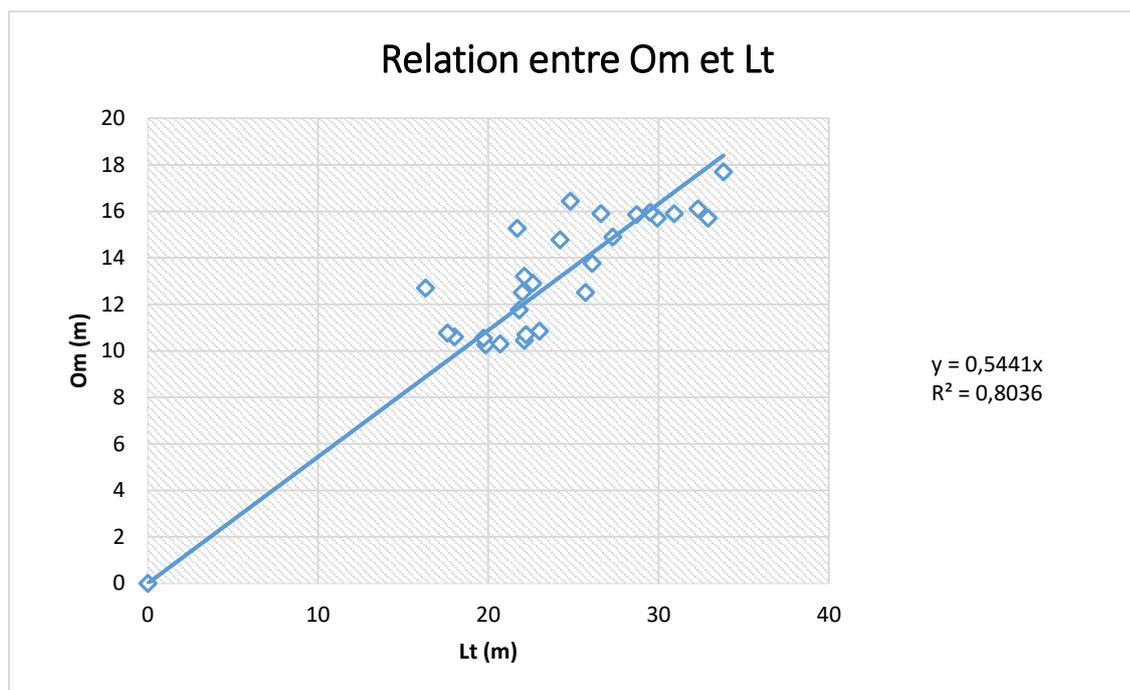


Figure 10: Relation entre Lt et Om, avec Lt : Longueur du chalut, Om : Ouverture du chalut en action de pêche

L'aire balayée des chaluts dont on n'a pas pu obtenir l'ouverture en mer est donc calculé à partir de la formule $Om = 54\% Lt$. Les valeurs de l'ouverture en mer des chaluts ont variés de 10,06 à 22,14 m. (Annexe 13)

2.2 Analyse de la structure des communautés

2.2.1 Densité et Biomasse

La densité et biomasse moyenne des invertébrés sont respectivement de 766,31 Ind/ha et 2,34 kg/ha. La plus forte valeur de densité de 3594 individus/ha (sous-échantillon L.Am3), et de 6,18 kg/ha pour la biomasse (sous-échantillon L.Am1). La plus faible valeur de densité est le sous-échantillon L.Jm101, avec seulement 97 individus /ha (Annexe 8).

2.2.2. Diversité des communautés benthiques

En moyenne, un échantillon d'un Kg comprenait 11% des végétaux, 55 % d'invertébrés et 34% de poissons (Fig 11 b).

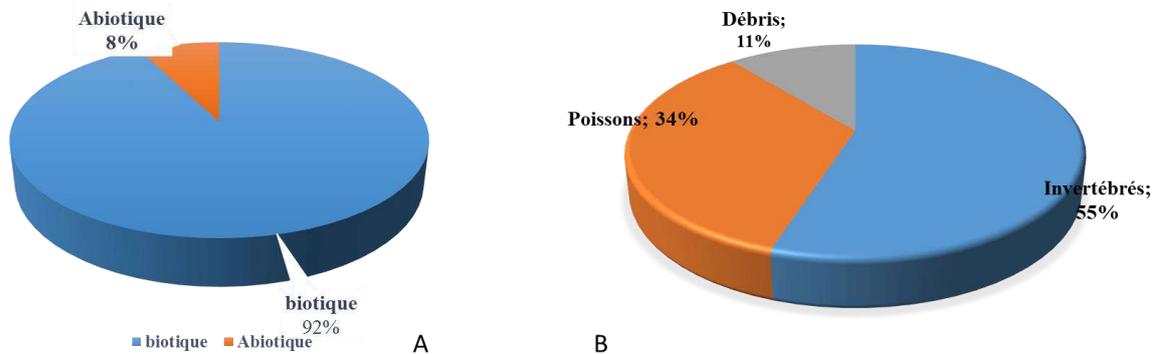


Figure 11 : Représentation des principales catégories de captures. Valeurs moyennes, d'un kg d'échantillon (en écart-type) : Fig a : proportion des individus tous groupes confondus (biotiques) et de la fraction inerte (abiotiques), Fig b : pourcentage des poissons, de débris et des invertébrés.

Globalement, la macrofaune d'invertébrés est représentée par deux groupes systématiques, dominants : les Céphalopodes et les Crustacés (43 espèces relevées, 15 416 individus). Il apparaît nettement que dans tous les échantillons, les Crustacés dominent par rapport aux Céphalopodes (Annexe 9). Sur tous les échantillons, les espèces dominantes sont les Portunidae (90%) des genres (*Thalamita*, *Scylla*, *Portunus*, *Charybdis*, *Podophthalmus*), dominé principalement par *Thalamita* soit en moyenne 367,5 g par sous-échantillon (fig 12).

Les Processidae, Peneidae, Palaemonidae, et Alpheidae représentent 8% (*Processa japonica*, *Nickoides danae*, *Alpheus sp*, *Leander tennicornis*, *Peaneus sp.*). Les Céphalopodes, par les genres (*Sepia et Octopus*) et les Squilles (Gonodactylidae), représentés par *Gonodactylus* et *Squilla*, couvrent les 2% restant.

Le genre de crabe *Thalamita* rassemble deux espèces très proches : *Thalamita crenata* et *Thalamita mitsienseis*, qui n'ont pu être distinguées qu'après identification des individus sous loupe binoculaire. Pour quelques sous-échantillons, ces deux espèces ont été mélangées. Cependant, une estimation de leur part respective a été effectuée sur 25 échantillons. Il y a 98,64 % de *T. mitsienseis* et 0.13 % de *T.crenata*. L'espèce *Thalamita mitsienseis* est donc omniprésente et en grande quantité sur tous les échantillons. Certaines espèces comme *Processa japonica*,

Nickoides danae, *Alpheus sp*, *Leander tennicornis*, *Peaneus sp*, *Portunus longispinosus* sont présentes à 70 % sur certaines zones de pêche.

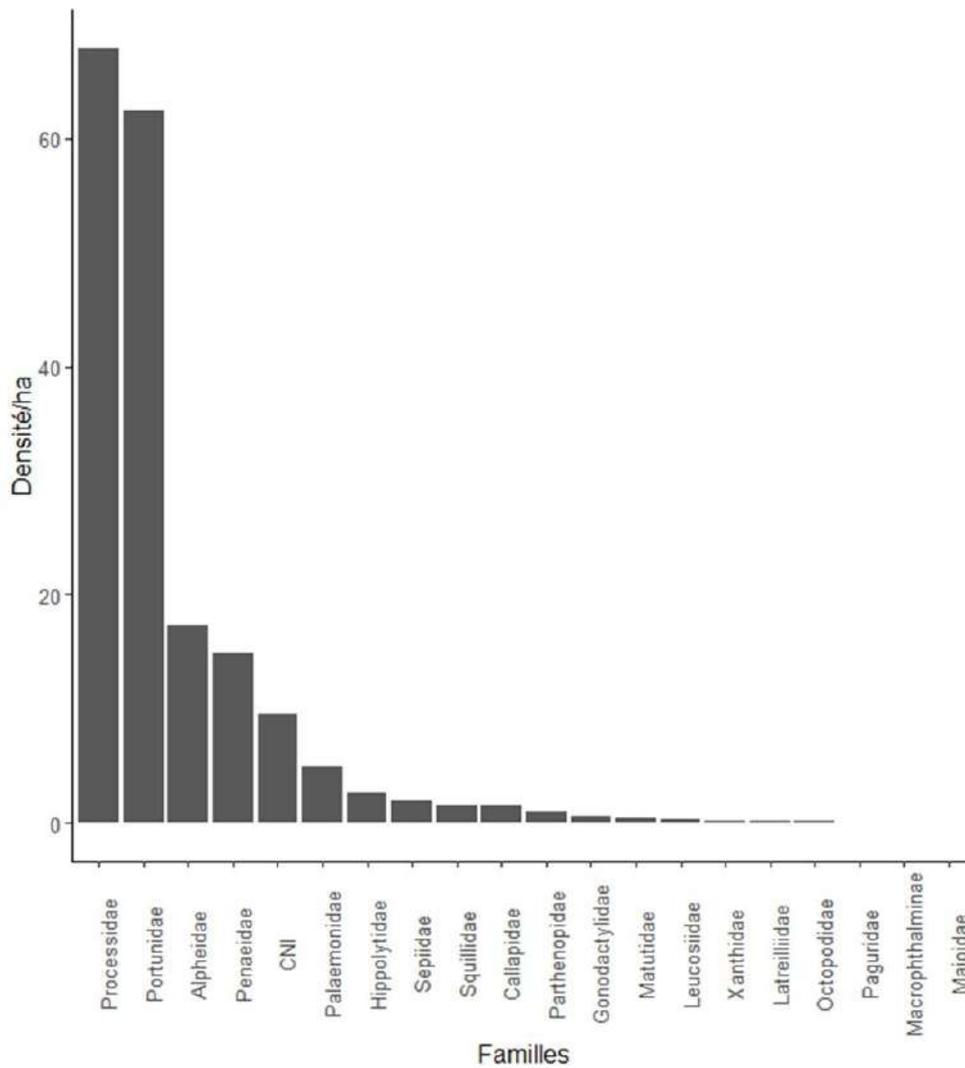


Figure 12: Densité des principales familles taxonomiques

La richesse spécifique par sous-échantillon variait de 1 à 14 espèces. Cette valeur est faible si on tient compte du nombre total des espèces. La plus forte richesse est observée dans le sous-échantillon L.Am1 et L;Av12 (Tableau 2)

Tableau 2 : Richesse spécifique par sous-échantillon

Sous-échantillons	Richesse Spécifique
L.Am1	14
L.Am2	12
L.Am3	8
L.Am4	11
L.Am6	10
L.Am7	9
L.AV9	12
L.AV10	11
L.AV12	14
L.AV13	10
L.AV14	11
L.Sm18	8
L.Sm20	7
L.Sm21	8
L.Sm24	9
L.Sv30	8
L.Sv31	7
L.Sv32	2
L.Sv33	7
L.Sv34	8
L.Sv36	10
L.Sv37	6
L.Sv38	11
L.Om40	6
L.Om41	7
L.Om42	6
L.Ov47	5
L.Ov48	3
L.Ov49	6
L.Ov50	9
L.Ov51	2
L.Ov52	7

Sous-échantillons	Richesse Spécifique
L.Ov53	2
L.Ov54	5
L.Ov55	4
L.Ov56	4
L.Nm59	9
L.Nm60	11
L.Nm61	6
L.Nv64	9
L.Nv65	9
L.Nv68	5
L.Nv69	1
L.Nv70	3
L.Nv72	4
L.Dv73	8
L.Dv76	5
L.Dv78	1
L.Dv79	1
L.Dm89	7
L.Dm91	2
L.Dm92	8
L.Dm94	7
L.Jm95	6
L.Jm96	12
L.Jm98	1
L.Jm100	3
L.Jm101	8
L.Jm102	3
L.Jm103	1
L.Fm105	5
L.Fm107	7
L.Fm108	5
L.Fm111	4
L.Fm115	2

➤ L'indice de Shannon

L'indice de Shannon permet d'exprimer la diversité spécifique d'un peuplement étudié. Dans cette étude, l'indice de Shannon a montré que 33% des espèces montrent une valeur de $H' = 0$. 49% ont un H' comprise entre 1 et 3, et 18% entre 3 et 5.

➤ Analyse temporelle

L'approche multidimensionnelle de la structure des communautés montre nettement « l'effet saison » avec une évolution progressive de la structure de communautés entre les mois d'hiver austral et ceux de l'été austral (figure 13). Cette évolution est confirmée statistiquement par une ANOSIM ($p < 0,01$). Les valeurs en densités observées pendant les deux saisons sont aussi très différentes. L'indice de stress est de 0,18, ce qui indique une qualité d'ajustement moyenne de la projection bidimensionnelle par les données originales.

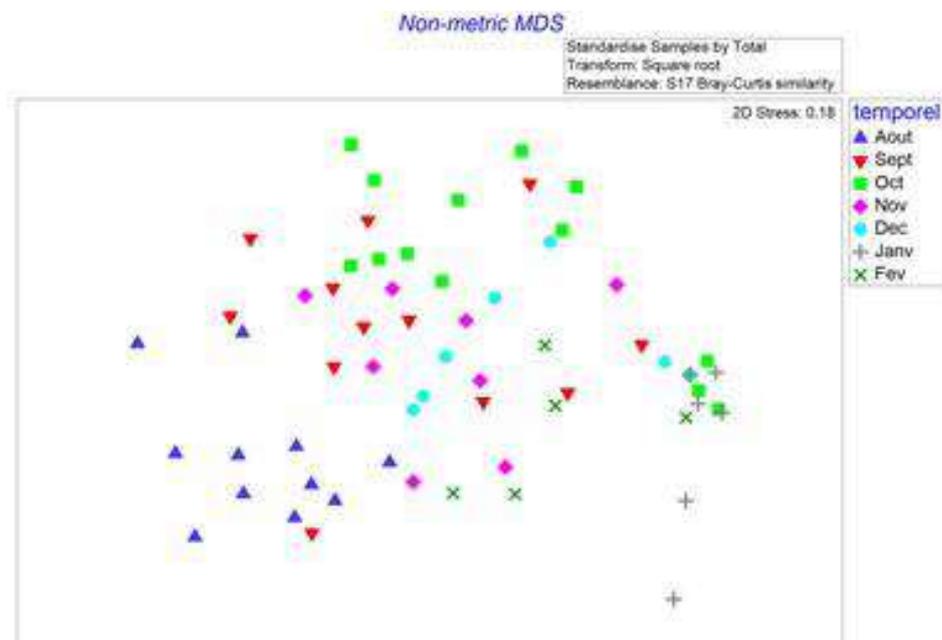


Figure 13: Analyse multidimensionnelle (nMDS) de la structure faunistique globale ($n = 66$ sous-échantillons) (en densité) en fonction du facteur « mois / saisons ».

Par saisons

Les valeurs de densité des différentes familles recensés dans cette étude montrent que la densité peut atteindre jusqu'à 20,38 individus/ ha en hiver, et 14,83 individus/ha en été. On peut résumer donc que la densité est plus forte en hiver qu'en été. La densité des différentes familles étudiées présente des différences significatives pour chacune des saisons testées (KW, $p < 0,001$ hiver et été) (Fig 14 A et B). Cependant, la densité des familles de *Portunidae* et

Processidae semblent assez abondantes en hiver et en été (respectivement de 61 Ind/ha et 93ind/ha en hiver, et 62 Ind/ha et 32 Ind/ha en été) par rapport aux autres familles, bien qu'une diminution de cette densité soit constatée en été.

La famille des *Processidae* est la plus abondante en hiver tandis que les *Portunidae* dominent en été (Annexe 10). On peut noter alors que le facteur « saison » a un effet significatif sur la densité des différentes familles surtout aux niveaux des familles dominantes.

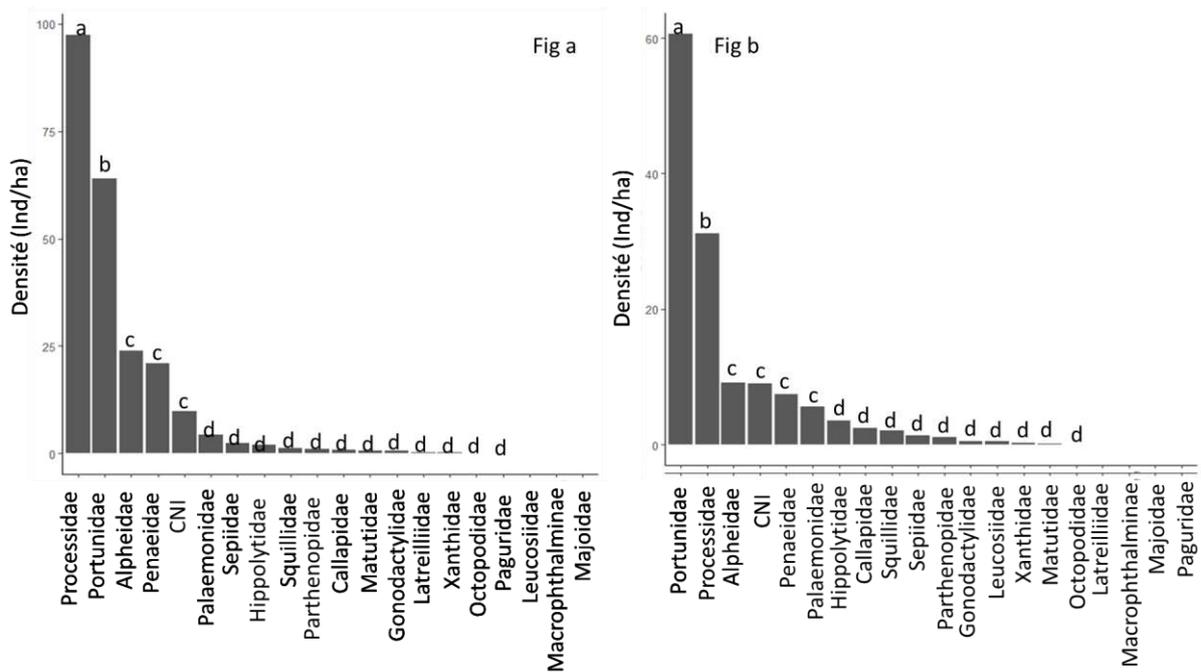


Figure 14 : Densité moyenne des principales familles taxonomiques en fonction de la saison
a, b, c indiquent les significativités à 99%, Fig a : densité en hiver, Fig b : densité en été

La biomasse moyenne des Familles ne montre aucune différence entre les deux saisons. Une forte dominance des *Processidae*, *Peneidae* et *Alphéidae* et *Portunidae* est remarquée en été et en hiver, par rapport aux autres familles. On peut remarquer aussi la dominance des crevettes par rapport aux autres familles. La biomasse des différentes familles étudiées présente des différences significatives pour chacune des saisons testées (KW, $p < 0,001$ hiver et été) (Fig 15 a et b).

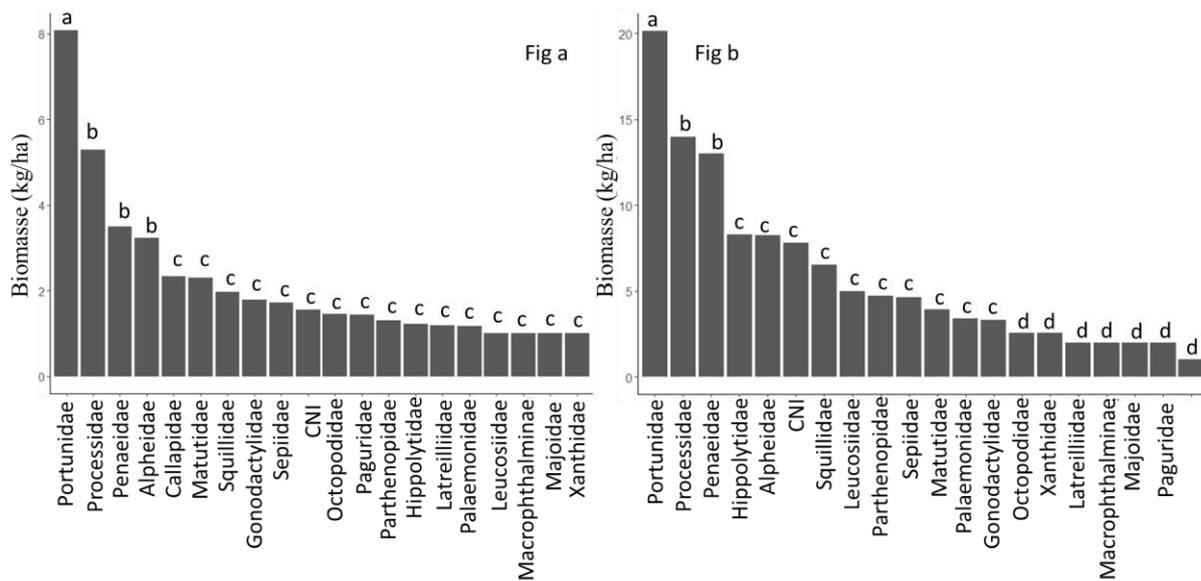


Figure 15: Biomasse des principales familles taxonomiques en fonction de la saison. a, b, c et d indiquent les significativités à 5 %, Fig a : biomasse en hiver, Fig b : biomasse en été

Analyse mensuelle

Les valeurs de la densité et biomasse des différentes espèces recensées durant les sept mois d'échantillonnages montrent qu'en moyenne la densité et la biomasse sont respectivement de 20,38 individus/ ha et 20,4 kg/ha. En comparant les sept mois d'échantillonnages, en densité et/ou en biomasse, le mois d'Aout et Septembre diffère significativement entre eux (KW, $p < 0,01$) et avec les autres mois (KW, $p < 0,01$) (Fig 16). Les autres mois ne se diffèrent pas entre eux. Le plus grand nombre d'espèces est observé é pendant le mois d'aout et janvier Une phase d'inter saison est observée durant le mois d'Octobre.

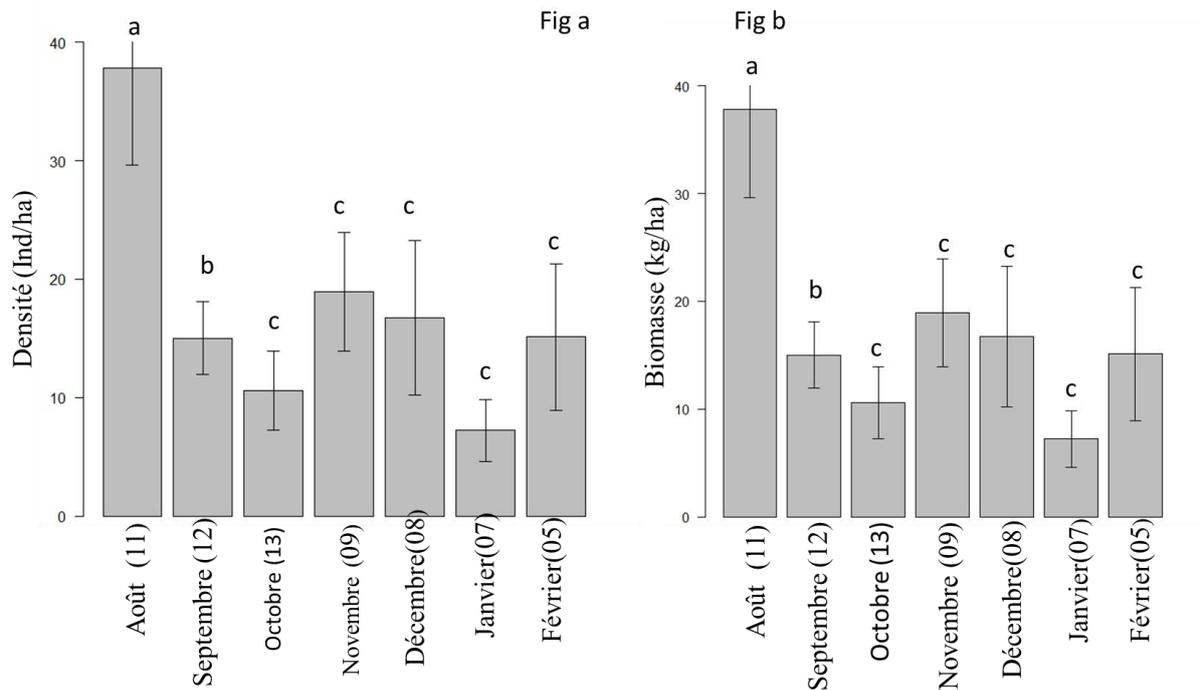


Figure 16: Densité et biomasse moyenne des invertébrés capturés durant les sept mois d'échantillonnage : Fig a = densité, Fig b =biomasse, a, b, et c indiquent les significativités à 99%. Barres = erreur standard.

Par cycle lunaire

La densité et la biomasse moyenne des captures semble supérieur en période de mortes eaux (respectivement 22,5 Ind/ha et 2,7 kg/ha) par rapport aux vives eaux (respectivement 13,5 Ind/ha et 2,1 kg/ha), mais aucune différence significative n'est observée entre les deux grandes phases de marées (KW, $p = 0,34$) (Fig 17). Le facteur incidence de marée n'était donc pas pris en compte pour la suite des analyses.

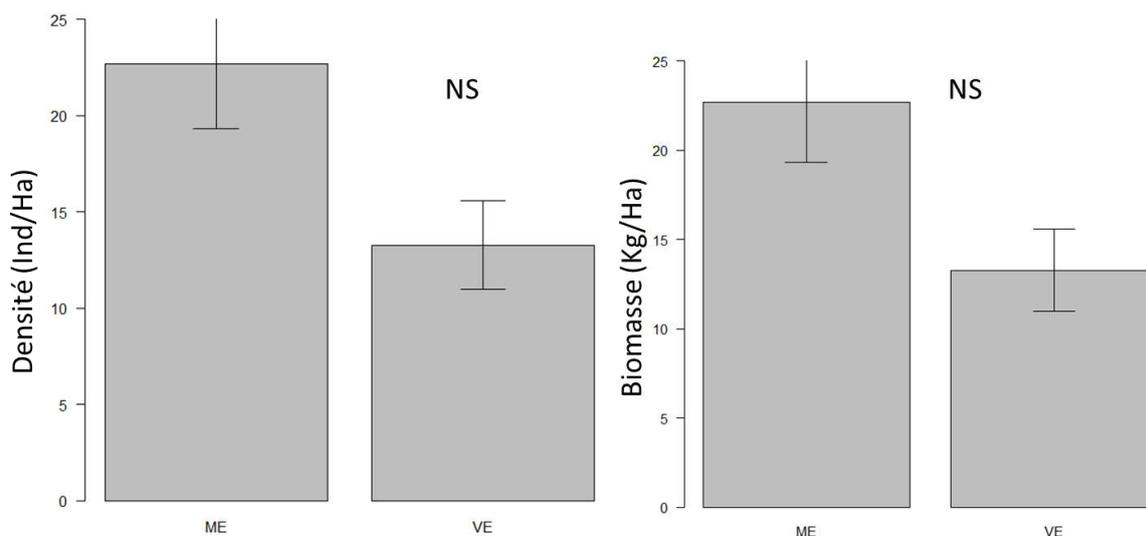


Figure 17: Densité et biomasse moyenne en fonction des marées: Barre= erreur standard, NS= non significatif ($p > 0,05$).

2.3 Effets des habitats

2.3.1 Typologie des habitats

Quatre-vingt-un (81) stations ont été choisies pour aider à définir les typologies des différents habitats benthiques (fig. 2). Elles sont réparties sur le platier du récif frangeant d'Ankilibe qui abrite les différentes formations à herbiers dit de haut niveau.

D'après les sorties de vérité terrain, et à l'issue de la phase de détournement manuel des formations d'herbiers identifiables sur l'image satellite (Granger, 2018), **27** types d'habitats ont été répertoriés sur la zone d'étude (annexe 10). Chaque type d'habitat correspond : 1- à la nature des espèces d'herbiers rencontrés (herbiers monospécifiques, herbiers mixte à deux ou trois espèces dominantes), 2- à la nature du substrat, 3- à une valeur du taux de recouvrement de l'herbier (estimée en pourcentage pour une surface de 3 m²), 4- à un taux d'algues épiphyte qui colonise l'herbier, 5- à la hauteur de canopée exprimé en centimètre (tableau 4).

Les facteurs tel que le taux de recouvrement, le taux d'épiphyte, la hauteur de canopée ainsi que la valeur en densité et de la faune de chaque station, ont été comparés les uns les autres. Cette première analyse discriminante a permis d'affiner les différentes typologies de milieux identifiées initialement (27 types d'habitats), comme le montre l'exemple du tableau 3. Après avoir fait la comparaison de ces différents facteurs environnementaux, plusieurs types d'habitats comparables ont été rassemblés.

Tableau 3 : Exemple de regroupement des types d'habitats en fonction du recouvrement des herbiers (%), du taux d'épiphyte (%), de la hauteur de la canopée (cm), et de la densité faunistique (Ind/ha) et de la richesse spécifique observées sur quelques stations

Stations	Types d'habitats identifiés initialement	Taux de recouvrement (%)	Taux d'épiphyte (%)	Hauteur de la canopée (cm)	Densité (Ind/ ha)	Richesse Spécifique	Types d'habitats finaux
2	herbier mixte avec 2 types: <i>Syringodium isoetifolium</i> , <i>Halodula uninervis</i> et <i>Syringodium isoetifolium</i> dominant	90	100	27,5	769,87	10	Herbier mixte à deux espèces <i>Syringodium isoetifolium</i> dominant
20	herbier mixte avec 2 types: <i>Syringodium isoetifolium</i> , <i>Halodula uninervis</i> et <i>Syringodium isoetifolium</i> dominant	50	80	2,5	913,48	9	
19	herbier mixte avec 3 types: <i>Cymodocea serrulata</i> , <i>Syringodium isoetifolium</i> , <i>Halodula uninervis</i> et <i>Cymodocea serrulata</i> dominant	55	80	27,5	913,48	9	Herbier mixte à trois espèces avec <i>Cymodocea serrulata</i> dominant
32	herbier mixte avec trois types: <i>Cymodocea serrulata</i> , <i>Syringodium isoetifolium</i> , <i>Thalassondrendron ciliatum</i> avec <i>Cymodocea serrulata</i> dominant	65	60	17,5	2040,25	10	
64	herbier mixte avec trois types: <i>Cymodocea serrulata</i> , <i>Syringodium isoetifolium</i> , <i>Thalassondrendron ciliatum</i> avec <i>Cymodocea serrulata</i> dominant	72,5	80	17,5	3336,60	12	

Quinze (15) types d'habitats dominants ont été retenus au final (Figure 18). Les habitats sont constitués par différents types de substrat et de phanérogames marines associées, des habitats mono spécifiques et des habitats constitués par une mixité d'algues et de plusieurs espèces de phanérogames. Ces habitats sont dans la plupart des cas, constitués par des herbiers « en patch ». Les principales formations rencontrées sont les suivantes.

Tableau 4 : Principaux types d'habitat

	<p>Les herbiers mixtes à <i>Thalassia hemprichii</i> et monospécifique à <i>Halodula uninervis</i> dominant la majeure partie des surfaces du platier à herbiers. Une diversité d'habitat devant le village d'Ankilibe est observé, avec des recouvrements faibles.</p>
	<p>Des habitats à herbiers mixtes à <i>Thalassondrendron ciliatum</i> (Tc) qui marquent une dominance dans différents endroits et ont une préférence pour les sédiments grossiers.</p>
	<p>Des habitats monospécifiques à <i>Thalassia hemprichii</i> ou à <i>Cymodocea serrulata</i>, <i>Halodula uninervis</i>, ou <i>Thalassondrendron ciliatum</i> associé à un substrat sableux</p>
	<p>Des habitats mixtes à <i>Syringodium isoetifolium</i>, <i>Halophila ovalis</i> associés à un substrat vaseux</p>
	<p>Des habitats à herbiers mixtes à <i>Thalassia hemprichii</i> (Th), <i>Cymodocea serrulata</i> (Cs), <i>Halodula uninervis</i> (Hu), <i>Syringodium isoetifolium</i> (Si), <i>Halophila ovalis</i> (Ho) qui sont associés à un substrat sablo-vaseux.</p>
	<p>Des habitats formés par un substrat nu dominé par des vases ou des sables vaseux selon les cas.</p>
	<p>Des habitats mixtes associés de phanérogames et à des Sargasses.</p>

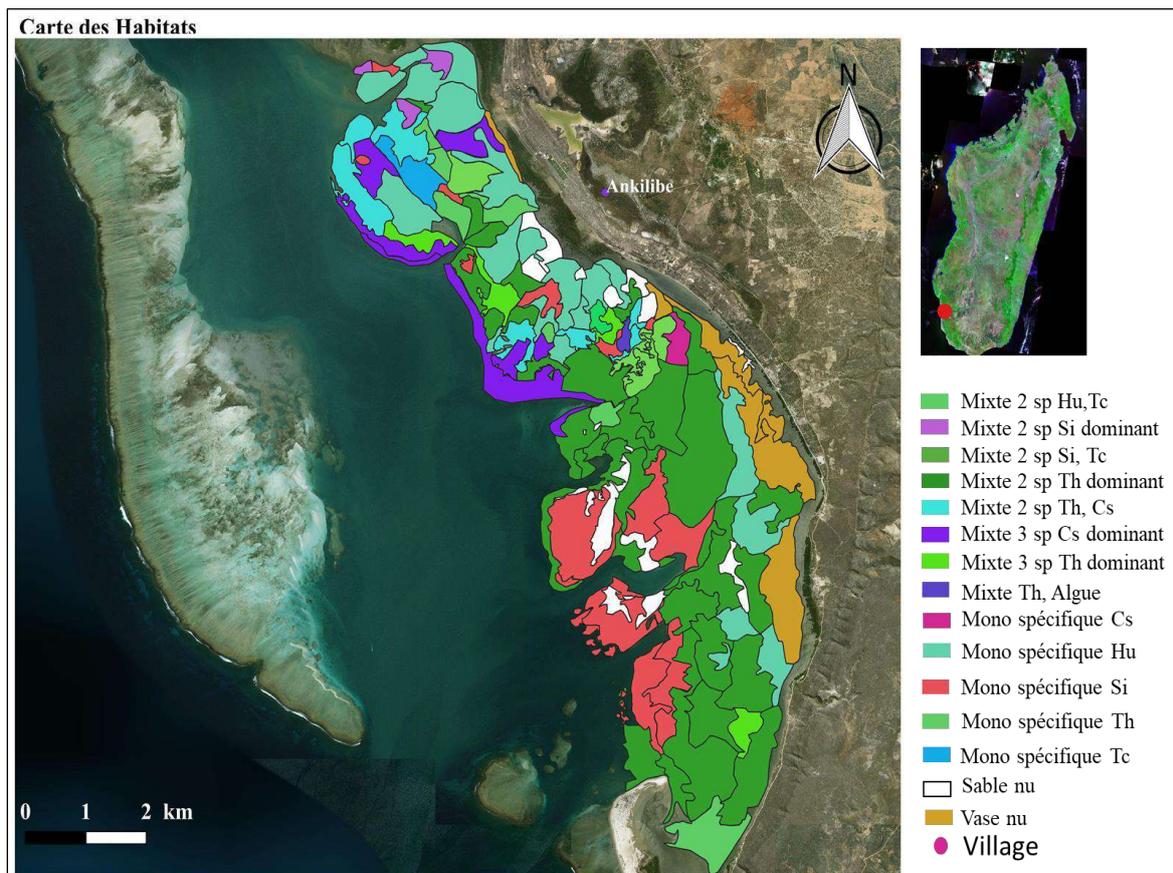


Figure 18: Cartographie des différents groupes d'habitats benthiques littoraux rencontrés sur le récif frangeant du sud de la baie de Toliara (formations d'herbiers, algueraies, types de substrats) en mars 2019.

2.3.2 Analyse des interactions entre la « macrofaune benthique » et les habitats

2.3.2.1 Richesse spécifique et densité faunistique par types d'habitats

La richesse, la densité et la biomasse des invertébrés varient considérablement d'un type d'habitat à un autre. L'habitat mono spécifique à *C. serrulata* est le plus pauvre qualitativement avec seulement 4 espèces d'invertébrés à l'exception des stations 16,17, et 18 qui sont des herbiers mixtes mais avec seulement 2 espèces (cf annexe 11). Les habitats à herbiers mixtes avec dominance de deux ou trois espèces (*T. hemprichii* et/ou *T. ciliatum* et/ou *Cymodocea serrulata*) sont en général plus riches (RS comprises entre 7 à 14) en espèces et en familles d'invertébrés. Les autres autres types d'habitats occupent une place intermédiaire (fig 19). Le tableau 5 résume quelques stations selon des différents facteurs.

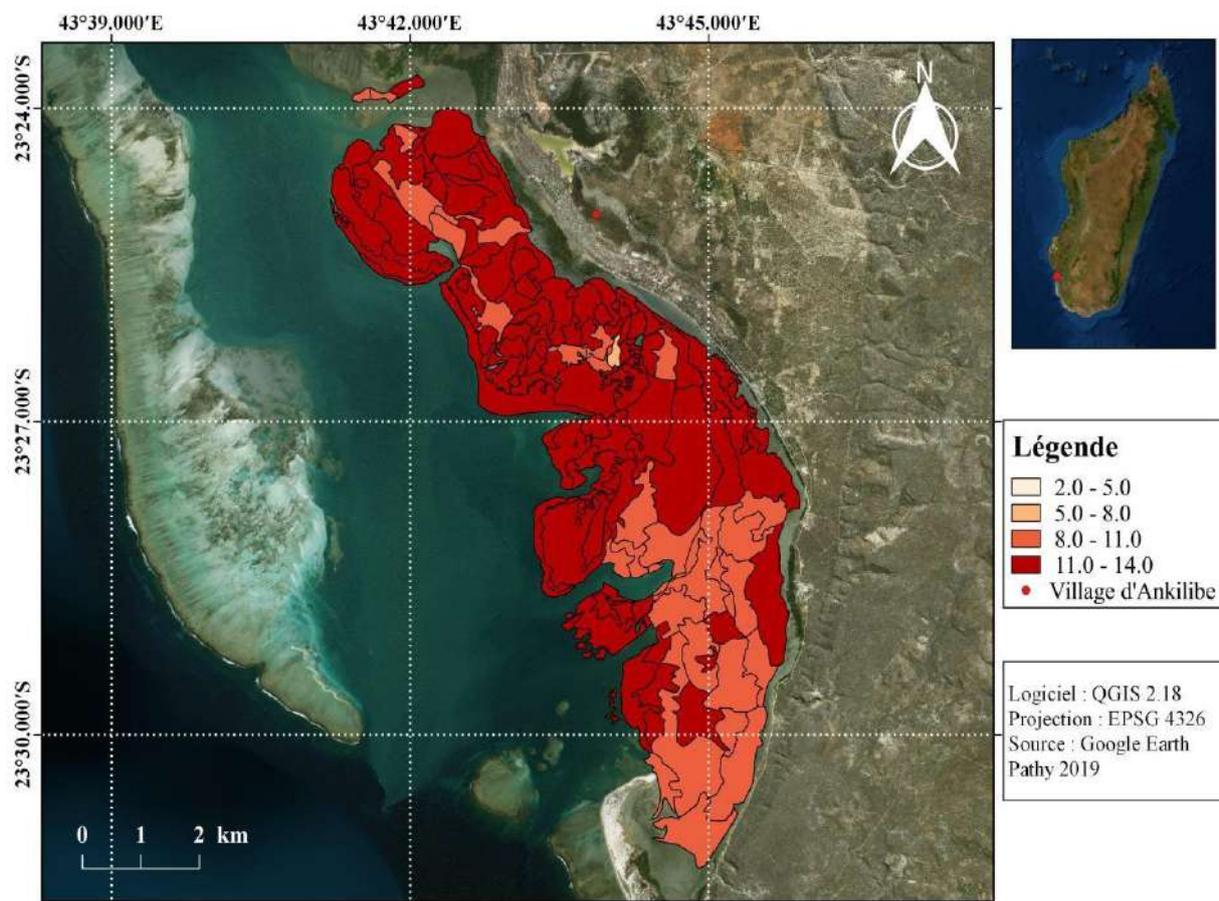


Figure 19: Distribution spatiale de la richesse spécifique en macrofaune par principaux types d'Habitats

Tableau 5 : Caractéristiques des peuplements par principaux types d'habitats (Stations types, densité en Ind/ha, biomasse en kg/ha) pour quelques types

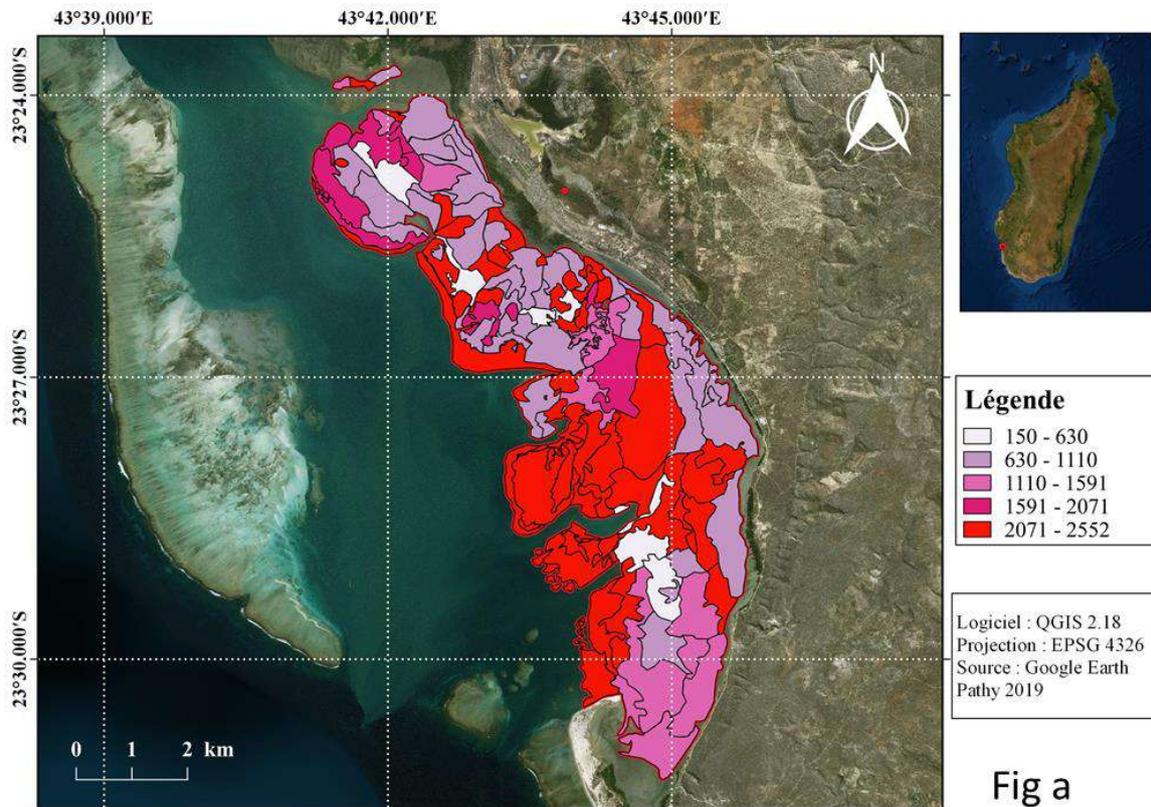
Stations « type »	Types habitats	Recouvrement. (%)	Epiphyte (%)	Hauteur canopé (cm)	Densité (ind/ha)	Richesse spécifique	Biomasse (kg/ha)
7	Mono spécifique <i>Syringodium isoetifolium</i>	5	80	7,50	322,18	11	0,57
8	Mono spécifique <i>THalasondrendron ciliatum</i>	5	2,5	2,50	322,18	11	0,57
19	herbier mixte à 3 sp <i>Cymodocea serrulata</i> dominant	55	80	27,50	913,48	9	3,04
20	herbier mixte à 3 sp <i>Syringodium isoetifolium</i> dominant	50	80	2,50	913,48	9	3,04

38	herbier monospécifique à <i>Halodule uninervis</i>	50	80	10,00	949,87	7	3,59
40	herbier monospécifique <i>Halodule uninervis</i>	50	7,5	7,50	395,64	7	1,72
43	vase nue	0	0	0,00	1145,09	7	6,61
56	herbier monospécifique <i>Halodule uninervis</i>	25	30	12,50	1164,05	7	19,19
63	herbier mixte à trois espèces avec <i>THalassia hemprichii</i> dominant	22,5	15	7,50	1683,82	7	1,40
66	herbier mixte à 2 sp <i>THalassia hemprichii</i> et <i>Cymodocea serrulata</i>	10	20	7,50	3638,73	12	9,73
76	sable nu	0	0	0,00	6534,69	14	20,18
79	Mono spésifique <i>THalasondrendron ciliatum</i>	25	10	2,50	4009,26	14	15,31
88	sable nu	0	0	0,00	171,21	6	1,91
99	herbier mixte à deux espèces avec <i>THalassia hemprichii</i> dominant	45	50	12,50	2588,82	9	6,99
101	mixte 3 sp Hu, Th, Tc	17,5	90	15,00	860,64	9	4,40
102	vase nu	0	0	0,00	97,86	8	3,32
103	herbier mixte à 3 sp avec <i>THalassia hemprichii</i> , <i>Halodule uninervis</i> , <i>THalasondrendron ciliatum</i> dominant	40	10	2,50	97,86	8	1,36

2.3.2.2 Densité du peuplement par types d'habitats

La densité faunistique présente des différences significatives selon les habitats (Annexe 12). Cependant, les habitats mixtes à *Syringodium i. (Si)*/ *Thalassodendron c. (Tc)* ainsi que

les habitats dominés par des sédiments sableux montrent une densité plus forte par rapport aux autres types d'habitats (respectivement de 20 à 15 Ind/ Ha). On peut remarquer (Fig 20) que la densité faunistique globale est plus faible en hiver qu'en été.



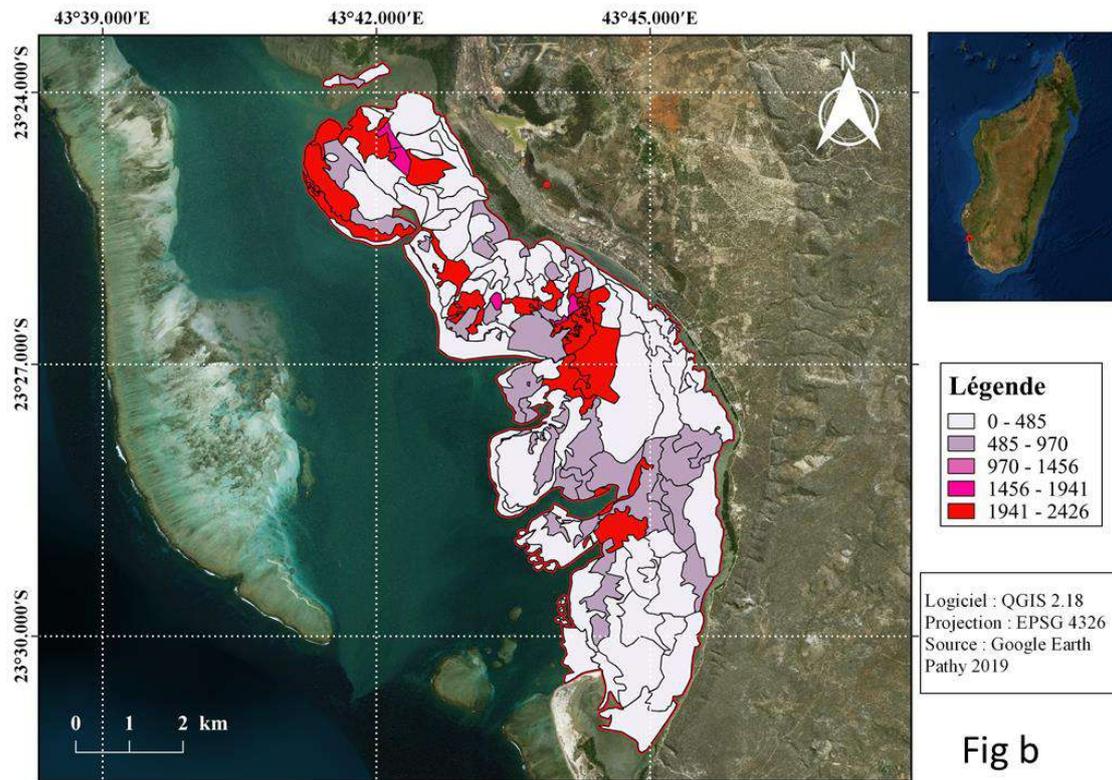


Figure 20 : Représentation spatiale de la densité par habitat pour chaque saison : Fig a: hiver et Fig b: été

Les habitats semblent être similaires les uns des autres, en terme de densité et biomasse. Le couple de la plus forte « densité / biomasse » est observé sur les habitats à mono spécifique à *Thalassondendron ciliatum* (en moyenne, respectivement 50 Ind/ha et 50 kg/ha) (Fig 21). Les habitats de type « vase nue » présentent les plus faibles valeurs (20 Ind/ha et 20 kg/ha).

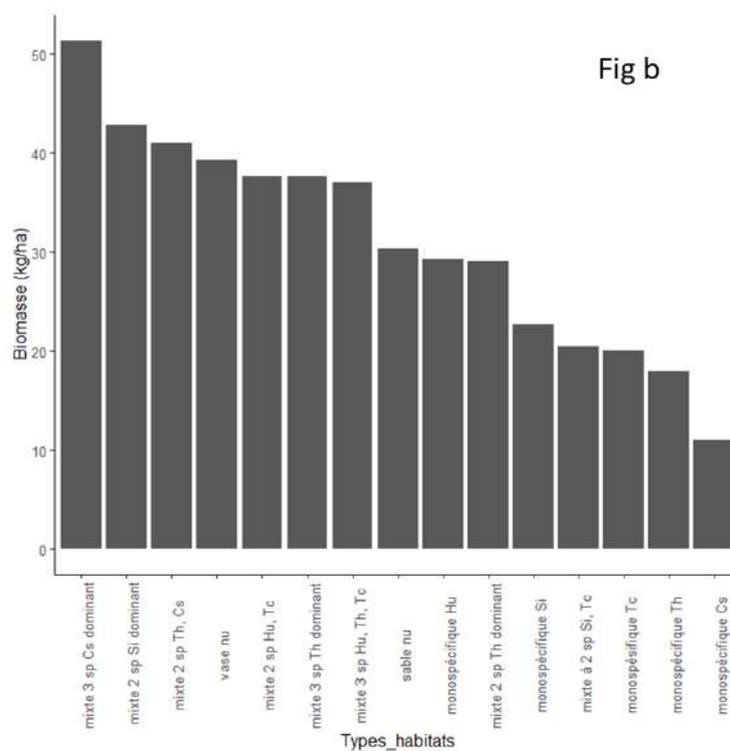
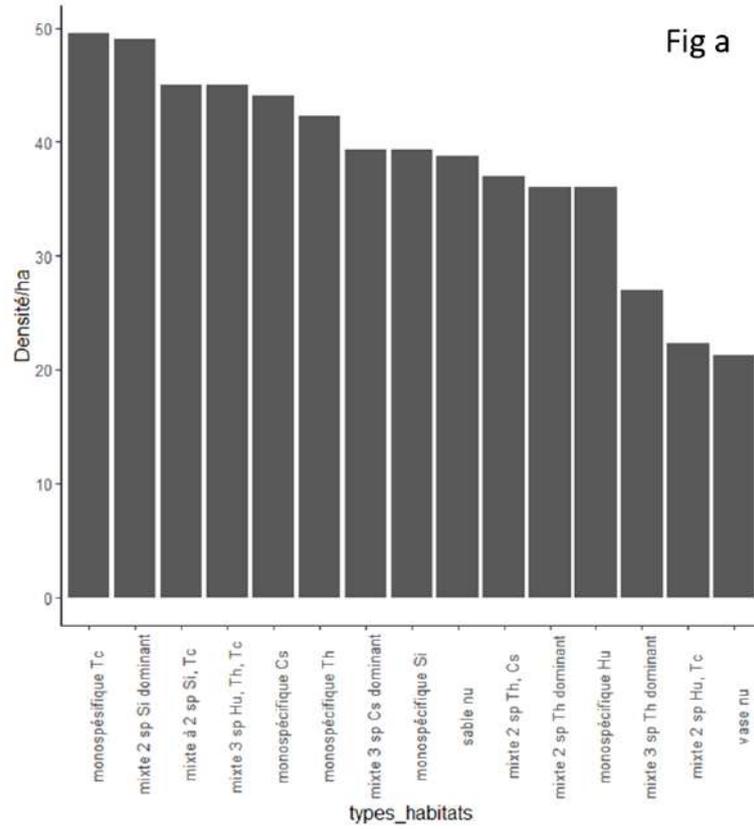


Figure 21: Densités (A) et biomasse (B) par types d'habitats. (Cs= *Cymodocea serrulata*, Hu= *Halodule uninervis*, Th= *Thalassia hemprichi*, Si= *Syringodium isoetifolium*, Tc=*Thalassodrendron ciliatum*).

L'analyse multidimensionnelle réalisée sur la base des données faunistiques et du facteur « habitats dominants » par station confirme bien ce résultat non significatif (ANOSIM $R = 0,236$, $p > 0,986$). Les résultats montrent que la macrofaune semble répondre de manière assez homogène, que l'on soit en présence d'un herbier « mixte à 2 ou 3 espèces d'herbiers, ou mono spécifique en mosaïque », ou que l'on soit en présence d'un substrat plus nu (vase ou sable) à proximité (cf. figure 21 et tableau 5)

En analysant chaque type d'herbier et l'effet saison, aux niveaux des familles dominantes, on observe un effet significatif de l'habitat et de la saison pour les Processidae. La densité des Portunidae montre une significativité dans les habitats mixtes à monospécifiques *Halodule uninervis* tandis que les habitats mixtes à *Thalassia hemprichii* pour la biomasse. L'habitat et la saison n'ont pas d'effets sur la densité et la biomasse des Alpheida.

3. DISCUSSION

3.1 Analyses des forces et faiblesses

L'étude de la macrofaune exploitée par la petite pêcheurie dans les herbiers de Toliara a permis d'améliorer l'état des connaissances des zones côtières les plus littorales du GRT, et en particulier des communautés d'herbiers et de substrats meubles. Notre étude a permis de mieux caractériser la structure des captures des invertébrés benthiques au niveau du village d'Ankilibe et a montré des variations de la densité des captures en fonction des principaux types d'habitat exploités. Cette étude a également confirmé qu'un nombre important d'invertébrés benthiques est exploité par les pêcheurs utilisant le chalut à moustiquaire. Cependant, notre analyse a été limitée par l'identification de certaines espèces, ce qui nous a conduites à limiter notre première approche à des genres principaux, et aux principales familles taxonomiques rencontrées.

Toutefois, nos résultats fournissent déjà une évaluation actualisée des caractéristiques de cette petite pêcheurie sur d'invertébrés qui est basée sur les captures réalisées par les pêcheurs. Nos premiers résultats peuvent servir de données de référence pour de futures études spatio-temporelles plus importantes ou plus axées sur la gestion de ces pêcheuries traditionnelles. De même, l'approfondissement des identifications sur certains genres et espèces issus des captures permettra ainsi d'étudier plus précisément les spécificités de ces communautés. Cela permettra d'approfondir les informations sur l'autécologie de certaines espèces, leurs régimes alimentaires, de mieux préciser la proportion de juvéniles/adultes pour chacune des espèces observées, et de préciser la taille à la maturation sexuelle de chacune des espèces, en valorisant les données de tailles des individus collectées dans cette étude.

Cette étude a également permis de mieux caractériser la structure des fonds meubles du récif frangeant littoral du GRT et donc des zones de pêche qui lui sont inféodées. Cinq espèces de phanérogames ont été identifiées dans les différents habitats, sous forme d'association diverses et variées (mixité ou herbiers mono spécifiques). La détermination de la typologie d'habitat des zones de pêche s'est basée sur les résultats d'un échantillonnage sur 81 stations, sur l'exploitation d'images satellitaires, et sur des extrapolations faites sur certaines zones d'herbiers non échantillonnées (cf. phase de vérité terrain). Les résultats obtenus au niveau de ces extrapolations sont donc estimatifs et mériteraient d'être confirmés ultérieurement.

3.2 Diversité de la macrofaune benthique

Les organismes vivant sur/ou dans les sédiments marins (macro benthos) présentent souvent une mobilité réduite. Cette caractéristique les rend extrêmement dépendants des variations de leur environnement (Gremare, 2007). Toute perturbation significative de l'environnement induit ainsi des modifications de la composition spécifique de la macro benthos. En termes de ressources disponibles pour la macrofaune, les zones d'échantillonnages associées aux herbiers et aux substrats meubles de la zone littorale d'Ankilibe couvrent une surface importante. Une large gamme d'espèces appartenant à de nombreux taxons (43 espèces) a été répertoriée durant cette étude. En comparant ce résultat à une étude faite il y a 26 ans sur le même secteur (Bigot, 1992) sur la station de Belaza (herbiers d'un ancien parc ostréicole), on observe que de nombreuses espèces recensés sont assez similaires (40 espèces), mais qu'en revanche, certaines espèces semblent avoir disparues au cours des 30 dernières années. De même, les espèces dominantes semblent très différentes entre les deux périodes. Si cette étude montre une forte dominance de Crustacés Décapodes (*Thalamita mitsienseis*) notamment, l'étude de 1992 est caractérisée par une structure de macrofaune différente (35,4 % de Crustacés), et notamment par une abondance d'Amphipodes (71%) inexistant dans l'étude actuelle. Cette différence pourrait s'expliquer d'une part par des différences entre engin d'échantillonnages (filet fauchoir & chalut moustiquaire), ainsi que par des différences de surface des zones échantillonnées. La surface balayée par chaque engin de pêche diffère significativement. Il est aussi probable alors que le « draotsy » n'atteignent pas ou laissent échapper les espèces qui s'enfouissent dans les sédiments. D'autre part' apparition de « draotsy » et leur nombre toujours croissant est à l'origine d'une activité de pêche intensive sur les invertébrés. Rafalimanana affirme lors de l'enquête effectuée en 1990 une croissance significative depuis les années 1980 de la pêche traditionnelle aux crevettes, aux langoustes et aux crabes. Les engins qui procurent le rendement de pêche le plus élevé sont les sennes et les filets maillants. Les résultats en biomasse de cette étude ne diffèrent pas de celle menées par Domalain en 2000 avec des captures par sortie, qui oscillent autour de 20 kg /ha (Fig 4 B) avec un pic en d'avril à juin pouvant atteindre les 60 kg /ha. Elles sont généralement composées de crevettes Pénéides (essentiellement *Penaeus indicus* et *Metapenaeus monoceros*).

L'indice de Shannon calculé a montré 49% des espèces ont une valeur comprise entre 1 et 3, et 18% comprise entre 3 et 5. Un indice de diversité élevé indique que les conditions de milieu sont favorables permettant l'installation de nombreuses espèces. Ce qui signifie que la diversité est reliée également à l'état d'évolution des écosystèmes.

L'analyse de la composition spécifique du macro benthos est souvent utilisée comme indicateur de la qualité des habitats marins (Gremare, 2007). De nombreux patches ont été observés durant les prélèvements sur les habitats, ce qui peut expliquer les différences de densités observées entre les différents types d'habitats. Cette différence peut s'expliquer aussi selon les niveaux trophiques de chaque espèce. On remarque une forte densité des Portunidae dans les habitats à herbiers mixtes qui sont le plus souvent dominants parmi les habitats identifiés. Les crabes interviennent à différents niveaux trophiques comme herbivores, détritivores, prédateurs et même sous forme de proies (Cumberlidge et al., 2005), et s'adaptent à différents types d'habitats allant du milieu aquatique à la terre ferme (Goussanou et al., 2017).

3.3 Diversité des herbiers

Toliara possède une assez forte diversité en phanérogames marines puisque sept espèces sont répertoriées dans cette étude. A Ankilibe, il existe des herbiers mono spécifiques et des herbiers pluri spécifiques. Les herbiers plurispécifiques ne comptent qu'un faible nombre d'espèces, le maximum observé à ce jour étant de 14 espèces (Green and Short, 2003). La majeure partie des zones de pêche d'Ankilibe est composée par des herbiers plurispécifiques. La couverture spatiale des herbiers des zones de pêche d'Ankilibe est caractérisée en grande partie par des herbiers mixtes à *Thalassia hemprichi*, *Cymodocea rotundata*, *C. serrulata*, *Halodule uninervis* et *Syringodium isoetifolium*. Ces espèces sont identiques à celles décrites il y a plus de 30 ans dans les zones qui se situent devant le village (Picard ,1967; Pichon ,1978; Thomassin ,1978). Les herbiers se rencontrent presque près du rivage surtout dans la partie nord des zones de pêche. Ces espèces dites de haut niveau sont retrouvées de manière générale entre 0 et 6 m de profondeur, et peuvent être également observable jusqu'à 15 mètres de profondeur (Cuvillier ,2016). Les zones de dépression post récifale présentant des sédiments plus grossiers et sont colonisées par *Thalassodendron ciliatum*. (Harmelin-Vivien ,1983). Ces herbiers forment souvent des patches mono spécifiques mais peut également se retrouver en présence d'autres espèces telles que *Cymodocea rotundata*, *Cymodocea serrulata*, *Halodule uninervis* et *Thalassia hemprichi* (Cuvillier, 2016). Cette large distribution permet d'apprécier la forte capacité d'adaptation de l'espèce *S. isoetifolium* à différents systèmes (Aioi and Pollard, 1993). Elle ne supporte pas de longues émergences (marée), témoignant de son adaptation à un milieu immergé.

Les herbiers mono spécifiques colonisent à grande échelle la partie sud des zones de pêche d'Ankilibe. La variabilité locale de l'environnement va pouvoir expliquer la distribution

à petite échelle spatiale des patches plus ou moins mono spécifiques. Le spectre de tolérance au substrat est très large pour des espèces telles que *Cymodocea*, *Halophila*, *Thalassia* ou *Syringodium* (Hily et al., 2010). Ces deux dernières espèces forment fréquemment des herbiers mixtes. *H. ovalis*, qui est une espèce pionnière opportuniste capable de se développer rapidement sur les sédiments nus ou altérés (Hillman et al., 2000), a une croissance rapide mais n'est pas adaptée à la compétition interspécifique. C'est ainsi qu'une fois le substrat colonisé, elle disparaît au profit d'autres espèces à croissance plus lente telles que *S. isoetifolium* (Hily et al., 2010) qui devient alors dominante comme cela a pu être observé sur la zone d'étude.

3.4 Effets spatio-temporels sur la densité des invertébrés

Les différences de densité et de richesse spécifique des invertébrés entre les sites et les périodes échantillonnées mettent en évidence un effet saisonnier entre la période estivale (Novembre à Mars) et la période hivernale (Aout à Octobre). En effet, les différences saisonnières observées sont le fait différences entre des familles dominantes pour chaque saison (Processidae en hiver et Portunidae en été) et le fait de différences de densité globale entre l'hiver et l'été, rencontré aussi dans les études faites par Ysebaert and Herman, (2002); Zapperi et al., (2018) Plusieurs facteurs peuvent expliquer ces différences. D'une part, ces différences peuvent s'expliquer par la coprésence ou la Co absence de quelques espèces peu communes du peuplement, et ne traduit pas une évolution qualitative du peuplement entre hiver et été. L'analyse témoigne d'une homogénéité qualitative et suggère une variabilité saisonnière assez modérée entre les prélèvements estivaux et hivernaux, comme cela est observé par Davoult, 1992 dans le détroit du Pas de Calais, Manche France. D'autre part, les variations saisonnières observées sont liées à de fortes variations de biomasse, notamment de l'espèce principale (*Thalamita mitsienseis*) qui représente toujours plus de 90% de la biomasse comme le cas dans l'étude de Ysebaert and Herman, 2002 dont l'espèce le plus abondant recouvrait 98% de l'abondance totale des macrofaunes recensés. La biomasse globale reste importante quelle que soit la période d'échantillonnage et la distribution relative des biomasses subit de variations temporelles. Les variations saisonnières observées peuvent s'expliquer par les variations de biomasse de la famille principale qui représente toujours, plus de 70 % de la biomasse totale. La période hivernale correspond à de faibles valeurs de biomasse par famille et par espèces, avant la croissance et la maturation estivale des gonades des invertébrés comme le montre Davoult, (1992).

L'incidence de la marée ne semble avoir eu aucun effet sur la densité des captures lors des 7 mois d'échantillonnages. Ceci est assez surprenant car les marées de Toliara sont assez importantes en terme d'amplitude et de type semi diurne, avec une alternance de pleine mer et de basse mer, et avec une alternance de vives eaux et mortes eaux par révolution synodique (Pichon ,1978). Cette marée agit sur la fréquence et la durée d'immersion-émersion des herbiers et sur les différents niveaux de la zone à balancement de marée. Elle conditionne ainsi toute une série de facteurs abiotiques tels que la température, les taux de matière en suspension, la salinité (Rasoamananto, 2012) qui pourraient affecter directement ou indirectement la densité des individus. Ce résultat mériterait d'être confirmé ou affirmé lors d'une prochaine étude.

Les résultats de cette étude indiquent que la structure des herbiers et leur taux de recouvrement peuvent être des facteurs qui influent le plus sur la diversité de la communauté de macro invertébrés, ce qui est en adéquation avec d'autres études (Ansari et al., 1991; Heck and Wetstone, 1977; Stoner, 1980). De plus, à des échelles plus fines, la complexité structurelle des herbiers marins est un facteur qui a une importance déterminante dans la sélection de l'habitat (abri, source de nourriture) par les poissons et les invertébrés à chacun de leurs stades biologiques (Bell and Westoby, 1986; Connolly, 1994; Rappe et al., 2013). Ces résultats ont également été observés dans d'autres habitats où les auteurs ont décrit que la complexité des herbiers favorisait une plus grande richesse et diversité (J. Webster et al., 1998; Travis, 2013) et une abondance supérieure (Fredriksen et al., 2010).

3.5 Impact des chaluts à moustiquaires sur les invertébrés et le milieu physique (herbiers).

Le chalutage de fond, est parmi tous les engins de pêche utilisés, celui dont l'impact sur le fond est le plus important, autant en terme de surface balayée que de pression exercée sur la surface (Delporte, 2015). Ils sont souvent utilisés dans les zones où il y a une forte concentration en phanérogames et en sédiments sablo-vaseux (Jaonalison et al., 2017). Le chalutage peut entraîner des changements dans la structure des habitats et des communautés qui leurs sont associées, et par conséquent modifier une partie de l'écosystème ou son ensemble. La pêche au chalut de fond a les conséquences les plus graves sur les herbiers profonds (FAO, 2001). Sur les zones peu profondes, la pêche au chalut affecte les herbiers marins par la remise en suspension des sédiments et par la détérioration directe de la masse végétale. La suspension de sédiment perturbe la photosynthèse de macrophytes en diminuant l'intensité de la lumière (Delporte, 2015). Ceci a été particulièrement bien observé sur les herbiers de Toliara soumis à un fort niveau d'envasement et à un taux de colonisation par les épiphytes qui est élevé. Ceci semble contribuer à la disparition des herbiers de phanérogames, et affecte le recrutement des poissons et la qualité des zones de nourrissage des juvéniles (Sanchez and Ramos Espla, 1996). Des études antérieures ont prouvés que la pêche au chalut à moustiquaire dans la baie de Toliara touche des individus de très petites tailles (taille minimale < 5 cm) (Ranaivomanana, 2019) et que la majorité des captures sont des juvéniles ou des adultes (Raharinaivo, 2018). L'augmentation du nombre de captures par les chaluts moustiquaires dans les herbiers perturbés peut également accroître la vulnérabilité du benthos dans ces habitats (Delporte, 2015). Une diminution du poids moyen de la densité et de la biomasse des poissons et des invertébrés dans les zones à herbiers marins exploités, ont été observé dans les réserves marines (Francour et al., 1999; Pinnegar et al., 2000). La combinaison du changement d'habitat et de la pratique des techniques de pêche destructive a une influence sur la richesse ichtyologique. (Jaonalison et al., 2017). Cette information est valable aussi pour les invertébrés (Rivière et al., 2015). Le changement de la diversité des invertébrés, par rapport à l'étude de Bigot en 1992 peut s'expliquer par l'usage intensif et croissant du « draotsy ». L'utilisation de cet engin sur les herbiers associés aux piétinements de pêcheurs, peuvent avoir des conséquences néfastes pour le milieu benthique. Par rapport aux données des années 1960 / 1970, il y a actuellement une réduction de la diversité spécifique des captures (Ramahatratra, 2014). Le changement affecte principalement les groupes herbivores, et les individus observés au niveau des captures ou lors des suivis qui sont de petite taille (Alasdair et al., 2010; Vasseur et al., 1988). Certaines espèces ont même tout simplement disparues du Grand Récif de Toliara (Bruggemann et al., 2012).

CONCLUSION

La présente étude est la première réalisée depuis 30 ans sur les communautés de macrofaune d'invertébrés des zones d'herbiers dans la baie de Toliara. Elle a été réalisée dans le village d'Ankilibe durant sept mois (d'Aout 2018 à Février 2019). Elle nous a permis d'étudier la structure actuelle des communautés benthiques d'invertébrés capturés à l'aide du chalut à moustiquaire. 55 % des captures effectuées sont des macros invertébrées, le reste étant constitué par des poissons. Sur les 65 échantillons traités, on a remarqué que les crustacés étaient plus importants que les céphalopodes en termes de densité et de biomasse. Les crabes Portunidae et les crevettes Processidae dominaient largement des autres Familles. Un effet saisonnier des captures est également observé dans cette étude. La période hivernale est associée aux plus fortes valeurs de densité (soit 90 Ind/ha contre 60 Ind/ha en été) tandis que l'été est associé aux plus fortes biomasses (20 kg/ha contre 8 kg/ha en hiver), et on remarque une inversion de la famille dominante selon les saisons en termes de densité.

Notre étude a également permis d'identifier les sites de pêche, et de caractériser les différents habitats littoraux au Sud du GRT. L'analyse effectuée sur les différents types d'herbiers a permis de caractériser le milieu benthique littoral et de proposer une typologie d'habitats pour la région de Toliara. 15 typologies d'habitats ont été rencontrées et constitués par des différents herbiers de phanérogames tels que *Thalassia heumprichii*, *Halodula uninervis*, *Thalassondrendron ciliatum*, *Cymodocea serrulata*, *Syringodium isoetifolium*, *Halophila ovalis*. Les différentes familles d'invertébrés recensés dans cette étude ont montré que la densité et la biomasse ont des variations importantes entre les habitats. Mais la macrofaune semble répondre de manière homogène, que l'on soit en présence d'un herbier mixtes ou monospécifique ou que l'on soit en présence d'un substrat nu.

Cette étude s'inscrit dans le cadre de la caractérisation de la pêcherie de la baie de Toliara, et les informations collectées lors des suivis de débarquement, pourraient servir à une étude de plus grande envergure. A ce titre, les données de poids des captures et le nombre de pêcheurs peuvent être valorisés, ce qui permettrait d'évaluer plus globalement la pression de pêche dans la baie. La saisonnalité des captures pourrait être aussi étudiée vu que le suivi global s'est étendu sur douze mois.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- Aioi K., Pollard P.C., 1993, Biomass, leaf growth and loss rate of the seagrass *Syringodium isoetifolium* on Dravuni Island, Fiji. *Aquat Bot* 282–292.
- Alasdair H., Manahira G., Sheppard A., Gough C., Sheppard C., 2010, Demise of Madagascar's once great barrier reef change in coral reef condition over 40 years. *Atoll research bulletin*.
- Ansari Z.A., Rivonker C.U., Ramani P., Parulekar A.H., 1991, Seagrass habitat complexity and macroinvertebrate abundance in Lakshadweep coral reef lagoons, *Arabian Sea. September 1991* 127–131.
- Asadi H., Sattari M., Motalebi Y., Zamani-Faradonbeh M., Gheytsi A., 2017, Length-weight relationship and condition factor of seven fish species from Shahrbijar River, Southern Caspian Sea basin, Iran. *Iranian Journal of Fisheries Sciences*.
- Bell H., Westoby M., 1986, Variation in seagrass height and density over a wide spatial scale: effects on fish and decapods. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 275–295.
- Belle E., Stewart G., De Ridder B., Komeno R.J.-L., Ramahatratra F., Remy - Zephir B., Stein - Rostaing R., 2009, Establishment of a community managed marine reserve in the Bay of Ranobe, southwest Madagascar. *Madagascar Conservation & Development* 4.
- Bigot L., 1992, Contribution to the study of circadian variations of the vagile fauna of superficial marine phanerogam meadows in southwest Madagascar (DEA in environmental chemistry and health). Faculty of Sciences and Techniques of St Jérôme 13397 Marseille Cedex 13, *Faculty of Sciences and Techniques of St Jérôme 13397 Marseille Cedex 13*.
- Brenier A., Mahafina J., Galzin R., Ferraris J., 2013, Participatory approaches: a solution for monitoring reef fisheries? *Nat. Sci. Soc.* 21, 293–306.
- Bruggemann J.H., Rodier M., Guillaume M.M.M., Andréfouët S., Arfi R., Cinner J.E., Pichon M., Ramahatratra F., Rasoamanendrika F., Zinke J., McClanahan T.R., 2012, Wicked Social-Ecological Problems Forcing Unprecedented Change on the Latitudinal Margins of Coral Reefs: the Case of Southwest Madagascar. *E&S* 17, art47.
- Clarke K.R., Gorley R.N., 2001, PRIMER v 5 : User manual/tutorial., PRIMER-E: Plymouth. UK.
- Connolly R.M., 1994, Removal of seagrass canopy: effects on small fish and their prey. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 99–110.
- Cumberlidge N., Walvoord M.E., Fenolio D.B., Stout J., 2005, Tree-Climbing Crabs (Potamonautidae and Sesarmidae) from Phytotelmic Microhabitats in Rainforest Canopy in Madagascar. *Journal of Crustacean Biology* 25, 302–308.
- Cuvillier A., 2016, Dynamique et fonctionnement des herbiers marins dans un complexe récifal anthropisé (île de la Réunion, océan Indien) (Ecologie, Environnement). *Université de la Réunion*.
- Davoult D., 1992, Choix raisonné de l'effort d'échantillonnage lors de l'étude spatiale de peuplements macrobenthiques. *C. R. Acad. Sc. Paris* 279–285.
- Delporte C., 2015, La sélectivité des engins de pêche et leur impact écologique, vers une pêche durable (Rapport BTSM 2^e Année), Spécialité Pêche et gestion de l'environnement marin.
- Domalain G., 2000, La pêche crevettière traditionnelle à Madagascar diversité spatiale 26.
- Fall M., 2008, Assessment of deep-sea resources (warm season campaign: 11-21 and 26-28 September 2008) (sagps mission report No. 4), *Senegalese Fisheries Development and*

- Management Strategy Program. Senegalese Institute of Agricultural Research, Centre de Recherches Océanographiques de Dakar-Thiaroye.*
- FAO, 2001, Impact de la pêche sur les écosystèmes en Méditerranée : Analyse des principales menaces des engins de pêche et de leur utilisation sur la biodiversité marine et les Habitats 60.
- Ferraro S.P., Cole F.A., 1994, Taxonomic level sufficient for assessing pollution impacts on the southern California bight macrobenthos? revisited 10.
- Francour P., Ganteaume A., Poulain M., 1999, Effects of boat anchoring in *Posidonia oceanica* seagrass beds in the Port-Cros National Park (north-western Mediterranean Sea) 11.
- Fredriksen S., Backer A., Bostr C., Christie H., 2010, Infauna from *Zostera marina* L. meadows in Norway. Differences in vegetated and unvegetated areas.
- Goussanou A., Chikou A., Ogni C.A., Kassa K.S., Houessionon B., Mensah G.A., Karim I.Y.A., 2017, Synthèse des connaissances sur l'écologie et la biologie des crabes (Crustacés, Décapodes, Brachyours). *revue paper 3004*.
- Green E.P., Short F.T., 2003, World atlas of seagrasses. Univ of California.
- Gremare A., 2007, Ecosystèmes aquatiques : Ressources et valorisation, Chapitre : Biodiversité et fonctionnement des écosystèmes aquatiques. *revue scientifique 68*.
- Harmelin-Vivien M.L., 1983, étude comparative de l'ichtyofaune des herbiers de phanérogames marines en milieux tropical et tempéré. *Rev. Ecol. (Terre Vie) 38*.
- Heck K.L., Wetstone G.S., 1977, Habitat Complexity and Invertebrate Species Richness and Abundance in Tropical Seagrass Meadows. *Journal of Biogeography 4, 135*.
- Hiddink J.G., Jennings S., Sciberras M., Szostek C.L., Hughes K.M., Ellis N., Rijnsdorp A.D., McConnaughey R.A., Mazor T., Hilborn R., Collie J.S., Pitcher C.R., Amoroso R.O., Parma A.M., Suuronen P., Kaiser M.J., 2017, Global analysis of depletion and recovery of seabed biota after bottom trawling disturbance. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A. 114, 8301–8306*.
- Hillman K., McComb A.J., Bastyan G., Paling E., 2000, Macrophyte abundance and distribution in Leschenault Inlet, an estuarine system in south-western Australia. *Journal of the Royal Society of Western Australia 7*.
- Hily C., Duchene J., Bouchon C., Bouchon-Navaro Y., Gigou A., Payri C., Védie F., 2010, Les herbiers de phanérogames marines de l'outre-mer français. *Conservatoire du littoral 140*.
- J. Webster P., Rowden A., Attrill M., 1998, Effect of Shoot Density on the Infaunal Macro-invertebrate Community within a *Zostera marina* Seagrass Bed.
- Jaonalison H., Ponton D., Leopold M., Durand J.-D., 2017, Amélioration de la connaissance en biodiversité de poissons des herbiers marins à travers la pêche traditionnelle (Cas du Sud-ouest de Madagascar). *Actes du forum de la recherche 22-23 Septembre 2017 à NosyBe. 185*.
- Kaiser M.J., Collie J.S., Hall S.J., Jennings S., Poiner I.R., 2002, Modification of marine habitats by trawling activities: prognosis and solutions. *Fish Fisheries 3, 114–136*.
- Le Loc'H F., 2004, Structure, fonctionnement, évolution des communautés benthiques des fonds meubles exploités du plateau continental Nord Gascogne. *Ecologie Environnement 369*.
- Mahafina J., 2011, Perception et comportement des pêcheurs pour une gestion durable de la biodiversité et de la pêcherie récifale : application au niveau des réserves marines temporaires du sud ouest de Madagascar 186.
- Picard L., 1967, Essais de classement des grands types de peuplements marins benthiques tropicaux d'après les observations effectuées dans les parages de Tuléar (S.W. de Madagascar). *Sta. mar. Endoume 3–24*.

- Pichon M., 1978, Recherches sur les peuplements à dominance d'anthozoaires dans les récifs coralliens de Tuléar (Madagascar). *Atoll Research Bulletin* 1–490.
- Pinnegar J.K., Polunin N.V.C., Francour P., Badalamenti F., Chemello R., Harmelin-Vivien M.-L., Hereu B., Milazzo M., Zabala M., D'Anna G., Pipitone C., 2000, Trophic cascades in benthic marine ecosystems: lessons for fisheries and protected-area management. *Envir. Conserv.* 27, 179–200.
- Poupin J., 2008, Crustacés de l'île de la Réunion (Décapodes et Stomatopodes). *Rapport scientifique préliminaire de l'Institut de Recherche de l'Ecole Navale*, 85.
- Price N., Ferriday J., 2000, Madagascar marine conservation research programme (*Science Report No. MGM Phase 174*). Nosy Be, Madagascar.
- Pullin D.R., 1997, La Convention sur la diversité biologique: ouvre de nouveaux horizons à la recherche aquacole. *ICLARM, Biodiversity and Genetic Resources Program 10*, 1.
- Rafalimanana, 1990, Pêche et aquaculture à Madagascar, l'enquête cadre dans les principales pêcheries des eaux intérieures de Madagascar - 1988/1989 (*FAO No. 11*).
- Raharinaivo L.R., 2018, Etude de la maturité sexuelle des poissons capturés par les petits pêcheurs d'Ankilibe dans les herbiers de la baie de Toliara (sud-ouest de Madagascar) (*Mémoire de fin d'étude pour l'obtention du Diplôme d'Etude Approfondie (DEA) en Océanologie Appliquée*). Université de Toliara, Institut Halieutiques et des Sciences Marines.
- Rakotoarinivo A., 1998, Les petits poissons pélagiques de la région de Toliara (Sud-Ouest de Madagascar) : Biologie, Ecologie, Exploitation et Aménagement. (*Doctorat*). Institut Halieutiques et des sciences marines, Université de Toliara.
- Ramahatratra F., 2014, Study of the resilience capacity of the great reef of Toliara and its sustainable management (*Doctoral Thesis, Institute of Fisheries and Marine Sciences*). University of Toliara, University of Toliara.
- Ranaivomanana H.S., 2019, Étude de la structure en tailles des captures de poissons dans la pêcherie récifale de la baie de Toliara, sud-ouest de Madagascar. Master 2 Biodiversité et Écosystèmes Tropicaux Parcours Écosystèmes Aquatiques, Littoraux et Insulaires Université de La Réunion Année universitaire (Master 2), *Biodiversité et Écosystèmes Tropicaux Parcours Écosystèmes Aquatiques, Littoraux et Insulaires*. Université de la Réunion.
- Ranaivomanana L.N.J., Ranaivoson E., Fontenelle G., Rabenevanana M.W., Ramiaramanana J., CORMIER S.M.C., Ralijaona C., 2006, Identification of the conditions of appropriation of the sustainable management of natural resources and ecosystems: "Case of the Great Reef of Toliara (*PhD thesis*). University of Toliara, University of Toliara.
- Randriatsara R.M., 2018, Étude spatiale de la pêche traditionnelle à partir de l'analyse des trajectoires des pirogues Cas du village d'Ankilibe, sud-ouest de Madagascar. In: Mémoire de Fin d'étude *En Vue d'obtention Du Diplôme d'Études Approfondies (DEA) En Océanologie Appliquée*. p. 65.
- Rappe A., Rohani N.N., Muhammad, Latuconsina H., Lajus D., 2013, Relationship between the tropical seagrass bed characteristics and the structure of the associated fish community 3, 331.
- Rasoamananto I., 2012, Application of benthic diatoms for the biological quality evaluation with the impact of municipal wastewater of Toliara city (Madagascar) – *Investigation about a diatomic index. (thèse de Doctorat)*. Université de Toliara.
- Rivière M.L., Aish A., Gauthier O., Grall J., Guérin L., Janson A.-L., Labrune C., Thibaut T., Thiébaud E., 2015, *Méthodologie pour l'évaluation de la sensibilité des habitats benthiques aux pressions anthropiques* 53.

- Sanchez J., Ramos Espla A.A., 1996, Detection of environmental impacts by bottom trawling on *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows: sensitivity of fish and macroinvertebrate communities. *Journal of Ecosystem Health* 239–253.
- Schindelin J., Carreras I.A., Erwin F., Kaynig V., Longair M., Pietzsch T., Preibisch S., Rüdén C., Saalfeld S., Schmid B., Tinevez J.-Y., Blanc D.J., Hartenstein V., Eliceiri K., Tomancak P., Cardon A., 2012, Fiji : an open-source platform for biological image analysis. *Natural methods* 676–682.
- Stoner A.W., 1980, The Role of Seagrass Biomass in the Organization of Benthic Macrofaunal Assemblages 15.
- Thomassin B., 1978, Peuplements de sédiments coralliens de la région de Tuléar (S.W. de Madagascar) et leur insertion dans le contexte côtier IndoPacifique (*Thèse de Doctorat en Sciences*). Aix-Marseille II.
- Travis F., 2013, Effects of habitat complexity on invertebrate biodiversity 2.
- Vasseur P., Gabrie C., Harmelin-Vivien M., 1988, State of coral reefs and Mangroves of the Tulear region (SW Madagascar). *Proceedings Sixth International coral reef Symposium* 2, 421–426.
- Ysebaert T., Herman P.M.J., 2002, Spatial and temporal variation in benthic macrofauna and relationships with environmental variables in an estuarine, intertidal soft-sediment environment. *Marine ecology progress series* 105–124.
- Zapperi G., Piovan M.J., Pratolongo P., 2018, Community structure and spatial zonation of benthic macrofauna in mudflats of the Bah'ia Blanca Estuary, Argentina. *Journal of Coastal Research* 318–327.

REFERENCES D'IDENTIFICATION TAXONOMIQUES DES ESPECES DE FAUNES

- Crosnier A., 1978. Crustacés Décapodes Pénéidés Aristeidae (Benthescyminae, Aristeinae, Solenocerinae). *Collection les faunes de Madagascar. Paris* 185 p
- Thomassin B., 1969. Indetification, variabilité et écologie des Hippidae (Crustacea, Anamura) de la région de Tuléar, S.W de Madagascar. 177 p
- Ledoyer M., 1967. Les caridea de la frondaison des herbiers de phanérogames de la région de Tuléar, Etude systématique et écologique.
- Ledoyer M., 1982. Crustacés Amphipodes Gammariens. Familles des Acanthonotozomatidae à Gammaridae. *Collection Faune de Madagascar. 42 p*
- Ledoyer M., 1984. Les Caridea (Crustacea : Decapoda) des herbiers de phanérogames marines de Nouvelle-Calédonie, Région de Nouméa. *Zoologische VerHandelingen n°211. 57 p*
- Poupin J. ET Junker M. , 2010. Guide des crustacés décapodes du Pacifique Sud. *Edition CRISP et CPS, Nouméa, Nouvelle-Calédonie, 320 pp ; 366 photos.*
- Terrence M. Gosliner, David W. Behrens, And Gary C. Williams, 1996. Coral reef animals of the Indo-Pacific : *animal life from Africa to Hawaii exclusive of the vertebrates.* 315p