

Diversité et Distribution du Peuplement Ichtyofaune dans l'Estuaire de Betsiboka, Nord-Ouest de Madagascar

Tsirilaza Benjamin

Doctorant, Ecole Doctorale en Biodiversité et Environnement Tropicaux,
Université de Toliara, Toliara, Madagascar

Andriamirado Rabarison Guy Arthur

Docteur, Centre National de la Recherche sur l'Environnement (CNRE)

Rasoloariniaina Jean Robertin

Docteur, Institut d'Enseignement Supérieur d'Antsirabe-Vakinankaratra,
Madagascar

Jean-Michel Yves Mong

Docteur, Docteur, Centre National de la Recherche sur l'Environnement
(CNRE)

Félicitée Rejo-Fienena

Professeur Titulaire, Ecole Doctorale en Biodiversité et Environnement
Tropicaux, Université de Toliara, Toliara, Madagascar

[Doi:10.19044/esj.2024.v20n9p162](https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n9p162)

Submitted: 23 February 2024

Accepted: 11 March 2024

Published: 31 March 2024

Copyright 2024 Author(s)

Under Creative Commons CC-BY 4.0

OPEN ACCESS

Cite As:

Tsirilaza B., Andriamirado R.G.A., Rasoloariniaina J.R., Jean-Michel Y.M. & Félicitée R.F. (2024). *Diversité et Distribution du Peuplement Ichtyofaune dans l'Estuaire de Betsiboka, Nord-Ouest de Madagascar*. European Scientific Journal, ESJ, 20 (9), 162.

<https://doi.org/10.19044/esj.2024.v20n9p162>

Résumé

L'estuaire de Betsiboka, situé sur la côte nord-ouest de Madagascar, est le plus grand écosystème estuarien du pays. L'article explore la diversité des poissons dans cet estuaire, mettant en lumière la distribution ichtyologique au sein de cet écosystème. La méthodologie adoptée comprend deux approches d'échantillonnage des poissons, à savoir le suivi des prises de la petite pêche et la pêche expérimentale. Les données ont été traitées à l'aide du logiciel R, et les indices écologiques tels que l'Indice de Shannon-Weaver, l'Indice d'Équitabilité de Pielou, l'Indice de Similarité de Jaccard, ainsi que la classification hiérarchique, ont été évalués à l'aide du package "Vegan". Les résultats montrent une richesse spécifique élevée, avec 63 espèces distinctes.

Les analyses des indices écologiques montrent des variations spatiales de la diversité spécifique et des similitudes entre les villages. La classification hiérarchique confirme la formation de deux groupes distincts. Cette étude contribue significativement à l'enrichissement des connaissances sur la diversité et la répartition des poissons dans l'estuaire de Betsiboka, offrant ainsi une base solide pour la gestion durable de la pêche et de cet écosystème vital.

Mots-clés: Estuaire Betsiboka, Poissons, Indice écologique, Gestion durable, Madagascar

Ichthyofauna Diversity and Distribution in the Betsiboka Estuary, Northwest Madagascar

Tsirilaza Benjamin

Doctorant, Ecole Doctorale en Biodiversité et Environnement Tropicaux,
Université de Toliara, Toliara, Madagascar

Andriamirado Rabarison Guy Arthur

Docteur, Centre National de la Recherche sur l'Environnement (CNRE)

Rasoloariniaina Jean Robertin

Docteur, Institut d'Enseignement Supérieur d'Antsirabe-Vakinankaratra,
Madagascar

Jean-Michel Yves Mong

Docteur, Docteur, Centre National de la Recherche sur l'Environnement
(CNRE)

Félicitée Rejo-Fienena

Professeur Titulaire, Ecole Doctorale en Biodiversité et Environnement
Tropicaux, Université de Toliara, Toliara, Madagascar

Abstract

The Betsiboka Estuary, located on the northwest coast of Madagascar, is the largest estuarine ecosystem in the country. This article explores the diversity of fish in this estuary, focusing on species distribution within this ecosystem. The methodology employed includes two fish sampling approaches: small-scale fishing catch monitoring and experimental fishing. Data were processed using the R software, and ecological Index such as the Shannon Index, Pielou's Evenness Index, Jaccard Similarity Index, along with hierarchical clustering, were assessed using the "Vegan" package. The results emphasize a diversity of species, with 63 distinct species identified. Analyses of ecological indices showcase spatial variations in specific diversity and

similarities between villages. Hierarchical clustering affirms the formation of two distinct groups. This research significantly contributes to advancing understanding regarding the diversity and distribution of fish in the Betsiboka Estuary, establishing a solid groundwork for the sustainable management of fisheries and this crucial ecosystem.

Keywords: Betsiboka Estuary, Fish, Ecological Index, Sustainable management, Madagascar

Introduction

Les estuaires, définis comme les zones où les cours d'eau se jettent dans la mer, se caractérisent par des processus de mélange entre les eaux douces des cours d'eau et les eaux salées de la mer, créant ainsi des environnements saumâtres uniques (Wikipedia). Plusieurs études ont souligné l'importance cruciale des milieux estuariens en tant qu'écosystèmes parmi les plus productifs de la planète, abritant une biodiversité ichthyologique exceptionnellement riche. Ces zones jouent un rôle essentiel en tant que lieux de reproduction et de croissance pour de nombreuses espèces de poissons (Baran, 1995 ; GIP Loire-Estuaire, 2009).

L'estuaire de Betsiboka, situé sur la côte nord-ouest de Madagascar, marque l'embouchure du plus grand fleuve de Madagascar et est l'un des littoraux connaissant l'évolution la plus rapide au monde. Pendant la saison des pluies, il est souvent caractérisé par une teinte rouge vif, attribuable à une érosion significative en amont (Nasa, 2004). Betsiboka se déverse dans le canal du Mozambique à Majunga et prend la forme d'un estuaire sous l'influence des marées. Parmi les écosystèmes d'importance vitale dans cette région, les mangroves jouent un rôle essentiel en tant qu'habitats de reproduction, de nurserie, d'alimentation et de protection pour de nombreuses espèces de poissons (Dirberg, 2015 ; PNUE, 2007). Dans la partie aval de l'estuaire, il se divise en trois bras principaux et de multiples canaux à travers les îlots de mangroves couvrant une superficie estimée à 46 000 hectares (La maison de Madagascar, 2023). Ces circonstances suscitent l'intérêt d'entreprendre une étude sur la diversité des poissons dans cet estuaire. Les populations de poissons dans cet estuaire demeurent largement inexplorées. Les recherches consacrées aux poissons dans les environnements estuariens attirent un intérêt considérable parmi les scientifiques en raison de la spécificité intrinsèque des systèmes estuariens en termes de biodiversité, de leur importance tant sur le plan social qu'économique, ainsi que des menaces qui pèsent sur ces écosystèmes en raison de l'expansion des activités humaines (Whitfield, 1999 ; Chabanne, 2007). L'étude de la diversité des poissons au sein d'un estuaire offre une meilleure appréhension de l'état de l'écosystème. Cela favorise la préservation de la biodiversité, contribue à la gestion durable

des ressources halieutiques, et soutient la conservation des services écosystémiques fournis par ces zones. Ces raisons constituent les motifs sous-jacents à la réalisation de cette étude dans l'estuaire de Betsiboka.

Il est nécessaire d'inventorier la faune ichthyologique de l'estuaire de Betsiboka en vue de la mise en place d'un plan d'aménagement de la petite pêche et de la conservation de la mangrove dans cette zone. Étant donné l'absence de recherches scientifiques antérieures, la présente étude réalisée dans l'estuaire de Betsiboka vise à inventorier les espèces de poissons et à analyser la distribution du peuplement à partir des captures de la petite pêche et la pêche expérimentale.

1. Matériels et méthodes

1.1 Site d'étude

Le site d'étude est localisé dans l'estuaire de Betsiboka, nord-ouest de Madagascar. Pour bien apprécier la distribution des poissons dans l'estuaire, la conduite de cette présente recherche a été réalisée dans les 4 principaux villages des pêcheurs dans l'estuaire à savoir Katsepy, Boanamary, Marovoay et Maroala. Katsepy se situe en aval de l'estuaire avec la dominance de l'eau de mer. Boanamary est caractérisé par les ilots de mangroves zones de fréquentation des pêcheurs. Marovoay a été choisi pour l'importance de la pêche dans le village et la pratique de pêche dans l'eau saumâtre. Maroala se situe en amont, à la limite de l'influence de la marée dans l'estuaire.

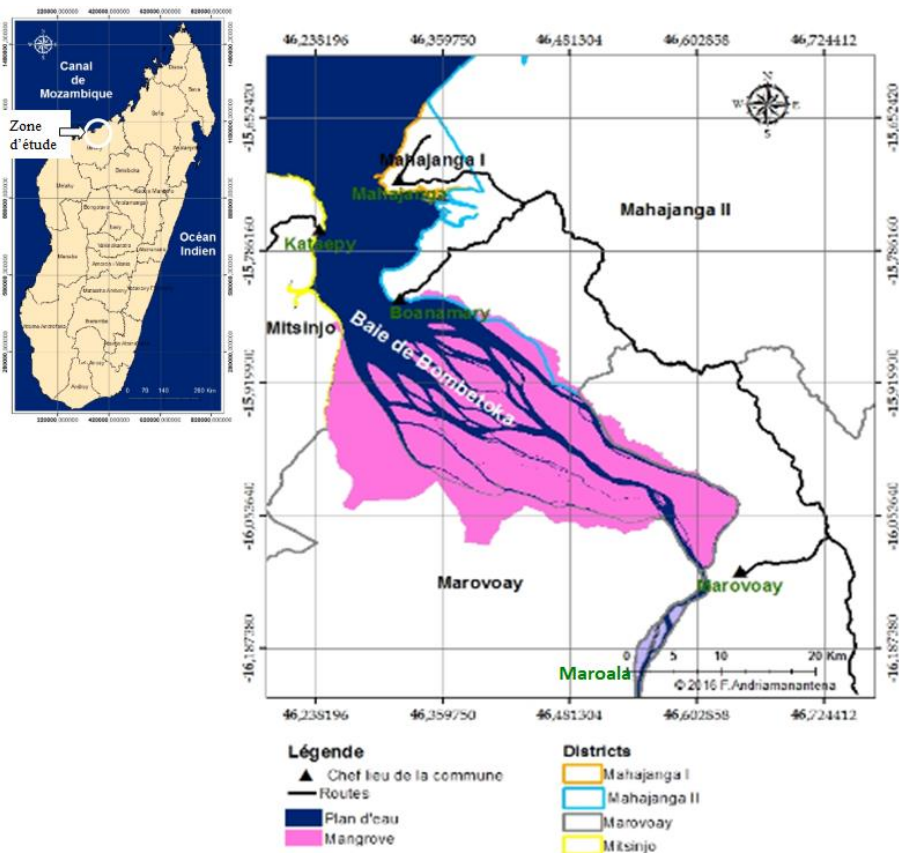


Figure 1. Localisation de la zone d'étude
 Source : Andriamanantena, 2016

1.2 Collecte des données

La présente étude s'inscrit dans le cadre du projet DIDEM (Dialogue entre la Science et les Décideurs pour la Gestion Intégrée des Environnements Côtiers et Marins), se concentrant sur l'exploration des populations ichtyofaunes dans l'estuaire de la Betsiboka pour un période de mars 2021 à mars 2023. Deux méthodes d'échantillonnage des poissons ont été adoptées dans l'estuaire de Betsiboka dans le cadre de cette étude : la méthode d'échantillonnage par suivi de la capture de la petite pêche et la méthode d'échantillonnage par la pratique de la pêche expérimentale. Une coopération étroite a été établie avec des collecteurs de poissons dans les 4 villages d'interventions. Cela a permis aux enquêteurs de manipuler et d'enregistrer quotidiennement de manière aléatoire les poissons livrés par les pêcheurs au point de débarquement. Ces enquêteurs ont suivi une formation pour garantir la collecte de données précises sur l'identification sur site des poissons. La pratique de la pêche expérimentale résidait dans l'effort de compléter

l'évaluation des populations de poissons. Cette approche avait pour but de collecter des échantillons d'espèces peu fréquemment capturées par les pêcheurs locaux, provenant de zones rarement explorées. Deux types de filets maillants, mesurant 15 cm et 20 cm de mailles, d'une longueur totale de 100 mètres et d'une chute de 1.5 mètre, ont été employés à cet effet. La pratique de la pêche a été réalisée pendant la marée basse, lorsque la pêche est réalisable. La pêche expérimentale a été effectuée à l'aide d'une pirogue motorisée, et les filets ont été déployés quatre fois par sortie de pêche expérimentale. Cette approche a été mise en œuvre à deux moments distincts : cinq sorties pendant la saison sèche en octobre 2021 et cinq sorties lors de la saison humide en avril 2022.

1.3 Identification systématique de poissons

Pour chaque espèce de poissons présente dans l'estuaire de Betsiboka, des échantillons ont été prélevés et enregistrés en utilisant leur nom vernaculaire local. Les individus ont été soigneusement préservés en utilisant soit une solution de formol à 10% ou de l'alcool à 70% dans des bocaux hermétiquement scellés. L'identification des échantillons a été menée au Laboratoire de l'Hydrobiologie, qui fait partie du Département Système Aquatique et Côtier du Centre National de Recherches sur l'Environnement Madagascar. Cette identification s'est basée principalement sur l'analyse des caractères morphologiques externes des poissons. Pour ce faire, des guides d'identification tels que le "Guide des poissons commerciaux de Madagascar" de Bauchot (Bauchot & al., 1984) et les ressources disponibles sur FishBase (Froese & al., 2016) ont été utilisés comme références.

1.4 Analyse des données

Les données ont été organisées de manière systématique à l'aide d'un tableur Excel. L'analyse des indices écologiques a été effectuée avec le logiciel R en utilisant la procédure du package « Vegan » (Oksanen & al., 2012). Les implications et les équations liées à l'utilisation des indices écologiques ont été détaillées dans l'étude réalisée par Lusasi et al. (2022).

Richesse spécifique : La richesse spécifique, ou diversité alpha, est une mesure de la biodiversité de tout ou partie d'un écosystème. Elle désigne le nombre d'espèces présentes dans un milieu donné ainsi que des variations spatiales des secteurs faunistiquement riches et des secteurs plus pauvres (Lusasi & al., 2022). Elle a été utilisée pour mettre en évidence les différences entre richesses spécifiques des captures de différentes espèces (Marcon & Morneau, 2014 in Lusasi & al., 2022). Dans le cadre de cette étude, la fonction "specnumber" du package "Vegan" a été employée pour évaluer la richesse spécifique dans l'estuaire de Betsiboka.

Indice de Shannon (H') : L'indice de Shannon permet d'exprimer la diversité en prenant en compte le nombre d'espèces et l'abondance des individus au sein de chacune de ces espèces. Ainsi, une communauté dominée par une seule espèce aura un coefficient moindre qu'une communauté dont toutes les espèces sont codominances (Lusasi & al., 2022). Il est représenté par la formule suivante : $H' = -\sum ((N_i/N) \cdot \log (n_i/N))$. i est le nombre total d'espèces présentes et varie de 1 à i , n_i exprime l'effectif du taxon i ; N est l'effectif total de l'échantillon et H' est l'indice de diversité de Shannon et Weaver. En utilisant le package « Vegan », la fonction « diversity, method = shannon » a été utilisée pour calculer cet indice.

Indice d'Équitabilité de Pielou (J') : cet indice permet de mesurer l'équilibre ou la régularité ou encore l'équipartition des espèces du peuplement par rapport à une répartition théorique égale pour l'ensemble des espèces (Lusasi & al., 2022). Il est exprimé par la formule mathématique : H'/H_{max} où $H_{max} = \log S$. J' tend vers 0 lorsqu'une espèce domine largement et elle est égale à 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance (Paugy, 1994 in Lusasi & al., 2022).

Indice de similarité de Jaccard (I) : cet indice définit la similitude comme étant l'importance de remplacement des espèces ou les changements biotiques à travers les gradients environnementaux. Il permet une comparaison entre deux sites, car il évalue la ressemblance entre deux relevés en faisant le rapport entre les espèces communes aux deux relevés et celles propres à chaque relevé (Lusasi & al., 2022). Il est exprimé par $I = N_c / (N_1 + N_2 - N_c)$ où N_c est le nombre de taxons communs aux stations 1 et 2 ; N_1 et N_2 sont le nombre de taxons présents respectivement aux stations 1 et 2. La fonction « vegdist, method = jaccard » du package « Vegan » a été employée pour calculer l'indice de Jaccard (I) dans le cadre de cette étude.

Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) : La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) permet de regrouper graduellement les individus en fonction de leur similitude, évaluée au moyen d'un indice de similarité ou de dissimilarité. Cette approche vise à former des ensembles définis par plusieurs variables ou caractéristiques (Kouamélan, 1999, in Lusasi & al., 2022). En réalité, elle crée des classes en regroupant successivement deux à deux les objets, ce qui donne lieu à une hiérarchie de la partition des objets (Mondo & al., 2020). Dans le cadre de cette étude, la CAH a été utilisée pour examiner la proximité entre les villages d'intervention en relation avec les espèces de poissons observés. Elle a été réalisée à l'aide de la fonction « hclust, method = ward.D2 » du package « vegan ».

2. Résultats

2.1 Richesse spécifique

Dans cette étude menée dans l'estuaire de Betsiboka, 8 159 individus de poissons répartis en 63 espèces distinctes ont été recensés. Katsepy se distingue en abritant la plus grande diversité spécifique avec 56 espèces de poissons, suivie de près par Boanamary avec 50 espèces. En revanche, Marovoay et Maroala présentent une moindre diversité spécifique, ne comptant respectivement que 26 et 24 espèces de poissons. Le tableau ci-dessous illustre la diversité spécifique dans les quatre villages principaux de l'estuaire de Betsiboka.

Tableau 1. Liste des espèces de poissons observées dans l'estuaire de Betsiboka

| Espèces | Villages | | | |
|----------------------------------|----------|-----------|----------|---------|
| | Katsepy | Boanamary | Marovoay | Maroala |
| <i>Acanthopagrus berda</i> | + | + | + | + |
| <i>Ambassis gymnocephalus</i> | + | + | + | + |
| <i>Anguilla marmorata</i> | | | + | + |
| <i>Anguilla mossambica</i> | | | + | + |
| <i>Arius polystaphylodon</i> | + | + | + | + |
| <i>Caranx ignobilis</i> | + | + | | |
| <i>Caranx sexfasciatus</i> | + | + | + | + |
| <i>Carcharhinus sp</i> | + | | | |
| <i>Carcharhinus sp</i> | + | + | | |
| <i>Clupea punctata</i> | + | + | | |
| <i>Cyprinus carpio</i> | + | + | + | + |
| <i>Drepane punctata</i> | + | + | | |
| <i>Eleotris Fusca</i> | | | + | + |
| <i>Gobius giuris</i> | | | + | + |
| <i>Elops machnata</i> | + | + | | |
| <i>Epinephelus sp</i> | + | + | | |
| <i>Epinephelus sp</i> | + | + | + | + |
| <i>Gerres filamentosus</i> | + | + | | |
| <i>Gobius giuris</i> | | + | + | + |
| <i>Heterotis niloticus</i> | + | | + | + |
| <i>Hilsa kelee</i> | + | + | | |
| <i>Pellona ditchela</i> | + | + | | |
| <i>Istiophorus sp</i> | + | | | |
| <i>Johnius dussumieri</i> | + | + | + | + |
| <i>Leiognathus sp</i> | + | + | | |
| <i>Lethrinus sp</i> | + | + | + | |
| <i>Liza macrolepis</i> | + | + | + | + |
| <i>Lobotes surinamensis</i> | + | | | |
| <i>lutjanus argentimaculatus</i> | + | + | + | + |
| <i>Macrobrachium rosenbergii</i> | | | + | + |
| <i>Megalaspis cordyla</i> | + | + | | |
| <i>Megalops cyprinoides</i> | + | + | + | + |
| <i>Mugil cephalus</i> | + | | | |
| <i>Muraenesox bagio</i> | + | + | | |

| Espèces | Villages | | | |
|--------------------------------------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | Katsepy | Boanamary | Marovoay | Maroala |
| <i>Ophicephalus striatus</i> | + | | + | + |
| <i>Oreochromis niloticus</i> | | | + | + |
| <i>Otolithes ruber</i> | + | + | + | |
| <i>Parastrumateus niger</i> | + | + | | |
| <i>Pellona ditchela</i> | + | + | | |
| <i>Penaeus sp</i> | + | + | + | + |
| <i>Platycephalus indicus</i> | + | + | + | + |
| <i>Plectorhinchus flavomaculatus</i> | + | + | | |
| <i>Plectorhinchus playfairi</i> | + | + | | |
| <i>Plectorhinchus plagiodesmus</i> | + | + | | |
| <i>Polynemus sp</i> | + | | | |
| <i>Pomadasyss maculatus</i> | + | + | | |
| <i>Rastrelliger kanagurta</i> | + | + | | |
| <i>Sardinella sp</i> | + | + | | |
| <i>Scatophagus tetracanthus</i> | + | + | + | + |
| <i>Scomberoides tol</i> | + | + | | |
| <i>Scomberomorus commerson</i> | + | + | | |
| <i>Selar sp</i> | + | + | | |
| <i>Siganus sp</i> | + | + | | |
| <i>Sillago sihama</i> | + | + | + | + |
| <i>Sphyrna forsteri</i> | + | + | | |
| <i>Sphyrna mokarran</i> | + | + | | |
| <i>Stolephorus commersonii</i> | + | + | | |
| <i>Strongylura leiura</i> | + | + | | |
| <i>Terapon jarbua</i> | + | + | | |
| <i>Terapon theraps</i> | + | + | + | + |
| <i>Torpedo sp</i> | + | + | | |
| <i>Trichiurus lepturus</i> | + | + | | |
| <i>Tripteron orbis</i> | + | + | | |
| Total | 56 | 50 | 26 | 24 |
| | 63 | | | |

Source : Enquête de terrain 2021 - 2023

2.2 Indice de Shannon

L'utilisation de l'indice de Shannon-Weaver au niveau des quatre sites offre une approche alternative pour évaluer la biodiversité ichthyologique entre les stations de l'estuaire. Cet indice varie entre 0,90 à Maroala et 1,31 à Boanamary. Les villages de Katsepy et Marovoay présentent la valeur de l'indice de Shannon de 1.27 et 1.06 respectivement. La figure ci-dessous illustre l'Indice de Shannon dans les quatre villages du l'estuaire de Betsiboka.

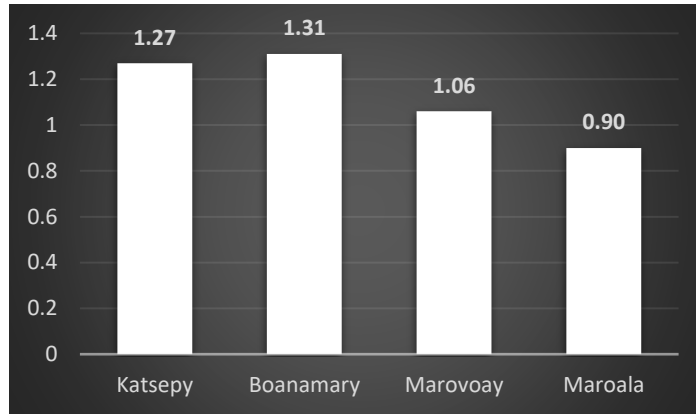


Figure 2. Indice de Shannon dans les quatre villages du l'estuaire de Betsiboka
Source : Enquête de terrain 2021 – 2023

2.3 Indice Equitabilité de Piélou

L'équitabilité mesure la régularité de la distribution des individus parmi les différentes catégories taxonomiques présentes. Les valeurs d'équitabilité présentent des variations entre les différents sites dans l'estuaire de Betsiboka. Les valeurs d'équitabilité varient de 0,65 à Maroala à 0,77 à Boanamary. Katsepy affiche une équitabilité de 0,73 tandis que Marovoay présente une valeur de 0,75. La figure ci-dessous illustre l'Indice d'équitabilité de Piélou dans les quatre villages du l'estuaire de Betsiboka

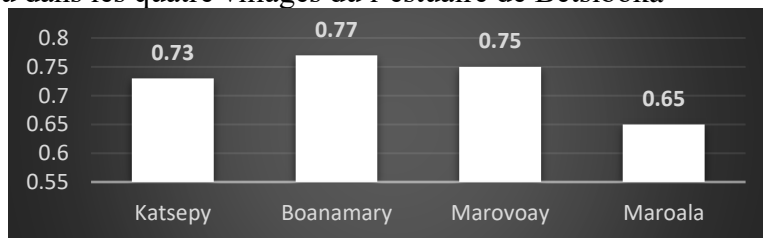


Figure 3. Indice Equitabilité de Piélou dans les quatre villages du l'estuaire de Betsiboka
Source : Enquête de terrain 2021 – 2023

2.4 Indice de similarité de Jaccard

L'indice de Jaccard se montre être un outil essentiel pour évaluer la similitude entre les différentes communautés d'espèces, en l'occurrence les populations de poissons dans l'estuaire de Betsiboka. Ces valeurs d'indice prouvent la part d'espèces partagées entre les différentes stations de l'estuaire. Au cours de notre analyse, deux valeurs d'indice de Jaccard ont retenu notre attention. L'indice entre Marovoay et Maroala s'élève à 0,92, illustrant une similarité notable. De même, l'ensemble Katsepy et Boanamary présente un indice élevé de 0,86. En revanche, les combinaisons impliquant les autres stations établissent des valeurs comparativement plus faibles, inférieures à 0,31 en termes de similarité d'espèces selon l'indice de Jaccard. Le tableau

suivant expose les résultats de l'indice de similarité appliqué aux quatre sites du l'estuaire de Betsiboka.

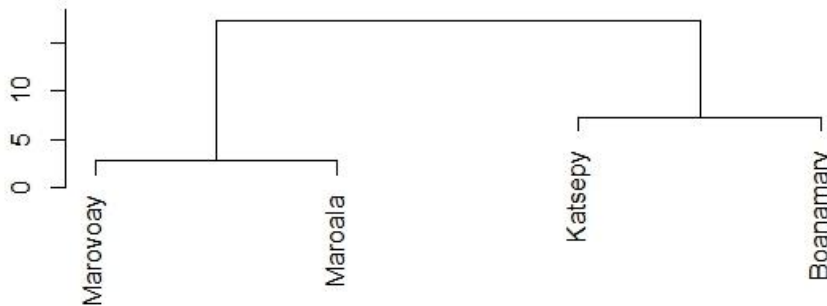
Tableau 2. Indice similarité de Jaccard

| | Katsepy | Boanamary | Marovoay |
|------------------|----------------|------------------|-----------------|
| Boanamary | 0.86 | | |
| Marovoay | 0.30 | 0.31 | |
| Maroala | 0.27 | 0.28 | 0.92 |

Source : Enquête de terrain 2021 – 2023

2.5 Classification hiérarchique

Sur la base de la richesse spécifique, la présentation graphique dendrogramme résultant de la Classification Hiérarchique des 4 sites d'interventions montre deux groupes. Les sites Maroala et Marovoay sont proches l'une de l'autre en termes de la richesse spécifique et forment le premier groupe avec une distance euclidienne de 2.82. Les villages de Boanamary et Katsepy présentent une grande similitude et forment le second groupe avec une distance euclidienne de 7.31. La figure suivante monte la Classification hiérarchique des poissons selon les 4 villages d'intervention dans l'estuaire de Betsiboka.



hclust (*, "ward.D2")

Figure 4. Dendrogramme de la classification hiérarchique des poissons selon les 4 villages d'interventions dans l'estuaire de Betsiboka

Source : Enquête de terrain 2021 – 2023

3. Discussion

L'étude réalisée dans l'estuaire de Betsiboka a permis une analyse de la diversité spécifique des poissons, identifiant 63 espèces distinctes. Ce

résultat place l'estuaire de Betsiboka parmi les écosystèmes riches en poissons.

Tableau 3. Richesse spécifique de quelques milieux estuariens et lagunaires à travers le monde

| Nom | Type | Pays | Rs | Source |
|-------------------------------|-------------------|----------------|---------|------------------------------------|
| Sénégal | Estuaire | Sénégal | 133 | Diouf & al., 1991 |
| Sine-Saloum | Estuaire inverse | Sénégal | 114 | Diouf, 1995 |
| Gambie | Estuaire | Gambie | 52 | Dorr & al., 1985 |
| Casamance | Estuaire inverse | Sénégal | 91 | Pandaré, 1986, 1987; Albaret, 1987 |
| Rio Buba | Estuaire | Guinée-Bissau | 91 | Kromer & al., 1994 |
| Fatala | Estuaire | Guinée | 102 | Baran, 1995 |
| Ebrié | Système lagunaire | Côte d'Ivoire | 153 | Albaret, 1994 |
| Abi | Lagune | Côte d'Ivoire | 82 | Charles-Dominique, 1993 |
| Lagos lagoon | Lagune | Nigeria | 79 | Fagade & Olaniyan, 1974 |
| Nom | Type | Pays | Rs | Source |
| Niger | Delta | Nigeria | 52 | Boeseman, 1963 |
| Ogooué | Estuaire | Gabon | 66 | Loubens, 1966 |
| Santa Lucia | Lagune | Afrique du Sud | 108 | Blaber, 1988 |
| Poelela | Lagune | Afrique du Sud | 12 | Blaber, 1988 |
| Nhlange (Kosi) | Lagune | Afrique du Sud | 37 | Blaber, 1988 |
| Sibaya | Lagune | Afrique du Sud | 18 | Blaber, 1988 |
| Swartvlei | Lagune | Afrique du Sud | 25 | Blaber, 1988 |
| Richard's Bay | Lagune | Afrique du Sud | 74 | Millard & Harrison, 1952 |
| Pangalanes | 8 petites lagunes | Madagascar | 10 à 43 | Lasserre, 1979 |
| Teacapan-Aqua Brava | Lagune | Mexique | >75 | Flores-Verdugo & al., 1990 |
| Terminos lagoon | Lagune | Mexique | 121 | Yanez-Arancibia & al., 1980 |
| Sainte Lucie | Estuaire | Mexique | 83 | Chavez, 1979 |
| Nichupte | Lagune | Mexique | 37 | Chavez, 1980 |
| Tuxpan | Lagune | Mexique | 126 | Chavez, 1981 |
| Alvarado | Lagune | Mexique | 71 | Chavez, 1982 |
| Laguna Madre | Lagune | Mexique | 111 | Chavez, 1983 |
| Tamiahua | Lagune | Mexique | 49 | Chavez, 1984 |
| Mandinga | Lagune | Mexique | 24 | Chavez, 1985 |
| La Mancha | Lagune | Mexique | 42 | Chavez, 1986 |
| Tabasco | Système lagunaire | Mexique | 62 | Resendez-Madina, 1961 |
| Tamiahua | Lagune | Mexique | 56 | Resendez-Madina, 1979 |
| Zontecopopan | Lagune | Mexique | 50 | Resendez-Madina, 1979 |
| Terminos | Lagune | Mexique | 92 | Resendez-Madina, 1979 |
| Gulf de Nicoya | Côte à mangrove | Costa Rica | 61 | Philips, 1983 |
| Punta Del Este | Côte à mangrove | Cuba | 55 | Valdes-Munoz, 1981 |
| Laguna Joyuda | Lagune | Puerto Rico | 41 | Stoner, 1986 |
| Belle-Plaine | Lagune | Guadeloupe | 25 | Louis & al., 1985 |
| Manche à Eau | Lagune | Guadeloupe | 24 | Louis & al., 1985 |
| Baie de Fort de France | Côte à mangrove | Martinique | 87 | Louis & al., 1992 |

| | | | | |
|-------------------------------|-----------------|--------------------|-----|----------------------------|
| Cayenne river | Estuaire | Guyane | 59 | Tito de Morais & al., 1994 |
| Jaguaribe | Estuaire | Brésil | 86 | Oliveira, 1976 |
| Huizache-Caimanero | Lagune | Mexique-Pacifique | 44 | Warbuton, 1978 |
| Tijuana Estuary | Estuaire | Californie du Sud | 21 | Nordby & Zedler, 1991 |
| Los Penasquitos Lagoon | Lagune | Californie du Sud | 13 | Nordby & Zedler, 1991 |
| Pagbilao | Côte mangrove à | Philippines | 128 | Pinto, 1988 |
| Klang-Langat | Delta | Malaisie | 119 | Chong & al., 1990 |
| 13 Estuaires | Estuaire | Îles Salomon | 136 | Blaber & Milton, 1990 |
| Labu Estuary | Estuaire | Papouasie | 138 | Quinn & Kojis, 1986 |
| Moreton Bay | Côte mangrove à | N-Australie | 112 | Weng, 1988 |
| Trinity Inlet System | Estuaire | N-Australie | 91 | Blaber, 1980 |
| Dampier Bays | Côte mangrove à | N-Australie | 113 | Blaber & al., 1985 |
| Leanyer Swamp | Côte mangrove à | N-Australie | 38 | Davis, 1988 |
| Alligator Creek | Estuaire | N-Australie | 128 | Robertson & Duke, 1990 |
| Embley Estuary | Estuaire | N-Australie | 197 | Blaber & al., 1989 |
| Botany Bay | Côte mangrove à | E-Australie | 46 | Bell & al., 1984 |
| Swan River | Estuaire | W-Australie | 71 | Loneragan & al., 1989 |
| Deama | Côte mangrove à | Nouvelle Calédonie | 75 | Thollot, 1989 |

Source : Albaret & Diouf, 1994 ; Albaret, 1994 ; Baran, 1995

L'étude met en lumière des variations de la richesse spécifique entre les différentes zones de l'estuaire avec une tendance à augmenter vers l'aval dans la zone marine. Une richesse spécifique plus élevée dans les zones estuariennes, par rapport aux habitats d'eau douce, a été prouvée par différentes études (Martino & al., 2003 ; De Moura & al., 2012 ; Joo Myun & al., 2020). Des processus tels que les gradients de salinité au sein de l'estuaire ont été démontrés comme ayant une forte influence sur la richesse spécifique des poissons (Sosa-Lopez & al., 2007). Le peuplement est structuré par le gradient de salinité croissant vers l'amont et se traduit par une diminution de la richesse spécifique de la mer vers le haut de l'estuaire (Albaret, 1987). La zone de Katsepy est riche en raison de l'afflux régulier d'eau de mer, permettant l'accès à plusieurs espèces marines (Yoklavich & al., 1991).

L'indice de Shannon est une mesure de la diversité spécifique qui tient compte à la fois du nombre d'espèces présentes et de leur répartition relative dans un écosystème donné. Un indice de Shannon plus élevé indique une plus grande diversité spécifique dans l'échantillon considéré. Ainsi, Boanamary présente la plus grande valeur d'indice de Shannon (1,31), suggérant une plus grande variété d'espèces de poissons et une répartition plus équilibrée entre ces espèces par rapport aux autres villages de l'estuaire. L'indice de Shannon

plus élevés peut être lié à une stabilité et une résilience accrue de l'écosystème face aux perturbations extérieures (Magurran, 2004). Cette observation pourrait être attribuée à divers facteurs, notamment des conditions environnementales favorables, des habitats plus diversifiés. En revanche, Maroala présente la valeur la plus basse de l'indice de Shannon (0,90), ce qui suggère une diversité spécifique plus limitée ou une répartition moins équilibrée entre les espèces de poissons observées dans cette zone.

L'indice d'équitabilité, également connu sous le nom d'indice de Pielou, complète l'indice de Shannon en quantifiant la répartition relative des espèces dans un écosystème. Dans l'étude portant sur les poissons de l'estuaire de Betsiboka, cet indice a été utilisé pour évaluer l'uniformité de la répartition des espèces dans quatre villages distincts. Les résultats montrent des niveaux variables d'équitabilité entre les zones étudiées. La zone de Boanamary, Marovoay et Katsepy présente une valeur élevée d'équitabilité, indiquant une distribution relativement uniforme des espèces de poissons présentes. Cette uniformité pourrait être le résultat d'une diversité spécifique élevée combinée à une répartition plus équilibrée des populations de poissons. Elle reflète également des conditions environnementales propices pour les poissons dans cette zone, marquée par la présence d'un écosystème de mangroves et de zones d'eau saumâtre caractéristiques de l'estuaire. Les niveaux plus élevés d'équitabilité peuvent contribuer à la stabilité et à la résilience de l'écosystème face aux perturbations (Pielou, 1975).

L'indice de Jaccard se présente comme un outil essentiel pour évaluer la similitude entre les diverses communautés d'espèces, notamment les populations de poissons dans le contexte spécifique de l'estuaire de Betsiboka. Deux valeurs d'indice de Jaccard ont retenu notre attention au cours de cette analyse approfondie. L'indice de 0,92 entre Marovoay et Maroala met en évidence une similitude remarquable, avec environ 24 espèces de poissons partagées entre ces deux sites. De façon similaire, l'association entre Katsepy et Boanamary présente un indice de Jaccard élevé de 0,86, indiquant une similitude substantielle avec environ 49 espèces de poissons partagées entre ces zones.

La classification hiérarchique de la composition des poissons selon les 4 villages d'interventions confirme aussi la formation de deux groupes distincts parmi les quatre sites étudiés. Les sites de Maroala et Marovoay démontrent une proximité en termes de richesse spécifique. La distance euclidienne entre eux est mesurée à 2,82, soulignant une similarité plus étroite entre ces deux zones en ce qui concerne la diversité des espèces de poissons. De manière similaire, pour Katsepy et Boanamary, la distance euclidienne observée est de 7,31, indiquant une similitude dans leur composition spécifique de poissons.

En revanche, les associations impliquant les autres stations révèlent des valeurs plus faibles d'indice de Jaccard. Cela suggère la présence d'espèces communes à plusieurs sites, ce qui indique une valence écologique élevée pour environ 15 espèces telles que *Acanthopagrus berda*, *Ambassis gymnocephalus*, *Arius polystaphylodon*, *Caranx sexfaciatus*, *Cyprinus carpio*, *Epinephelus sp*, *Johnius dussumieri*, *Liza macrolepis*, *Lutjanus argentimaculatus*, *Megalops cyprinoides*, *Penaeus sp*, *Platycephalus indicus*, *Scatophagus tetracanthus*, *Sillago sihama*, *Terapon theraps*. Ces espèces montrent une adaptabilité étendue à différents environnements et conditions écologiques.

Conclusion

Cette étude sur la population des poissons dans l'estuaire de Betsiboka, au nord-ouest de Madagascar, a permis de mettre en lumière la diversité des espèces présentes dans cet estuaire. La richesse spécifique observée dans l'estuaire de Betsiboka, avec un total de 63 espèces confirme la biodiversité exceptionnelle de cet écosystème. L'analyse des indices écologiques tels que l'Indice de Shannon-Weaver, l'Indice d'Équitabilité de Pielou, et l'Indice de Similarité de Jaccard a permis de mieux comprendre la structure des communautés de poissons dans les différents villages. Ces indices soulignent la répartition spatiale de la diversité spécifique, de la distribution des espèces et des similitudes entre les différentes stations de l'estuaire.

Les résultats obtenus montrent des variations entre les différents villages d'intervention, soulignant l'importance de l'emplacement géographique et aussi de l'écologie de chaque espèce. Des défis subsistent, notamment en matière de conservation des écosystèmes estuariens face aux pressions anthropiques croissantes. Il est essentiel de promouvoir des pratiques de pêche durables, de préserver les habitats critiques tels que les mangroves, et de mettre en œuvre des mesures de gestion efficaces pour assurer la pérennité de la biodiversité et des services écosystémiques fournis par l'estuaire de Betsiboka.

Remerciements

Nous exprimons notre gratitude envers le Projet DIDEM (Dialogue entre la Science et les Décideurs pour la Gestion Intégrée des Environnements Côtiers et Marins) pour le financement de cette étude. Nos remerciements vont également à l'équipe du DIDEM Madagascar, à l'équipe de l'observatoire pêche Betsiboka, les pêcheurs et les communautés villageoises pour leur contribution précieuse à la réalisation de ces travaux. Nous sommes reconnaissants envers l'École Doctorale en Biodiversité et Environnement Tropicaux de l'Université de Toliara pour avoir autorisé la collecte de données

sur le terrain. Nous tenons à remercier chaleureusement l'équipe du Laboratoire Hydrobiologie du CNRE pour son accueil.

Conflits d'intérêt: Je certifie qu'il n'y a aucun conflit d'intérêt à déclarer, y compris tout versement d'honoraires ou détention d'actions qui pourrait constituer un conflit d'intérêt dans le contexte présent.

Études humaines et animales

Aucune étude spécifique sur les poissons n'a été entreprise au cours de cette recherche. Notre échantillonnage s'est concentré sur l'identification des poissons commerciaux, qui ne nécessitent pas d'autorisation de recherche spécifique. Cette étude a été menée avec l'autorisation du Centre National de Recherches sur l'Environnement à Madagascar (CNRE) et de l'École Doctorale en Biodiversité et Environnement Tropicaux de l'Université de Toliara.

Disponibilité des données: Toutes les données sont incluses dans le contenu de l'article.

Déclaration de financement : Cette recherche a été financée par le Projet DIDEM (Dialogue entre la Science et les Décideurs pour la Gestion Intégrée des Environnements Côtiers et Marins)

Références:

1. Albaret J.J. (1987). Les peuplements de la Casamance (Sénégal) en période de sécheresse. *Revue d'Hydrobiologie Tropicale*, 20, 291-310.
2. Albaret J.J. (1994). Les poissons : Biologie et peuplement. In Diouf, P.P. 1996. Les peuplements des poissons des milieux estuariens de l'Afrique de l'Ouest : L'exemple de l'estuaire Hyperhalin du Sine-Saloum. Thèse Doctorat. Université de Montpellier II.
3. Baran, E. (1995). Rôle des estuaires vis-à-vis de la ressource halieutique côtière en Guinée. Horizon Documentation IRD. https://horizon.documentation.ird.fr/exl-doc/pleins_textes/divers09-03/010025014.pdf
4. Bauchot, M.L.; Bianchi, G. (1984). Guide des poissons commerciaux de Madagascar (espèces marines et d'eaux saumâtres). Fiches FAO d'Identification des espèces pour les besoins de la pêche.
5. Chabanne, D. (2007). Les Catégories bioécologiques des espèces de poissons des estuaires et lagunes de l'Afrique de l'Ouest. Mémoire Master 2. Université des sciences et techniques du languedoc.

6. De Moura, P.M.; Vieira, J.P.; Garcia, A.M. (2012). Fish abundance and species richness across an estuarine-freshwater ecosystem in the Neotropics. *Hydrobiologia* 2012, 696, 107–122.
7. Dirberg, G. (2015). Rapport bibliographique pour la mise en place d'un indicateur mangrove dans le cadre de la DCE Eaux Littorales dans les DOM. Convention ONEMA/MNHN 2015. 35 pages.
8. Froese, R.; Pauly, D. (2016). FishBase, www.fishbase.org
9. GIP Loire-Estuaire. 2009. Les poissons dans l'estuaire de la Loire : L'essentiel sur les populations benthiques et démersales. Synthèse de données. P 24. https://www.loire-estuaire.org/upload/espace/1/pj/101880_5564_maquette_texte_v2023.pdf
10. Joo Myun Park, Ralf Riedel, Hyun Hee Ju, Hee Chan Choi. (2020). Fish Assemblage Structure Comparison between Freshwater and Estuarine Habitats in the Lower Nakdong River, South Korea. *J. Mar. Sci. Eng.* 2020, 8(7), 496;
11. Kouamélan, E. P. (1999). L'effet du lac de barrage Ayamé (Côte d'Ivoire) sur la distribution et l'écologie alimentaire des poissons Mormyridae (Teleostei, Osteoglossiformes). Thèse de Doctorat, Katholieke Universteit Leuven, Belgique, 221 p.
12. La maison de Madagascar. (2023). Les Aires Protégées de Madagascar de la Région Nord-Ouest. Aire Protégée de Bombetoka Beloboka. <https://maison-de-madagascar.ch/madagascar/les-aires-protegees-de-madagascar/aire-protegee-de-bombetoka-beloboka/>
13. Lusasi S.W., Kavumbu M.S., Munganga K.C., Manikisa I., Mbomba B.N. & Pwema K.V. (2022). Contribution à la Connaissance de la Diversité Ichtyologique et Mode D'exploitation de Poissons Schilbeidae (Siluriformes) dans le Pool Malebo (Fleuve Congo), R.D Congo. *European Scientific Journal, ESJ*, 18 (30), 178.
14. Magurran, A. E. (2004). Measuring biological diversity. *Current Biology* 31, R1141–R1224.
15. Martino, E.J.; Able, K.W. (2003). Fish assemblages across the marine to low salinity transition zone of a temperate estuary. *Estuar. Coast. Shelf Sci.* 2003, 56, 969–987.
16. Mondo, M. T., Pwema, K. V., Lusasi, S. W., Gizanga, V. R., Nsimanda, I. C., Wafula, M. & Musibono, E. A. D. (2020). Evaluation du profil métallique et biologique de la pollution de l'air atmosphérique dans la ville province de Kinshasa, République Démocratique du Congo. *International Journal of Applied Research*, 6(8): 115-123.

17. Nasa. (2004). Betsiboka Estuary, Madagascar. <https://earthobservatory.nasa.gov/images/4388/betsiboka-estuary-madagascar>
18. Oksanen, J.; Blanchet, G.F.; Kindt, R.; Legendre, P.; Minchin, P.R.; O'Hara, R.B.; Simpson, G.L.; Solymos, P.; Stevens, H.H; Wagner, H. (2015). Vegan: community ecology package. R package version 2.2.
19. Pielou, E. C. (1975). Ecological diversity. John Wiley & Sons. <https://aslopubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.4319/lo.1977.22.1.0174b>
20. PNUE. (2007). Les Mangroves de l'Afrique de l'Ouest et du Centre. PNUE Programme pour les mers régionales/ PNUE-WCMC. http://www.unep-wcmc.org/resources/publications/UNEP_WCMC_bio_series/26.htm
21. Sosa-Lopez, A.; Mouillot, D.; Ramos-Miranda, J.; Flores-Hernandez, D.; Chi, T.D. (2007). Fish species richness decreases with salinity in tropical coastal lagoons. *Journal of Biogeography*, 2007. Wiley Online Library
22. Whitfield, A.K. (1999). Ichthyofaunal assemblages in estuaries: a South African case study. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 9, 151-186.
23. Yoklavich, M.M.; Cailliet, G.M.; Barry, J.P.; Ambrose, D.A.; Antrim, B.S. (1991). Temporal and Spatial Patterns in Abundance and Diversity of Fish Assemblages in Elkhorn Slough, California. *Estuaries* 1991, 14, 465–480.