

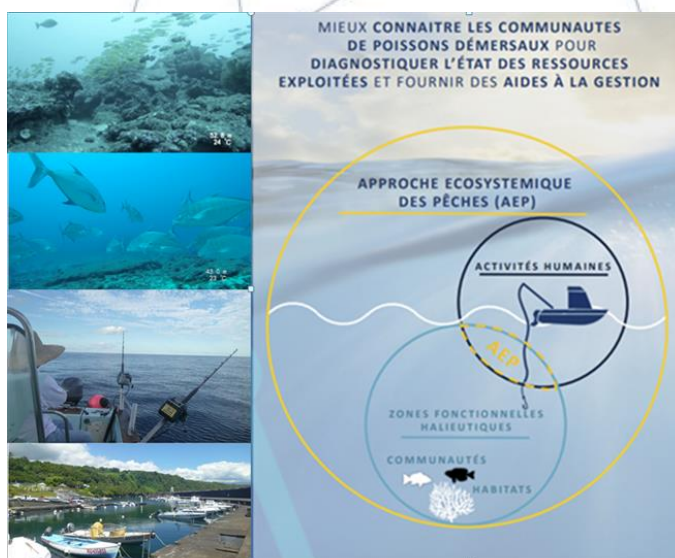
Projet IPERDMX : Biodiversité et structuration des principaux stocks de poissons démersaux comme aide à la définition de zones fonctionnelles halieutiques à La Réunion

Rapport final n°7/8 du volet 1



Indicateurs Populationnels et Ecosystémiques pour une gestion durable des Ressources en poissons DéMersauX à La Réunion

Volet 1 - « Amélioration des connaissances scientifiques sur les zones fonctionnelles halieutiques et analyse préalable à la désignation d'une zone de conservation halieutique »



FEAMP (mesure 40) Convention n° OSIRIS PFEA400018DM0980001

Référence Ifremer : 18/2216451

Fiche documentaire

<p>Titre du rapport: Projet IPERDMX : Biodiversité et structuration des principaux stocks de poissons démersaux comme aide à la définition de zones fonctionnelles halieutiques à La Réunion</p>	
<p>Référence interne : R.RBE/DOI/2022-016</p> <p>Diffusion :</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> libre (internet)</p> <p><input type="checkbox"/> restreinte (intranet) – date de levée d’embargo : AAA/MM/JJ</p> <p><input type="checkbox"/> interdite (confidentielle) – date de levée de confidentialité : AAA/MM/JJ</p>	<p>Date de publication : Octobre 2022</p> <p>Version : 1.0.0</p> <p>Référence de l’illustration de couverture Ifremer DOI/<i>Extrait poster IPERDMX/</i> 2020</p> <p>Langue(s) : Français</p>
<p>Résumé/ Abstract: L’approche des communautés a été utilisée dans cette étude pour contribuer à la définition de zones fonctionnelles halieutiques, à des fins de gestion de la pêche des poissons démersaux à La Réunion. Les données d’occurrence des espèces dénombrées sur les stations vidéos (STAVIRO) et dans les pêches observées durant le projet IPERDMX sont utilisées. Une Classification Ascendante Hiérarchique appliquée sur des indices de dissimilarité de Bray-Curtis par classe de profondeur de 50 mètres, a permis d’établir 4 grandes zones fonctionnelles : 0-100 m ; 100-250 m ; 250-400 m ; 400-600 m. Les communautés d’espèces les caractérisant ont été déterminées grâce à une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) et une analyse de similarité (SIMPER). Les résultats obtenus permettent de fournir des outils, aussi bien pour préciser l’allocation des efforts de pêches multispécifiques, que pour aider à la gestion des pêches avec la possible mise en œuvre de mesures de gestion ajustées à la communauté d’espèces halieutiques ciblées.</p>	
<p>Mots-clés/ Key words: Zone fonctionnelle halieutique, IPERDMX, habitat, approche communautés, ichtyologie, poisson, pêche, video, STAVIRO, La Réunion, océan Indien.</p>	
<p>Comment citer ce document : Nithard Amélie, Mahe Kélig, Pelletier Dominique, Roos David. 2022. Projet IPERDMX : Biodiversité et structuration des principaux stocks de poissons démersaux comme aide à la définition de zones fonctionnelles halieutiques à La Réunion. p44. R.RBE/DOI/2022-016. https://doi.org/10.13155/88541</p>	
<p>Disponibilité des données de la recherche : Ifremer et BDRECIF</p>	
<p>DOI : 10.13155/88541</p>	

Commanditaire du rapport : Sans objet	
Nom / référence du contrat : Convention n° OSIRIS PFEA400018DM0980001	
Référence Ifremer : 18/2216451	
<input type="checkbox"/> Rapport intermédiaire (réf. bibliographique : XXX) <input checked="" type="checkbox"/> Rapport définitif (R R.RBE/DOI/2022-016)	
Projets dans lesquels ce rapport s'inscrit (programme européen, campagne, etc.) : IPERDMX (FEAMP, mesure 40)	
Auteur(s) / adresse mail	Affiliation / Direction / Service, laboratoire
NITHARD Amélie amelie.nithard@ifremer.fr	Ifremer / RBE / DOI
MAHE Kelig kelig.mahe@ifremer.fr	Ifremer / RBE / HMMH
PELLETIER Dominique dominique.pelletier@ifremer.fr	Ifremer / RBE / HALGO-EMH
ROOS David david.roos@ifremer.fr	Ifremer/ RBE / DOI
Encadrement(s) : ROOS David, NITHARD Amélie	
Destinataires :	
<ul style="list-style-type: none"> • Partenaires • Parties intéressées • Communauté scientifique 	
Validé par : DUVAL Magali, BONHOMMEAU Sylvain, CERUTTI Florencia (Ifremer/RBE/DOI)	

Table des matières

1	Introduction	7
2	Données disponibles et approches mises en œuvre	9
3	Description de la biodiversité observée	11
4	Caractérisation des zones fonctionnelles	12
	4.1. Distribution bathymétrique de la richesse spécifique	12
	4.2. Evaluation de la dissimilarité du peuplement entre les classes de profondeur	13
	4.3. Regroupement des classes de profondeur en zones fonctionnelles.....	14
5	Communautés structurant les zones fonctionnelles	16
	5.1. Comparaison des communautés observées dans les vidéos et dans la pêche de 0 à 100 m	16
	5.1.1 Au niveau des familles.....	16
	5.1.2 Au niveau des espèces.....	16
	5.2. Espèces dominantes observées dans la pêche pour chaque zone fonctionnelle de 0 à 600 m	19
	5.3. Espèces structurant les zones fonctionnelles.....	19
	5.4. Contribution des espèces à la dissimilarité entre zones fonctionnelles	22
	5.5. Caractérisation des communautés ichthyologiques	22
6	Relation entre les observations issues de la pêche et de la vidéo	27
7	Conclusion.....	29
8	Bibliographie	30
9	Annexes	32
	Annexe 1 : Détails des tableaux utilisés pour les analyses de données	32
	Annexe 2 : Histogramme du nombre d'espèces en fonction de la profondeur dans les données issues de la vidéo et de la pêche séparées.....	33
	Annexe 3 : Résultats de la Classification Ascendante Hiérarchique pour un pas de profondeur de 10 mètres.....	34
	Annexe 4 : Résultats de la Classification Ascendante Hiérarchique pour un pas de profondeur de 20 mètres.....	35
	Annexe 5 : Résultats de la Classification Ascendante Hiérarchique pour un pas de profondeur de 30 mètres.....	36
	Annexe 6 : Résultats de la Classification Ascendante Hiérarchique pour un pas de profondeur de 40 mètres.....	37
	Annexe 7 : Résultats de la Classification Ascendante Hiérarchique pour un pas de profondeur de 50 m.....	38
	Annexe 8 : Liste des 88 espèces conservées pour les analyses afin de caractériser les zones fonctionnelles.....	39

Annexe 9 : Résultats de l'analyse SIMPER pour les classes de profondeur 0 – 100 m et 100 - 250 m	40
Annexe 10 : Résultats de l'analyse SIMPER pour les classes de profondeur 100 - 250 m et 250 - 400 m	41
Annexe 11 : Résultats de l'analyse SIMPER pour les classes de profondeur 250 – 400 m et 400 – 600 m	42
Annexe 12 : Liste des 37 espèces conservées pour étudier la relation entre les fréquences d'occurrence des espèces dans la pêche et dans la vidéo.....	43

1 Introduction

L'approche à l'échelle des communautés prend en compte l'organisation et le fonctionnement des assemblages d'espèces interagissant les unes avec les autres au sein d'un même habitat. L'objectif principal de ce travail est de décrire des zones fonctionnelles halieutiques par une approche des communautés démersales les caractérisant à l'île de La Réunion. Une zone fonctionnelle halieutique est définie comme l'ensemble des eaux et des substrats nécessaires à la ponte, à la reproduction, à l'alimentation et à la croissance jusqu'à maturité des espèces (Magnuson-Stevens Fishery Act, 2007).

La mise en place de zones fonctionnelles halieutiques permet d'adopter une approche écosystémique quant à la gestion des pêches (Rosenberg et al., 2000) et ainsi d'évaluer au mieux l'état des ressources exploitées et les pressions de pêche subies par les communautés qui y évoluent. Ainsi, l'approche écosystémique des pêches (AEP) a pris de plus en plus d'ampleur ces dernières années, notamment dans le cadre de la gestion des pêches et de la mise en place de mesures de conservation des ressources et de leurs habitats de vie (Pikitch *et al.* 2004; Moore *et al.* 2016; Delage and Le Pape 2016; Laman *et al.* 2018).

Les zones fonctionnelles établies ici, sont basées sur les données provenant à la fois d'observations vidéo STAVIRO et de pêches récoltées dans le cadre du projet IPERDMX. De 2019 à 2021, le projet IPERDMX (Indicateurs Populationnels et Écosystémiques pour une gestion durable des Ressources en poissons DéMerSaux à l'île de La Réunion) a acquis des connaissances sur l'état des ressources, notamment sur la biologie et les habitats de vie des poissons démersaux récifaux et profonds pêchés à la Réunion. Ces connaissances doivent contribuer au diagnostic des principales espèces exploitées et à la définition de zones fonctionnelles halieutiques. Elles sont également nécessaires aux gestionnaires (Comité Régional des Pêches Maritimes et des Élevages Marins de l'île de La Réunion, Réserve Naturelle Marine de l'île de La Réunion...) pour mettre en place des mesures de gestion, voire des Zones de Conservation Halieutique (ZCH - décret "n°2017-568 du 19 avril 2017) visant à la préservation et à l'exploitation raisonnée des stocks.

Une communauté est généralement constituée d'espèces évoluant dans un même espace dans lequel siège au moins une phase de leur cycle de vie. Plusieurs études ont montré que les caractéristiques des habitats changent avec le gradient de profondeur, notamment à cause des variations de température, de lumière et de pression (McGehee, 1994; Donaldson, 2002; Sih et al., 2019). Les habitats changeant, les communautés et les espèces les caractérisant sont également différentes, propres à chaque classe de profondeur. La définition des zones fonctionnelles halieutiques à La Réunion s'est basée sur les données bathymétriques (profondeur) associées aux observations vidéos (0.5 - 85 m) et de pêche (10 – 700 m). Les données récoltées par ces deux méthodes d'observation du milieu permettent également de disposer d'informations inédites de la biodiversité ichtyologique des eaux réunionnaises.

Il est difficile d'évaluer l'impact de la pêche sur une espèce au sein d'une pêcherie multi-spécifique, lorsque les aspects écosystémiques ne sont pas considérés. Dans ce cadre, il est important de connaître les assemblages d'espèces exploitées afin de qualifier plus précisément, au sein de chaque zone fonctionnelle, les pressions qui y sont exercées. L'effort de pêche effectif réalisé à l'échelle d'une espèce sera de fait plus précis, que cette dernière soit ciblée ou non ciblée. Dès lors qu'une espèce d'une communauté est pêchée, l'effort de pêche est de fait, attribué à l'ensemble des espèces de la zone fonctionnelle considérée.

Les résultats obtenus permettent d'une part de mieux connaître la biodiversité existante, aussi bien dans sa composition que dans sa distribution bathymétrique et d'autre part de fournir des outils d'aide à la décision, aussi bien pour la gestion des pêches, qu'à l'évaluation des stocks exploités à l'île de La Réunion ajustées à la communauté ciblée. Les relations étroites entre

l'occurrence et l'abondance des espèces dans le milieu et leur importance dans les pêches ont également été mises en évidence dans les résultats de cette étude.

2 Données disponibles et approches mises en œuvre

2.1. Données issues des observations vidéo STAVIRO

Les données issues des observations vidéo STAVIRO (Stations Vidéo Rotatives, Pelletier *et al.* 2012; Pelletier *et al.* 2021) ont été récoltées en 2019 et 2020, pour 633 stations et pour des profondeurs comprises entre 0.5 et 85 mètres.

Ces données sont utilisées pour décrire la biodiversité ainsi que les zones fonctionnelles halieutiques, en considérant uniquement pour cette dernière, 1°/ les seules espèces d'intérêt halieutique (par convention, celles dont la taille maximale connue est supérieure à 18 cm) et 2°/ les stations vidéo montrant une abondance non-nulle pour l'une de ces espèces.

2.2. Données issues de la pêche

Les données issues de la pêche concernent 531 stations (filages) entre 10 et 700 m et ont été récoltées durant les projets IPERDMX (2019-2021), DMX (Roos *et al.* 2001), DMX1 (Fleury *et al.* 2012) et DMX2 (Roos *et al.* 2015). La description de la biodiversité s'est faite sur l'intégralité de la gamme de profondeur (0 – 700 m). Cependant les analyses visant à caractériser les zones fonctionnelles, se sont focalisées sur les 600 premiers mètres de profondeur où 92 espèces exploitées ont été observées. Le faible échantillonnage réalisé entre 600 et 700 m (26 observations) ne permet pas d'intégrer cette zone aux analyses. Les tableaux utilisés pour les analyses sont présentées en Annexe 1.

2.3. Approches

Dans un premier temps, des descriptions de la biodiversité et de la richesse spécifique ont été réalisées. Puis l'indice de dissimilarité de Bray-Curtis et la Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) ont été utilisés pour caractériser les classes de profondeur qui décrivent le mieux chaque communauté. Ensuite, les espèces dominantes pour chacune de ces classes ont été mises en avant, permettant ainsi de sélectionner les espèces d'intérêt halieutique. Avec pour objectif, d'associer les espèces à leurs zones de profondeur, une analyse des correspondances (AFC) et une analyse de similarité (SIMPER) ont été réalisées. Enfin, les relations entre les métriques de fréquence d'occurrence et d'abondance, issues des observations vidéo et pêche ont été étudiées.

Après une description des observations obtenues avec chacune des deux méthodes, leurs données ont été combinées pour les analyses au niveau des communautés (Figure 1). Un ré-échantillonnage aléatoire avec remise a été effectué par espèce, pour disposer d'échantillons de même taille ($n=1000$) ; cette procédure permet ainsi de réduire le biais causé par l'hétérogénéité des données, plus particulièrement pour les analyses de Bray-Curtis, CAH, AFC et SIMPER (Figure 1). Après avoir testé les métriques d'abondance, d'occurrences et de fréquences d'occurrence, seules les deux dernières ont été conservées pour les analyses, la distribution statistique de la métrique abondance étant sensible à l'abondance des espèces très grégaires (ex. *Lutjanus kasmira*).

Toutes les analyses ont été effectuées avec R version 4.1.2 (R Core Team, 2021).

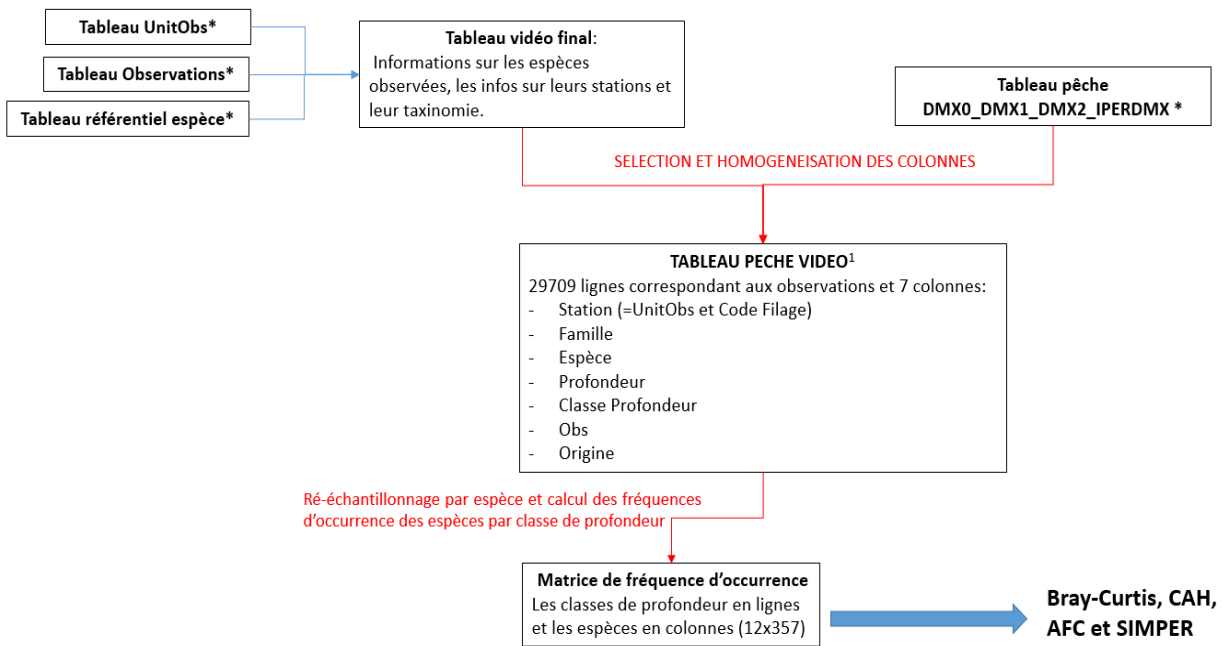


Figure 1 : Méthodologie de la combinaison des tableaux des données issues de la vidéo et de la pêche.¹

¹ 3 colonnes ont été rajoutées:

- Obs : une colonne avec des « 1 » pour marquer la présence de l'espèce et faciliter les prochains calculs
- Origine: informations sur l'origine de la donnée : vidéo ou pêche
- Classe de Profondeur: à partir des profondeurs, chaque observation est attribuée à une classe de profondeur définie : tous les 10m pour la richesse spécifique ; 50m pour les analyses de l'indice Bray-Curtis

* Informations sur les tableaux dans l'Annexe 1.

3 Description de la biodiversité observée

La méthodologie vidéo STAVIRO (un système autonome, non-appâté et sans perturbation humaine : <https://ocean-indien.ifremer.fr/Outils/Techniques/STAVIRO>) est en mesure de capter la biodiversité ichthyologique globale visible du milieu observé et jusqu'à une centaine de mètres de profondeur (cependant les espèces peu mobiles, se cachant dans les récifs coralliens sont difficilement observables). La pêche, par nature, cible certaines espèces d'intérêt commercial et en capture d'autres, parfois non désirées, jusqu'à 700 m de fond à l'île de La Réunion. Ces deux modes d'observation reflètent une biodiversité différente selon les résultats et permettent ainsi de disposer d'informations complémentaires sur la diversité spécifique, indispensables à la connaissance et à la compréhension des écosystèmes exploités. La diversité spécifique est considérée généralement comme l'un des facteurs clés de la résilience des écosystèmes en réponse aux pressions anthropiques, notamment la pêche (Tamdrari 2007).

Le jeu de données vidéo acquis pour les années 2019 et 2020 comporte au total 26 137 observations, montrant 409 espèces différentes, appartenant à 58 familles. Les données de pêche disponibles depuis les années 2000, recensent 32 familles, 92 espèces différentes, regroupant 6552 individus. La richesse spécifique totale observée grâce à la vidéo et à la pêche s'élève à 456 espèces (sp), correspondant à 72 familles différentes montrant ainsi la complémentarité de ces méthodes dans l'approche mise en oeuvre.

Toutes observations confondues (Figure 2), les 6 familles présentant les richesses spécifiques les plus élevées sont les Labridae (63 sp), les Serranidae (37 sp), les Pomacentridae (35 sp), les Acanthuridae (33 sp), les Chaetodontidae (22 sp) et les Lutjanidae (22 sp) (Figure 1, Figure 2). Parmi elles, les Serranidae et les Lutjanidae sont d'importance majeure pour la pêche artisanale réunionnaise.

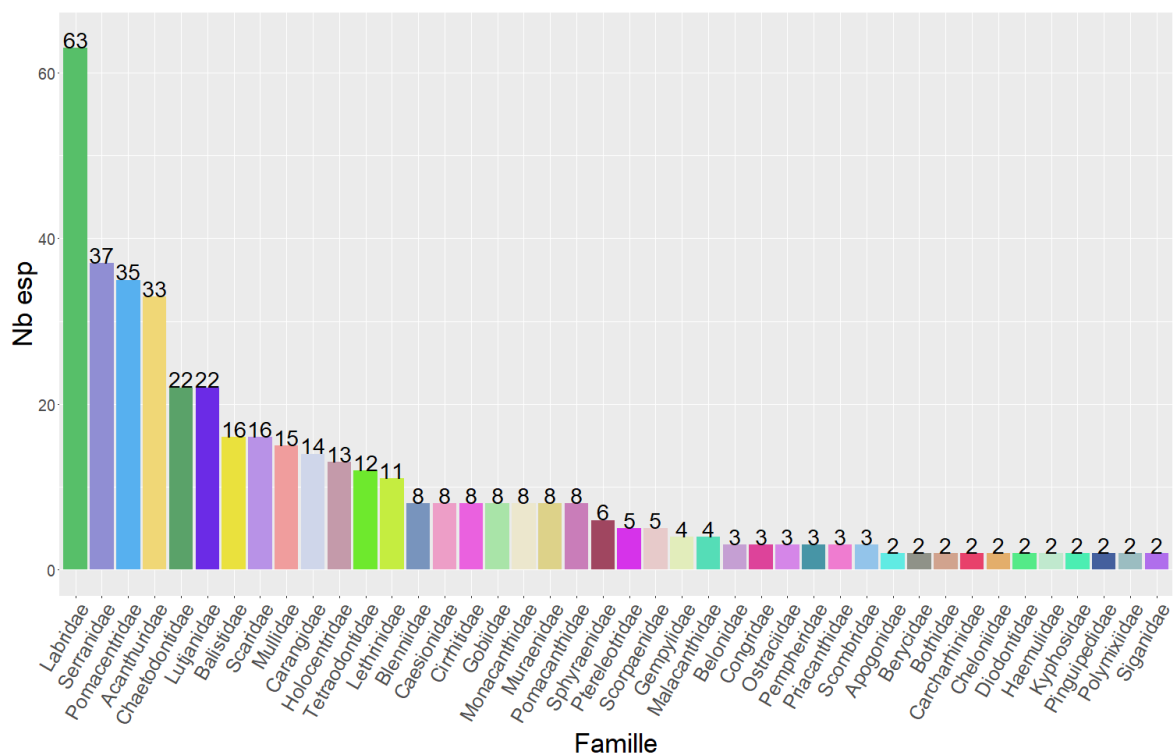


Figure 2 : Nombre d'espèces par famille pour les données issues de la vidéo et de la pêche regroupées. Seules les familles avec plus d'une espèce ont été représentées (soit 42 familles sur les 72 observées au total).

4 Caractérisation des zones fonctionnelles

Sur la base de l'approche explicitée précédemment, 627 stations et 310 espèces ont été retenues pour caractériser les zones fonctionnelles ; 6 stations ne disposant pas d'observations ou uniquement de petites espèces récifales n'ont pas été conservées pour les analyses.

4.1. Distribution bathymétrique de la richesse spécifique

La distribution de la richesse spécifique pour les données pêche et vidéo, en fonction de la profondeur est présentée dans la Figure 3. Les distributions bathymétriques par classe de 5 m de profondeur des richesses spécifiques totales observées distinctement en pêche et en vidéo sont présentées à titre indicatif en Annexe 2. Elles sont reprises et synthétisées dans la Figure 3 ci-après.

La richesse spécifique observée dans les données vidéo est maximale dans les 20 premiers mètres, avec 188 espèces. Elle diminue ensuite graduellement jusqu'à la sonde des 50 m qui met en évidence une première fluctuation avec davantage d'espèces jusqu'à 60 m, marquant un changement de peuplement vers le large. Le nombre d'espèces observées en vidéo diminue avec la profondeur et atteint son minimum entre 80 m et 90 m, avec seulement 47 espèces recensées.

Contrairement aux observations vidéo, le nombre d'espèces recensées dans les données pêche augmente dans les 110 premiers mètres pour atteindre un maximum de 29 espèces (Figure 3A).

De 0 à 90 m, la différence entre les espèces présentes dans les pêches et les vidéos (courbe bleue, Figure 3A) diminue avec la profondeur, similairement à la courbe de densité de la richesse spécifique totale cumulée (Figure 3B). Cette relation étroite entre richesse ichthyologique présente dans le milieu (vidéo) et celle présente dans les pêches, conforte les changements dans les communautés spécifiques, notamment à partir des 50 m de profondeur, avec la présence majoritaire d'espèces d'intérêt commercial, généralement carnivore en profondeur. En effet, la pêcherie aux démersaux cible uniquement des espèces de carnassiers à l'hameçon. Ce ciblage par la pêche et l'effet de la sélectivité de la taille de l'hameçon et du type d'appât utilisé expliquent les différences de richesses spécifiques observées en pêche par rapport aux données vidéo. Si la vidéo permet de capter de manière optimale la diversité « totale » ichthyologique visible entre 0 et 90 m, la donnée de pêche disponible dans cette même strate bathymétrique permet de préciser les observations sur les espèces présentes, en intégrant d'une part des espèces difficilement observables de jour en vidéo (e.g. les migrations nyctémérales de certaines espèces), et d'autre part, en mesurant la contribution des plus grandes espèces carnivores d'intérêt commercial présentes dans chaque classe de profondeur. Ces deux méthodes se révèlent donc complémentaires lorsque les conditions de mise en œuvre méthodologique le permettent. Les données de pêche et de vidéo sont donc combinées pour la suite des analyses.

Au-delà des 110 m, la richesse spécifique totale (uniquement sur données pêche) diminue ensuite progressivement le long du gradient de profondeur, avec de plus faibles fluctuations entre 250 m et 325 m (Figure 3B). Au-delà de 540 m de profondeur, le nombre d'espèces observées diminue drastiquement à moins de 5 dans les pêches.

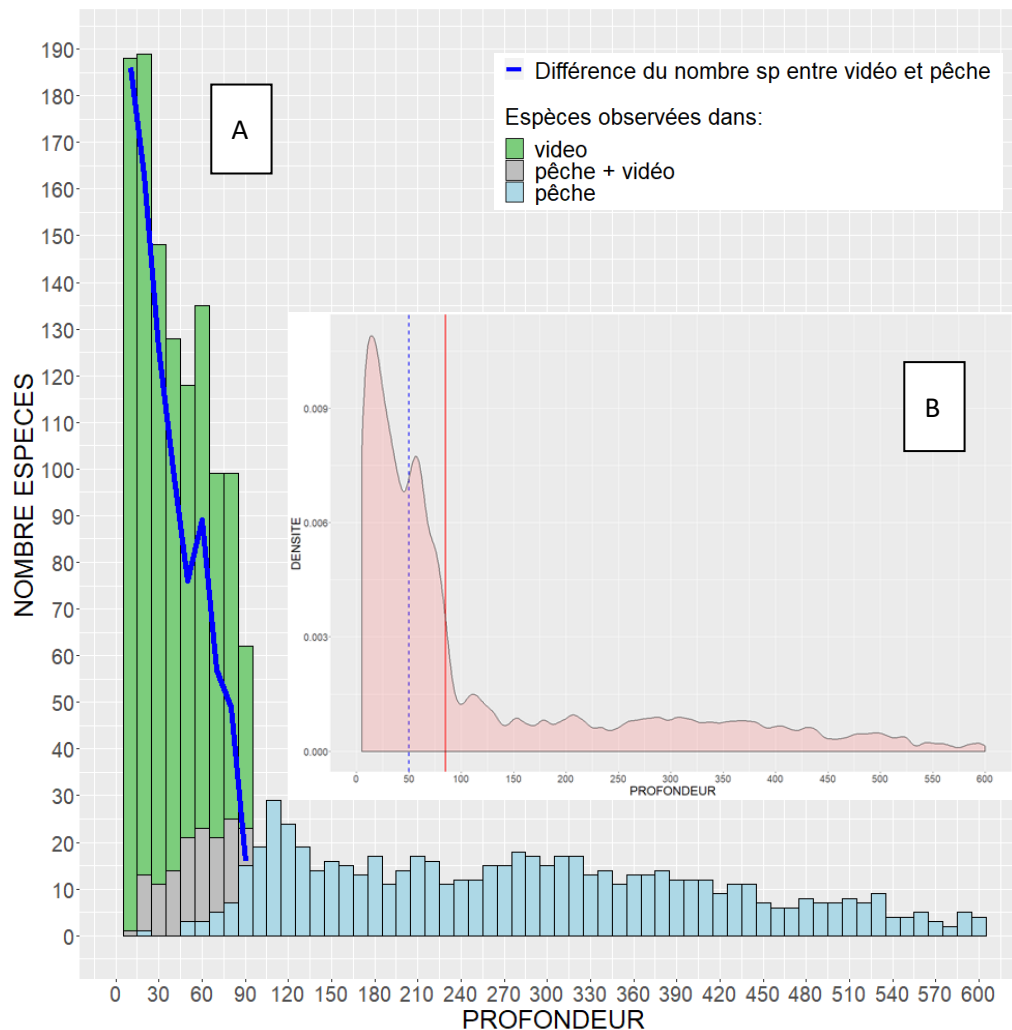


Figure 3: A – Evolution bathymétrique de la richesse spécifique (nombre d'espèces) et de la différence entre le nombre d'espèces observées dans les vidéos et présentes dans les pêches (courbe bleu) ; B – Courbe de densité de la richesse spécifique totale cumulée pêche et vidéo en fonction de la profondeur ; en tireté indication de la sonde des 50 m, en rouge les 85 m.

4.2. Evaluation de la dissimilarité du peuplement entre les classes de profondeur

L'approche mise en œuvre pour définir les zones fonctionnelles s'est portée sur l'indice de dissimilarité de Bray-Curtis (Bray and Curtis, 1957), calculé à partir de données de pêche et de vidéo combinées, et en utilisant la fonction « vegdist » du package « vegan » (Oksanen *et al.* 2013).

Le pas de 50 m a été retenu pour mener les analyses sur la matrice de fréquences d'occurrence des espèces par classe de profondeur. Ce choix de classe de 50 m a été établi en procédant par itération de 10 m en 10 m sur les données, jusqu'à obtenir les résultats de classification les plus cohérents en termes d'assemblages d'espèces. Cette classe de profondeur est pertinente au regard des changements de peuplement observés dans les 100 premiers mètres (Figure 3 ; §4.1). L'indice de Bray-Curtis est un indice de dissimilarité qui permet de quantifier à quel point deux sites ou groupes sont différents en termes de taxons, en prenant en compte les deux dimensions, l'une quantitative (abondance, nombre d'occurrences...) et l'autre spécifique. Si sa valeur est proche de 1 alors la similarité entre deux groupes est faible, si sa valeur approche 0 alors la similarité entre les deux groupes est forte. Ici, l'indice de Bray-Curtis est utilisé pour calculer la dissimilarité entre les classes de profondeur deux à deux.

Sur la Figure 4, la couleur rouge montre les classes de profondeur qui sont considérées comme « similaires » et la couleur bleu reflète les classes les plus « dissimilaires » entre elles. Il y a plusieurs classes qui semblent similaires et pouvant possiblement être regroupées. Mais cette figure ne permet pas de réaliser le regroupement de classes. Pour cela, la méthode de classification ascendante hiérarchique a été utilisée dans la suite du travail.

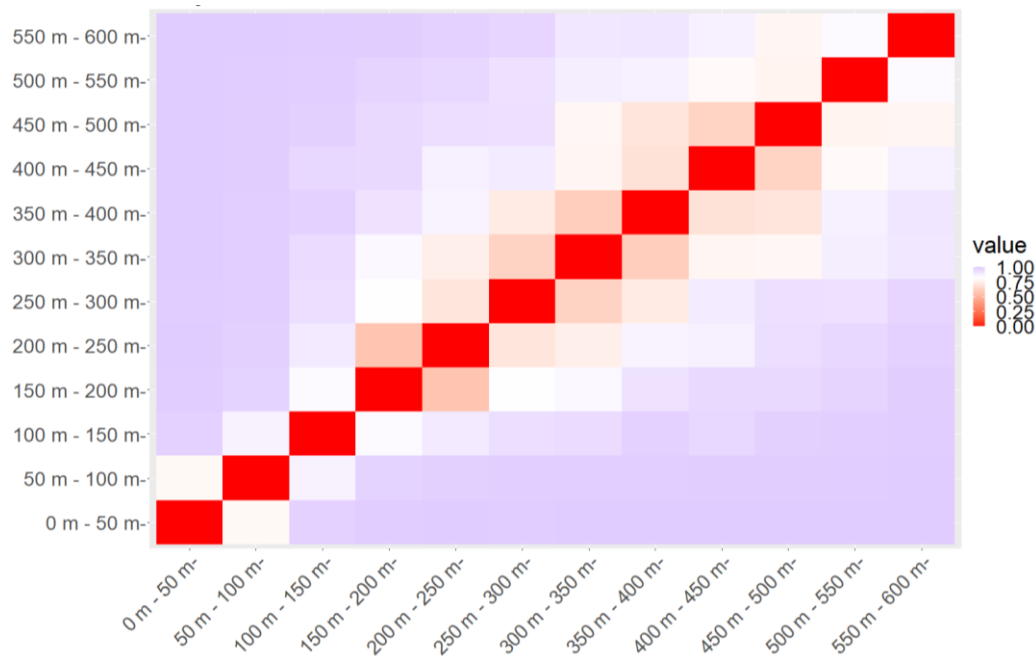


Figure 4: Représentation de l'indice de Bray-Curtis pour les données issues de la pêche et de la vidéo. La couleur rouge montre les classes de profondeur qui sont considérées comme « similaires » et la couleur bleu reflète les classes les plus « dissimilaires » entre elles.

4.3. Regroupement des classes de profondeur en zones fonctionnelles

A partir de la matrice de dissimilarité de Bray-Curtis, et dans le but de regrouper les classes de profondeur similaires entre elles, la méthode de Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) a été utilisée. Le nombre optimal de clusters (le meilleur compromis entre gain d'inertie et nombre de classes) est évalué à 4, correspondant donc à 4 grandes classes de profondeur.

La Classification Ascendante Hiérarchique (CAH) est une méthode statistique visant à partitionner une population en différentes classes, groupes, encore appelés clusters. Elle s'applique sur des matrices de distance (ou de dissimilarité) et permet de regrouper en clusters des groupes similaires entre eux. Un dendrogramme est ainsi obtenu faisant ressortir les clusters d'intérêt. En appliquant la méthode sur la matrice de distance de Bray-Curtis, quatre grandes classes de profondeur, correspondant à des zones fonctionnelles, sont obtenues : de 0 m à 100 m, de 100 m à 250 m, de 250 m à 400 m et de 400 m à 600 m (Figure 5). Cette classification a également été appliquée aux données de pêche seules, et a mis en avant des groupes quasi-similaires (Annexe 7 : Figure 7.2).

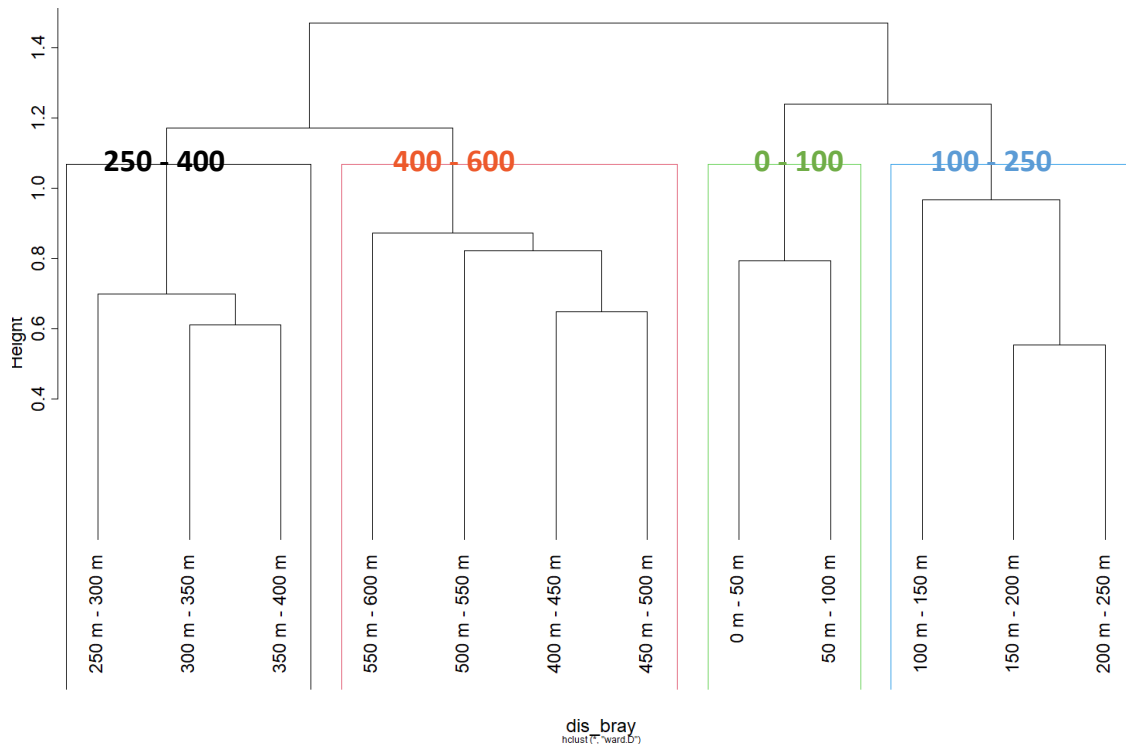


Figure 5: Dendrogramme issu de la classification ascendante hiérarchique et clusters de profondeurs obtenus.

Un travail similaire a été réalisé en utilisant l'indice de Jaccard (Jaccard 1901). Cependant, l'indice de Jaccard ne considère pas la dimension quantitative (l'abondance ou le nombre d'occurrences) mais les seules données de présence/absence. Les résultats obtenus étaient moins satisfaisants et la discrimination entre classes était moins pertinente.

Les résultats des classifications menées à partir des indices de Jaccard et de Bray-Curtis pour des pas de profondeur allant de 10 à 50 m sont disponibles en annexes pour information (Annexe 3 à Annexe 7).

5 Communautés structurant les zones fonctionnelles

5.1. Comparaison des communautés observées dans les vidéos et dans la pêche de 0 à 100 m

5.1.1 Au niveau des familles

Les fréquences d'occurrence de chaque famille ont été calculées pour les profondeurs de 0 à 100 m afin de pouvoir comparer les familles les plus présentes dans les observations vidéo et les observations de pêche (Figure 6). Bien que les observations vidéos s'arrêtent à 85 mètres, elles permettent tout de même de caractériser la zone des 0 – 100 m, rendant ainsi possible la comparaison avec les observations de pêche. Au sein des habitats observés en vidéo, certaines familles sont dominantes comme des Labridae (87.5%), des Mullidae (84.8%), des Acanthuridae (81.4%), des Balistidae (80.3%), et des Chaetodontidae (73.1%). Les principales familles exploitées dans les pêches sont en revanche composées en majorité de Lutjanidae (74.6%), de Serranidae (66.2%), de Mullidae (38%), de Lethrinidae (24%) et de Carangidae (22.5%). Les familles ayant les fréquences d'occurrence les plus élevées ne sont donc pas les mêmes. Comme indiqué précédemment, les données issues des observations vidéos reflètent le milieu dans son ensemble, tandis que les observations pêches résultent de la stratégie de pêche employée, avec des espèces ciblées pour leur capturabilité à l'hameçon et/ou leur intérêt commercial.

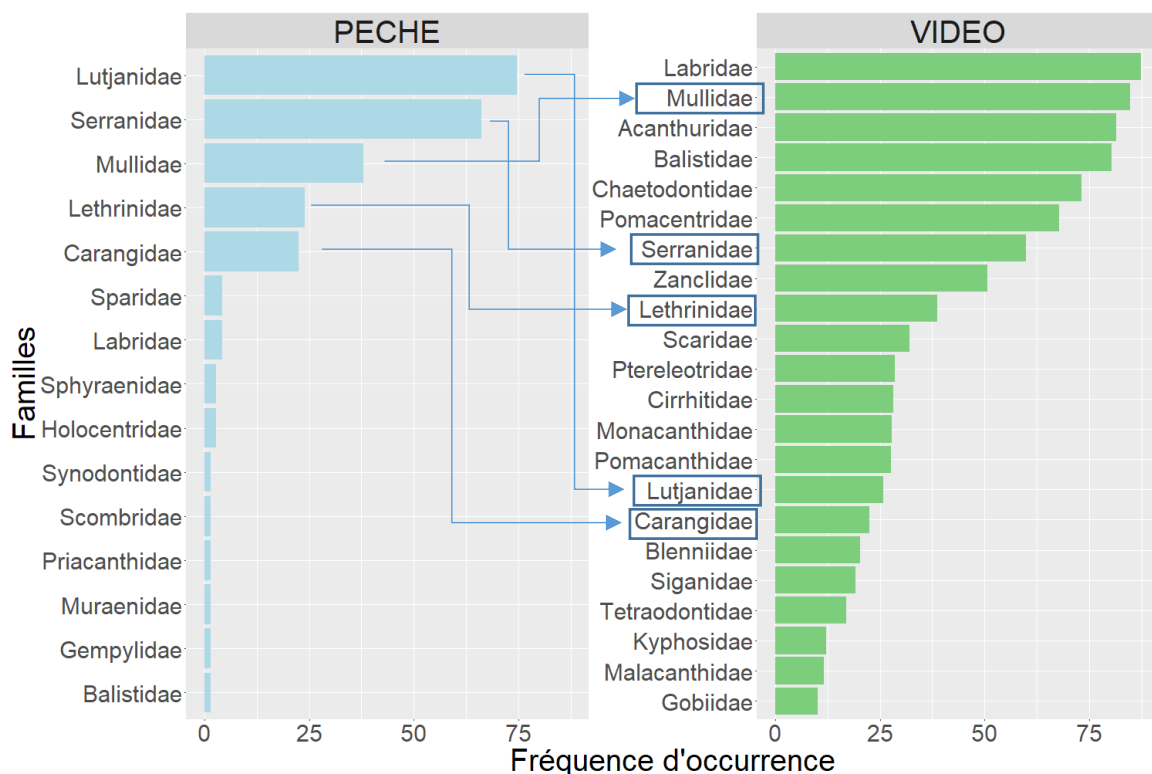


Figure 6 : Fréquences d'occurrence des principales familles pour les observations STAVIRO (droite) et pêche (gauche) dans la zone de profondeur 0 - 100 m.

5.1.2 Au niveau des espèces

Cette partie a pour objectif de faire ressortir les espèces dominantes dans la zone fonctionnelle de 0 à 100 mètres. Pour cela, les données provenant de la pêche et de la vidéo ont été traitées

ensemble et séparément, afin de pouvoir les comparer. A partir des observations obtenues au sein de chaque classe de profondeur, le pourcentage de station où l'espèce est présente a été calculé. Un pourcentage moyen a été calculé lorsque l'espèce était présente à la fois dans les données de vidéo et de pêche.

Pour les données issues de la vidéo et de la pêche, combinées, 318 espèces ont été observées pour la classe 0-100 m. Etant donné le nombre important d'espèces, en particulier pour la première classe de profondeur, seules les 97% des espèces les plus fréquentes ont été représentées (par souci de lisibilité). De plus, si parmi ces dernières le nombre d'espèces était supérieur à 30, seules les 30 premières espèces ont été représentées graphiquement. Cette méthodologie a également été suivie pour les 3 autres zones fonctionnelles (§5.2).

Pour les données issues de la vidéo uniquement (Figure 7), les espèces dominantes sont : *Parupeneus macronemus* qui représente 3.4% de la communauté vivant dans cette classe de profondeur, *Acanthurus nigrofuscus* à 3.3%, *Zanclus Cornutus* à 3.2%, *Parupeneus trifasciatus* à 3.2% et *Sufflamen bursa* à 3.1%.

Pour la pêche, les espèces dominantes (Figure 7) de 0 à 100 m sont : *Lutjanus kasmira* (12.7%), *Epinephelus fasciatus* (7.3%), *Lutjanus notatus* (7.3%), *Cephalopholis aurantia* (5.2%), *Mulloidichthys pfluegeri* (5.2%) et *Pristipomoides multidens* (5.2%).

Pour des raisons de ciblage et de sélectivité déjà exposées précédemment, les espèces dominantes dans les données vidéos ne sont pas les mêmes que celles de la pêche. Toutefois, 4 des 30 espèces dominantes pour la pêche se retrouvent également dans les espèces dominantes pour les données vidéos : *Variola louti*, *Parupeneus macronemus*, *Parupeneus cyclostomus* et *Cephalopholis nigripinnis*.

En combinant les données, pour la classe de profondeur allant de 0 à 100 m (Figure 7) l'espèce dominante est *Acanthurus nigrofuscus* qui représente 3.3% de la communauté vivant dans cette classe de profondeur, suivi de *Zanclus Cornutus* à 3.2%, *Sufflamen bursa* à 3.1%, *Thalassoma genivittatum* à 2.8% et *Ctenochaetus striatus* à 2.5%.

Les espèces principales, mises en avant par les résultats combinés, sont pratiquement identiques à celles de la vidéo. Par exemple, *Lutjanus kasmira* une espèce fortement présente dans les 100 premiers mètres dans le jeu de données pêche (12.7%) se retrouve à 1.8% lorsque les 2 jeux de données sont confondus. La majorité des espèces principalement observées en vidéo ne sont pas ou peu exploitées. Etant donné que ce travail vise à contribuer à la mise en place de zones fonctionnelles halieutiques, la suite des analyses s'est focalisée sur les espèces exploitées. Une liste de 88 espèces pêchées a ainsi été définie (Liste des espèces retenues en Annexe 8).

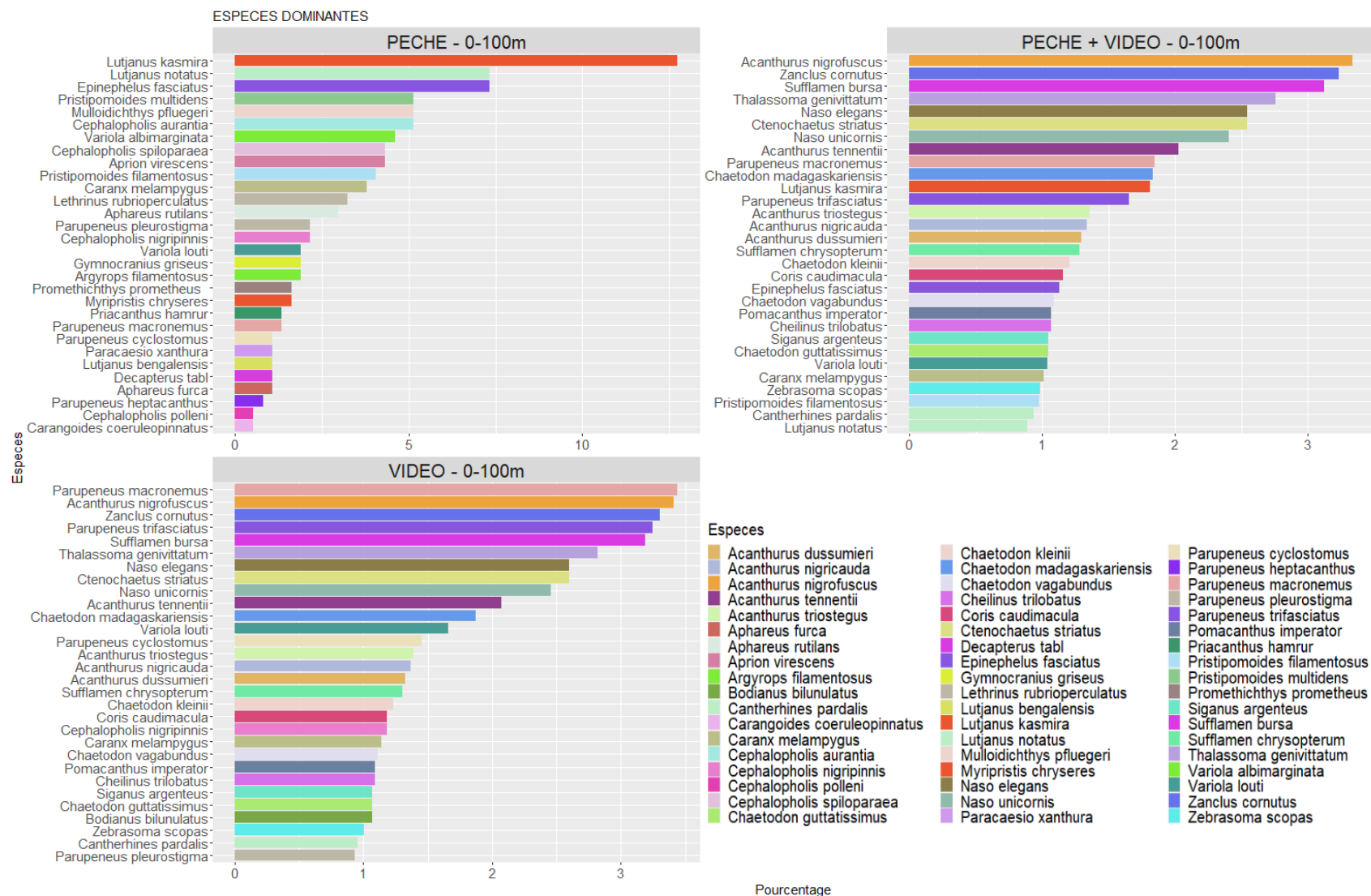


Figure 7 : Pourcentage de présence de chaque espèce dans la classe de profondeur 0 à 100 m, pour les données issues des observations de pêche, de vidéos et des deux.

IPERDMX : Définition de zones fonctionnelles halieutiques

5.2. Espèces dominantes observées dans la pêche pour chaque zone fonctionnelle de 0 à 600 m

Les espèces dominantes pour la classe de profondeur de 0 à 100 m pour la pêche ont déjà été décrites dans la partie précédente.

Pour la classe de profondeur allant de 100 à 250 m (Figure 8), l'espèce la plus présente est *Etelis carbunculus* à 9.8%, suivi de *Pristipomoides argyrogrammicus* à 9.6%, *Pristipomoides filamentosus* à 9.5%, *Lutjanus notatus* à 8.1% et *Lutjanus kasmira* à 6.3%.

Pour la classe de profondeur allant de 250 à 400 m (Figure 8), les espèces dominantes sont *Etelis carbunculus* à 24.8% puis *Pristipomoides argyrogrammicus* à 16.9%, *Squalus megalops* à 15.4%, *Etelis coruscans* à 10% et *Rexea prometheoides* à 4.1%.

Concernant la dernière classe de profondeur, 400 à 600 m (Figure 8), l'espèce la plus présente est *Squalus megalops* (33%), suivie de *Eumegistus illustris* à 15%, *Rexea prometheoides* à 9.5%, *Centrophorus moluccensis* à 8.5% et *Polymixia berndti* à 8.5% également.

Certaines espèces observées sont dominantes pour plusieurs classes de profondeur comme *L. kasmira* et *L. notatus* pour les classes de 0 à 100 m et de 100 à 250 m ou comme *Squalus megalops* pour les classes de profondeur 250 à 400 m et de 400 à 600 m. Ce sont des espèces ubiquistes, avec une large répartition en profondeur. Certaines de ces espèces présentes sur plusieurs classes de profondeur peuvent changer de profondeur en fonction du cycle nyctéméral, remontant la nuit dans les habitats moins profonds pour s'alimenter notamment.

5.3. Espèces structurant les zones fonctionnelles

Pour identifier les espèces structurant chaque zone fonctionnelle, une Analyse Factorielle des Correspondances (AFC) a été réalisée. Elle permet de visualiser graphiquement l'information et d'analyser l'association entre deux variables qualitatives, ici les classes de profondeur et les espèces sélectionnées. Cette analyse est réalisée à partir de la matrice de fréquence d'occurrence (Annexe 1 et Figure 1) et grâce à la fonction « CA » du package « FactoMineR » (Lê *et al.* 2008).

Ainsi, 75.7% de la variance est expliquée par les deux premiers axes de l'AFC (Figure 9) et les associations sont significatives ($p\text{-value} < 2.2e\text{-}16$ et $\chi^2 = 17507$). L'hypothèse d'indépendance entre les classes de profondeurs et les espèces est donc rejetée. La Figure 9 **Erreur ! Source du renvoi introuvable.** montre les espèces associées aux classes de profondeur. Plus le nom de l'espèce est proche de la classe de profondeur, plus l'espèce est typique de cette dernière, et inversement plus la distance entre une classe de profondeur et une espèce est grande, moins elle y sera associée. La proximité visuelle des espèces permet de définir des groupes d'espèces.

Certaines espèces sont très corrélées avec leur classe de profondeur, comme par exemple *Eumegistus illustris* à 400 – 600 m, tandis que d'autres se situent entre deux classes. C'est le cas de *Squalus megalops* qui se rencontre entre les classes 250 – 400 m et 400 – 600 m. Cette AFC montre aussi qu'il y a moins d'espèces associées aux eaux plus profondes par rapport aux 100 premiers mètres (e.g. §4.1).

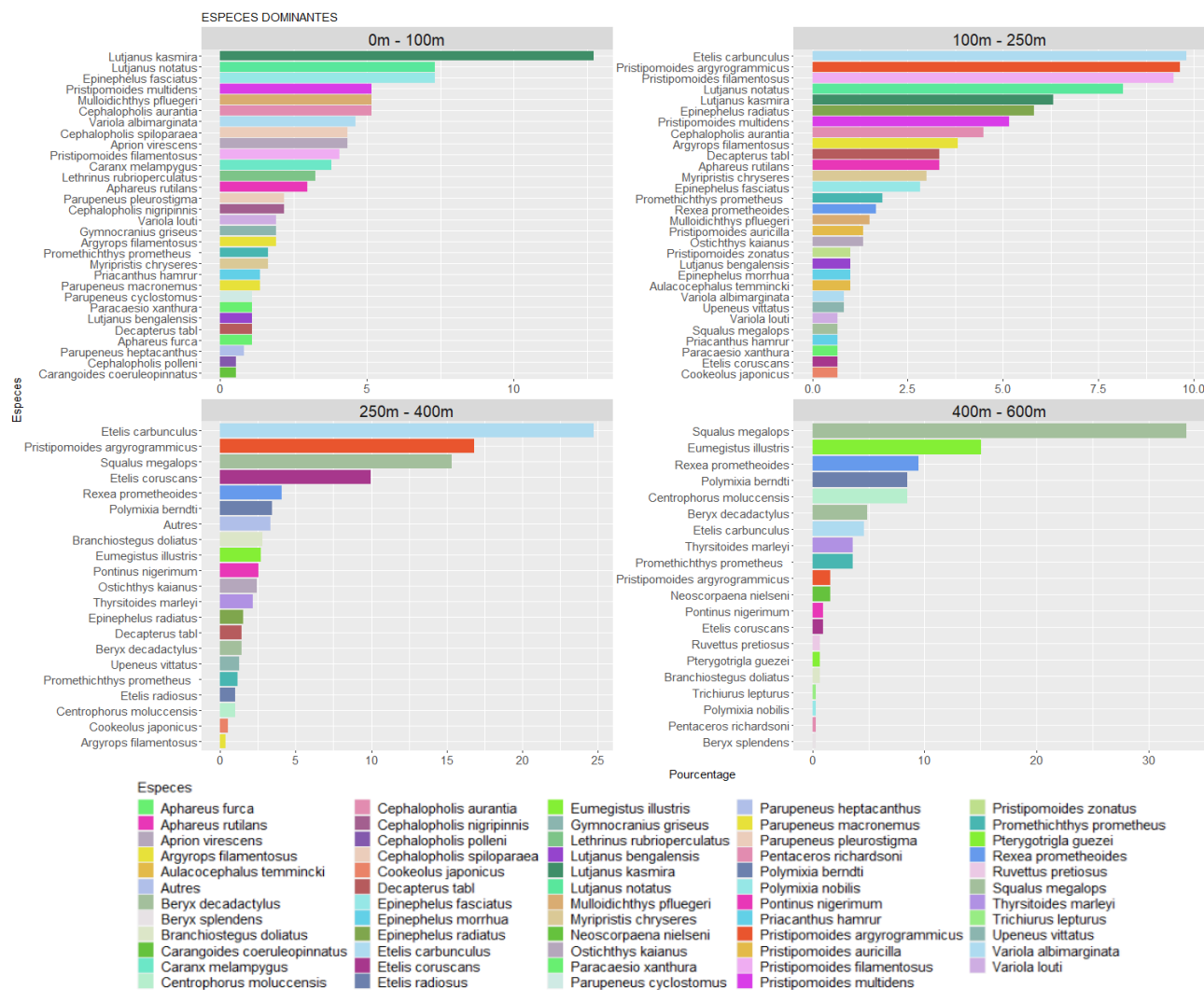


Figure 8: Pourcentage de présence que représente chaque espèce dans les quatre classes de profondeur pour les données issues de la pêche.



Figure 9: Biplot asymétrique de l'Analyse des Correspondances

IPERDMX : Définition de zones fonctionnelles halieutiques

5.4. Contribution des espèces à la dissimilarité entre zones fonctionnelles

L'analyse de similarité SIMPER (Clarke, 1993) se base sur l'indice de dissimilarité de Bray-Curtis. Elle calcule la contribution d'une espèce à la dissimilarité totale entre deux groupes. Cette procédure permet ici de mettre en avant les espèces qui contribuent le plus à la dissimilarité entre chaque zone fonctionnelle. Les résultats apportent des informations pouvant aider à la répartition des espèces dans les différentes classes de profondeur. Cette analyse est effectuée à l'aide de la fonction « *simper* » du package « *vegan* ».

L'analyse de similarité entre les zones 0 – 100 m et 100 – 250 m (Annexe 9) montre des différences significatives à plus de 90% ($p < 0.08$). Cela s'explique d'une part, par des espèces dont le spectre de profondeur s'étend sur ces deux premières zones (e.g. *Cephalopholis aurantia*), et d'autre part, par des comportements de certaines espèces remontant de nuit vers les habitats moins profonds pour s'alimenter, où les pêcheurs les ciblent particulièrement pour optimiser les rendements (e.g. *Pristipomoides multidens*). Vingt-sept espèces contribuent à expliquer 42% de la dissimilarité entre les deux premières zones (à hauteur de 1.55% chacune), comme *Aphareus furca*, *Caranx melampygus*, *Gnathodentex aureolineatus*, *Gymnosarda unicolor* et *Lutjanus fulvus*.

Les analyses de similarité entre les autres classes de profondeur se sont avérées significatives ($p < 0.05$). Les résultats significatifs sont montrés dans les Annexes 10 et 11.

La dissimilarité entre les strates de profondeur 100 – 250 m et 250 – 400 m est expliquée à 40% par une vingtaine d'espèces (Annexe 10). Celles qui caractérisent la classe 100-250 m sont : *Aulacocephalus temmincki*, *Epinephelus chlorostigma*, *Epinephelus morrhua*, *Liopropoma lunulatum*, *Odontanthias borbonius*, *Pontinus macrocephalus*, *Pristigenys nipponia* et *Pristipomoides zonatus*, tous contribuant individuellement à 2.53% à la dissimilarité.

Les 21 espèces suivantes expliquent 64% de la dissimilarité entre les zones 250 - 400 m et 400 – 600 m (Annexe 11). Les espèces contribuant le plus à la dissimilarité entre les deux dernières classes sont : *Antigonia rubescens*, *Beryx splendens*, *Media abyssalis*, *Meganthias natalensis*, *Pentaceros richardsoni*, *Randallichthys filamentosus*, *Sphoeroides pachygaster* et *Trichiurus lepturus*, toutes contribuant individuellement à 3.80%. Ces espèces sont donc plus spécifiques soit de l'une, soit de l'autre strate de profondeur, particulièrement pour les espèces les plus profondes.

5.5. Caractérisation des communautés ichtyologiques

A partir des données de fréquence d'occurrence, de l'analyse de correspondance et de l'analyse de similarité, les espèces retenues ont été réparties en trois catégories pour qualifier leur appartenance à une communauté au sein de chaque zone fonctionnelle (Tableau 1) :

- **Dominante** : les espèces ayant été observées 5 fois ou plus (dans les données issues de la pêche), et dont plus de 55% de la population se trouve dans la classe de profondeur. Ces espèces sont dominantes dans la classe de profondeur et donc la caractérisent.
- **Secondaire (ou connexe)** : les espèces ayant été observées au moins 5 fois mais dont l'appartenance à une seule classe n'est pas très marquée, c'est-à-dire qu'elle ne se trouve pas à plus de 55% dans une classe. Le terme secondaire est utilisé, non pas pour caractériser leur importance halieutique mais leur importance au sein de la classe. L'espèce est secondaire dans la classe de profondeur à laquelle elle est associée.
- **Complémentaire** : les espèces ayant été observées moins de 5 fois dans les données issues de la pêche mais représentant tout de même un intérêt halieutique.

Les seuils considérés ci-dessus pour définir la contribution d'une espèce à une communauté ont été fixés à :

- 55%, en arrondissant la valeur moyenne (54,3%) de la dispersion des fréquences d'occurrence spécifiques globales (Figure 10).
- 5 observations minimales, fixées à partir des Intervalles de Confiance (IC) autour de la moyenne. Les IC ne pouvant être calculés de manière fiable avec moins de 5 observations, il est préférable de ne pas conserver ces espèces. Cela permet également d'identifier ces espèces de moindre importance car à la fois peu présentes dans la pêche, et ne présentant pas nécessairement un intérêt halieutique important.

Ces seuils ont ainsi permis de qualifier la dominance de chaque espèce au sein de chaque communauté.

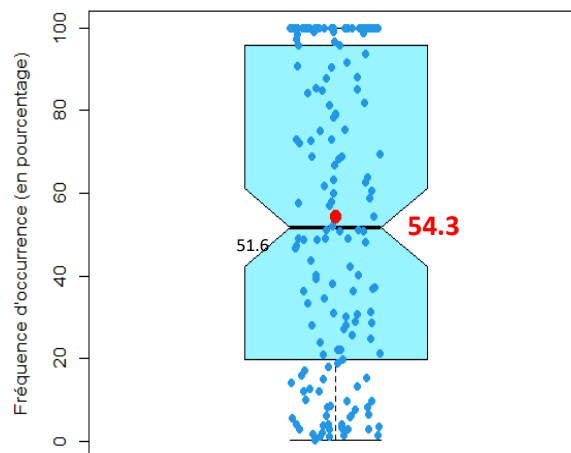


Figure 10: Dispersion des fréquences d'occurrence des espèces dans les zones fonctionnelles.

Les espèces retenues comme secondaires ne sont donc pas majoritaires dans la zone fonctionnelle considérée (< 55%).

De ce fait, si une espèce secondaire se retrouve associée à une espèce dominante (ou à un groupe d'espèces dominantes), la strate de profondeur de pêche pourrait en être déduite (Figure 11). Par exemple, si un *Parupenus rubescens* est pêché avec *Aprion virescens*, alors la zone visée probable est 0 – 100 m ; en revanche s'il est pêché avec un *Pristipomoides filamentosus*, alors la zone exploitée correspondrait à la zone 100 – 250 m. Certaines espèces sont dominantes dans une certaine classe de profondeur mais peuvent être secondaires dans une autre. Aussi, si elles sont pêchées seules, elles caractériseront la classe où elles sont dominantes, mais si elles sont pêchées avec un groupe d'espèce appartenant à la classe de profondeur où elles sont secondaires, alors elles caractériseront cette dernière classe. Autre exemple, *Myripristis chryseres* est dominante dans la classe 100 – 250 m mais secondaire dans la classe 0 – 100 m. Si elle est pêchée seule, l'effort de pêche serait attribué à la classe 100 – 250 m, là où elle est dominante. Mais si elle est pêchée avec *Lutjanus kasmira*, *Epinephelus fasciatus*, et *Variola louti* alors l'effort de pêche sera attribué à la zone de profondeur 0 – 100 m, là où elle est secondaire (Figure 11, Tableau 1).

Enfin, dans le cas où deux espèces dominantes ou deux espèces secondaires de deux classes différentes ont été pêchées ensemble, le même jour, l'effort de pêche du jour sera attribué aux deux classes de profondeur concernées.

Concernant les espèces complémentaires (Tableau 1), leur faible présence dans les pêches (moins de 5 occurrences) ne permet pas de les utiliser pour caractériser les zones fonctionnelles. Pour

celles d'intérêt halieutique, il est intéressant de les conserver ici pour préciser les informations contextuelles de pêche, une fois qu'elles sont associées à des espèces dominantes et secondaires.

Promethichthys prometheus est une espèce particulière, régulièrement observée, mais montrant une répartition quasi-équitable entre les 4 zones : 16.2% 0 – 100 m, 32% 100 – 250 m, 23.9% 250 – 400 m et 27.9% 400 – 600 m. Elle ne permet donc pas de caractériser les zones fonctionnelles. De plus, elle ne représente pas d'intérêt pour la pêche, et est rejetée lors de captures par les pêcheurs professionnels. Aussi, il a été décidé de la retirer de la liste d'espèces pouvant indiquer la profondeur de pêche.

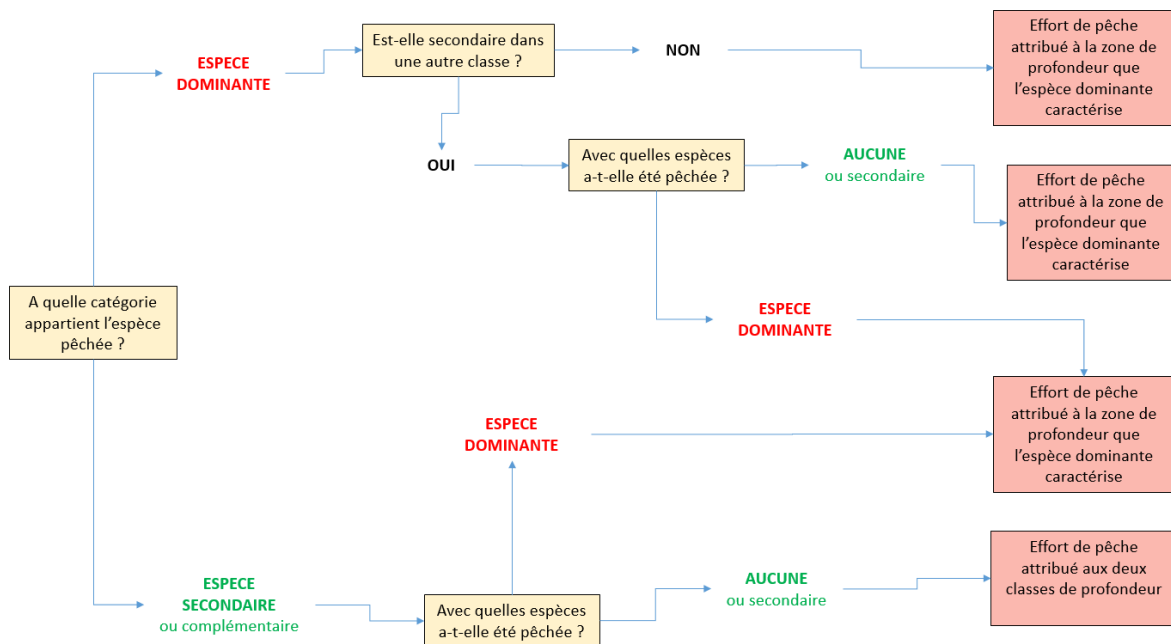


Figure 11: Schéma représentant l'affectation de l'effort de pêche journalier, selon l'espèce pêchée.

Tableau 1 : Les espèces dominantes, secondaires et complémentaires caractérisant chaque zone fonctionnelle. Les espèces en gras sont les espèces d'importance halieutique.

ZONE FONCTIONNELLE	CATEGORIE	ESPECES
CLASSE DE PROFONDEUR 0 – 100 m	DOMINANTES	<i>Lutjanus kasmira</i> , <i>Epinephelus fasciatus</i> , <i>Variola louti</i> , <i>Aprion virescens</i> , <i>Variola albimarginata</i> , <i>Priacanthus hamrur</i> , <i>Caranx melampygus</i> , <i>Mulloidichthys pfluegeri</i> , <i>Lethrinus rubrioperculatus</i> , <i>Gymnocranius griseus</i> , <i>Cephalopholis aurantia</i> , <i>Cephalopholis nigripinnis</i> , <i>Cephalopholis spiloparaea</i> , <i>Parupeneus cyclostomus</i> , <i>Parupeneus macronemus</i> , <i>Parupeneus pleurostigma</i> .
	SECONDAIRES	<i>Parupeneus rubescens</i> , <i>Aphareus rutilans</i> , <i>Argyrops filamentosus</i> , <i>Lutjanus bengalensis</i> , <i>Lutjanus notatus</i> , <i>Myripristis chryseres</i> , <i>Pristipomoides multidentis</i> .
	COMPLEMENTAIRES	<i>Aphareus furca</i> , <i>Balistoides conspicillum</i> , <i>Bodianus bilunulatus</i> , <i>Bodianus perditio</i> , <i>Carangoides coeruleopinnatus</i> , <i>Caranx lugubris</i> , <i>Cephalopholis polleni</i> , <i>Cephalopholis sonnerati</i> , <i>Choerodon robustus</i> , <i>Epinephelus longispinis</i> , <i>Gnathodentex aureolineatus</i> , <i>Gracila albomarginata</i> , <i>Gymnosarda unicolor</i> , <i>Iniistius pavo</i> , <i>Lutjanus fulvus</i> , <i>Parupeneus heptacanthus</i> , <i>Parupeneus trifasciatus</i> , <i>Seriola rivoliana</i> , <i>Sphyræna forsteri</i> , <i>Sufflamen fraenatum</i> , <i>Xanthichthys lineopunctatus</i> , <i>Paracaesio xanthura</i> , <i>Paracaesio sordida</i> , <i>Epinephelus retouti</i> .
CLASSE DE PROFONDEUR 100 – 250 m	DOMINANTES	<i>Pristipomoides filamentosus</i> , <i>Epinephelus radiatus</i> , <i>Pristipomoides zonatus</i> , <i>Epinephelus morrhua</i> , <i>Lutjanus notatus</i> , <i>Myripristis chryseres</i> , <i>Aphareus rutilans</i> , <i>Argyrops filamentosus</i> , <i>Pristipomoides multidentis</i> , <i>Decapterus tabl</i> , <i>Pristipomoides auricilla</i> , <i>Aulacocephalus temmincki</i> .
	SECONDAIRES	<i>Lutjanus bengalensis</i> , <i>Parupeneus rubescens</i> , <i>Cephalopholis aurantia</i> , <i>Cookeolus japonicus</i> , <i>Pristipomoides argyrogrammicus</i> , <i>Thyrsitoides marleyi</i> , <i>Upeneus vittatus</i> , <i>Epinephelus octofasciatus</i> .
	COMPLEMENTAIRES	<i>Epinephelus chlorostigma</i> , <i>Epinephelus retouti</i> , <i>Liopropoma lunulatum</i> , <i>Paracaesio sordida</i> , <i>Pontinus macrocephalus</i> , <i>Pristigenys nipponia</i> , <i>Paracaesio xanthura</i> , <i>Odontanthias borbonius</i> .

ZONE FONCTIONNELLE	CATEGORIE	ESPECES
CLASSE DE PROFONDEUR 250 – 400 m	DOMINANTES	<i>Etelis carbunculus</i> , <i>Etelis coruscans</i> , <i>Ostichthys kaianus</i> , <i>Etelis radiosus</i> , <i>Pristipomoides argyrogrammicus</i> , <i>Upeneus vittatus</i> , <i>Branchiostegus doliatatus</i> , <i>Pontinus nigerimum</i> , <i>Epinephelus octofasciatus</i> .
	SECONDAIRES	<i>Cookeolus japonicus</i> , <i>Rexea prometheoides</i> , <i>Thyrsitoides marleyi</i> , <i>Squalus megalops</i> , <i>Decapterus tabl</i> , <i>Beryx decadactylus</i> , <i>Polymixia berndti</i> , <i>Eumegistus illustris</i> .
	COMPLEMENTAIRES	<i>Antigonia rubescens</i> , <i>Randallichthys filamentosus</i> , <i>Sphoeroides pachygaster</i> , <i>Hexanchus nakamurai</i> , <i>Media abyssalis</i> , <i>Meganthias natalensis</i> , <i>Pterygotrigla guezei</i> .
CLASSE DE PROFONDEUR 400 – 600 m	DOMINANTES	<i>Eumegistus illustris</i> , <i>Beryx decadactylus</i> , <i>Centrophorus moluccensis</i> , <i>Neoscorpaena nielsenii</i> .
	SECONDAIRES	<i>Polymixia berndti</i> , <i>Rexea prometheoides</i> , <i>Thyrsitoides marleyi</i> , <i>Squalus megalops</i> .
	COMPLEMENTAIRES	<i>Trichiurus lepturus</i> , <i>Beryx splendens</i> , <i>Pentaceros richardsoni</i> , <i>Pterygotrigla guezei</i> .

6 Relation entre les observations issues de la pêche et de la vidéo

La question est de déterminer si la présence des espèces (la fréquence d'occurrence) dans les pêches est en relation avec celle observée en vidéo, et par corollaire comment ces deux types d'observations se complètent.

Pour cette comparaison, les types d'habitats lagonaires, sablo-vaseux et les herbiers ont été exclus car non visités par les navires de petites pêches professionnelles à la ligne à main. Pour les données issues de la vidéo, seules les données issues des zones où la pêche est autorisée ont été gardées. Puis, seules les espèces présentes dans les observations comprises entre 8 m (profondeur minimale de la pêche) et 85 m (profondeur maximale de la vidéo), communes aux deux jeux de données, ont été conservées, soit 37 espèces pêchées (Annexe 12).

Un premier modèle linéaire a été ajusté pour exprimer les relations entre les fréquences d'occurrence de chaque espèce dans les pêches en fonction de celles obtenues dans les vidéos (Figure 12). Les espèces trop peu observées dans les pêches et les vidéos, soit par leur rareté, soit par des difficultés d'échantillonnage en pêche durant le projet (ex : *Variola Louti*), ont été retirées de cette analyse car de ce fait, elles n'apportent pas d'informations utiles pour la comparaison (Annexe 12). Ainsi, 23 espèces ont été conservées pour confronter les fréquences d'occurrence issues de la pêche et de la vidéo (Figure 12). Un test de régression linéaire met en évidence une relation significative ($R^2=0.45$, $p < 0.001$) entre la fréquence des espèces dans les pêches et leur présence dans les habitats naturels par observations vidéos. Les espèces particulièrement ciblées par les pêcheurs (e.g. *E. kasmira*, *E. fasciatus*...) montrent des fréquences d'occurrence supérieures dans les pêches que dans les vidéos.

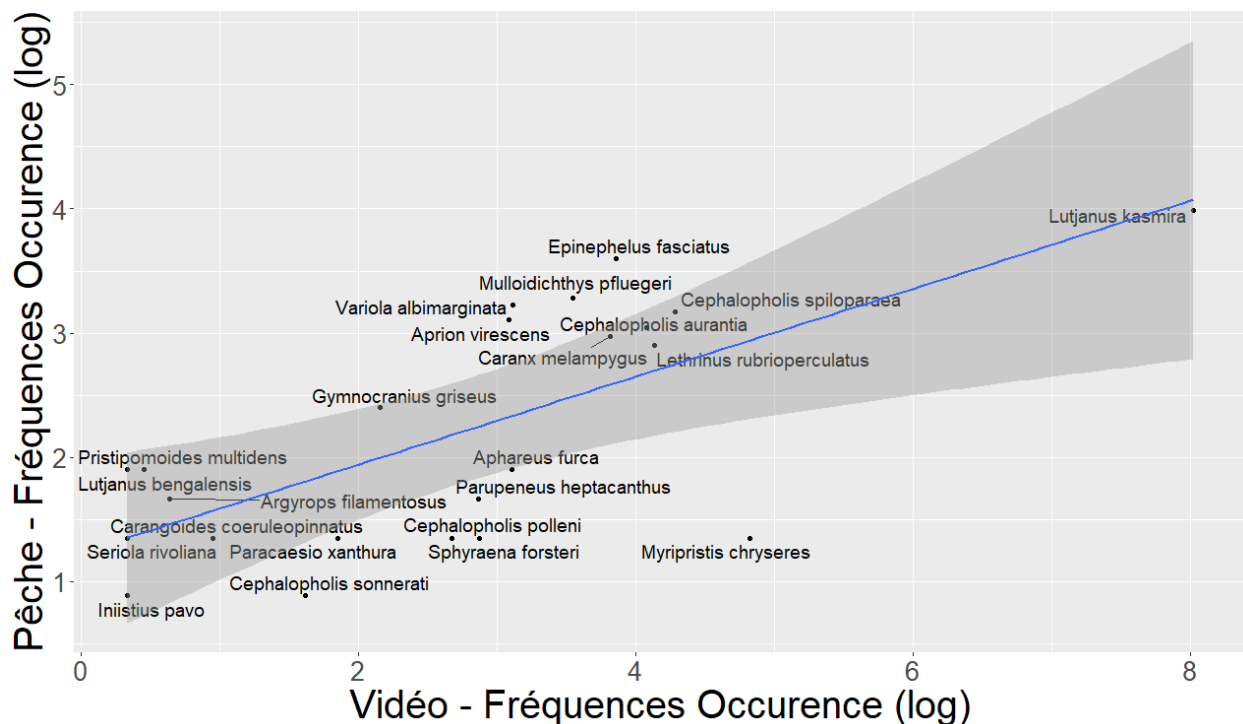


Figure 12 : Régression linéaire pour les données de fréquences d'occurrence moyennes de la pêche par espèce (log) en fonction de celles de la vidéo.

Ainsi, pour ces espèces halieutiques, la fréquence d'occurrence dans les pêches, concorde assez bien avec celle observée dans les vidéos.

En revanche, des analyses préliminaires n'ont pas montré, à l'échelle de la communauté (0 – 100 m), de lien évident entre les niveaux d'abondances estimées dans les pêches et dans les vidéos. Des relations plus complexes, non linéaires d'après des premiers résultats non présentés ici, existeraient et nécessiteront un travail analytique complémentaire.

En effet, en fonction des espèces, les différences observées entre les données de pêche et de vidéo peuvent s'expliquer par plusieurs facteurs, intégrant différents intérêts et compromis entre la facilité de trouver l'espèce (occurrence), son abondance, sa capturabilité (dépendant des conditions du milieu, saison, heure de la journée...), son prix de vente, la demande, etc. En ciblant une ou plusieurs espèces au sein d'une communauté, le pêcheur optimise sa stratégie de pêche journalière selon le moment de la journée, aux espèces présentes et en activité alimentaire, en adaptant la sélectivité de la ligne de pêche utilisée pour une capturabilité optimale (taille, type et nombre d'hameçon, type d'appât...). Les stratégies de pêche ainsi mises en œuvre sont essentiellement dépendantes du comportement alimentaire des espèces d'intérêt commercial recherchées et des espèces connexes potentielles (secondaires) constituant la communauté ciblée (profondeur, période de la journée), aussi bien des espèces solitaires ayant une valeur commerciale élevée (e.g. *Variola sp.*), et/ou celles prédisposant d'une grégarité élevée permettant d'assurer de bons rendements (e.g. *Lutjanus kasmira*), de surcroît lorsque de grande taille (e.g. *Pristipomoides multidens*, *Aphareus rutilans*).

7 Conclusion

L'utilisation croisée des observations de pêches et de vidéo STAVIRO a permis de mettre en évidence une biodiversité ichthyologique remarquable dans les habitats exploités jusqu'à 700 m de profondeur à La Réunion.

A l'aide de ces données, il a été possible de qualifier 4 zones fonctionnelles halieutiques. Chaque zone fonctionnelle est caractérisée par une classe de profondeur et des espèces dominantes appartenant à une communauté de poissons inféodés aux habitats qui s'y trouvent.

Certaines espèces peuvent se retrouver dans une moindre mesure sur plusieurs zones fonctionnelles adjacentes ; qualifiées ici de secondaires, ce sont des espèces ubiquistes. Cette classification par espèce et/ou par association d'espèces permet de déterminer la zone où l'effort de pêche a été appliqué plus précisément.

L'écologie et la dynamique spatiale de certaines espèces, notamment liées au nyctémère (alternance du jour et de la nuit), oblige à connaître leur lien au sein de chaque communauté. Cette connaissance permet ainsi de mieux appréhender l'évaluation des efforts de pêche dans chacune des zones fonctionnelles mais aussi de mieux mesurer les effets de mesures de gestion qui pourraient être prises pour soutenir durablement les peuplements ciblés, de même que les rendements de pêche.

Cette capacité à préciser les efforts de pêche sur chaque espèce au sein de chaque zone fonctionnelle est une des conditions requises pour diagnostiquer les situations des stocks et gérer durablement les activités.

Il a également été mis en avant, l'existence d'une relation étroite entre la fréquence des espèces exploitées dans leurs milieux de vie et leur présence dans les pêches. Il est donc pertinent d'utiliser les approches communautés et les zones fonctionnelles définies ici pour suivre et évaluer les pressions de pêche, de même que diagnostiquer l'état des ressources pour une gestion écosystémique des pêches des poissons démersaux à La Réunion.

8 Bibliographie

- Bray JR, Curtis JT (1957). An Ordination of the Upland Forest Communities of Southern Wisconsin. *Ecological Monographs* **27**, 325–349. doi:10.2307/1942268
- Clarke KR (1993). Non-parametric multivariate analyses of changes in community structure. *Australian Journal of Ecology* **18**, 117–143. doi:10.1111/j.1442-9993.1993.tb00438.x
- Delage N, Le Pape O (2016). Inventaire des zones fonctionnelles pour les ressources halieutiques dans les eaux sous souveraineté française. Première partie : définitions, critères d'importance et méthode pour déterminer des zones d'importance à protéger en priorité. report. Pôle halieutique AGROCAMPUS OUEST. Available at: <https://hal-agrocampus-ouest.archives-ouvertes.fr/hal-01558432/document> [accessed 13 December 2018]
- Donaldson TJ (2002). Habitat association and depth distribution of two sympatric groupers of the genus *Cephalopholis* (Serranidae: Epinephelinae). *Ichthyological Research (Japan)*. Available at: https://scholar.google.com/scholar_lookup?title=Habitat+association+and+depth+distribution+of+two+sympatric+groupers+of+the+genus+Cephalopholis+%28Serranidae%3A+Epinephelinae%29&author=%22Donaldson%2C+T.J.+%28International+Marinelife+Alliance%2C+Guam+%28USA%29%29.%22&publication_year=2002 [accessed 4 April 2022]
- Fleury P-G, Evano H, Le Ru L, Aureche V (2012). Synthèse de l'étude et des campagnes à la mer 2011 sur l'exploitation aux vire-lignes des espèces démersales profondes autour de La Réunion. Available at: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00098/20902/>
- Jaccard P (1901). Distribution de la flore alpine dans le bassin des Dranses et dans quelques régions voisines. *Bull Soc Vaudoise Sci Nat* **37**, 241–272.
- Laman EA, Rooper CN, Turner K, Rooney S, Cooper DW, Zimmermann M (2018). Using species distribution models to describe essential fish habitat in Alaska. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **75**, 1230–1255.
- Lê S, Josse J, Husson F (2008). FactoMineR: An R Package for Multivariate Analysis. *Journal of Statistical Software* **25**, 1–18. doi:10.18637/jss.v025.i01
- Magnuson-Stevens Fishery Act (2007). 'Fishery Conservation and Management Reauthorization Act of 2006 - Public Law 109 - 479 -'. (U.S. Government Printing Office) Available at: <https://www.govinfo.gov/app/details/PLAW-109publ479/https%3A%2F%2Fwww.govinfo.gov%2Fapp%2Fdetails%2FPLAW-109publ479> [accessed 31 March 2022]
- McGehee M (1994). Correspondence between assemblages of coral reef fishes and gradients of water motion, depth, and substrate size off Puerto Rico. doi:10.3354/MEPS105243
- Moore C, Drazen JC, Radford BT, Kelley C, Newman SJ (2016). Improving essential fish habitat designation to support sustainable ecosystem-based fisheries management. *Marine Policy* **69**, 32–41. doi:10.1016/j.marpol.2016.03.021

- Oksanen J, Blanchet FG, Kindt R, Legendre P, Minchin PR, O'Hara RB, Simpson GL, Solymos P, Stevens MHH, Wagner H (2013). Vegan: Community Ecology Package. R package version 2.0–10.
- Pelletier D, Leleu K, Mallet D, Mou-Tham G, Herve G, Boureau M, Guilpart N (2012). Remote High-Definition Rotating Video Enables Fast Spatial Survey of Marine Underwater Macrofauna and Habitats. *Plos One* **7**. doi:10.1371/journal.pone.0030536
- Pelletier D, Roos D, Bouchoucha M, Schohn T, Roman W, Gonson C, Bockel T, Carpentier L, Preuss B, Powell A, Garcia J, Gaboriau M, Cadé F, Royaux C, Le Bras Y, Reecht Y (2021). A Standardized Workflow Based on the STAVIRO Unbaited Underwater Video System for Monitoring Fish and Habitat Essential Biodiversity Variables in Coastal Areas. *Frontiers in Marine Science* **8**. Available at: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2021.689280>
- Pikitch EK, Santora C, Babcock EA, Bakun A, Bonfil R, Conover DO, Dayton P, Doukakis P, Fluharty D, Heneman B, Houde ED, Link J, Livingston PA, Mangel M, McAllister MK, Pope J, Sainsbury KJ (2004). Ecology. Ecosystem-based fishery management. *Science (New York, N.Y.)* **305**, 346–347. doi:10.1126/science.1098222
- R Core Team (2021). A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing. Available at: <https://www.R-project.org/>.
- Roos D, Aumond Y, Huet J, Bruchon F (2015). Projet ANCRE-DMX2 : Indicateurs biologiques et écologiques pour une gestion durable des stocks de poissons Démersaux profonds (100–700 m) d'intérêt halieutique à La Réunion. Available at: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00347/45812/>
- Roos D, Tessier E, Taquet M (2001). Prospection des ressources côtières démersales profondes autour de La Réunion. Analyse des données des campagnes à la mer réalisées du 23/02/2000 au 28/07/2000. Rapport de synthèse des travaux confiés par le CRPMEM de La Réunion à l'Ifremer Délégation Océan Indien, 25p. Available at: <https://archimer.ifremer.fr/doc/00410/52117/>
- Rosenberg A, Bigford TE, Leathery S, Hill RL, Bickers K (2000). Ecosystem approaches to fishery management through essential fish habitat. *Bulletin of Marine Science* **66**, 535–542.
- Sih TL, Daniell JJ, Bridge TCL, Beaman RJ, Cappo M, Kingsford MJ (2019). Deep-Reef Fish Communities of the Great Barrier Reef Shelf-Break: Trophic Structure and Habitat Associations. *Diversity* **11**, 26. doi:10.3390/d11020026
- Tamdrari H (2007). Analyse de la diversité biologique des poissons démersaux du nord du golfe du Saint-Laurent. Masters, Université du Québec à Rimouski Rimouski, Québec. Available at: <https://semaphore.uqar.ca/id/eprint/14/> [accessed 4 October 2022]

9 Annexes

Annexe 1 : Détails des tableaux utilisés pour les analyses de données

Pour les analyses, seules les variables en gras ont été utilisées.

DONNEES VIDEO :

Tableau UnitObs : informations sur les stations vidéos STAVIRO.

- 633 lignes correspondant chacune à une station.
- 35 colonnes chacune correspondant à une variable permettant de décrire les paramètres des stations : "AMP", "**UnitObs**", "type", "site", "station", "carac1", "carac2", "fraction", "jour", "mois", "an", "heure", "nebulosité", "dirVent", "forceVent", "etatMer", "courant", "maree", "lune", "latitude", "longitude", "statut_protection", "avant_apres", "biotop1", "biotop2", "habitat1", "habitat2", "habitat3", "visibilite", "**prof_min**", "prof_max", "DimObs1", "DimObs2", "nb_observateur" et "observateur".

Tableau Observation Staviro : information sur les observations réalisées à chaque station.

- 23182 lignes correspondant chacune à l'observation d'une espèce i à une station j.
- 10 colonnes correspondant chacune à des informations sur l'observation réalisée : "**UnitObs**", "rotation", "**codeSp**", "sexe", "taille", "classe_taille", "poids", "**nb_ind**", "Dmin" et "Dmax".

Tableau Référentiel d'espèces : informations biologiques et taxinomiques sur les espèces observées.

- 3668 lignes correspondant chacune à une espèce/identification différente.
- 33 colonnes correspondant aux informations sur chaque identification : "**codeSp**", "GrSIH", "codeSIH", "ISSCAAP", "TAXOCODE", "codeFAO", "codeFB", "phylum", "categ_bent", "classe", "ordre", "**Famille**", "Genre", "**espece**", "**identifiant**", "taille_max", "L50", "cryptique", "mobilite", "territorialite", "nocturne", "comp_gr", "agreg_saison", "posi_col_eau", "strat_demo", "ponte", "habitat_pref", "chgmt_sexe", "Trophique_2015", "statutIUCN", "coeffA", "coeffB" et "niveau_taxo_ab".

DONNEES PECHE :

Tableau DMX0_DMX1_DMX2_IPERDMX : données observation pêche

- 11976 lignes correspondant chacune à un individu pêché
- 22 colonnes correspondant aux caractéristiques de l'individu pêché : "PROJET", "Date", "AN", "MOIS", "TRIM", "**CODE_FILAGE**", "CODE_POISSON", "ESP_FAO", "**Famille**", "**nom_latin**", "nom_francais", "LT", "LF", "LSTD", "POIDS_TOT", "SEXE", "MATURITE", "POIDS_GONADE", "POIDS_VIDE", "LT_cm1", "LT_cm" et "**PROF_MOY**".

Annexe 2 : Histogramme du nombre d'espèces en fonction de la profondeur dans les données issues de la vidéo et de la pêche séparées

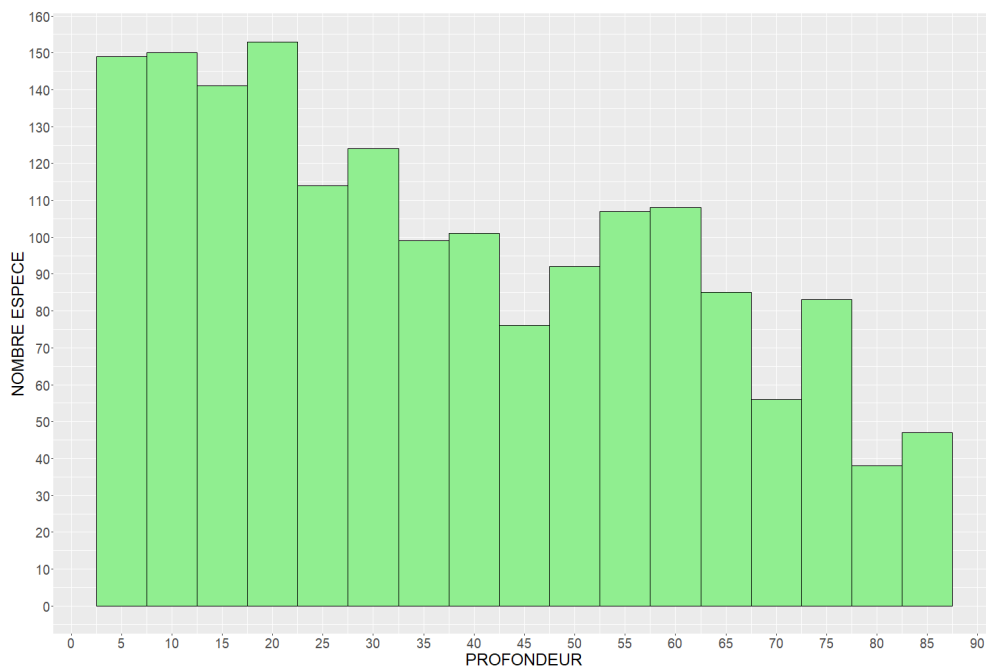


Figure 2.1: Histogramme du nombre d'espèces en fonction de la profondeur (chaque barre de l'histogramme représente 5 m de profondeur) dans les données issues des stations vidéo réalisées entre 5 à 85 m (hors lagon récifaux).

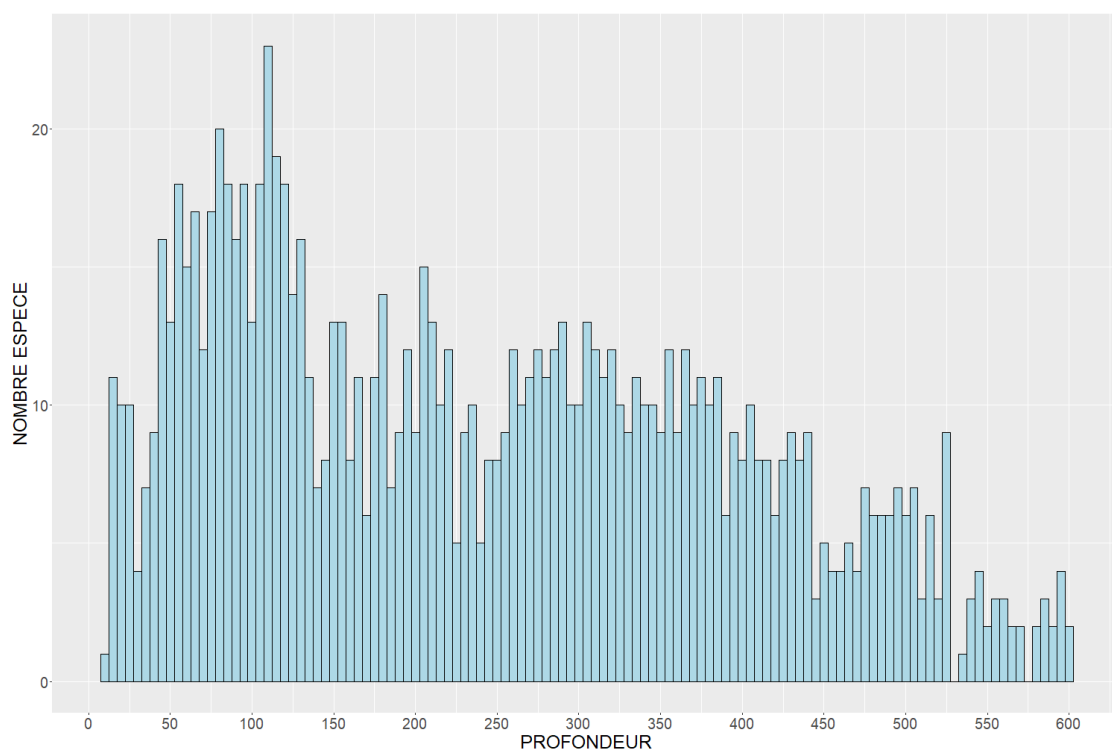


Figure 2.2: Histogramme du nombre d'espèce en fonction de la profondeur (chaque barre de l'histogramme représente 5 m de profondeur) dans les données de pêche professionnelle entre 5 à 600 m.

Annexe 3 : Résultats de la Classification Ascendante Hiérarchique pour un pas de profondeur de 10 mètres

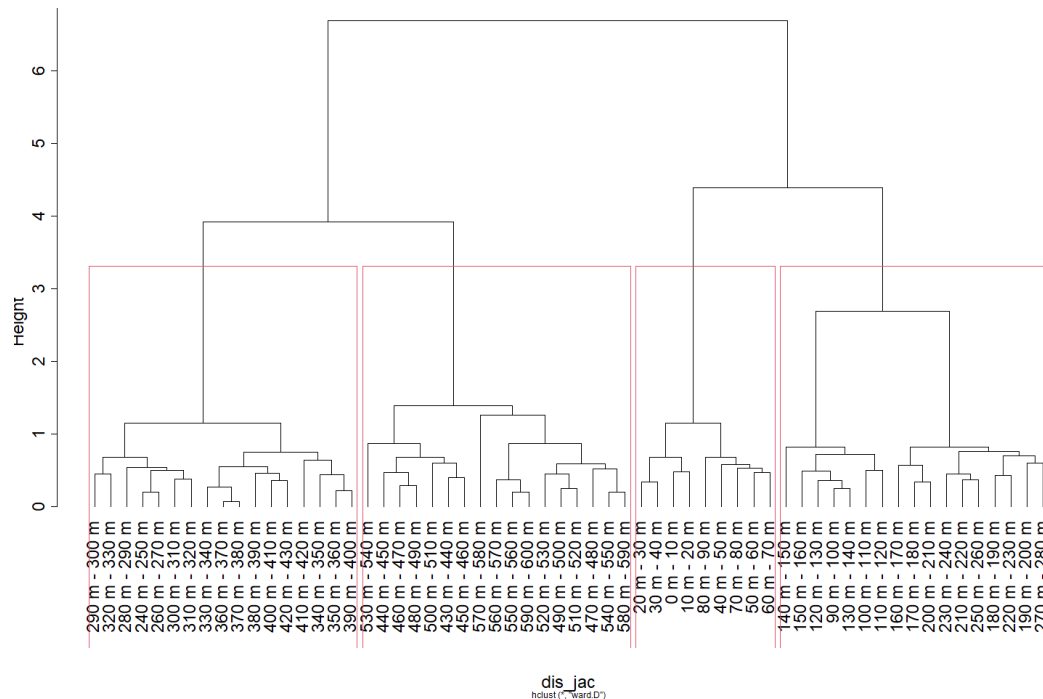


Figure 3.1 : Classification Ascendante Hiérarchique pour un pas de profondeur de 10 m et à partir de l'indice de Jaccard.

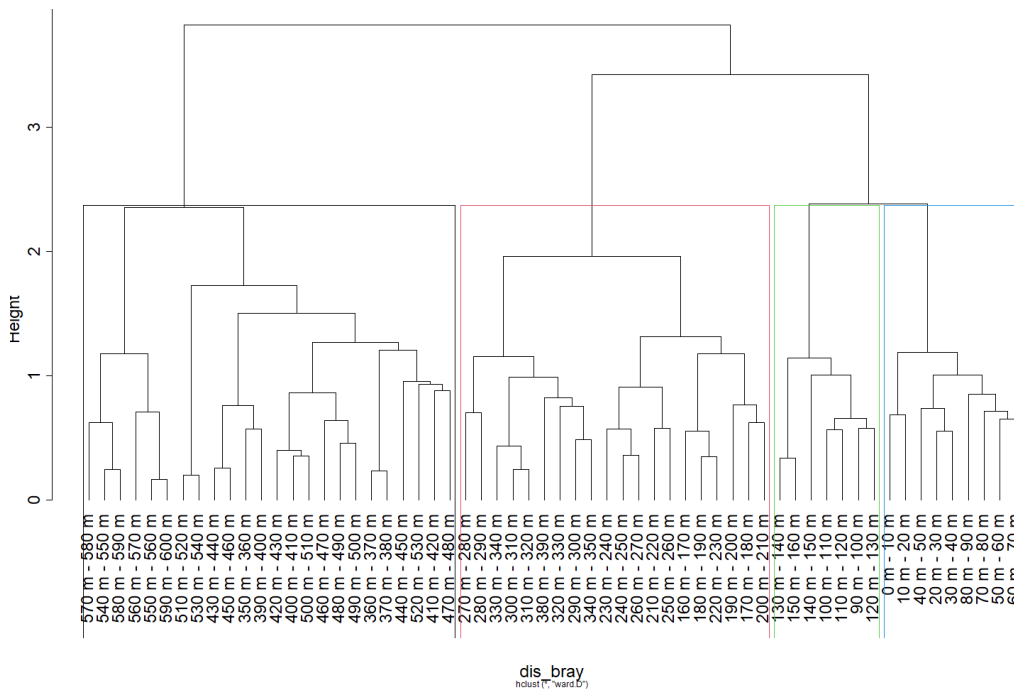


Figure 3.2 : Classification Ascendante Hiérarchique pour un pas de profondeur de 10 m et à partir de l'indice de Bray-Curtis.

Annexe 4 : Résultats de la Classification Ascendante Hiérarchique pour un pas de profondeur de 20 mètres

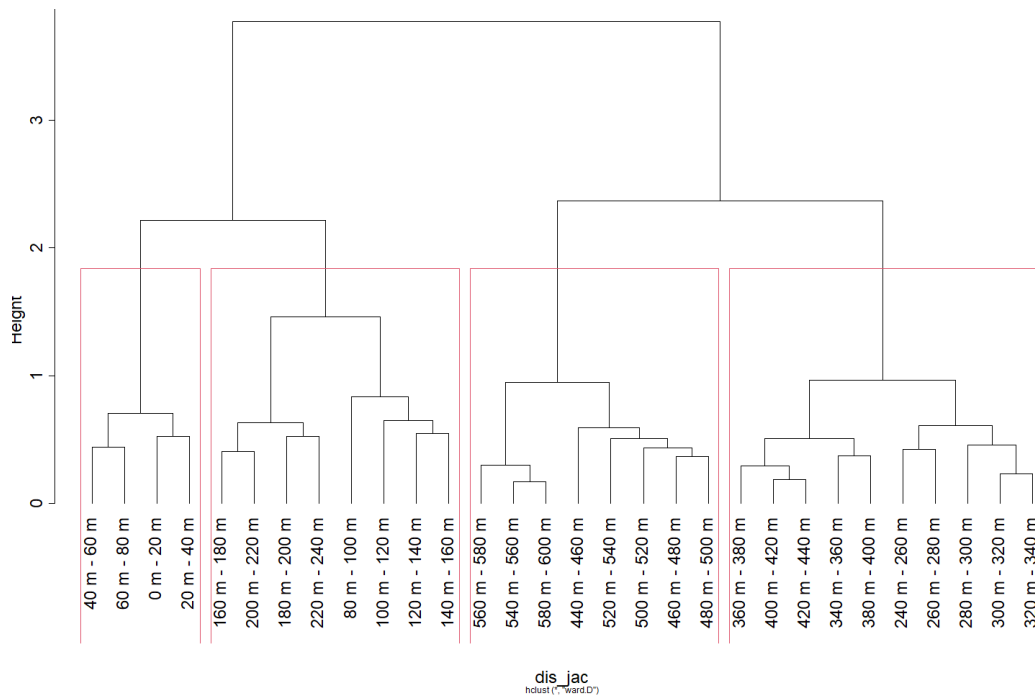


Figure 4.1 : Classification Ascendante Hiérarchique pour un pas de profondeur de 20 m et à partir de l'indice de Jaccard.

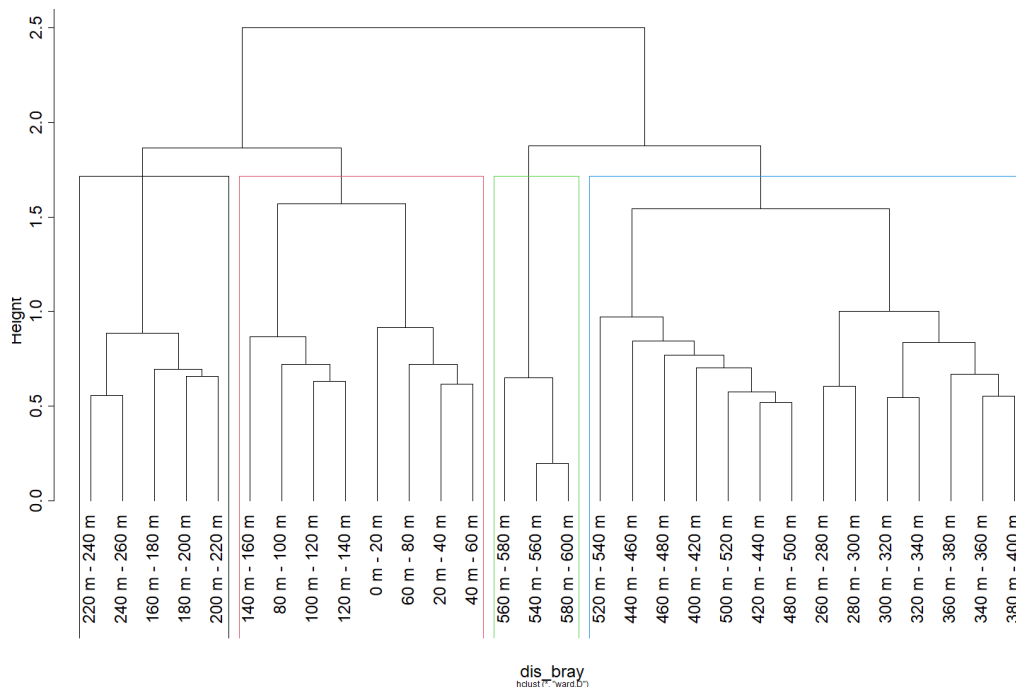


Figure 4.2 : Classification Ascendante Hiérarchique pour un pas de profondeur de 20 m et à partir de l'indice de Bray-Curtis.

Annexe 5 : Résultats de la Classification Ascendante Hiérarchique pour un pas de profondeur de 30 mètres

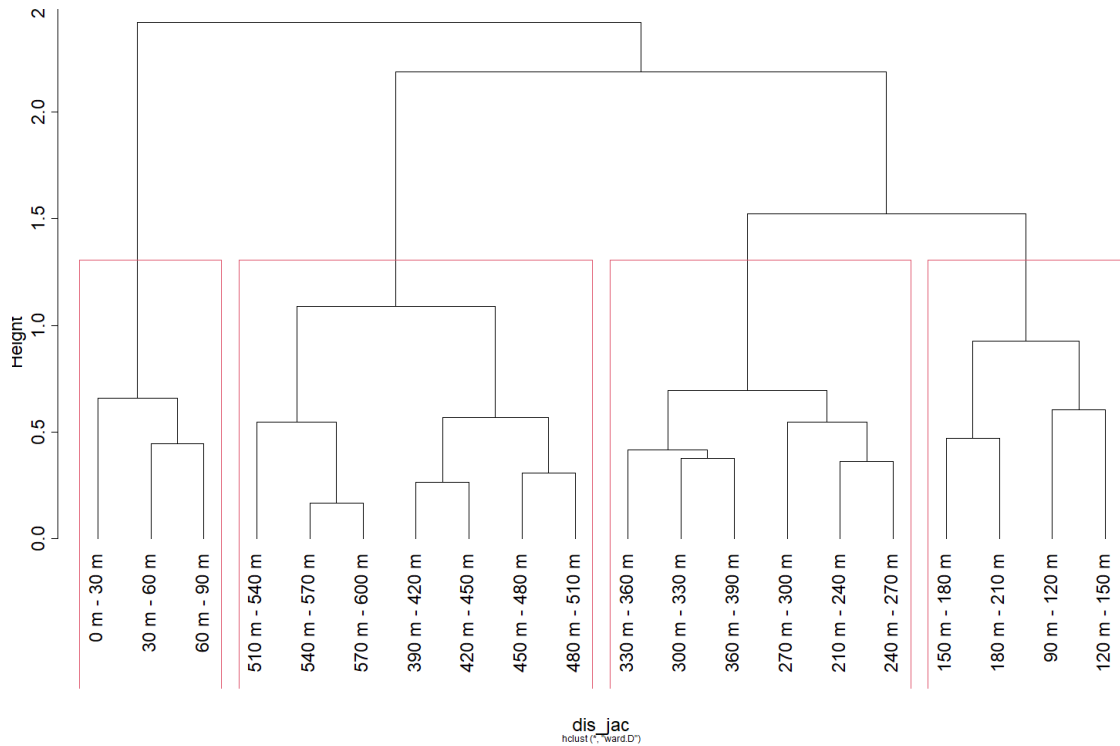


Figure 5.1 : Classification Ascendante Hiérarchique pour un pas de profondeur de 30 m et à partir de l'indice de Jaccard.

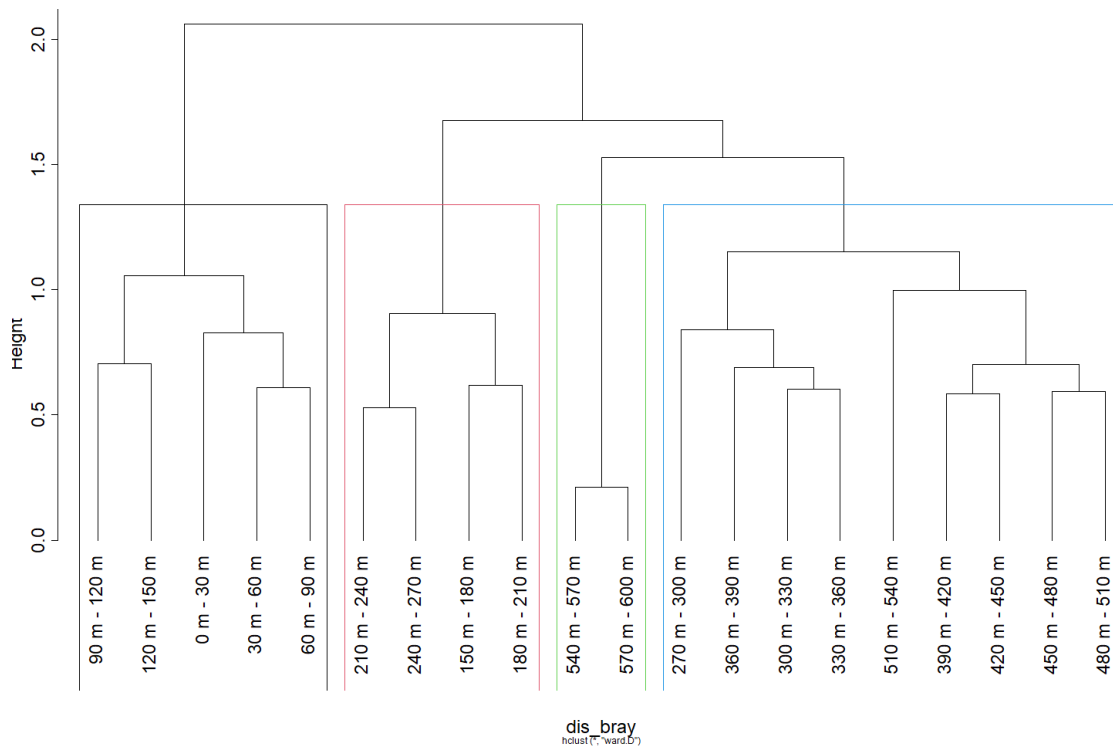


Figure 5.2 : Classification Ascendante Hiérarchique pour un pas de profondeur de 30 m et à partir de l'indice de Bray-Curtis.

Annexe 6 : Résultats de la Classification Ascendante Hiérarchique pour un pas de profondeur de 40 mètres.

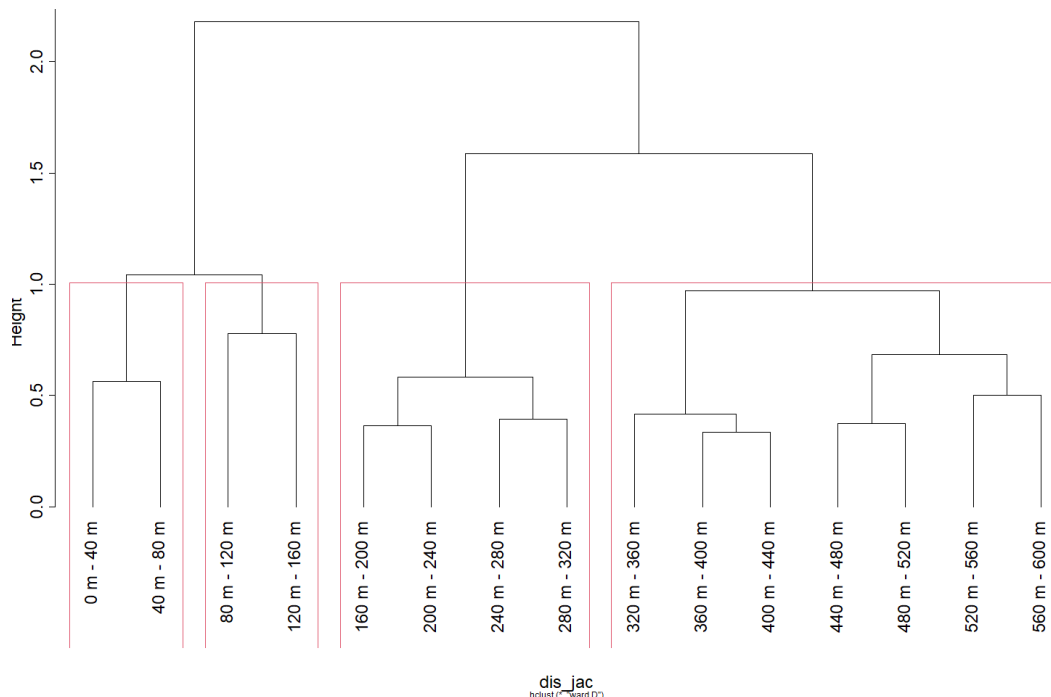


Figure 6.1 : Classification Ascendante Hiérarchique pour un pas de profondeur de 40 m et à partir de l'indice de Jaccard.

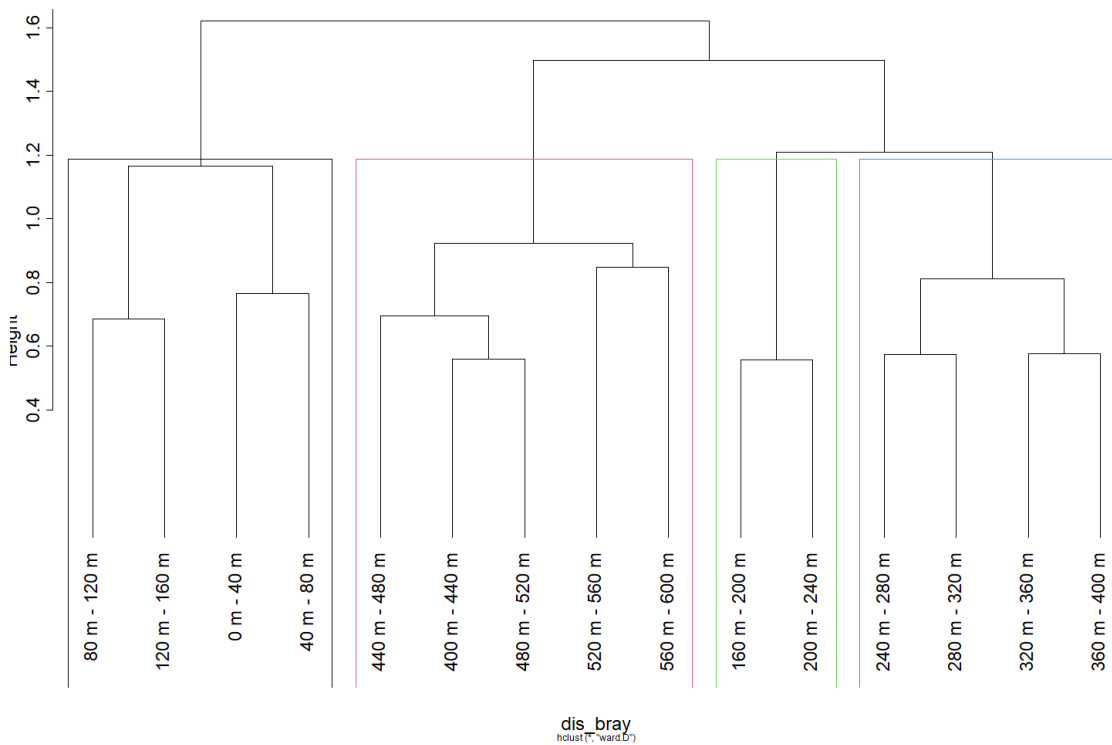


Figure 6.2 : Classification Ascendante Hiérarchique pour un pas de profondeur de 40 m et à partir de l'indice de Bray-Curtis.

Annexe 7 : Résultats de la Classification Ascendante Hiérarchique pour un pas de profondeur de 50 m

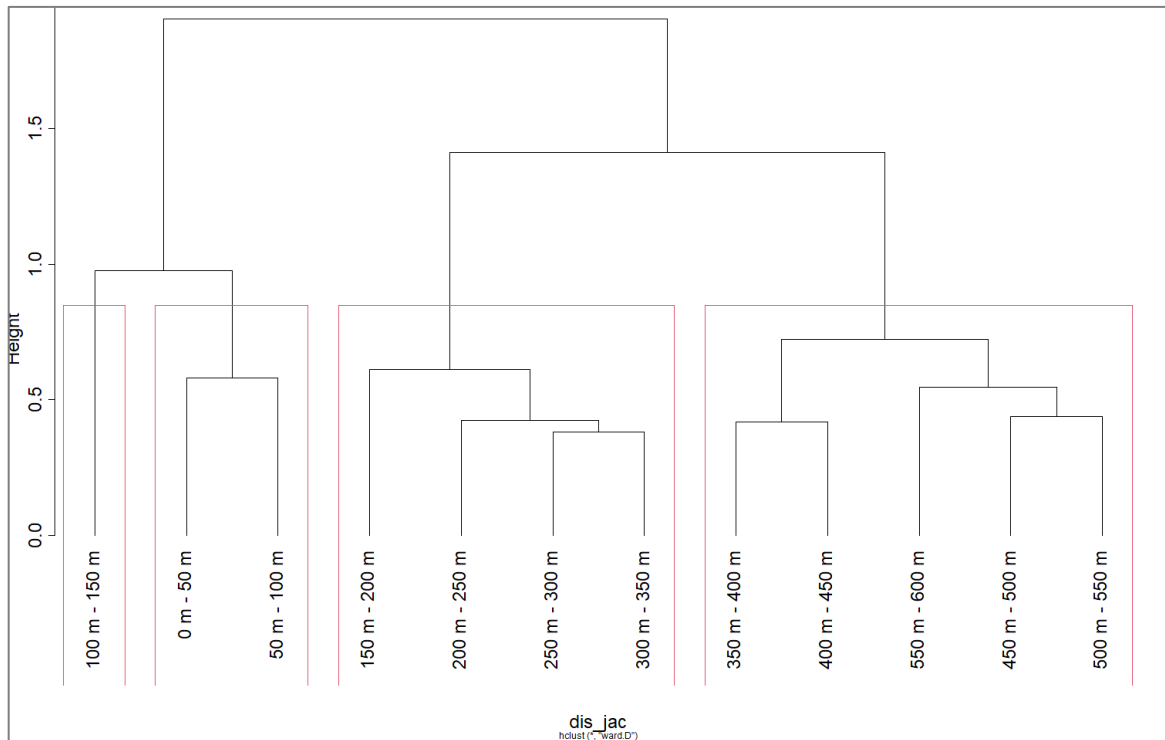


Figure 7.1 : Classification Ascendante Hiérarchique pour un pas de profondeur de 50 m et à partir de l'indice de Jaccard.

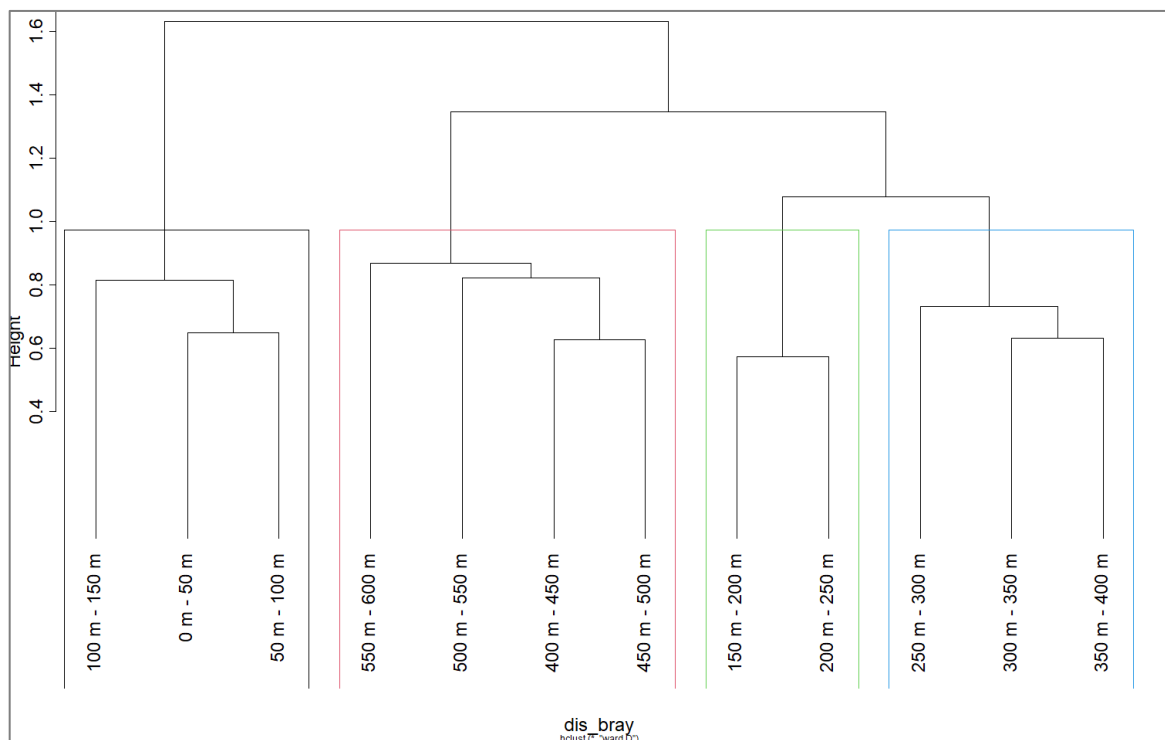


Figure 7.2 : Classification Ascendante Hiérarchique pour un pas de profondeur de 50 m et à partir de l'indice de Bray-Curtis et uniquement pour les données issues de la pêche.

Annexe 8 : Liste des 88 espèces conservées pour les analyses afin de caractériser les zones fonctionnelles

Surlignées en gris sont les espèces non conservées suite aux analyses.

ESPECE	ESPECE	ESPECE
<i>Antigonia rubescens</i>	<i>Epinephelus retouti</i>	<i>Parupeneus rubescens</i>
<i>Aphareus furca</i>	<i>Etelis carbunculus</i>	<i>Parupeneus trifasciatus</i>
<i>Aphareus rutilans</i>	<i>Etelis coruscans</i>	<i>Pentaceros richardsoni</i>
<i>Aprion virescens</i>	<i>Etelis radiosus</i>	<i>Polymixia berndti</i>
<i>Argyrops filamentosus</i>	<i>Eumegistus illustris</i>	<i>Pontinus macrocephalus</i>
<i>Aulacocephalus temmincki</i>	<i>Gnathodentex aureolineatus</i>	<i>Pontinus nigerimum</i>
<i>Balistoides conspicillum</i>	<i>Gracila albomarginata</i>	<i>Priacanthus hamrur</i>
<i>Beryx decadactylus</i>	<i>Gymnocranius griseus</i>	<i>Pristigenys niphonia</i>
<i>Beryx splendens</i>	<i>Gymnosarda unicolor</i>	<i>Pristipomoides argyrogrammicus</i>
<i>Bodianus bilunulatus</i>	<i>Hexanchus nakamurai</i>	<i>Pristipomoides auricilla</i>
<i>Bodianus perditio</i>	<i>Iniistius pavo</i>	<i>Pristipomoides filamentosus</i>
<i>Branchiostegus doliatus</i>	<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	<i>Pristipomoides multidentis</i>
<i>Carangoides coeruleopinnatus</i>	<i>Liopropoma lunulatum</i>	<i>Pristipomoides zonatus</i>
<i>Caranx lugubris</i>	<i>Lutjanus bengalensis</i>	<i>Promethichthys prometheus</i>
<i>Caranx melampygus</i>	<i>Lutjanus fulvus</i>	<i>Pterygotrigla guezei</i>
<i>Centrophorus moluccensis</i>	<i>Lutjanus kasmira</i>	<i>Randallichthys filamentosus</i>
<i>Cephalopholis aurantia</i>	<i>Lutjanus notatus</i>	<i>Rexea prometheoides</i>
<i>Cephalopholis nigripinnis</i>	<i>Media abyssalis</i>	<i>Seriola rivoliana</i>
<i>Cephalopholis polleni</i>	<i>Meganthias natalensis</i>	<i>Sphaeroides pachygaster</i>
<i>Cephalopholis sonnerati</i>	<i>Mulloidichthys pfluegeri</i>	<i>Sphyræna forsteri</i>
<i>Cephalopholis spiloparaea</i>	<i>Myripristis chryseres</i>	<i>Squalus megalops</i>
<i>Choerodon robustus</i>	<i>Neoscorpaena nielsenii</i>	<i>Sufflamen fraenatum</i>
<i>Cookeolus japonicus</i>	<i>Odontanthias borbonius</i>	<i>Thyrsitoides marleyi</i>
<i>Decapterus tabl</i>	<i>Ostichthys kaianus</i>	<i>Trichiurus lepturus</i>
<i>Epinephelus chlorostigma</i>	<i>Paracaesio sordida</i>	<i>Upeneus vittatus</i>
<i>Epinephelus fasciatus</i>	<i>Paracaesio xanthura</i>	<i>Variola albimarginata</i>
<i>Epinephelus longispinis</i>	<i>Parupeneus cyclostomus</i>	<i>Variola louti</i>
<i>Epinephelus morrhua</i>	<i>Parupeneus heptacanthus</i>	<i>Xanthichthys lineopunctatus</i>
<i>Epinephelus octofasciatus</i>	<i>Parupeneus macronemus</i>	
<i>Epinephelus radiatus</i>	<i>Parupeneus pleurostigma</i>	

Annexe 9 : Résultats de l'analyse SIMPER pour les classes de profondeur 0 – 100 m et 100 - 250 m

SD est l'écart-type, soit un indicateur de la dispersion de l'ensemble des observations. En gras sont les espèces d'importance halieutique.

ESPECE	CONTRIBUTION A LA DISSIMILARITE	SD	FREQUENCE D'OCCURRENCE MOYENNE 0-100	FREQUENCE D'OCCURRENCE MOYENNE 100-250	PVALUE
Aphareus furca	1,55%	1,92E-04	1	0	0,067
<i>Aulacocephalus temmincki</i>	1,55%	1,92E-04	0	1	0,075
<i>Balistoides conspicillum</i>	1,55%	1,92E-04	1	0	0,067
<i>Bodianus perditio</i>	1,55%	1,92E-04	1	0	0,067
<i>Carangoides coeruleopinnatus</i>	1,55%	1,92E-04	1	0	0,067
Caranx melampygus	1,55%	1,92E-04	1	0	0,067
<i>Cephalopholis nigripinnis</i>	1,55%	1,92E-04	1	0	0,067
<i>Cephalopholis polleni</i>	1,55%	1,92E-04	1	0	0,067
<i>Cephalopholis sonnerati</i>	1,55%	1,92E-04	1	0	0,067
<i>Epinephelus chlorostigma</i>	1,55%	1,92E-04	0	1	0,075
<i>Epinephelus longispinis</i>	1,55%	1,92E-04	1	0	0,067
<i>Epinephelus morrhua</i>	1,55%	1,92E-04	0	1	0,075
Gnathodentex aureolineatus	1,55%	1,92E-04	1	0	0,067
<i>Gracila albomarginata</i>	1,55%	1,92E-04	1	0	0,067
Gymnosarda unicolor	1,55%	1,92E-04	1	0	0,067
<i>Iniistius pavo</i>	1,55%	1,92E-04	1	0	0,067
<i>Liopropoma lunulatum</i>	1,55%	1,92E-04	0	1	0,075
Lutjanus fulvus	1,55%	1,92E-04	1	0	0,067
<i>Odontanthias borbonius</i>	1,55%	1,92E-04	0	1	0,075
<i>Parupeneus heptacanthus</i>	1,55%	1,92E-04	1	0	0,067
<i>Parupeneus macronemus</i>	1,55%	1,92E-04	1	0	0,067
<i>Parupeneus trifasciatus</i>	1,55%	1,92E-04	1	0	0,067
<i>Pontinus macrocephalus</i>	1,55%	1,92E-04	0	1	0,075
<i>Pristigenys nipponia</i>	1,55%	1,92E-04	0	1	0,075
<i>Pristipomoides zonatus</i>	1,55%	1,92E-04	0	1	0,075
<i>Sphyraena forsteri</i>	1,55%	1,92E-04	1	0	0,067

Annexe 10 : Résultats de l'analyse SIMPER pour les classes de profondeur 100 - 250 m et 250 - 400 m

SD est l'écart-type, soit un indicateur de la dispersion de l'ensemble des observations. En gras sont les espèces d'importance halieutique.

ESPECE	CONTRIBUTION A LA DISSIMILARITE	SD	FREQUENCE D'OCCURRENCE MOYENNE 100-250M	FREQUENCE D'OCCURRENCE MOYENNE 250-400M	PVALUE
<i>Aulacocephalus temmincki</i>	2,53%	3,11E-05	1,00	0,00	0,017
<i>Epinephelus chlorostigma</i>	2,53%	3,11E-05	1,00	0,00	0,017
<i>Epinephelus morrhua</i>	2,53%	3,11E-05	1,00	0,00	0,017
<i>Liopropoma lunulatum</i>	2,53%	3,11E-05	1,00	0,00	0,017
<i>Odontanthias borbonius</i>	2,53%	3,11E-05	1,00	0,00	0,017
<i>Pontinus macrocephalus</i>	2,53%	3,11E-05	1,00	0,00	0,017
<i>Pristigenys nipponia</i>	2,53%	3,11E-05	1,00	0,00	0,017
<i>Pristipomoides zonatus</i>	2,53%	3,11E-05	1,00	0,00	0,017
<i>Pristipomoides filamentosus</i>	1,92%	1,07E-04	0,78	0,02	0,017
<i>Epinephelus retouti</i>	1,63%	4,58E-04	0,65	0,00	0,017
<i>Myripristis chryseres</i>	1,62%	1,66E-04	0,64	0,00	0,017
<i>Aphareus rutilans</i>	1,55%	3,75E-04	0,61	0,00	0,017
<i>Lutjanus notatus</i>	1,55%	2,38E-04	0,61	0,00	0,017
<i>Argyrops filamentosus</i>	1,44%	2,91E-04	0,66	0,09	0,017
<i>Squalus megalops</i>	1,33%	6,19E-04	0,02	0,54	0,017
<i>Pterygotrigla guezei</i>	1,29%	6,99E-04	0,00	0,51	0,033
<i>Lutjanus bengalensis</i>	1,28%	2,35E-04	0,51	0,00	0,033
<i>Paracaesio sordida</i>	1,27%	1,76E-04	0,50	0,00	0,033
<i>Pristipomoides multidens</i>	1,25%	2,29E-04	0,55	0,06	0,033
<i>Parupeneus rubescens</i>	1,24%	5,54E-04	0,49	0,00	0,033
<i>Polymixia berndti</i>	1,18%	1,18E-04	0,03	0,50	0,033
<i>Thyrsitoides marleyi</i>	1,10%	1,70E-04	0,10	0,53	0,008

Annexe 11 : Résultats de l'analyse SIMPER pour les classes de profondeur 250 – 400 m et 400 – 600 m

SD est l'écart-type, soit un indicateur de la dispersion de l'ensemble des observations. En gras sont les espèces d'importance halieutique.

ESPECE	CONTRIBUTION A LA DISSIMILARITE	SD	FREQUENCE D'OCCURRENCE MOYENNE 250-400M	FREQUENCE D'OCCURRENCE MOYENNE 400-600M	PVALUE
<i>Antigonia rubescens</i>	3,80%	5,27E-05	1,00	0,00	0,008
<i>Beryx splendens</i>	3,80%	5,27E-05	0,00	1,00	0,008
<i>Media abyssalis</i>	3,80%	5,27E-05	1,00	0,00	0,008
<i>Meganthias natalensis</i>	3,80%	5,27E-05	1,00	0,00	0,008
<i>Pentaceros richardsoni</i>	3,80%	5,27E-05	0,00	1,00	0,008
<i>Randallichthys filamentosus</i>	3,80%	5,27E-05	1,00	0,00	0,008
<i>Sphoeroides pachygaster</i>	3,80%	5,27E-05	1,00	0,00	0,008
<i>Trichiurus lepturus</i>	3,80%	5,27E-05	0,00	1,00	0,008
<i>Etelis coruscans</i>	3,32%	2,72E-04	0,91	0,04	0,008
<i>Etelis radiosus</i>	3,04%	6,85E-04	0,80	0,00	0,008
<i>Branchiostegus doliatius</i>	2,90%	5,31E-04	0,84	0,08	0,008
<i>Hexanchus nakamurai</i>	2,87%	6,12E-04	0,76	0,00	0,008
<i>Ostichthys kaianus</i>	2,64%	5,90E-04	0,70	0,00	0,008
<i>Etelis carbunculus</i>	2,64%	6,99E-04	0,74	0,05	0,008
<i>Pontinus nigerimum</i>	2,60%	8,51E-05	0,80	0,12	0,008
<i>Pristipomoides argyrogrammicus</i>	2,49%	4,93E-04	0,68	0,02	0,008
<i>Neoscorpaena nielseni</i>	2,47%	3,20E-04	0,17	0,83	0,042
<i>Upeneus vittatus</i>	2,23%	4,81E-04	0,59	0,00	0,008
<i>Epinephelus octofasciatus</i>	2,23%	5,12E-05	0,59	0,00	0,008
<i>Centrophorus moluccensis</i>	1,96%	2,28E-04	0,23	0,74	0,042
<i>Cookeolus japonicus</i>	1,92%	3,29E-05	0,51	0,00	0,008

Annexe 12 : Liste des 37 espèces conservées pour étudier la relation entre les fréquences d'occurrence des espèces dans la pêche et dans la vidéo.

Les espèces surlignées en gris sont non conservées car trop peu observées.

ESPECE	FAMILLE
<i>Aphareus furca</i>	Lutjanidae
<i>Aprion virescens</i>	Lutjanidae
<i>Argyrops filamentosus</i>	Sparidae
<i>Balistoides conspicillum</i>	Balistidae
<i>Bodianus bilunulatus</i>	Labridae
<i>Bodianus perditio</i>	Labridae
<i>Carangoides coeruleopinnatus</i>	Carangidae
<i>Caranx melampygus</i>	Carangidae
<i>Cephalopholis aurantia</i>	Serranidae
<i>Cephalopholis nigripinnis</i>	Serranidae
<i>Cephalopholis polleni</i>	Serranidae
<i>Cephalopholis sonnerati</i>	Serranidae
<i>Cephalopholis spiloparaea</i>	Serranidae
<i>Epinephelus fasciatus</i>	Serranidae
<i>Gnathodentex aureolineatus</i>	Lethrinidae
<i>Gymnocranius griseus</i>	Lethrinidae
<i>Gymnosarda unicolor</i>	Scombridae
<i>Iniistius pavo</i>	Labridae
<i>Lethrinus rubrioperculatus</i>	Lethrinidae
<i>Lutjanus bengalensis</i>	Lutjanidae
<i>Lutjanus fulvus</i>	Lutjanidae
<i>Lutjanus kasmira</i>	Lutjanidae
<i>Lutjanus notatus</i>	Lutjanidae
<i>Mulloidichthys pfluegeri</i>	Mullidae
<i>Myripristis chryseres</i>	Holocentridae
<i>Paracaesio xanthura</i>	Lutjanidae
<i>Parupeneus cyclostomus</i>	Mullidae
<i>Parupeneus heptacanthus</i>	Mullidae
<i>Parupeneus macronemus</i>	Mullidae
<i>Parupeneus pleurostigma</i>	Mullidae
<i>Parupeneus trifasciatus</i>	Mullidae
<i>Priacanthus hamrur</i>	Priacanthidae
<i>Pristipomoides multidens</i>	Lutjanidae
<i>Seriola rivoliana</i>	Carangidae
<i>Sphyaena forsteri</i>	Sphyaenidae
<i>Variola albimarginata</i>	Serranidae
<i>Variola louti</i>	Serranidae