

Mémoire

Auteur : Kerboriou, Lise

Promoteur(s) : Lepoint, Gilles; Frederich, Bruno

Faculté : Faculté des Sciences

Diplôme : Master en océanographie, à finalité approfondie

Année académique : 2022-2023

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/18611>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.

Variations ontogéniques des compositions isotopiques du *Siganus sutor* (Valenciennes, 1835)



Source : IFREMER

Lise KERBORIOU

Mémoire réalisé dans le cadre de l'obtention du grade de Master en
Océanographie, à finalité

Septembre 2023

Université de Liège

Promoteur : Dr. **Gilles Lepoint** (FOCUS, Laboratoire d'Écologie trophique et
Isotopique (LETIS))

Co-promoteur : Dr. **Bruno Frédérich** (FOCUS, Département de Biologie, Ecologie &
Evolution)
Faculté des Sciences

Table des matières

Remerciements.....	5
Résumé.....	6
Abstract.....	7
Glossaire.....	8
Avant-propos.....	9
I. Introduction.....	1
1.1. Le système récifal du Grand Récif de Toliara.....	1
1.2. Problématique de la surpêche en milieu tropical et dans la baie de Toliara.....	3
1.2.1 Problématique de la surpêche en milieu tropical.....	3
1.2.2. Problématique de la surpêche au sein de la Baie de Toliara.....	4
1.3. Poissons herbivores et récifs coralliens.....	6
1.4. Le sigan cordonnier <i>Siganus sutor</i>	7
1.4.1. Régime alimentaire.....	7
1.4.2. Cycle de vie.....	8
1.6. Question de recherche.....	9
1.7. Isotopes stables.....	10
2.1. Zone d'étude.....	12
2.2. Échantillonnage des <i>Siganus sutor</i>.....	14
2.2.1. Description de l'échantillonnage.....	16
2.3. Préparation à l'analyse isotopique.....	18
2.3.1. Broyage des échantillons.....	18
2.3.2. Mise en cupules.....	18
2.4. Analyses isotopiques.....	18
2.5. Traitement des données.....	19
3.1. Variation des longueurs standards des <i>S. sutor</i>.....	21
3.1.1. Longueur standard des <i>S. sutor</i> en fonction des habitats.....	21
3.1.2. Longueur standard des <i>S. sutor</i> en fonction du temps.....	22
3.2. Rapports isotopiques (N, C, S) de l'échantillonnage.....	23
3.2.1. Composition isotopique de l'échantillonnage.....	23
3.2.2. Variation des rapports isotopiques au cours de la croissance.....	25
3.2.2.1. Variation des rapports isotopiques au cours de la croissance des <i>S. sutor</i>	25
3.2.2.2. Variation des rapports isotopiques au cours de la croissance des <i>Siganus sutor</i> selon les différents habitats occupés.....	26
3.2.3. Variation des rapports isotopiques en fonction des différents mois d'échantillonnage.....	32
3.2.4. Analyse de la variance des rapports isotopiques selon les mois de l'année et les habitats.....	34
3.2.4.1. Variances des rapports isotopiques selon les mois tous habitats confondus.....	34
IV. Discussion.....	36
4.1. Variation de la longueur standard en fonction du temps.....	36
4.2. Variations des rapports isotopiques.....	36
4.2.1. Relations taille - rapports isotopiques.....	36
4.2.2. Variations des rapports isotopiques selon les habitats.....	38

4.2.3. Variations des rapports isotopiques selon les différents mois.....	39
4.2.4. Hypothèse éthologique.....	40
4.3. Variances des longueurs standards selon les rapports isotopiques.....	41
4.4. Réflexion dans un contexte global.....	41
4.5. Biais et critique de l'étude.....	42
4.5.1. Limite du paramètre "longueur standard" utilisé.....	42
4.5.2. Manque d'individus dans certains habitats.....	43
Conclusion.....	44
Références.....	45
Annexes.....	54

Conformément aux règles imposées à la rédaction, ce mémoire ne doit pas dépasser 50 pages, rédigées en Times 12 ou équivalent.

Remerciements

Je voudrais tout d'abord remercier mon promoteur, Gilles Lepoint pour sa disponibilité, ses nombreux conseils, ses retours constructifs et le temps passé à lire les différentes versions de mon mémoire. Je souhaite aussi remercier mon co-promoteur, Bruno Frédérich, pour ses critiques constructives, pour ses suggestions et pour la relecture. Leurs regards avisés m'ont permis d'en apprendre davantage sur la rédaction d'un texte scientifique et sur les différentes étapes à suivre dans la rédaction de ce mémoire.

Un très grand merci à Helga Ravelohasina pour la réponse à mes nombreuses sollicitations et pour la réponse à mes questions lors de ma rédaction, pour sa gentillesse et pour ses nombreux conseils.

Je voudrais ensuite remercier ma famille, pour leur soutien dans chacun de mes choix, pour leur écoute et leur présence.

Merci à mes amis pour leur écoute, leur bienveillance, leurs encouragements et leur présence réconfortante tout au long de ce travail.

Merci à mes trop chouettes colocataires pour leur bonne humeur et les moments passés avec moi à chercher des solutions à des problèmes informatiques, pour le prêt d'un ordinateur portable, pour les discussions et les moments du quotidien.

Merci à Raphaël pour la relecture de mon résumé en anglais, pour le soutien incommensurable depuis janvier, pour avoir rendu cette année de mémoire si douce et pour tout le reste.

Merci à mes lecteurs, qui j'espère seront intéressés par mon travail.

Résumé

La présente étude a pour cadre le projet « SHOEMAQUA » (Jaonalison, Ravelohasina, Frédéric) et prend place dans le sud-ouest de Madagascar, dans la région de Toliara, où se trouve le Grand Récif de Toliara (GRT). Parmi les 28,92 millions d'habitants de Madagascar, près de la moitié vit près des côtes et dépend des écosystèmes marins pour se nourrir et comme source de revenus. De nombreuses techniques de pêche non durable, comme la pêche au filet de senne en moustiquaire, sont monnaie courante. C'est dans ce contexte que de nombreux poissons sont victimes de pêche intensive, ce qui est le cas du poisson lapin *Siganus sutor* (Valenciennes, 1835), un poisson herbivore à l'âge adulte. Cette espèce, très appréciée pour sa chair, est très souvent pêchée avant sa maturité sexuelle dans divers habitats du système récifal de Toliara. Dans des perspectives de conservation, il apparaît que de nombreuses données trophiques sont manquantes au stade les plus jeunes notamment. Le premier objectif de ce travail est d'étudier la variabilité de la composition isotopique en C, N et S chez les juvéniles et subadultes *S. sutor* au sein de différents habitats du Grand Récif de Toliara. Le second objectif est de comprendre si un lien est avéré entre ces compositions isotopiques, la taille, et donc le développement de l'individu, et le lieu dans lequel il a été pêché. Les individus de *S. sutor* ont été pêchés entre juillet 2021 et mai 2022, à raison d'un échantillonnage tous les deux mois dans cinq habitats différents : la zone de mangrove, la zone des herbiers, les zones de patates de récifs frangeants, les zones internes des platiers récifaux, et enfin les zones de platiers récifaux. Au total, les échantillonnages ($n = 307$ individus) ont été réalisés sur 5 types d'habitats en triplicat ($n = 15$ points d'échantillonnage). Les rapports isotopiques de l'azote ($\delta^{15}\text{N}$), du carbone ($\delta^{13}\text{C}$) et du soufre ($\delta^{34}\text{S}$) ont été utilisés afin d'obtenir des informations sur le niveau trophique et le régime alimentaire des *S. sutor*. Des variations de rapports isotopiques selon la taille, les saisons et les habitats ont été observées. Les valeurs du rapport isotopique de l'azote diminuent significativement au cours de la croissance des individus. Ces variabilités sont discutées selon trois hypothèses principales : atteinte de l'équilibre isotopique, variabilité interindividuelle du régime alimentaire, variabilité spatiale des producteurs. A l'inverse, les valeurs du rapport isotopique du carbone augmentent significativement avec la taille des individus et le rapport isotopique du soufre présente de grandes variabilités indépendantes de la taille. Dans le cas du soufre, c'est davantage la différence d'habitat qui influence sa variabilité. Les données isotopiques mettent en évidence la variabilité de régime alimentaire et de comportement des jeunes *S. sutor* en fonction de l'habitat colonisé, informations importantes à connaître en vue, notamment, de leur élevage à des fins de repêchage.

Abstract

This study is part of the "SHOEMAQUA" project (Jaonalison, Ravelohasina, Frédéric) and takes place in south-west Madagascar, in the Toliara region, where the Great Reef of Toliara (GRT) is located. Among the 28.92 millions of inhabitants of Madagascar, nearly half of them live near the coast and depend on marine ecosystems for food and income. Many unsustainable fishing techniques, such as net seining, are commonplace. It is in this context that many fish fall victim to intensive fishing, as in the case of the rabbitfish *Siganus sutor* (Valenciennes, 1835), a herbivorous fish in its adult stage. This species, which is highly prized for its flesh, is very often caught before it reaches sexual maturity in various habitats in the Toliara reef system. With a view to conservation, it appears that a great deal of trophic data is lacking, particularly at the youngest stage. The first objective of this work is to study the variability of C, N and S isotopic composition in juvenile and subadult *S. sutor* in different habitats of the Great Reef of Toliara. The second objective is to understand whether there is a link between these isotopic compositions, the size, and therefore the development of the individual, and the place in which it was fished. Individuals of *S. sutor* were caught between July 2021 and May 2022, at a rate of one sample every two months in five different habitats: the mangrove zone, the seagrass zone, the fringing reef sponge zones, the inner reef flat zones, and finally the reef flat zones. In total, sampling ($n = 307$ individuals) was carried out on 5 habitat types in triplicate ($n = 15$ sampling points). Nitrogen ($\delta^{15}\text{N}$), carbon ($\delta^{13}\text{C}$) and sulfur ($\delta^{34}\text{S}$) isotope ratios were used to obtain information on the trophic level and diet of *S. sutor*. Variations in isotope ratios according to size, season and habitat were observed. Nitrogen isotope ratio values decrease significantly as individuals grow. These variabilities are discussed according to three main hypotheses: reaching isotopic equilibrium, inter-individual variability in diet, and spatial variability of producers. Conversely, the values of the carbon isotope ratio increase significantly with the size of the individuals and the sulfur isotope ratio shows large variability independent of size. In the case of sulfur, the variability is rather influenced by the difference in habitat. The isotopic data highlight the variability in the diet and behaviour of young *S. sutor* depending on the habitat colonised, information that is important to know, particularly with a view to farming them for restocking purposes.

Glossaire

δ (‰) : notation pour “rapport isotopique”

$\delta^{13}\text{C}$ (‰) : rapport des isotopes stables du carbone ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$)

$\delta^{15}\text{N}$ (‰) : rapport des isotopes stables de l’azote ($^{15}\text{N}/^{14}\text{N}$)

$\delta^{34}\text{S}$ (‰) : rapport des isotopes stables du soufre ($^{34}\text{S}/^{32}\text{S}$)

GRT : Grand Récif de Toliara (Madagascar)

LS (longueur standard) : la longueur entre l’extrémité antérieure du museau jusqu’à l’extrémité du pédoncule caudal situé à la jonction entre l’os hypural et le début des rayons de la nageoire caudale (Ministère des Pêches et des Océans du Canada, 2004).

Ontogénie : Ensemble des processus qui, chez un organisme animal ou végétal, conduisent de la cellule œuf à l’adulte reproducteur. (L’Hér. *Génét.* 1978).

Isotope : Corps simple ayant le même numéro atomique qu’un autre, des propriétés chimiques presque identiques, mais une masse atomique différente (CNRTL).

Avant-propos

La présente étude prend place dans le sud-ouest de Madagascar, dans la région de Toliara. L'île de Madagascar, d'une superficie de 590 000 km², présente 5 600 kilomètres de littoral. Des récifs coralliens sont présents sur 20 % de ce littoral, soit une superficie totale de 2 400 km² répartie sur 1 400 km (Maharavo, 2005). Madagascar est une île comprenant 28,92 millions d'habitants et présentant l'un des taux de pauvreté les plus hauts au monde (Banque mondiale, 2021). Parmi ces 28,92 millions d'habitants, près de la moitié vit près des côtes et dépend des écosystèmes marins pour se nourrir et comme source de revenus (FAO, 2017). En face de la ville portuaire de Toliara, au sud-ouest de l'île, se trouve le Grand Récif de Toliara (GRT). Ce récif sépare le lagon de Toliara du Canal du Mozambique.

La zone économique exclusive (ZEE) de Madagascar s'étend sur 1 140 000 de km². Au sein de cette ZEE, la FAO dénombre un potentiel de 450 000 tonnes de produits halieutiques potentiels, dont près de 8 000 tonnes de crevettes (FAO, 2023). Cependant, un grand nombre d'espèces consommables sont menacées : 28 % du stock de poisson est victime de surexploitation et près de 40 % du stock est exploité à son maximum (Andrianaivojaona, 2012 ; FAO, 2023). En effet, de nombreuses techniques de pêche non durable, comme la pêche au filet de senne, sont monnaies courantes étant donné l'absence de contrôle et de répression (FAO, 2023). De plus, le secteur de la pêche est en expansion avec 29 500 tonnes de produits halieutiques pêchés en 1960 contre 130 333 tonnes en 2021 (Banque mondiale, 2021).

C'est dans ce contexte que de nombreux poissons sont victimes de pêche intensive, ce qui est le cas du *Siganus sutor* (Valenciennes, 1835), souvent pêché avant sa maturité sexuelle. Cette étude a pour but d'étudier la variabilité du régime alimentaire chez les juvéniles *S. sutor* au sein des différents types d'habitats du Grand Récif de Toliara et de connaître les potentielles variabilités de leur régime alimentaire au cours de leur croissance.

I. Introduction

1.1. Le système récifal du Grand Récif de Toliara

Madagascar recense la plus grande diversité corallienne de l'océan ouest indien. En 1978, un total de 130 espèces de coraux scléactiniaires y sont recensées (Pichon, 1978). Toujours en 1978, une étude menée par Thomassin révèle 1 400 espèces de mollusques présentes au sein du récif de Toliara. En 2018, 1 689 espèces de poissons sont recensées à Madagascar et 2,5 % d'entre elles seraient endémiques de l'île (Fricke *et al.*, 2018). Les 10 familles les plus représentées lors de ce recensement sont : les Pomacentridae, les Syngnathidae, les Lethrinidae, les Labridae, les Mullidae, les Chaetodontidae, les Gobiidae, les Acanthuridae et les Carangidae (Jaonalison *et al.*, 2022).

Le Grand Récif de Toliara (GRT), comportant un récif barrière et un récif frangeant, se trouve en face de la ville de Toliara et s'étend sur 19 km de long, avec une largeur variant de 1,5 à 4 km (Andréfouët *et al.*, 2013). Le récif couvre une superficie de 33 km² et est séparé de la côte par un lagon ayant une profondeur n'excédant pas les 10 m. Les récifs internes correspondent à des récifs de petites tailles séparés les uns des autres par des passes d'environ 300 m de large. Les récifs de Beloza, Norinkazo et Dimadimatsy sont les récifs internes de la Baie de Toliara (Figure 1). Enfin, les bancs coralliens de Mareana et Ankilibe se trouvent au nord des récifs internes et sont découverts à marée basse (Figure 1). Ces bancs coralliens peuvent être assimilés à un récif frangeant peu étendu. Pichon (1978) décrit plusieurs biotopes associés au sein du complexe récifal : les substrats solides de coraux morts, les substrats meubles, la végétation phanérogamique ou algale. Pichon (1978) présente également dans ses travaux une coupe géologique schématique de la baie de Toliara. Depuis la côte, nous retrouvons une plaine côtière, le lagon puis le GRT (Figure 2).

Enfin, du côté de la côte, on observe un estran étendu colonisé par des herbiers à phanérogames diversifiés et limité par une mangrove de faible largeur (Harris *et al.*, 2010). Cependant, la densité de mangrove présente entre le littoral et le GRT est de plus en plus faible. Cette disparition progressive peut notamment être due à l'absence de système centralisé d'élimination de déchets organiques qui sont parfois directement jetés en milieu naturel près du rivage, entraînant une turbidité importante de l'eau (Harris *et al.*, 2010).

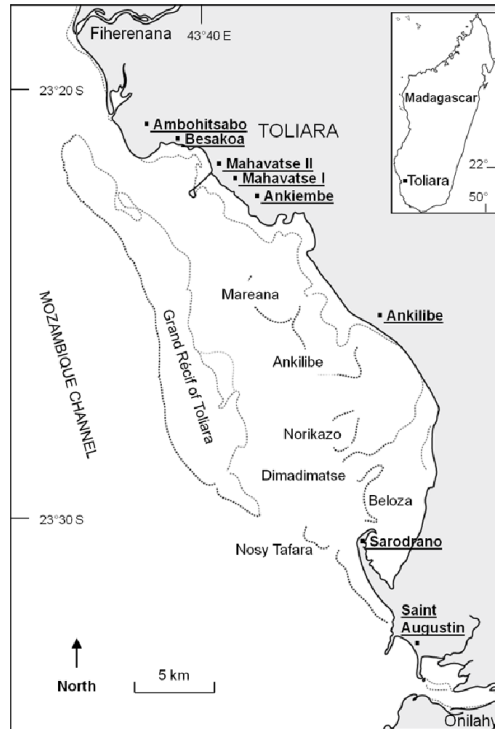


Figure 1. Grand Récif de Toliara, au large de la province de Toliara (Madagascar). (Source : Brenier, *et al.*, 2011).

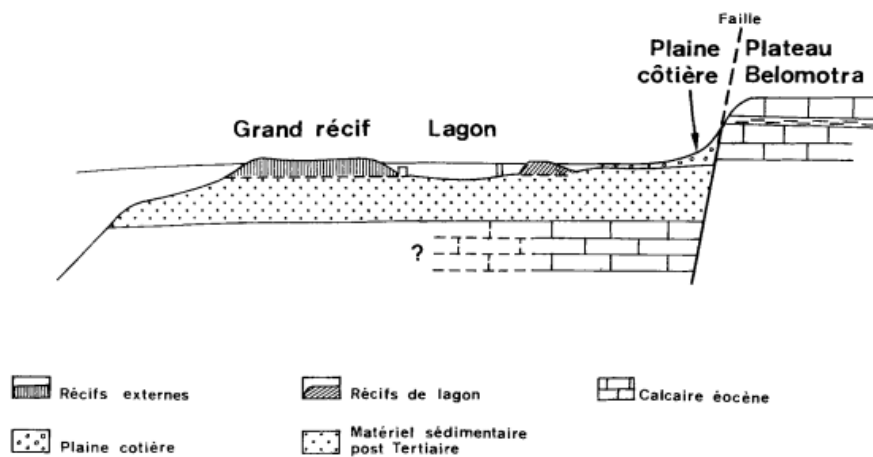


Figure 2. Coupe géologique schématique de la baie de Toliara. (Source : Pichon, 1978).

1.2. Problématique de la surpêche en milieu tropical et dans la baie de Toliara

1.2.1 Problématique de la surpêche en milieu tropical

Le secteur de la pêche représente 15 % de la totalité des activités économiques liées à l’océan (économie bleue). Le secteur génère un total de 57 millions d’emplois liés à la pêche à travers le monde (Link et Watson, 2019). Selon la FAO (2016), 60 % des populations de poissons sont concernés par une pêche intensive et donc non durable. Les premières pêches dans les récifs coralliens étaient des pêches autochtones et remontent à 35 000 ou 40 000 ans (Jackson *et al.*, 2001). Ces pêches avaient peu d’impact écologique. Les techniques de pêche n’ont cessé d’évoluer et la quantité de poissons pêchés n’a cessé d’augmenter. Lorsque la pêche devient trop intensive et met en péril les ressources marines, on parle de surpêche. Il n’existe cependant aucun consensus concernant la définition exacte de la surpêche des écosystèmes. Selon Link et Watson (2019), il serait précieux de mettre en place une définition internationale de la surpêche des écosystèmes, prenant en compte les évolutions permanentes du milieu océanique. Link et Watson (2019) définissent la surpêche des écosystèmes comme « un cas où la somme de toutes les captures est stable ou en déclin, où le total des captures par unité d’effort est en déclin et où les débarquements totaux par rapport à la production de l’écosystème dépassent les limites appropriées ».

Il existe plusieurs indices permettant d’évaluer si un écosystème est victime de surpêche ou non. L’indice de Fogarty par exemple, se repose sur le rapport entre les captures totales et la productivité primaire d’un écosystème (Link et Watson, 2019). Un autre indice, l’indice de Friedland est le rapport entre les captures totales et la chlorophylle d’un écosystème (Link et Watson, 2019). Si l’on se base sur le rapport de Fogarty avec un seuil de 1‰, 30 % des régions tropicales étudiées connaissent une surpêche des écosystèmes. En utilisant l’indice de Friedland, avec un seuil de ~ 1 , 75 % des régions tropicales étudiées connaissent une surpêche des écosystèmes (Link et Watson, 2019).

La quantité des captures en zone tropicale continue d’augmenter avec le temps, contrairement aux prises réalisées en zone polaire et tempérée (Link et Watson 2019). Paradoxalement, il s’agit des régions avec une flotte comprenant des bateaux ayant une taille inférieure à 20 m. Graham (1943) décrit la loi de la surpêche. Cette loi se base sur le fait que lorsque les captures diminuent, l’effort doit augmenter. Lorsque le nombre de captures par unité de masse diminue, les pêcheurs doivent dépenser plus de temps et d’énergie dans une zone de pêche plus conséquente afin de retrouver le quota initial (Link et Watson, 2019).

Au sein des milieux côtiers et marins, la surpêche est le premier facteur d'extinction d'espèces, avant même la pollution et la dégradation des écosystèmes liés au changement climatique (Jackson *et al.*, 2001). Le milieu tropical ne fait pas exception à la règle. Des études rétrospectives suggèrent que les écosystèmes marins ont connu d'importants changements au sein de leur structure à cause de la surpêche au cours de plusieurs siècles (Jackson *et al.*, 2001). Cushing écrit en 1988 qu'une surpêche intensive conduit les espèces à l'extinction écologique parce que les populations surexploitées n'interagissent plus de manière significative avec les autres espèces de la communauté. De plus, lorsqu'une espèce disparaît suite à une pêche trop intensive, les conséquences sur l'écosystème sont nombreuses. Les écosystèmes connaissant des extinctions écologiques sont plus vulnérables à d'éventuelles autres perturbations anthropiques ou naturelles telles que le changement climatique, des événements météorologiques extrêmes, l'hypoxie, l'arrivée de maladies ou encore l'eutrophisation (Jackson *et al.*, 2001).

1.2.2. Problématique de la surpêche au sein de la Baie de Toliara

La pêche est une activité économique essentielle à la population locale (Jaonalison, 2019). Le Grand Récif de Toliara subit une pêche artisanale intensive : dans la baie de Toliara, on compte pas moins de 892 pirogues (Behivoke, 2021).

L'impact de cette pêche intensive est important au sein des récifs. De plus, certaines des techniques de pêche utilisées sont particulièrement impactantes ou destructives et sont illégales. C'est le cas du filet de senne, comprenant des mailles d'un millimètre, qui capturent de petites espèces adultes mais aussi des individus juvéniles n'ayant pas eu le temps de se développer (Bush *et al.*, 2017). C'est ainsi que les juvéniles de nombreuses espèces, et notamment des *Siganus sutor* sont attrapés avant l'âge adulte. Ceci peut éventuellement conduire à une surpêche qualifiée de « growth overfishing », ce qui signifie que les proies sont pêchées avant d'avoir atteint leur maturité sexuelle (Pauly, 1988). La maturité sexuelle des *S. sutor* est atteinte à 21,7 cm en moyenne chez les mâles et à 22,8 cm en moyenne pour les femelles (WIOJMS, 2009). Or, les individus pêchés à des fins commerciales ont des tailles allant de 10 à 40 cm (Ravelohasina, communication directe, 2023). Certains individus pêchés au chalut à moustiquaire sont même pêchés dès 2 cm (Jaonalison, 2019). La proportion de juvéniles capturés peut aller jusqu'à 42% des prises (Jaonalison *et al.*, 2022).

Une étude menée en 2010 par Harris *et al.*, compare l'état du GRT entre les années 1960 et 2008. Une comparaison avec d'autres récifs démontre une dégradation bien plus grande

au sein du GRT, qui n'est donc pas uniquement lié à l'augmentation de la température de l'eau (+ 1°C au cours des 40 dernières années). La diminution de la couverture récifale, l'augmentation de la population algale et la perte conséquente du nombre de poissons serait davantage lié à l'augmentation de la population malgache. A cela s'ajoute une absence quasi-totale de gestion des écosystèmes, un manque de contrôle concernant le rejet des eaux usées et également une pêche de plus en plus intensive (Harris *et al.*, 2010). En effet, entre 1995 et 2008, la population malgache a augmenté de 53 %. Une telle augmentation s'accompagne inévitablement d'une augmentation de la demande de nourriture et donc une augmentation de la pêche. La surpêche entraîne des modifications importantes des écosystèmes tels qu'une diminution de la couverture corallienne, une mortalité des coraux, une croissance importante de la population d'oursins (*Diadema*, *Echinothrix* et *Echinometra*). Elle entraîne également un développement massif d'algues au dépend des récifs coralliens ainsi qu'une disparition quasi totale des herbiers marins dans les lagons (Harris *et al.*, 2010). Vasseur (2008) explique ces changements notamment par la surpêche des espèces herbivores tel que le *S. sutor* ou plusieurs espèces de poissons perroquets.

Il est intéressant de comparer la zone du GRT avec deux récifs se situant à une centaine de kilomètres de Toliara au sein de l'aire marine protégée de Velondriake. Cette aire marine protégée existe depuis 2008 et n'a jamais connu de pêche intensive. La couverture corallienne dans cette zone atteint 80 % contre une dizaine de pourcent dans le GRT, et la densité de colonie corallienne est de trois à sept fois plus dense que dans la région du GRT (environ 1400 coraux / 100m² contre 600 coraux / 100m²) (Harris *et al.*, 2010). L'aire marine protégée de Velondriake connaît la même augmentation de température de l'eau mais une perte de biodiversité moins grande due à la protection mise en place.

L'autre facteur pouvant expliquer ce déclin au sein du GRT est l'apport important de sédiments d'origine anthropique. Que ce soit à cause de la surpêche ou aux arrivées de sédiments, la hauteur du récif diminue. Cette diminution peut avoir des conséquences dramatiques directes sur la ville de Toliara, construite au niveau de la mer et dépendant en grande partie des récifs pour sa protection contre les vagues et les inondations.

1.3. Poissons herbivores et récifs coralliens

Dans les régions tropicales, les poissons herbivores peuvent atteindre une biomasse importante (Choat, 1991). Au sein des récifs coralliens, la présence de poissons herbivores est indispensable car le développement des algues est contrôlé et limité par les poissons herbivores qui s'en nourrissent. Il existe deux types de poissons herbivores au sein des récifs : les butineurs (« foragers ») tels que les poissons perroquets ou les poissons lapins, dont font partie les *Siganus sutor*, qui se nourrissent sur des zones étendues de substrats, et les fermiers (les « farmers »), tels que les poissons demoiselles qui défendent les territoires broutés par les butineurs (Choat et Bellwood, 1985). Les butineurs ont un rôle déterminant dans la survie des coraux car ils empêchent l'étouffement des coraux par la prolifération algale.

Selon Carpenter (1986), dans certaines zones tropicales, les poissons herbivores peuvent consommer jusqu'à 100 000 bouchées par mètre carré. La grande majorité des poissons herbivores se nourrissent durant la journée. En zone tropicale, il a été observé à travers plusieurs études que les poissons herbivores se nourrissent davantage en milieu de l'après-midi, contrairement aux poissons herbivores vivant à des latitudes plus élevées, qui connaissent un pic de consommation dans la matinée. Le milieu de l'après-midi correspond au moment de la journée où l'accumulation de photosynthèse dans les algues est à son maximum (Tarborsky et Limberger, 1980; Ferreira, 1998).

Une étude menée par Ferreira en 1998 sur le littoral de Cabo Frio Island au Brésil démontre que le nombre de bouchées ainsi que la taille des bouchées varient chez les poissons herbivores en fonction des saisons. Dans son étude, il analyse le comportement de trois espèces tropicales : le poisson chirurgien *Acanthurus bahianus*, le poisson perroquet *Sparisoma atomarium* et la demoiselle *Stegastes fuscus*. L'étude démontre que la taille des bouchées augmente en été de façon significative chez le poisson chirurgien *A. bahianus* et le poisson perroquet *S. atomarium*. A l'inverse, chez la demoiselle *S. fuscus*, les bouchées sont de tailles significativement plus élevées en hiver.

La proportion de poissons herbivores dans les récifs de Madagascar a évolué ces quarante dernières années. En 1979, Harmelin-Vivien rapporte que les poissons herbivores représentent 25 % des espèces de poissons contre 75 % en 2008 (Harmelin-Vivien, 1979 ; Harris *et al.*, 2010). Or, un écosystème sain doit comporter entre 60 et 80 % de poissons carnivores et donc entre 20 et 40 % de poissons herbivores. Une telle différence sur une quarantaine d'années peut s'expliquer par une pêche intensive des poissons piscivores. Néanmoins, il est établi que les

poissons herbivores font également l'objet d'une pêche sur le GRT et que ces catégories fonctionnelles sont également en risque de surpêche (Harris *et al.*, 2010).

1.4. Le sigan cordonnier *Siganus sutor*

Famille : Siganidae

Genre : *Siganus* (seul genre de cette famille)

Le *Siganus sutor* est un poisson osseux faisant partie de la famille des Siganidae. Le *S. sutor* est une espèce endémique de la région ouest de l'océan indien. On le retrouve de la corne de l'Afrique jusqu'à l'Afrique du Sud principalement sur la côte ouest ainsi qu'aux alentours de Madagascar. Ce poisson tropical vit dans les eaux peu profondes, entre la surface et une quarantaine de mètres de profondeur (Simon, 2012). Adulte, il mesure 30 centimètres en moyenne et la taille maximale enregistrée est de 45 centimètres. La famille des Siganidae regroupe des poissons principalement brouteurs, herbivores, se nourrissant dans les cavités des récifs (Fox et Bellwood, 2013). Le *S. sutor* est aussi appelé poisson lapin en raison de ses gros yeux et de sa bouche mobile comme celle des lapins (Figure 3). Sur la liste de l'UICN, le statut du *Siganus sutor* est classé comme peu préoccupant, avec peu de risque de disparition.



Figure 3. Sigan cordonnier *Siganus sutor*. (Source : Ifremer)

1.4.1. Régime alimentaire

Selon une étude menée par Almeida *et al.*, au Mozambique en 1999 et basée sur l'analyse des contenus stomacaux, les *Siganus sutor* sont principalement herbivores. En effet, les analyses des contenus stomacaux révèlent une alimentation basée sur les herbiers *Cymodocea*, *Thalassia* et *Syringodium*. Des traces d'épibiontes vivant sur ces mêmes herbiers ont également été retrouvées. Les contenus stomacaux ont aussi révélé la présence des éponges,

des bryozoaires et des hydrozoaires. La même étude démontre que les *S. sutor* tendent à se nourrir majoritairement en journée. En effet, la nuit, les estomacs étaient vides mais les intestins étaient remplis (Almeida, A J *et al.*, 1999). Une étude menée en 2021 par Ravelohasina, basée sur l'analyse de contenus stomacaux couplée à des analyses des rapports isotopiques, démontre que ces poissons changent de régime alimentaire au cours de leur croissance. Selon l'étude menée, les juvéniles se nourrissent à la fois de petits organismes benthiques mobiles que de phanérogames et d'algues. Les sources animales seraient une source de protéines intéressantes pour leur croissance. Ce n'est qu'une fois adulte que les *S. sutor* deviennent pleinement herbivores (Ravelohasina, 2021).

1.4.2. Cycle de vie

Les *Siganus sutor* vivent dans des écosystèmes différents en fonction de leur âge. Les larves se développent en environnement pélagique. Ensuite, les juvéniles se déplacent vers les habitats côtiers tels que les mangroves, les prairies marines, les zones intermédiaires et les prairies marines associées aux récifs coralliens (Jaonalison *et al.*, 2022).

Selon Jaonalison *et al.*, (2022), les prairies marines restent cependant les zones privilégiées pour la croissance des *S. sutor*. Les individus s'y installent durant la saison chaude en janvier et durant la saison froide, au mois d'août. Les individus adultes se retrouvent davantage dans les zones de récifs coralliens et au sein des herbiers (Duray, 1998 ; Ravelohasina, 2021).

Selon Almeida *et al.*, (1999), les *S. sutor* se reproduisent entre septembre et février. D'autres études faites au Kenya démontrent deux saisons de pontes par an, l'une d'octobre à janvier et l'une d'avril à mai (De Souza, 1988). En 1990, Ntiba et Jaccarini observent une saison des pontes de janvier à février puis de mai à juin.

1.5. Plasticité trophique et ontogénique des poissons

L'ontogénie englobe tous les processus physiques et métaboliques qui permettent à un individu de se développer jusqu'à l'âge adulte. Chez les poissons, il n'est pas rare que les individus changent de mode de vie, de lieu de vie ou de régime alimentaire au cours de leur développement.

La plasticité chez les poissons peut se jouer à plusieurs niveaux. Les changements peuvent avoir lieu dans le changement du régime alimentaire en fonction de la saison ou du développement de l'individu. Le développement de l'individu peut également le mener à changer d'habitat, passant d'une zone de nurserie à des récifs coralliens par exemple. Le changement de régime alimentaire peut lui-même être accompagné de changements physiques.

C'est le cas par exemple de trois espèces de poissons tropicaux étudiés par Ramos *et al.*, en 2014. Ces trois espèces, *Eugerres brasilianus*, *Eucinostomus melanopterus* et *Diapterus rhombeus* ont présenté des changements ontogénétiques saisonniers accompagnés d'une croissance de la bouche (Ramos *et al.*, 2014).

De nombreux poissons tropicaux changent d'habitat et donc d'écosystème au cours de leur vie. Beaucoup de poissons récifaux connaissent une vie pélagique au stade larvaire avant de s'installer dans les récifs. D'autres espèces de poissons, au stade larvaire et au stade juvénile, vivent dans les eaux côtières peu profondes (Lowe Mc Connell, 1987). C'est le cas par exemple du vivaneau gris *Lutjanus griseus*, poisson tropical qui change d'habitat au fur et à mesure de sa croissance. Lorsqu'il atteint la taille de 7 cm, il quitte les herbiers en eaux peu profondes pour vivre dans des canaux, puis se dirige vers les récifs coralliens lorsque sa taille approche les 19 cm. En changeant d'habitat, ce poisson change également de régime alimentaire. Les juvéniles se nourrissent principalement de copépodes et d'amphipodes, puis, à l'âge adulte, ils se nourrissent davantage de crevettes, de crabes et de poissons (Lowe Mc Connell, 1987).

Ce cycle de vie, incluant plusieurs habitats au cours de la croissance n'est pas rare chez les poissons tropicaux et se retrouve bien chez les *Siganus sutor*. Les *S. sutor* connaissent en effet une vie pélagique au stade larvaire, puis une vie au sein d'une zone de « nurserie » (zone d'herbiers, de mangroves) en tant que juvéniles, avant de se diriger plutôt vers les récifs coralliens une fois adulte. La durée de vie en nurserie dépend de plusieurs facteurs ontogénétiques, notamment de la variation du régime alimentaire (Cocheret de la Morinière *et al.*, 2003).

De même que pour l'espèce citée précédemment, le *S. sutor* change de régime alimentaire au cours de sa croissance. Cette espèce, initialement classée du côté des poissons herbivores ne l'est finalement pas tant que ça. En effet, même si les adultes de *S. sutor* ont un régime strictement herbivore, les juvéniles consomment de nombreuses proies animales et ont davantage un régime omnivore. C'est en devenant adulte que les individus cessent de consommer des proies animales (Ravelohasina, 2021).

1.6. Question de recherche

L'objectif de ce travail de master est d'étudier la variabilité du régime alimentaire chez les juvéniles et subadultes *Siganus sutor* au sein de différents habitats du Grand Récif de Toliara à Madagascar. Les différents habitats sont : les patates des récifs frangeants, la partie interne du platier du récif barrière, les zones de mangroves, les herbiers et les zones de platier

récifal. De plus, le second objectif est de comprendre si un lien est avéré entre la taille et donc le développement de l'individu, son régime alimentaire et le lieu dans lequel il a été pêché afin de voir si les juvéniles changent peu à peu d'habitats au fil de leur croissance.

L'analyse isotopique est utilisée pour répondre à ces interrogations. Cet outil permet de connaître le régime alimentaire d'un individu sur une plus longue période que l'analyse des contenus stomacaux.

1.7. Isotopes stables

Les différents isotopes d'un élément du tableau de Mendeleïev diffèrent par le nombre de neutrons contenus dans le noyau. L'isotope est dit stable lorsqu'il ne se désintègre pas au cours du temps, et est dit radioactif dans le cas contraire. Les éléments C, N, O, H et S, composants majeurs de la matière organique possèdent plusieurs isotopes stables dont les abondances relatives sont mesurables et utilisées en écologie trophique.

L'analyse des isotopes stables est un outil utilisé pour connaître le régime alimentaire d'un individu. En effet, les rapports isotopiques sont déterminés par les sources de nourriture de l'individu (Peterson et Fry 1987 ; Layman *et al.*, 2012 ; Frédérick *et al.*, 2017). De plus, cet outil fournit des informations concernant le régime alimentaire d'un individu sur une durée plus longue que l'analyse des contenus stomacaux (Frédérick *et al.*, 2017).

L'analyse des isotopes stables permet de connaître de nombreuses informations : l'isotope stable de l'azote permet de connaître le niveau trophique du poisson (Post, 2002 ; Blanco-Parra *et al.*, 2012 ; Tripp-Valdez *et al.*, 2015 ; Nawrocki *et al.*, 2020 ; Mittelheiser *et al.*, 2021), et les isotopes stables du carbone et du soufre donnent des indications sur le régime alimentaire du poisson (Phillips et Koch, 2002 ; , Mittelheiser *et al.* 2021). L'analyse des rapports isotopiques est utilisée dans de nombreuses études afin d'en savoir plus sur la variabilité du régime alimentaire d'une espèce en particulier. En 2017, Frédérick *et al.*, étudient l'écologie trophique de huit espèces d'Apogonidae au sein du Grand Récif de Toliara en se basant à la fois sur les contenus stomacaux et sur l'analyse des isotopes stables. Le but de l'étude est de caractériser le régime alimentaire de chacune des espèces, d'estimer la répartition trophique et l'éventuel compétition entre les espèces et enfin d'étudier les potentielles variations de leur régime alimentaire au cours de l'année (Frédérick *et al.*, 2017). Cette étude a par exemple permis de montrer, que, en 2011, certaines espèces étudiées (*P. kallopterus* et *O. cyanosoma*) ont consommées significativement plus de zooplancton que d'autres espèces (*P. fraenatus* et *O.*

cookii). De plus, cette étude a démontré que les huit espèces étudiées occupaient des niches trophiques distinctes.

L'analyse des rapports isotopiques peut également mettre en lumière des variations ontogéniques au sein d'une même espèce. C'est le cas de l'étude de Jiao *et al.*, menée en 2022 au sein d'un réseau de mangrove en étudiant les juvéniles et les subadultes du gobie *Aentrogobius viridipunctatus* sur quatre sites de mangroves différents. L'étude met en avant des changements significatifs des valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ entre les différents groupes (sites et groupes de taille). De plus, il est établi que la niche trophique augmente avec la croissance des individus, ce qui indique une diversification de régime alimentaire lié à leur développement (Jiao *et al.*, 2022).

II. Matériels et méthodes

2.1. Zone d'étude

Les échantillons de *Siganus sutor* utilisés dans cette étude proviennent de poissons pêchés sur le Grand Récif de Toliara (GRT) au large de Toliara, une ville portuaire située au sud-ouest de Madagascar (Figure 4, Figure 5). Le GRT sépare le lagon de Toliara du Canal du Mozambique. Ce récif de 33 km² s'étend sur 19 km de long et a une largeur variant de 1,5 à 4 km (Andréfouët *et al.*, 2013). La barrière corallienne est partiellement découverte à marée basse et submergée à marée haute (Chevalier *et al.*, 2015). A marée haute, le récif est submergé en moyenne par environ 1 à 3 m d'eau. Il existe cependant certaines zones plus profondes (e.g. grande vasque) (Chevalier *et al.*, 2015).

Le GRT comprend à la fois des récifs barrières et des récifs frangeants. Le récif barrière est séparé de la côte par un lagon plus ou moins large. Le récif frangeant borde directement la côte. Le lagon a une largeur variant de 2 km à 10 km. La profondeur moyenne est de 7 m à marée basse (Chevalier *et al.*, 2015). Le lagon du GRT est un lagon mésotidal. Le lagon est séparé de l'océan par deux passages de 2 km de large et 20 mètres de profondeur au nord et de 4 km de large et 10 mètres de profondeur au sud. Dans la partie sud du lagon, de l'autre côté du récif, la profondeur augmente fortement. A 1 km du plateau récifal, la profondeur est de 100 mètres. A 2 km du plateau récifal, la profondeur atteint 1025 mètres (Chevalier *et al.*, 2015).

Les pêches ont été effectuées au large de 2 villages : Ankilibe (23°25'43'S, 43°44'27'E) et Sarodrano (23°31'04'S, 43°44'07'E) (Ravelohasina, 2021). Au total, les échantillonnages ont été réalisés sur 5 types d'habitats en triplicat (n = 15 points d'échantillonnage) : la zone de mangrove, la zone des herbiers, les zones de patates de récifs frangeants, les zones internes des platiers récifaux, et enfin les zones de platiers récifaux. Chacun des types d'habitats est représenté par trois sites de pêches différents (Figure 6).

Les sites représentant les zones internes de platiers récifaux sont les sites de Nositsena, Karandava, Befiambaza ; les sites représentant les herbiers sont les sites de Beakio, Antsanira, Ankily ; les sites représentant les zones de patates des récifs frangeants sont les sites de Betsilatsilaky, Norikazo et Ambatomitsanga ; les sites représentant les mangroves sont les sites de Ankororoaky, Antoko et Antsanira ; et enfin, les sites représentant les zones de platier récifal sont les sites de Andretiky, Beantsisy et Ankaiasy. Les coordonnées GPS de chaque site sont

disponibles en annexe (Annexe 1). Cet échantillonnage a été réalisé dans le cadre de la thèse de Madame Helga Ravelohasina. Les pêches ont été réalisées par des pêcheurs malgaches en pirogues utilisant des filets de senne de fond, construits à partir de tissu moustiquaire.



Figure 4. Localisation de Madagascar. (Source : <https://fr.maps-madagascar.com>)

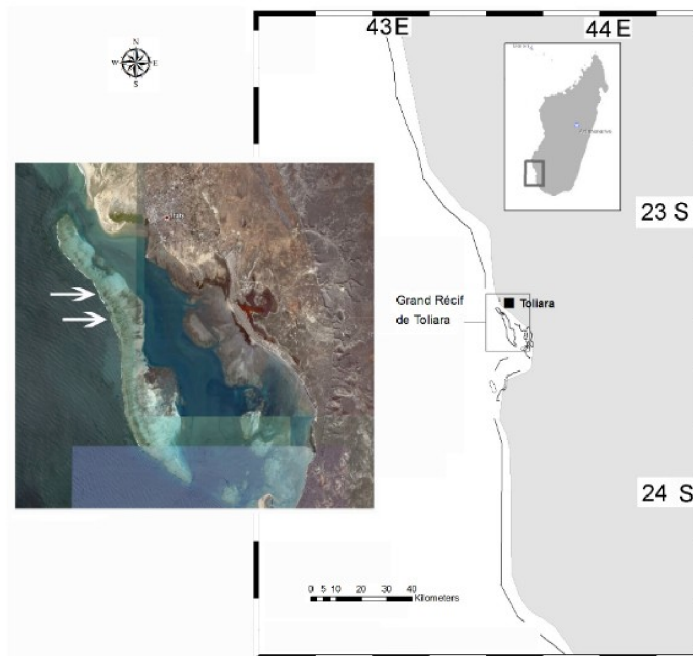


Figure 5. Cartographie de la zone d'étude. Grand Récif de Toliara (Madagascar). (Source : Harris, *et al.*, 2010).

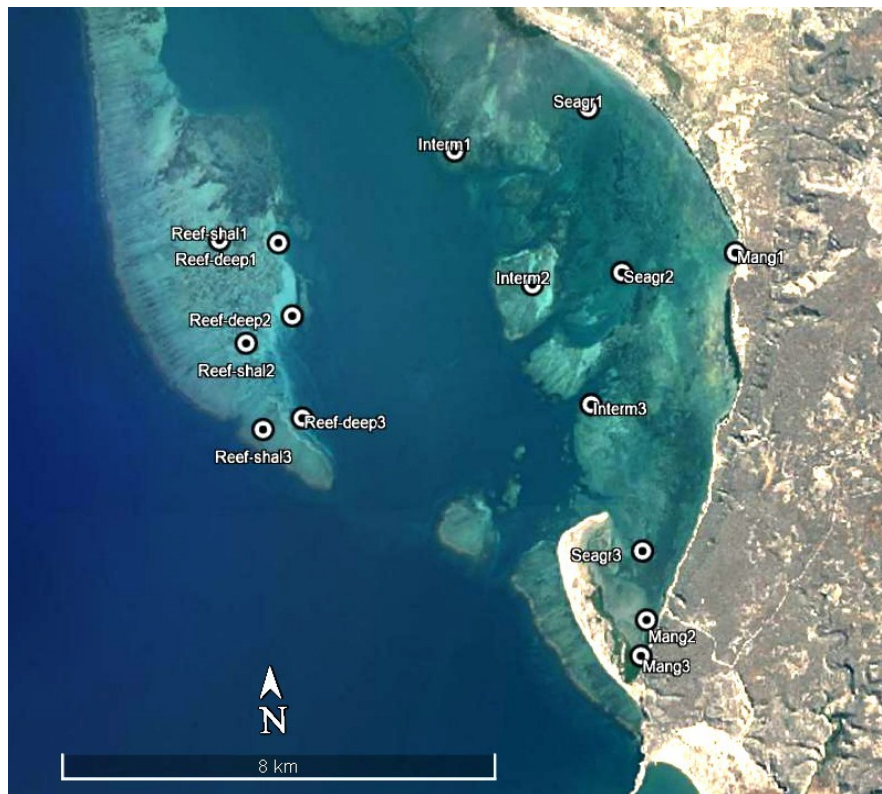


Figure 6. Les différents sites d'échantillonnage au sein du Grand Récif de Toliara. Les dénominations Reef shal., Reef deep, Interm, Mang et Seagrass font référence respectivement aux zones de platier récifal, aux zones internes de platier récifal, zones de patates des récifs frangeants, zones de mangroves et zones d'herbiers. Source : Ravelohasina, H (non publié).

2.2. Échantillonnage des *Siganus sutor*

L'échantillonnage des poissons a été effectué tous les deux mois de juillet 2021 à mai 2022 (n = 6 événements d'échantillonnage). Les échantillons de poissons sont donc issus des échantillonnages de juillet 2021, septembre 2021, novembre 2021, janvier 2022, mars 2022 et mai 2022.

Chaque mois, l'échantillonnage s'est fait durant 3 jours pendant les vives eaux de pleine lune. C'est la période durant laquelle la pratique de la pêche est la plus propice due à l'abondance des poissons dans ces zones. De plus, les zones de pêche sont plus accessibles pour ce type de pêche qui nécessite une profondeur faible puisque les pêcheurs sont à pied et immergés jusqu'à la taille. Cette manœuvre nécessite la contribution de 2 à 3 pêcheurs.

Chaque événement d'échantillonnage a été effectué en un seul coup de filet (Figure 7). Tous les poissons récupérés sont immédiatement mis au froid dans une glacière sur le bateau puis ramenés au laboratoire. Une fois au laboratoire, un tri est effectué afin d'identifier et de garder uniquement les *Siganus sutor*. Un échantillon d'au plus 20 individus par sites a été retenu pour l'analyse. Le tri a été fait afin de représenter les différentes classes de tailles et ainsi d'être représentatif de la population (Figure 8). La longueur standard (LS), longueur totale (LT) et le poids total de chaque individu ont été mesurées. Pour cette étude, nous nous baserons sur la longueur standard. La longueur standard se définit par la longueur entre l'extrémité antérieure du museau jusqu'à l'extrémité du pédoncule caudal situé à la jonction entre l'os hypural et le début des rayons de la nageoire caudale (Ministère des Pêches et des Océans du Canada, 2004). Un échantillon de la musculature latérale, situé au-dessus de la ligne latérale du poisson, a été prélevé. Le muscle a été défini comme le tissu le plus approprié pour analyser les isotopes stables chez les poissons (Sweeting, *et al.*, 2005). Après avoir été retiré, les muscles ont été séchés en étuve à 60°C pendant 72h. Chaque individu a ensuite été associé à un code reprenant le site et le mois de pêche (voir Annexe 2).



Figure 7. Échantillonnage des *Siganus sutor* en un seul coup de filet au sein du Grand Récif de Toliara (Madagascar). Photo : Lepoint, G.

2.2.1. Description de l'échantillonnage

Entre juillet 2021 et juin 2022, des échantillonnages de *Siganus sutor* ont eu lieu tous les mois au sein du Grand Récif de Toliara. Pour cette étude, seuls les échantillonnages d'un mois sur deux ont été retenus. Nous disposons donc de 6 événements d'échantillonnages réparties à raison d'un mois sur deux de juillet 2021 à mai 2022. Durant les 6 événements d'échantillonnage de juillet 2021 à mai 2022, un total de 2151 *S. sutor* ont été pêchés sur les quinze sites du Grand Récif de Toliara. Parmi ces 2151 individus, 375 ont été sous sélectionnés dans le cadre de cette étude. Cette sélection a été effectuée par Madame Helga Ravelohasina dans le cadre de son doctorat. Vingt individus maximum ont été sélectionnés par sites. Les vingt individus sélectionnés sont représentatifs de la gamme de taille de l'échantillonnage original. Sur ces 375 individus sélectionnés, 69 n'ont pas pu être analysés (perte des échantillons, valeurs isotopiques aberrantes, etc). L'étude actuelle porte donc sur les 307 échantillons gardés et dont les rapports isotopiques ont pu être étudiés.

L'abondance et la taille des *S. sutor* pêchés au sein des différents habitats : herbiers, mangroves, platier récifal et patates des récifs frangeants sont illustrés sur la figure 9. L'abondance et la taille des individus pêchés au sein des zones internes de platier récifal n'apparaissent pas sur cette figure. Peu d'individus ont été pêchés en zone de mangroves (n = 13). Les classes de tailles connaissent de grandes variations en fonction des habitats et des mois. Les individus pêchés au sein des mangroves ont des tailles plus petites que les individus pêchés au sein des autres habitats.

Les 307 individus utilisés pour l'étude se répartissent comme suit : 17,9 % ont été échantillonnés dans la partie interne du platier récifal, 27,7 % dans les herbiers, 30 % dans les zones de patates des récifs frangeants, 4,2 % dans les mangroves et enfin, 20,2 % dans les zones de platier récifal.



Figure 8. Tri des *Siganus sutor*. Les individus échantillonnés pour l'étude ont une longueur standard (LS) allant de 1,8 à 13,6 cm. Photo : Ravelohasina, H (2021).

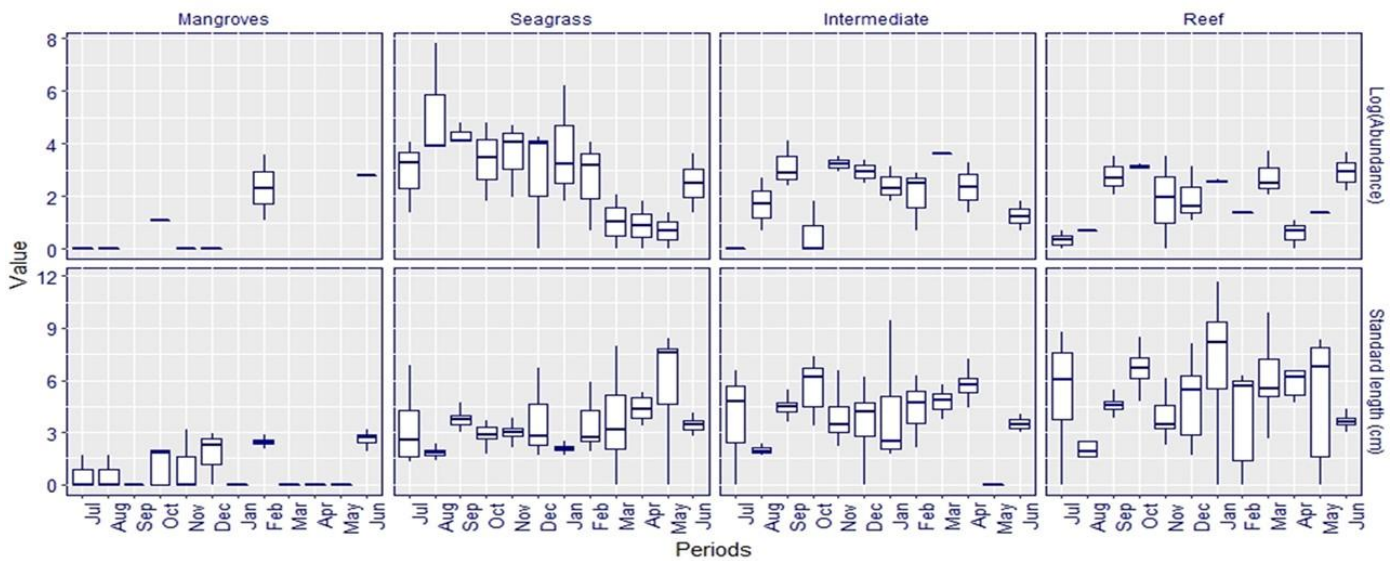


Figure 9. Abondance (en nombre d'individus, axe logarithmique) et longueur standard (en cm) des *S. sutor* pêchés au sein de quatre habitats, respectivement : Mangroves, Herbiers, Zone de patates du récif frangeant, Platier récifal. Ces quatre habitats se trouvent au sein du Grand Récif de Toliara (Madagascar) et les pêches s'étendent de juillet 2021 à juin 2022. Pour l'étude actuelle, seulement un mois sur deux de capture a été sélectionné (6 événements d'échantillonnage de juillet 2021 à mai 2022). Source : Jaonalison *et al.*, (2022).

2.3. Préparation à l'analyse isotopique

2.3.1. Broyage des échantillons

Les échantillons séchés ont été réduits en poudre par broyage manuel à l'aide d'un mortier à pilon en céramique. Le but de cette étape était de réaliser une poudre fine et homogène afin de faciliter l'étape de la mise en cupules et de représenter au mieux l'échantillon. Entre chaque échantillon broyé, le matériel utilisé était nettoyé à l'acétone afin d'éviter tout transfert de matière entre les différents échantillons.

2.3.2. Mise en cupules

Les échantillons sont pesés (2,5 mg +/- 10%) sur une balance Mettler Toledo XS3DU de précision 2-3 µg et mis dans des cupules en étain. Dans chacune des cupules, il était ajouté de l'oxyde de tungstène (WO₃) afin de permettre l'optimisation de la combustion durant l'analyse isotopique. La séquence d'analyse, en plus des échantillons, comporte des cupules «blanches», c'est à dire vides; avec de l'acide sulfanilique utilisé comme référence élémentaire, des substances certifiées pour leurs compositions isotopiques par l'Agence Internationale pour l'Énergie Atomique (IAEA-C6, IEAE-N2, IAEA-S1 pour le C, N et S respectivement) et un réplicat sélectionné par le laboratoire (i.e. un échantillon de poisson aux valeurs isotopiques connues).

2.4. Analyses isotopiques

Une fois les échantillons mis en cupule, l'analyse isotopique peut être effectuée. Les analyses isotopiques sont réalisées en flux continu à l'aide d'un spectromètre de masse isotopique (IRMS) (PrecisION, ELementar, Allemagne) couplé à un analyseur élémentaire (VarioMicro, Elementar, Allemagne) permettant de mesurer le contenu élémentaire et les rapports isotopiques du C, N et S. Le couplage EA / IRMS permet d'automatiser les mesures.

La première analyse est fournie par l'analyseur élémentaire (EA) qui permet de connaître les pourcentages en C, N et S de chaque échantillon. Cette première étape transforme la matière organique en gaz. Les gaz obtenus passent ensuite au sein de la seconde machine, l'IRMS (Isotope Ratio Mass Spectro). L'IRMS permet de mesurer le rapport isotopique des échantillons.

Afin de savoir si une différence est significative ou non, l'écart type est calculé selon les réplicats. Ces écarts sont différents selon le C, N et S. Pour le soufre par exemple, l'écart type peut aller de 0,5 à 0,7.

Les rapports isotopiques ont été exprimés en utilisant la notation δ (‰) (Coplen, 2011). Cette notation exprime un rapport entre deux isotopes. En effet, $\delta^{13}\text{C}$ exprime le rapport Carbone 13 / Carbone 12, la notation $\delta^{15}\text{N}$ exprime le rapport Azote 15 / Azote 14 et enfin, le $\delta^{34}\text{S}$ fait référence au rapport Soufre 34 / Soufre 32.

Les rapports isotopiques sont calculés par l'équation différentielle suivante :

$$\delta (\text{‰}) = \left(\frac{R_{\text{sample}}}{R_{\text{standard}}} - 1 \right) * 1000$$

avec R_{sample} qui correspond au rapport isotopique de l'échantillon étudié, avec le rapport de l'isotope lourd sur l'isotope léger, R_{standard} est le rapport isotopique standard de référence.

Les rapports isotopiques sont calculés par rapport à des rapports isotopiques de référence, des nombres internationaux standards (Rashmi *et al.*, 2017). Pour le rapport Carbone 13 / Carbone 12, le matériau standard est le VPDB (Vienna Pee Dee Belemnite) qui définit le point zéro de l'échelle des isotopes stables (Frédérich *et al.*, 2017 ; Hoffman *et al.*, 2022). Pour le rapport Azote 15 / Azote 14, c'est l'azote atmosphérique qui sert de référence internationale. Enfin, pour le soufre, c'est le Vienna Canyon Diablo Troilite (VCDT) qui sert de standard (Frédérich *et al.*, 2017 ; Hoffman *et al.*, 2022 ; Mittelheiser *et al.*, 2022).

Les substances certifiées par l'agence internationale pour l'énergie atomique (IAEA, Vienne, Autriche) pour le carbone, l'azote et le soufre sont respectivement l'IAEA-C6 (sucrose ; $\delta^{13}\text{C} = -10,8 \pm 0,5\text{‰}$; moyenne \pm SD) pour le carbone, l'IAEA-N1 (sulfate d'ammonium, $\delta^{15}\text{N} = 0,4 \pm 0,2\text{‰}$; moyenne \pm SD) pour l'azote et enfin l'IAEA-S1 ($\delta^{34}\text{S} = -0,3 \pm 0,3\text{‰}$, moyenne \pm déviation standard) pour le soufre. Les déviations standards obtenues à partir d'un répliquat de bar commun sont de $\pm 0,14$ pour le carbone, $\pm 0,98$ pour l'azote et $\pm 1,72$ pour le soufre.

2.5. Traitement des données

Le traitement des données a été réalisé via Excel et PAST version 4.03. Avant d'analyser des données, la distribution normale des données a été testée via le test de Kolmogorov-Smirnov, puis l'homogénéité des variances a été testée via le test de Levene.

Dans le cas où les valeurs suivent une loi de distribution normale et respectent l'homogénéité, une ANOVA est appliquée. Dans le cas contraire, c'est le test de Kruskal-Wallis qui est utilisé afin de tester la significativité des corrélations.

Les différents résultats seront abordés selon une approche comparative. En effet, le but de cette étude est de savoir s'il existe des différences significatives entre les différents groupes de poissons étudiés au sein des différents habitats et en fonction de leur stade de croissance. Les tests statistiques tels qu'ANOVA ou Kruskal-Wallis permettent cette approche comparative.

Une fois les tests ANOVA et Kruskal-Wallis réalisés et afin de déterminer où se trouvent les différences significatives, des tests post-hoc ont été appliqués (test de Dunn et test de Tukey).

Enfin, les variances ont été calculées par habitat et par mois. Les variances ont été calculées sur Excel. La variance permet de prendre en compte la dispersion des valeurs d'un ensemble de données (Statistique Canada, 2021).

III. Résultats

3.1. Variation des longueurs standards des *S. sutor*

3.1.1. Longueur standard des *S. sutor* en fonction des habitats

Les individus de *Siganus sutor* sélectionnés pour cette étude ont des tailles comprises entre 1,8 cm et 13,6 cm en longueur standard (LS) (moyenne $4,9 \pm 2,2$ cm). La longueur standard moyenne varie significativement selon les différents habitats (test de Kruskal-Wallis $p < 0,05$): la LS des individus provenant des zones internes de platier récifal est de $6,7 \pm 3,0$ cm, la LS des individus venant des herbiers est de $4,0 \pm 1,8$ cm, elle est de $4,3 \pm 1,5$ cm pour les individus des zones de patates des récifs frangeants, de $7,0 \pm 1,3$ pour les individus pêchés dans les mangroves et enfin, la LS des individus pêchés au sein du platier récifal est de $4,9 \pm 1,5$ cm (Figure 10). Le test post-hoc de Dunn ($n = 307$, avec le nombre d'individus par habitats représentatifs de la capture initiale) indique des différences significatives entre tous les habitats (Tableau 1), à l'exception des comparaisons entre l'habitat herbier et l'habitat "récif frangeant" et entre l'habitat "zone interne récif" et l'habitat mangrove. Il est à souligner que l'habitat mangrove est peu fréquenté par les *S. sutor* de petites tailles.

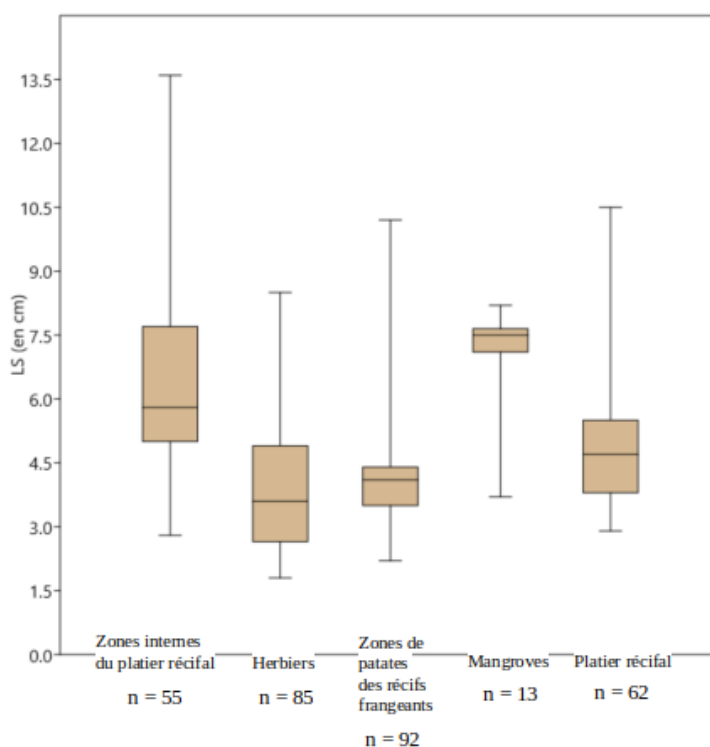


Figure 10. Longueur standard des individus de *Siganus sutor* pêchés au sein du Grand Récif de Toliara (Madagascar) entre juillet 2021 et mai 2022 selon les différents habitats. La barre du bas correspond à la plus petite valeur, la barre du haut correspond à la plus grande valeur. La barre horizontale au milieu de la boîte correspond à la médiane. Les limites basses et hautes des boîtes représentent respectivement le premier et le troisième quartile (n total = 307).

Tableau 1. Résultats du test post-hoc de Dunn des différentes LS (en cm) des *Siganus sutor* pêchés au sein du Grand Récif de Toliara (Madagascar) entre juillet 2021 et mai 2022 selon les différents habitats. Les LS significativement différentes sont indiquées en gras dans le tableau.

	Zones internes platier récifal	Herbiers	Zones patates récif frangeant	Mangroves	Platier récifal
Zones int. platier.		1,427.10⁻¹⁰	1,218.10⁻⁷	0,1353	0,006532
Herbiers	1,427.10⁻¹⁰		0,1668	1,34.10⁻⁷	0,0002853
Zones patates récif.	1,218.10⁻⁷	0,1668		4,263.10⁻⁶	0,01543
Mangroves	0,1353	1,34.10⁻⁷	4,263.10 ⁻⁶		0,001569
Platier récifal	0,006532	0,0002853	0,01543	0,001569	

3.1.2. Longueur standard des *S. sutor* en fonction du temps

De juillet 2021 à mai 2022, les longueurs standards des individus pêchés varient de manière significative au long de l'année (test de Kruskal-Wallis, $p < 0,05$; Figure 11, Tableau 2). Tous habitats confondus, la LS moyenne des individus est de $6,3 \pm 1,7$ cm en juillet; de $4,2 \pm 0,4$ cm en septembre; de $4,2 \pm 1,8$ cm en novembre, de $5,5 \pm 3,8$ cm en janvier, de $5,7 \pm 1,4$ cm en mars et enfin, $7,4 \pm 0,2$ cm en mai. Le test post hoc de Dunn (Tableau 2) indique que les LS des individus pêchés en mars, mai, juillet ne diffèrent pas significativement entre elles mais sont plus grandes que celles des individus pêchés de septembre à janvier. Les LS mesurées en septembre, novembre et janvier ne diffèrent pas entre elles et sont significativement plus petites que les LS mesurées les trois autres mois. La variabilité de taille est particulièrement importante en janvier.

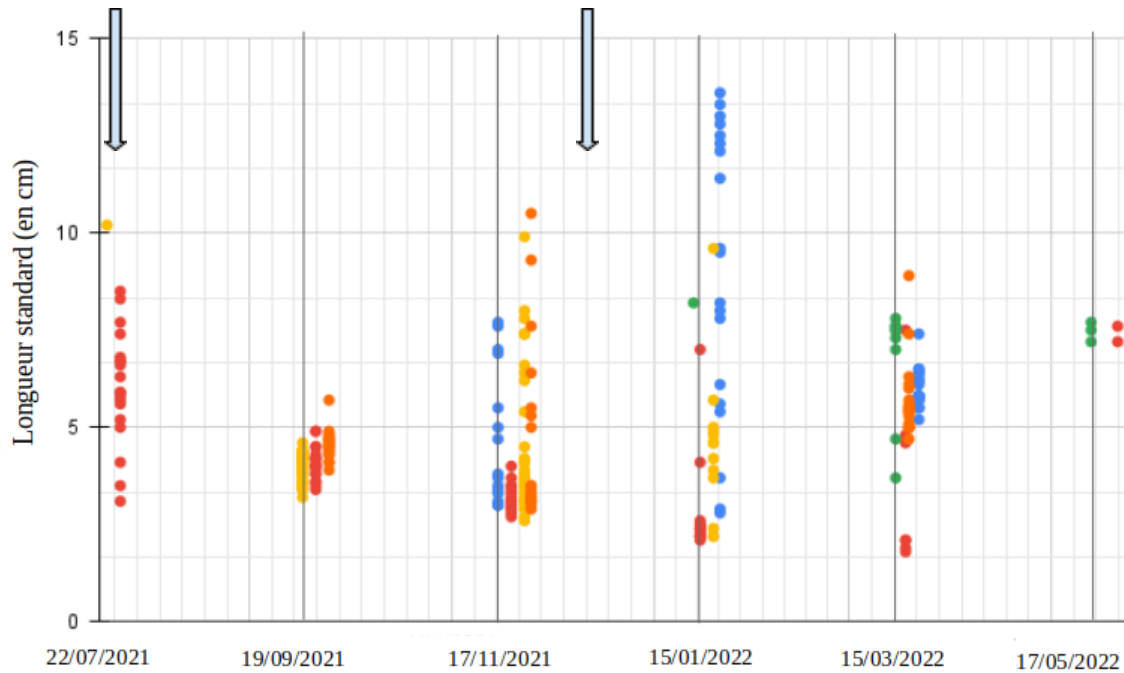


Figure 11. Longueur standard des échantillons des *Siganus sutor* pêchés sur le Grand Récif de Toliara (Madagascar) entre juillet 2021 et mai 2022. Pour faciliter la lecture et éviter les trop grandes superpositions, les dates indiquées ont parfois été décalées de ± 6 jours de la date originale. Les dates indiquées correspondent aux dates originales. Les flèches correspondent aux périodes de recrutement (juillet et décembre) (Jaonalison *et al.*, 2022).

Tableau 2. Résultats du test post-hoc de Dunn des différentes LS (en cm) des *Siganus sutor* pêchés au sein du Grand Récif de Toliara (Madagascar) entre juillet 2021 et mai 2022. Les différences significatives des LS sont indiquées en gras dans le tableau.

	LS Juillet 21	LS Septembre 21	LS Novembre 21	LS Janvier 22	LS Mars 22	LS Mai 22
LS Juillet 21		$9,392.10^{-5}$	$4,884.10^{-7}$	$0,0004774$	0,5841	0,3038
LS Septembre 21	$9,392.10^{-5}$		0,07859	0,7566	$1,616.10^{-6}$	$0,001235$
LS Novembre 21	$4,884.10^{-7}$	0,07859		0,06339	$9,063.10^{-11}$	$0,0001321$
LS Janvier 22	$0,0004774$	0,7566	0,06339		$5,528.10^{-5}$	$0,002206$
LS Mars 22	0,5841	$1,616.10^{-6}$	$9,063.10^{-11}$	$5,528.10^{-5}$		0,1594
LS Mai 22	0,3038	$0,001235$	$0,0001321$	$0,002206$	0,1594	

3.2. Rapports isotopiques (N, C, S) de l'échantillonnage

3.2.1. Composition isotopique de l'échantillonnage

Les compositions isotopiques en azote, carbone et soufre ont été calculées pour chacun des individus de *Siganus sutor*. Les valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ varient de 5,4 à 9,1 ‰, les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ oscillent entre -20,2 et -12,9 ‰ et les valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ s'étendent de 9,3 à 19,9 ‰. Le $\delta^{15}\text{N}$ moyen est de $7,4 \pm 0,8$ ‰, le $\delta^{13}\text{C}$ moyen est de $16,4 \pm 1,3$ ‰ et enfin, le $\delta^{34}\text{S}$ moyen sur l'échantillonnage est de $14,3 \pm 2,2$ ‰ (Figures 12, 13, 14).

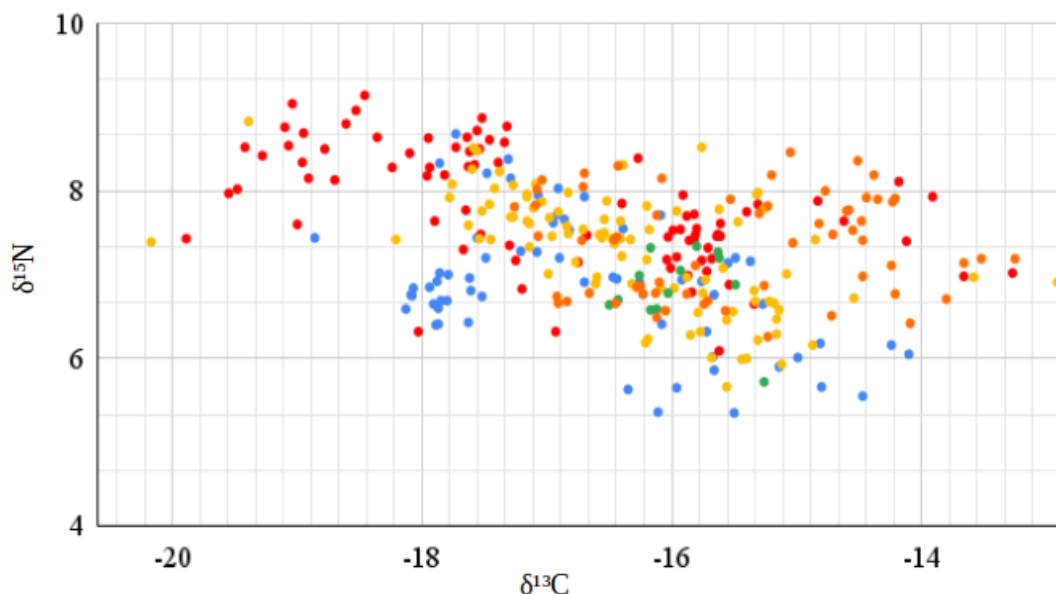


Figure 12. Valeurs individuelles du $\delta^{13}\text{C}$ en fonction du $\delta^{15}\text{N}$ des *Siganus sutor* pêchés au sein du Grand Récif de Toliara (Madagascar) de juillet 2021 à mai 2022. Les valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ en ordonnée donnent une indication sur le niveau trophique des individus et les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ en abscisses indiquent les sources de nourriture ingérées par les poissons. Chaque point représente un individu. Les couleurs sont associées à un type d'habitat. Bleu : Zones internes des platiers récifaux / Rouge : Herbiers / Jaune : Zones de patates des récifs frangeants / Vert : Mangroves / Orange : Platier récifal.

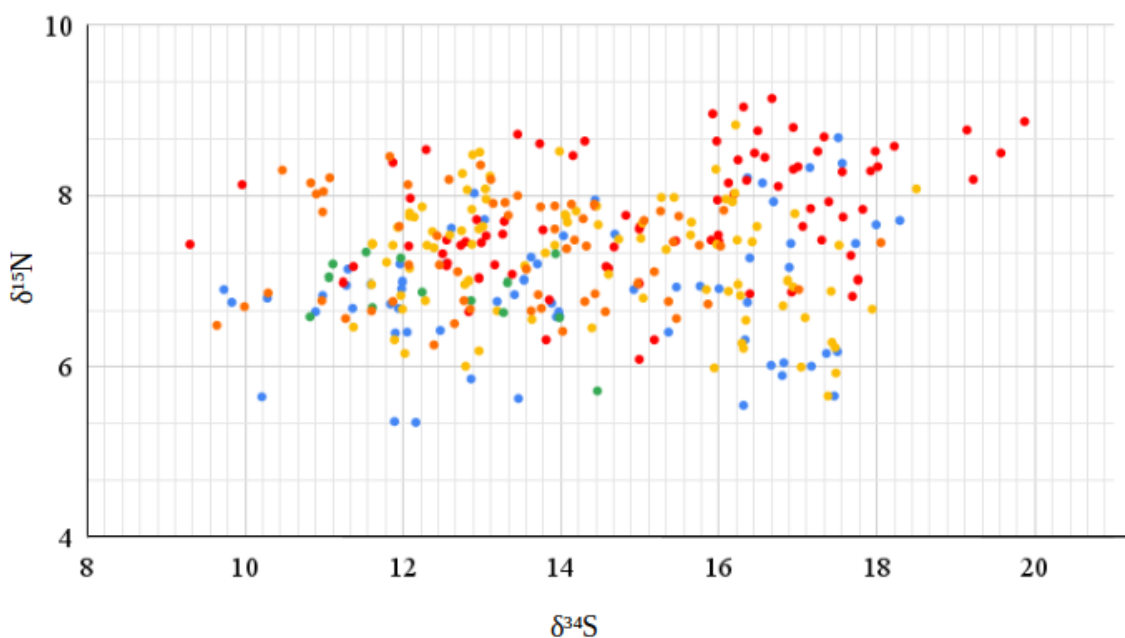


Figure 13. Valeurs individuelles du $\delta^{34}\text{S}$ en fonction du $\delta^{15}\text{N}$ des *Siganus sutor* pêchés au sein du Grand Récif de Toliara (Madagascar) de juillet 2021 à mai 2022. Les valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ en ordonnée donnent une indication sur le niveau trophique des individus et les valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ en abscisses indiquent les sources de nourriture ingérées par les poissons. Chaque point représente un individu. Les couleurs sont associées à un type d'habitat. Bleu : Zones internes des platiers récifaux / Rouge : Herbiers / Jaune : Zones de patates des récifs frangeants / Vert : Mangroves / Orange : Platier récifal.

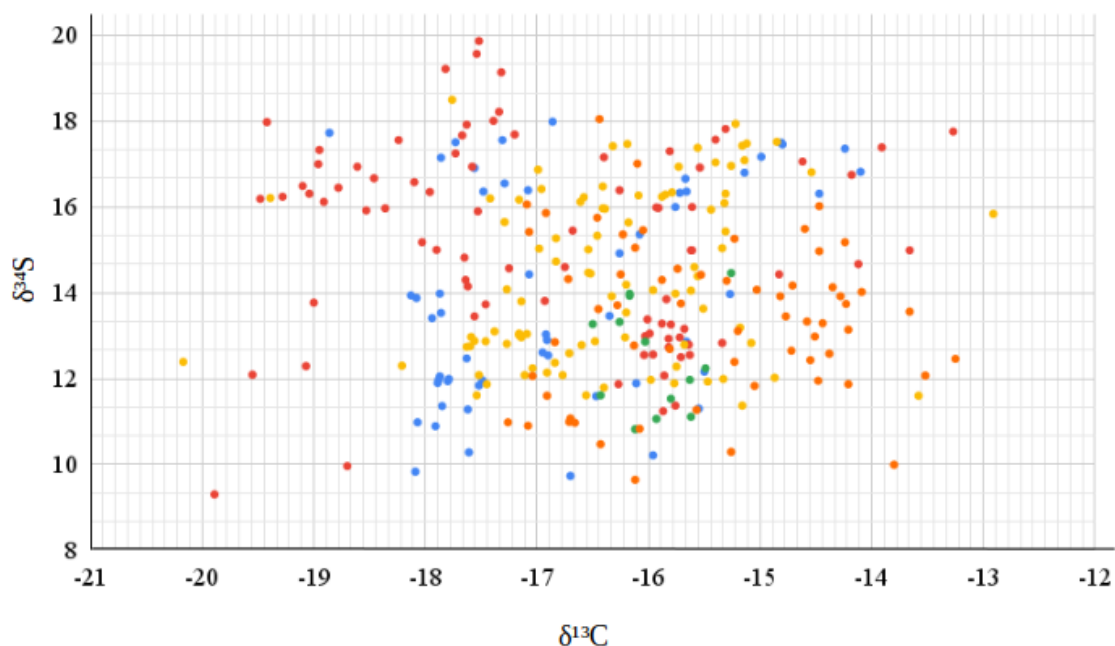


Figure 14. Valeurs individuelles du $\delta^{13}\text{C}$ en fonction du $\delta^{34}\text{S}$ des *Siganus sutor* pêchés au sein du Grand Récif de Toliara (Madagascar) de juillet 2021 à mai 2022. Les valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ sont en ordonnée et les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ en abscisses. Chaque point représente un individu. Les couleurs sont associées à un type d'habitat. Bleu : Zones internes des platiers récifaux / Rouge : Herbiers / Jaune : Zones de patates des récifs frangeants / Vert : Mangroves / Orange : Platier récifal.

3.2.2. Variation des rapports isotopiques au cours de la croissance

3.2.2.1. Variation des rapports isotopiques au cours de la croissance des *S. sutor*

Un modèle linéaire a été utilisé afin d'étudier la variation des valeurs des différents rapports isotopiques au cours de la croissance des *Siganus sutor* (Figure 13). La relation entre le rapport isotopique du carbone et la longueur standard est positive. En effet, la valeur $\delta^{13}\text{C}$ augmente avec la taille des poissons (Figure 13). A l'inverse, la valeur de $\delta^{15}\text{N}$ est négativement liée à la taille des échantillons. Ainsi, la valeur de $\delta^{15}\text{N}$ est plus élevée chez les individus de petites tailles et moins élevées chez les individus de plus grandes tailles (Figure 13). Concernant la valeur du $\delta^{34}\text{S}$, les variations du soufre ne sont aucunement liées à la taille des individus.

Les individus ayant une longueur standard inférieure à 6 cm présentent une grande variabilité de valeurs de rapports isotopiques, que ce soit pour les rapports isotopiques du carbone, de l'azote ou du soufre (Figure 15).

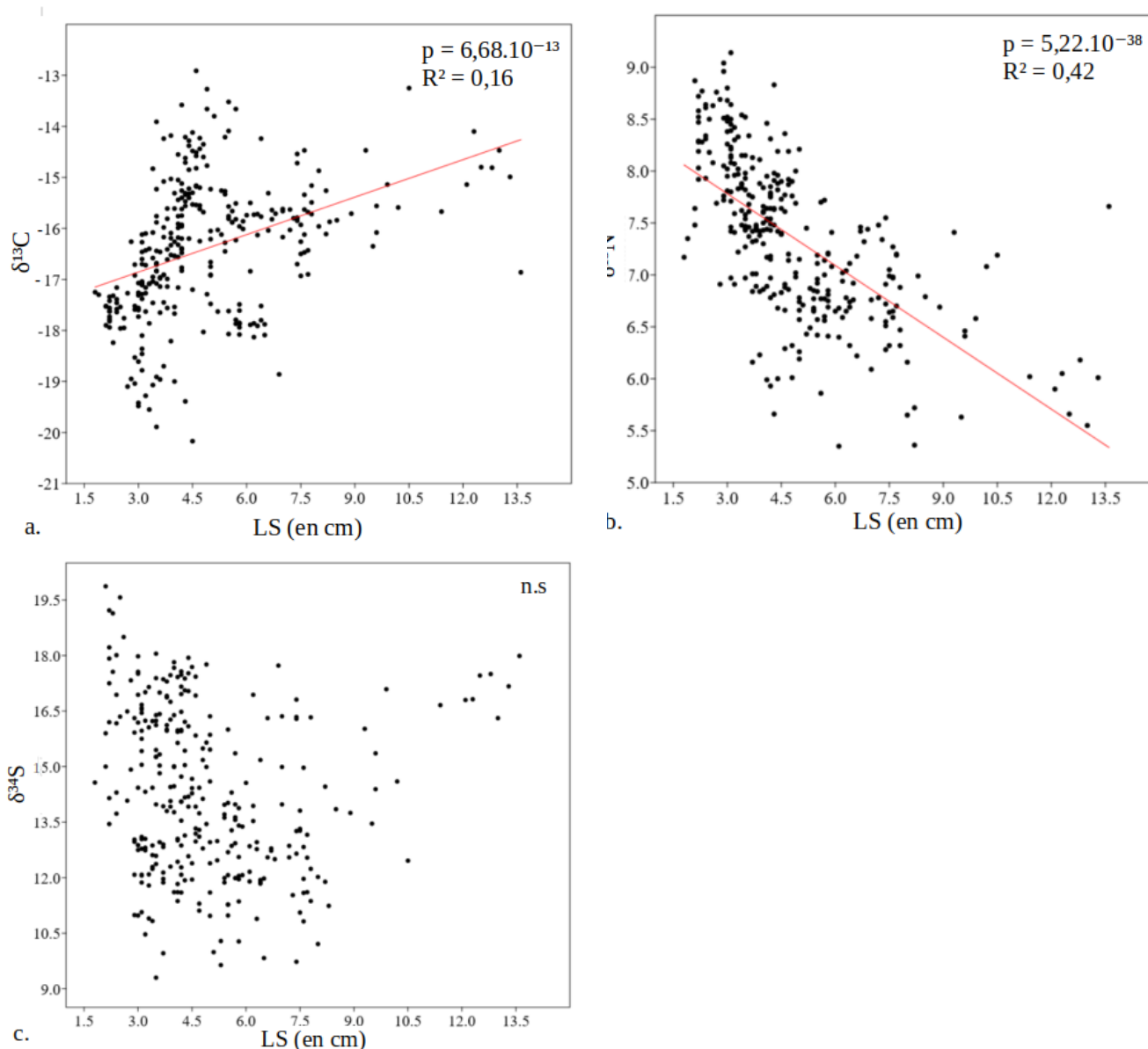


Figure 15. Variation des rapports isotopiques en fonction de la longueur standard (LS, en cm) des *Siganus sutor* pêchés au sein du Grand Récif de Toliara (Madagascar) de juillet 2021 à mai 2022. a) Variation du $\delta^{13}\text{C}$ par rapport à la longueur standard des *S. sutor*. b) Variation du $\delta^{15}\text{N}$ par rapport à la LS des *S. sutor*. c) Variation du $\delta^{34}\text{S}$ par rapport à la LS des *S. sutor*. La droite de régression sert à visualiser les tendances. Les valeurs $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ sont corrélés à la LS des individus. Le rapport LS / $\delta^{34}\text{S}$ est non significatif. L'axe des x reprend les longueurs standards et l'axe des y reprend les différents rapports isotopiques.

3.2.2.2. Variation des rapports isotopiques au cours de la croissance des *Siganus sutor* selon les différents habitats occupés

Il est également intéressant de savoir si de telles variations se retrouvent dans chaque habitat et si les différences potentielles sont significativement différentes selon les types d'habitats. Au sein des différents habitats, les tendances entre les rapports isotopiques et la LS sont principalement les mêmes que pour l'échantillon général (Figures 16, 17, 18, 19, 20). Au

sein de l’herbier, cependant, les valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ présentent une relation négative significative avec la taille des poissons. Les valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ diminuent donc au cours de la croissance du poisson. (Figure 17).

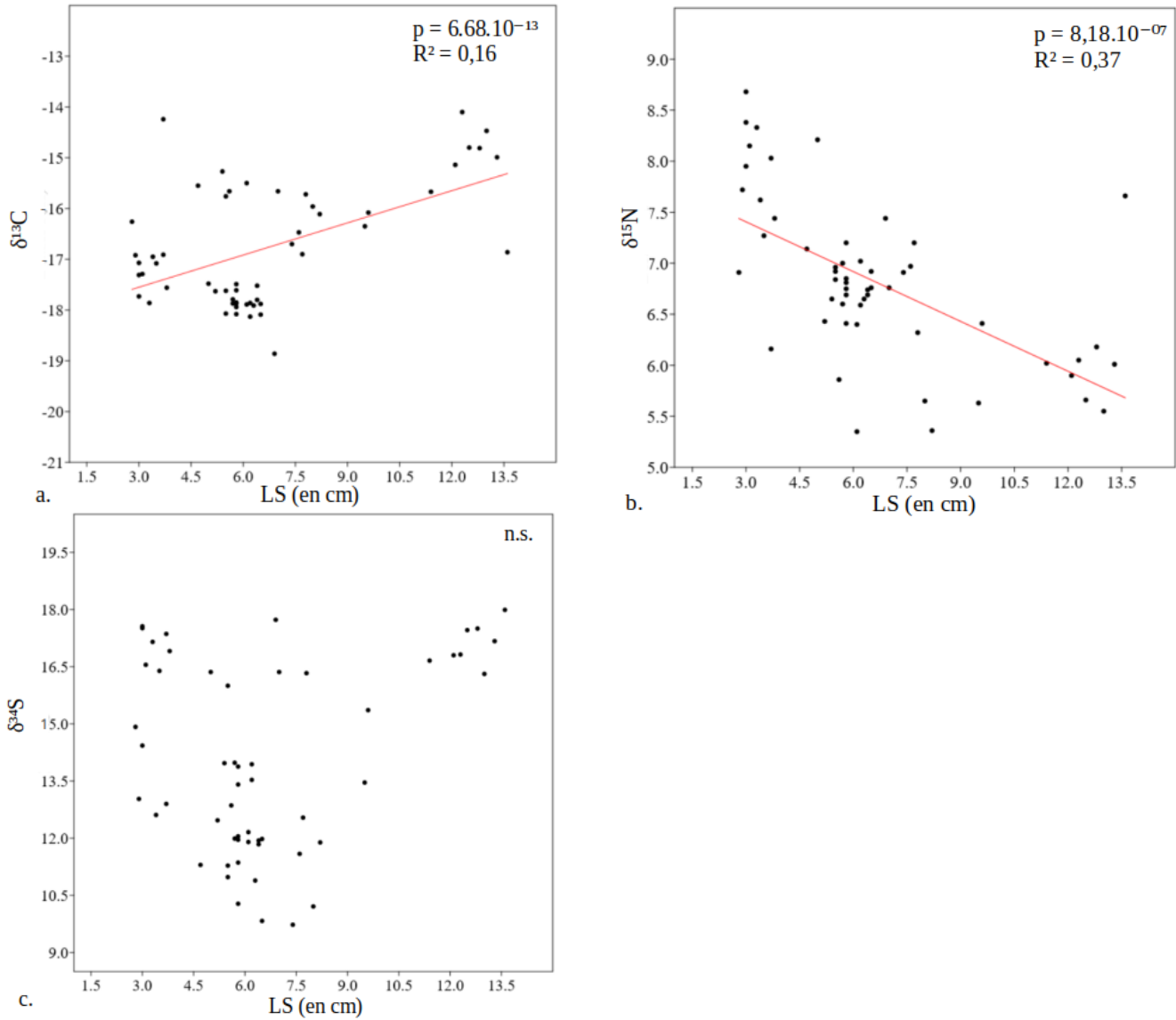


Figure 16. Variation des rapports isotopiques en fonction de la longueur standard (LS, en cm) des *Siganus sutor* pêchés au sein de l’habitat “Zones internes du platier récifal” (GRT, Madagascar) entre juillet 2021 et mai 2022. a) Variation du $\delta^{13}\text{C}$ par rapport à la LS des *S. sutor* au sein de l’habitat “Zones internes du platier récifal”. b) Variation du $\delta^{15}\text{N}$ par rapport à la LS des *S. sutor* au sein de l’habitat “Zones internes du platier récifal”. c) Variation du $\delta^{34}\text{S}$ par rapport à la LS des *S. sutor* au sein de l’habitat “Zones internes du platier récifal”. La droite de régression sert à visualiser les tendances. Les valeurs $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ sont corrélés à la longueur standard des individus. Le rapport LS / $\delta^{34}\text{S}$ est non significatif. Chaque point représente un individu. L’axe des x reprend les longueurs standards et l’axe des y reprend les différents rapports isotopiques.

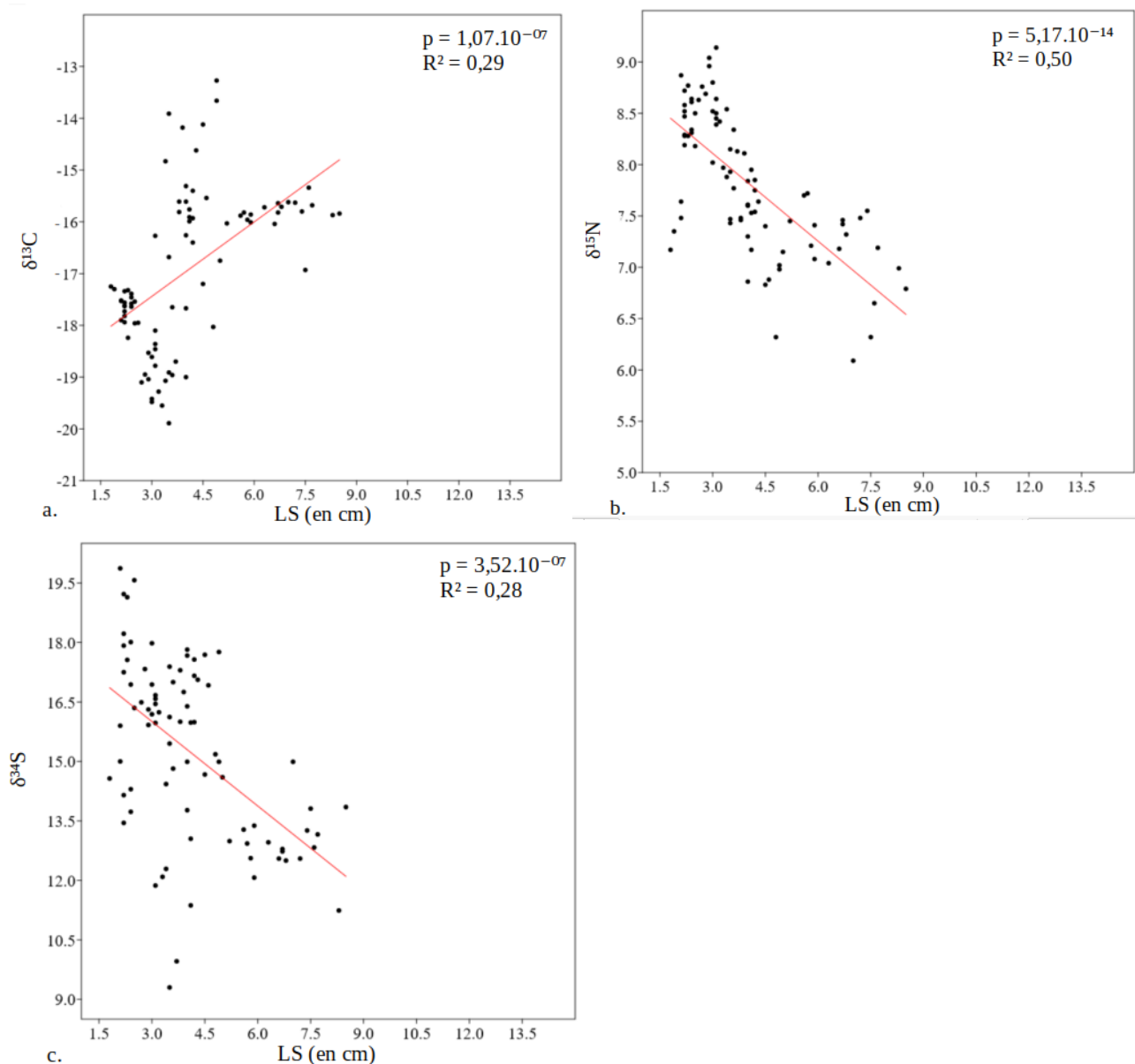


Figure 17. Variation des rapports isotopiques en fonction de la longueur standard (LS, en cm) des *Siganus sutor* pêchés au sein de l’habitat “Herbiers” (GRT, Madagascar) entre juillet 2021 et mai 2022. a) Variation du $\delta^{15}\text{N}$ par rapport à la LS des *S. sutor* au sein de l’habitat “Herbiers”. b) Variation du $\delta^{13}\text{C}$ par rapport à la LS des *S. sutor* au sein de l’habitat “Herbiers”. c) Variation du $\delta^{34}\text{S}$ par rapport à la LS des *S. sutor* au sein de l’habitat “Herbiers”. La droite de régression sert à visualiser les tendances. Les valeurs $\delta^{13}\text{C}$, $\delta^{15}\text{N}$ et $\delta^{34}\text{S}$ sont corrélés à la longueur standard des individus. L’axe des x reprend les longueurs standards et l’axe des y reprend les différents rapports isotopiques.

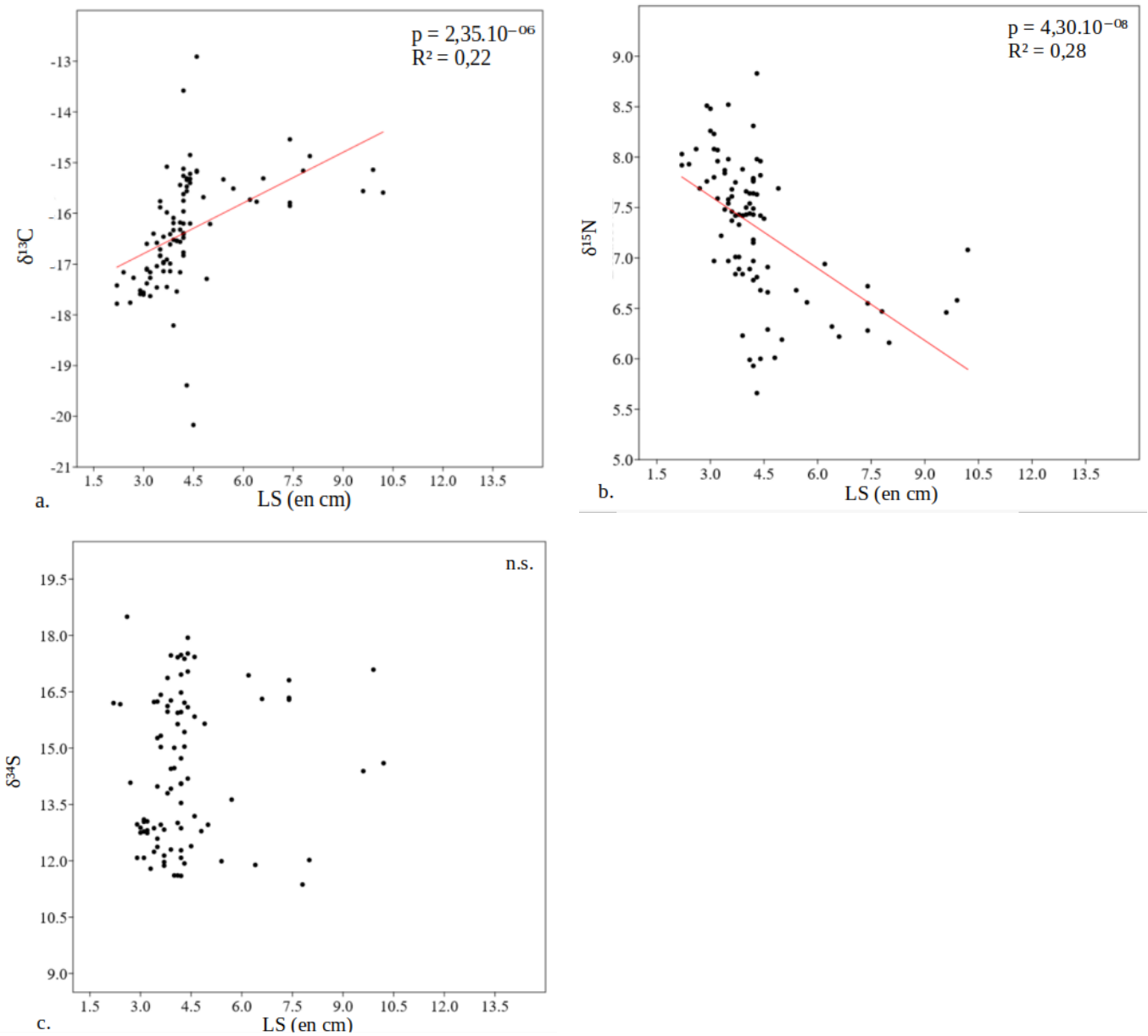


Figure 18. Variation des rapports isotopiques en fonction de la longueur standard (LS, en cm) des *Sigamus sutor* pêchés au sein de l’habitat “Zones de patates de récif frangeants” (GRT, Madagascar) entre juillet 2021 et mai 2022. a) Variation du $\delta^{15}\text{N}$ par rapport à la LS des *S. sutor* au sein de l’habitat “Zones de patates du récif frangeants”. b) Variation du $\delta^{13}\text{C}$ par rapport à la LS des *S. sutor* au sein de l’habitat “Zones de patates du récif frangeants”. c) Variation du $\delta^{34}\text{S}$ par rapport à la LS des *S. sutor* au sein de l’habitat “Zones de patates du récif frangeants”. La droite de régression sert à visualiser les tendances. Les valeurs $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ sont corrélés à la longueur standard des individus. Le rapport LS / $\delta^{34}\text{S}$ est non significatif. L’axe des x reprend les longueurs standards et l’axe des y reprend les différents rapports isotopiques.

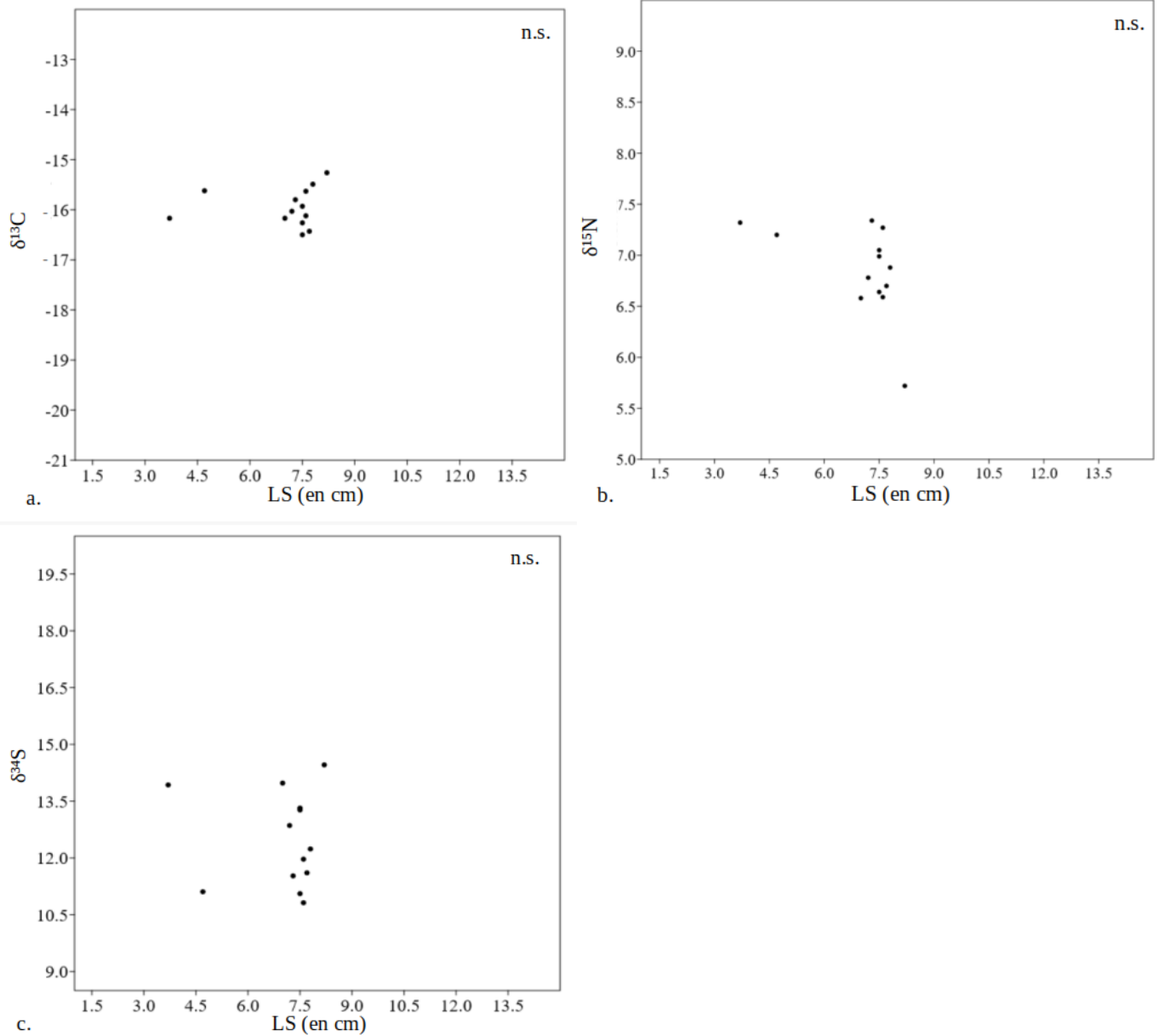


Figure 19. Variation des rapports isotopiques en fonction de la longueur standard (LS, en cm) des *Siganus sutor* pêchés au sein de l’habitat “Mangroves” (GRT, Madagascar) entre juillet 2021 et mai 2022. a) Variation du $\delta^{15}\text{N}$ par rapport à la LS des *S. sutor* au sein de l’habitat “Mangroves”. b) Variation du $\delta^{13}\text{C}$ par rapport à la LS des *S. sutor* au sein de l’habitat “Mangroves”. c) Variation du $\delta^{34}\text{S}$ par rapport à la LS des *S. sutor* au sein de l’habitat “Mangroves”. Aucun des rapports isotopiques n’est corrélé à la variation de la LS. L’axe des x reprend les longueurs standards et l’axe des y reprend les différents rapports isotopiques. Les différents rapports isotopiques ne sont pas corrélés aux variations de taille.

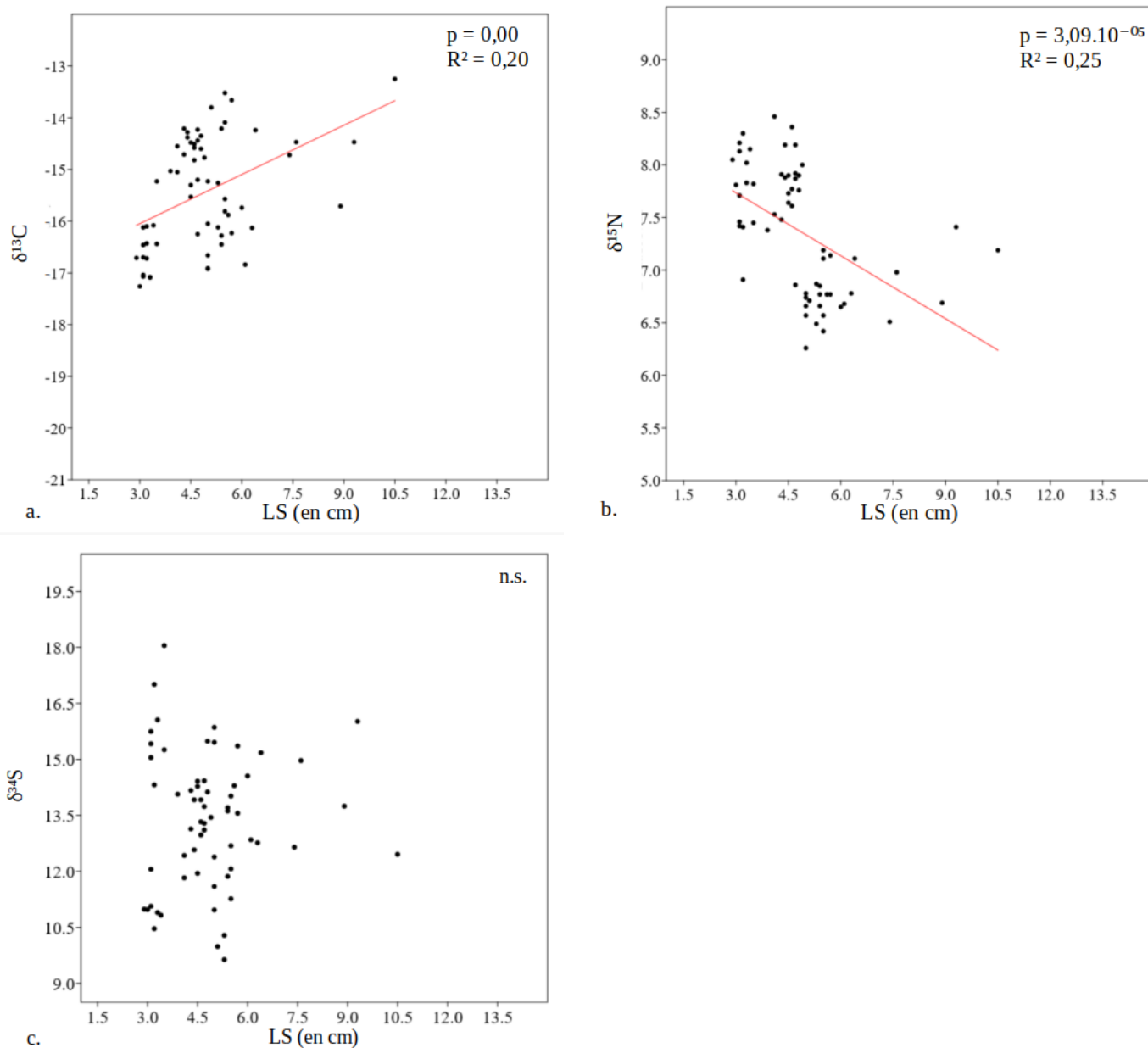


Figure 20. Variation des rapports isotopiques en fonction de la longueur standard (LS, en cm) des *Sigamus sutor* pêchés au sein de l’habitat “Platier récifal” (GRT, Madagascar) entre juillet 2021 et mai 2022. a) Variation du $\delta^{15}\text{N}$ par rapport à la LS des *S. sutor* au sein de l’habitat “Platier récifal”. b) Variation du $\delta^{13}\text{C}$ par rapport à la LS des *S. sutor* au sein de l’habitat “Platier récifal”. c) Variation du $\delta^{34}\text{S}$ par rapport à la LS des *S. sutor* au sein de l’habitat “Platier récifal”. La droite de régression sert à visualiser les tendances. Les valeurs $\delta^{13}\text{C}$ et $\delta^{15}\text{N}$ sont corrélés à la longueur standard des individus. Le rapport LS / $\delta^{34}\text{S}$ est non significatif. L’axe des x reprend les longueurs standards et l’axe des y reprend les différents rapports isotopiques.

3.2.3. Variation des rapports isotopiques en fonction des différents mois d'échantillonnage

D'après les tests Kruskal-Wallis réalisés, les rapports isotopiques marquent une différence significative à travers les différents mois de l'année (Figure 21 et Tableau 3; Figure 22 et Tableau 4; Figure 23 et Tableau 5).

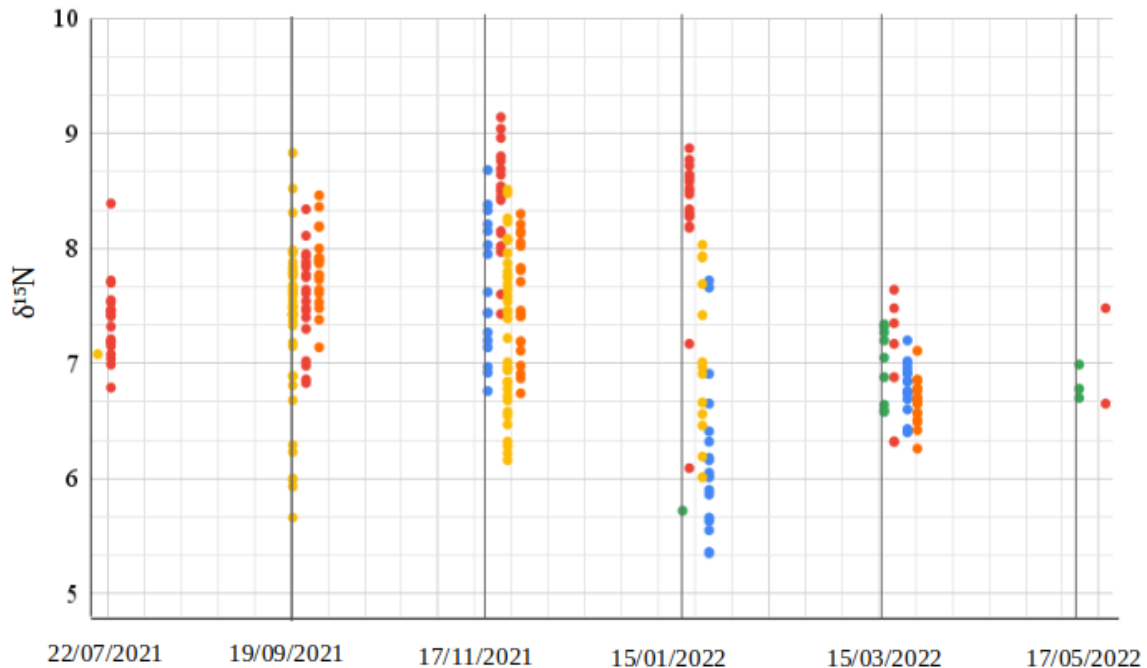


Figure 21. Variation des rapports isotopiques du $\delta^{15}\text{N}$ au sein des juvéniles *Siganus sutor* en fonction des différents types d'habitats, de juillet 2021 à mai 2022 (GRT, Madagascar). Chaque couleur représente un habitat; Bleu : Zones internes de platier récifal, Rouge : Herbiers, Jaune : Zones de patates de récif frangeant, Vert : Mangroves, Orange : Platier récifal. Pour faciliter la lecture et éviter les trop grandes superpositions, les dates indiquées ont parfois été décalées de ± 6 jours de la date originale. Les dates indiquées correspondent aux dates originales.

Tableau 3. Résultats du test post-hoc de Dunn des différentes valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ des *Siganus sutor* pêchés au sein du Grand Récif de Toliara (Madagascar) entre juillet 2021 et mai 2022. Les valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ significativement différentes sont indiquées en gras dans le tableau.

	$\delta^{15}\text{N}$ Juillet 21	$\delta^{15}\text{N}$ Septembre 21	$\delta^{15}\text{N}$ Novembre 21	$\delta^{15}\text{N}$ Janvier 22	$\delta^{15}\text{N}$ Mars 22	$\delta^{15}\text{N}$ Mai 22
$\delta^{15}\text{N}$ Juillet 21		0,233	0,1213	0,5566	0,001292	0,1903
$\delta^{15}\text{N}$ Septembre 21	0,233		0,5765	0,01076	5,728.10⁻¹¹	0,03872
$\delta^{15}\text{N}$ Novembre 21	0,1213	0,5765		0,00197	5,995.10⁻¹³	0,02392
$\delta^{15}\text{N}$ Janvier 22	0,5566	0,01076	0,00197		0,0003865	0,2855
$\delta^{15}\text{N}$ Mars 22	0,001292	5,728.10⁻¹¹	5,995.10⁻¹³	0,0003865		0,6944
$\delta^{15}\text{N}$ Mai 22	0,1903	0,03872	0,02392	0,2855	0,6944	

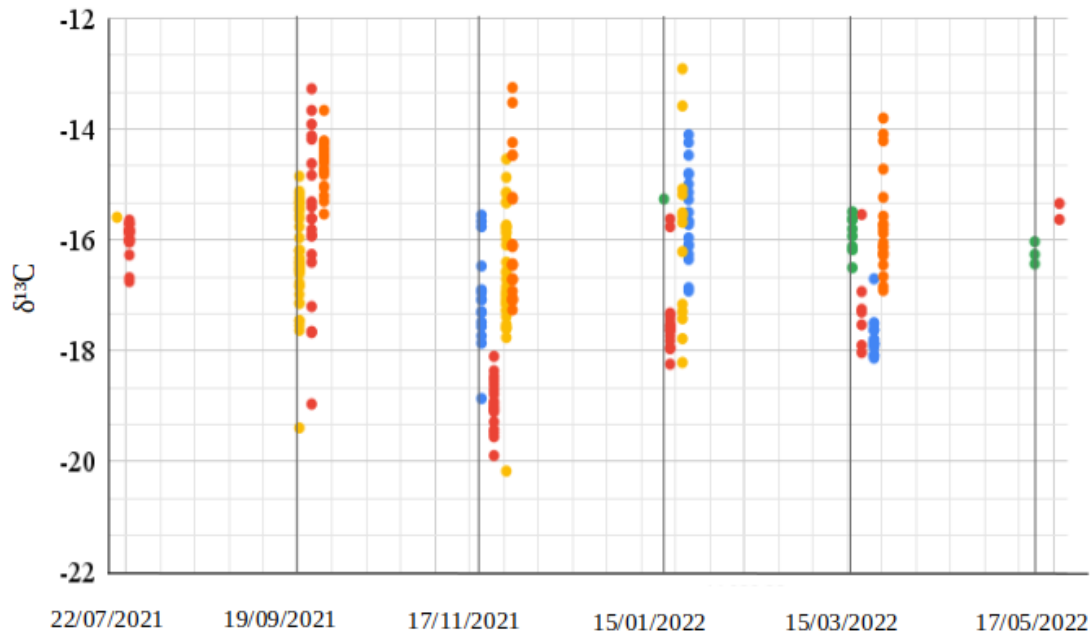


Figure 22. Variation des rapports isotopiques du $\delta^{13}\text{C}$ au sein des juvéniles *Siganus sutor* en fonction des différents types d’habitats, de juillet 2021 à mai 2022 (GRT, Madagascar). Chaque couleur représente un habitat; Bleu : Zones internes de platier récifal, Rouge : Herbiers, Jaune : Zones de patates de récif frangeant, Vert : Mangroves, Orange : Platier récifal. Pour faciliter la lecture et éviter les trop grandes superpositions, les dates indiquées ont parfois été décalées de ± 6 jours de la date originale. Les dates indiquées correspondent aux dates originales.

Tableau 4. Résultats du test post-hoc de Dunn des différentes valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ des *Siganus sutor* pêchés au sein du Grand Récif de Toliara (Madagascar) entre juillet 2021 et mai 2022. Les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ significativement différentes sont indiquées en gras dans le tableau.

	$\delta^{13}\text{C}$ Juillet 21	$\delta^{13}\text{C}$ Septembre 21	$\delta^{13}\text{C}$ Novembre 21	$\delta^{13}\text{C}$ Janvier 22	$\delta^{13}\text{C}$ Mars 22	$\delta^{13}\text{C}$ Mai 22
$\delta^{13}\text{C}$ Juillet 21		0,5474	0,00174	0,1578	0,011	0,9906
$\delta^{13}\text{C}$ Septembre 21	0,5474		1,68.10⁻⁹	0,003717	3,425.10⁻⁶	0,7667
$\delta^{13}\text{C}$ Novembre 21	0,00174	1,68.10⁻⁹		0,02086	0,5156	0,09002
$\delta^{13}\text{C}$ Janvier 22	0,1578	0,003717	0,02086		0,1312	0,42
$\delta^{13}\text{C}$ Mars 22	0,011	3,425.10⁻⁶	0,5156	0,1312		0,1522
$\delta^{13}\text{C}$ Mai 22	0,9906	0,7667	0,09002	0,42	0,1522	

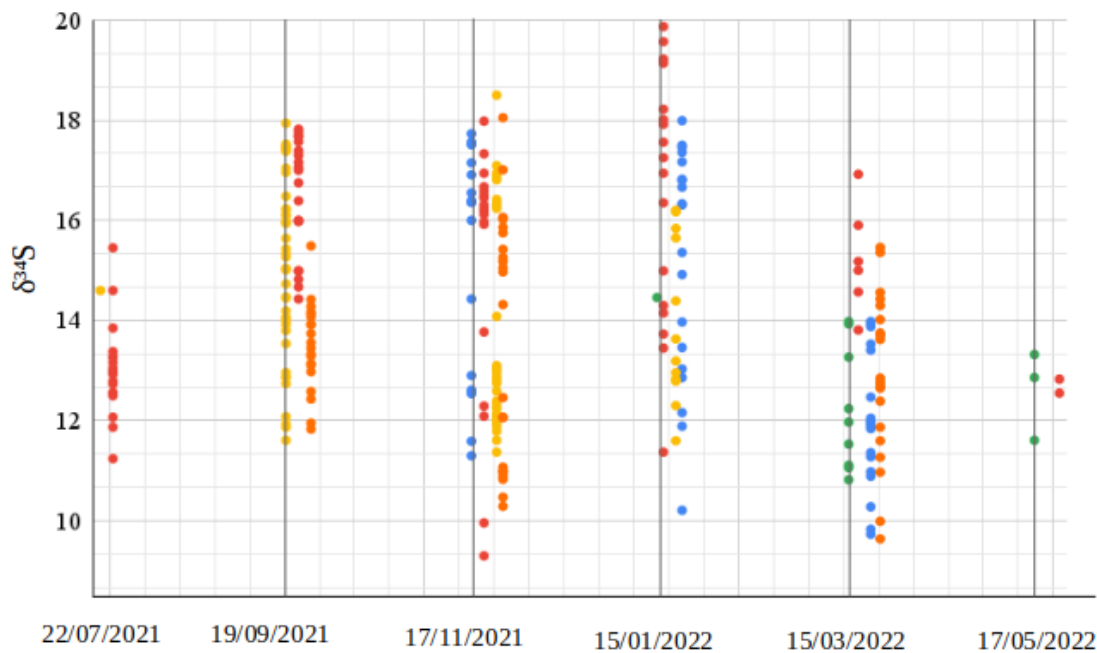


Figure 23. Variation des rapports isotopiques du $\delta^{34}\text{S}$ au des *Siganus sutor* en fonction des différents types d’habitats, de juillet 2021 à mai 2022 (GRT, Madagascar). Chaque couleur représente un habitat; Bleu : Zones internes de platier récifal, Rouge : Herbiers, Jaune : Zones de patates de récif frangeant, Vert : Mangroves, Orange : Platier récifal. Pour faciliter la lecture et éviter les trop grandes superpositions, les dates indiquées ont parfois été décalées de ± 6 jours de la date originale. Les dates indiquées correspondent aux dates originales.

Tableau 5. Résultats du test post-hoc de Dunn des différentes valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ des *Siganus sutor* pêchés au sein du Grand Récif de Toliara (Madagascar) entre juillet 2021 et mai 2022. Les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ significativement différentes sont indiquées en gras dans le tableau.

	$\delta^{34}\text{S}$ Juillet 21	$\delta^{34}\text{S}$ Septembre 21	$\delta^{34}\text{S}$ Novembre 21	$\delta^{34}\text{S}$ Janvier 22	$\delta^{34}\text{S}$ Mars 22	$\delta^{34}\text{S}$ Mai 22
$\delta^{34}\text{S}$ Juillet 21		0,0004385	0,04065	0,0005314	0,4745	0,6223
$\delta^{34}\text{S}$ Septembre 21	0,0004385		0,01438	0,8244	1,047.10⁻⁹	0,01477
$\delta^{34}\text{S}$ Novembre 21	0,04065	0,01438		0,01916	4,935.10⁵	0,1018
$\delta^{34}\text{S}$ Janvier 22	0,0005314	0,8244	0,01916		1,638.10⁻⁸	0,01316
$\delta^{34}\text{S}$ Mars 22	0,4745	1,047.10⁻⁹	4,935.10⁵	1,638.10⁻⁸		0,8985
$\delta^{34}\text{S}$ Mai 22	0,6223	0,01477	0,1018	0,01316	0,8985	

3.2.4. Analyse de la variance des rapports isotopiques selon les mois de l’année et les habitats

3.2.4.1. Variations des rapports isotopiques selon les mois tous habitats confondus

Afin d’avoir le plus d’éléments possible pour connaître les éventuels paramètres influençant ou non le changement de régime alimentaire des *Siganus sutor*, nous avons calculé la variance des rapports isotopiques de l’azote et du carbone et des longueurs standards selon

les mois tous habitats confondus (Figure 24). La variance du soufre n'a pas été calculé, car il en ressort sur la figure 13.c, que la grande variabilité des valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ était indépendante de la taille des individus.

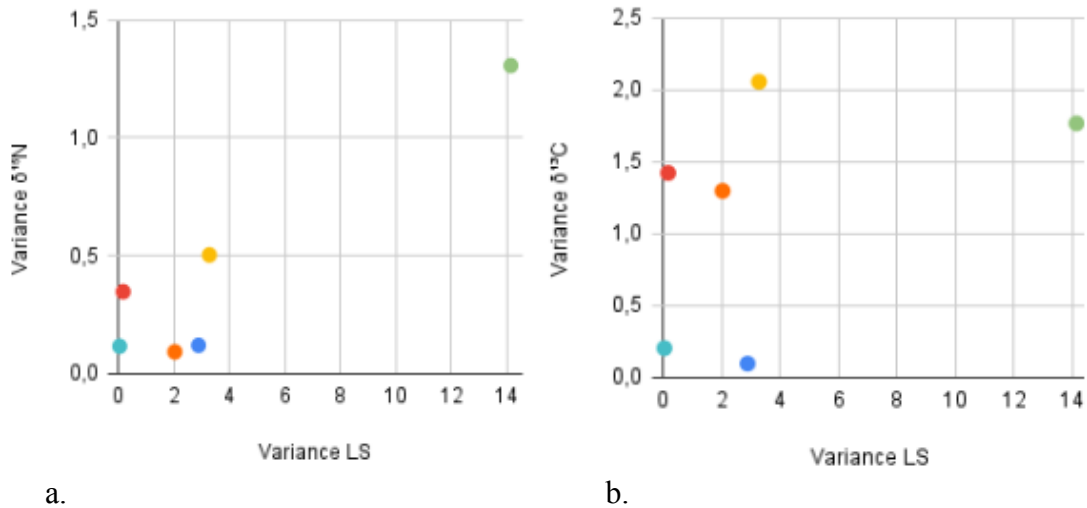


Figure 24. Variations des rapports isotopiques selon la variance des LS au cours des différents mois d'échantillonnage des *Siganus sutor* pêchés au sein du Grand Récif de Toliara (Madagascar) entre juillet 2021 et mai 2022. a) Variations des rapports isotopiques du $\delta^{15}\text{N}$ selon la variance des LS. b) Variance du $\delta^{13}\text{C}$ selon la variance des LS. Chaque couleur représente un mois. Bleu foncé : Juillet 2021 / Rouge : Septembre 2021 / Jaune : Novembre 2021 / Vert : Janvier 2022 / Orange : Mars 2022 / Bleu clair : Mai 2022.

La variance des rapports isotopiques de l'azote est corrélée positivement à la variance des longueurs standards (Figure 23.a). A l'inverse, le lien entre les variances des rapports isotopiques du carbone et la longueur standard n'est pas établi. Une grande variance en termes de tailles ne conduit pas spécialement à une grande variance en termes de valeurs isotopiques.

IV. Discussion

4.1. Variation de la longueur standard en fonction du temps

Les tailles de *Siganus sutor* sont significativement différentes d'un mois à l'autre de l'année selon le test de Kruskal Wallis (Figure 11, Tableau 2). Les individus les plus grands sont pêchés en juillet 2021, en novembre 2021 et fin janvier 2022. L'observation de longueurs standards significativement plus grandes en juillet et en janvier peut être liée à un effet cumulatif entre des individus nouvellement recrutés et la présence d'individus installés depuis plus longtemps. En effet, les périodes de recrutement ont lieu en juillet et en décembre (Jaonalison, *et al.*, 2022). La saison sèche s'étend d'avril à octobre et la saison des pluies s'étend de novembre à mars. Nos résultats ne semblent pas démontrer de variations significatives liées à la saison sèche ou à la saison des pluies.

4.2. Variations des rapports isotopiques

Au cours de cette étude, une variation des rapports isotopiques de l'azote, du carbone et du soufre a été démontrée. Plusieurs facteurs sont associés à ces variations.

4.2.1. Relations taille - rapports isotopiques

Les valeurs isotopiques de l'azote et du carbone varient avec la taille des individus (LS, en cm). Les valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ diminuent avec la taille des individus : les individus les plus petits ont des valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ plus élevées que les individus les plus grands. Le rapport isotopique de l'azote donne des indications sur le niveau trophique des individus : une valeur de $\delta^{15}\text{N}$ élevée indique un niveau trophique supérieur (espèce piscivore, carnivore ou omnivore) et une valeur de $\delta^{15}\text{N}$ basse indique un niveau trophique inférieur (espèce herbivore). Cette diminution des valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ au cours de la croissance semble donc indiquer un changement de régime alimentaire et un changement de position trophique chez *Siganus sutor*. Cette diminution n'est cependant pas régulière; chez les individus de moins de 6 cm, il existe une très grande variabilité de valeurs ne suivant pas spécialement la tendance décrite. Chez les individus de 6 cm et plus, une stabilisation s'observe et les valeurs individuelles suivent davantage la tendance du modèle linéaire.

Les valeurs isotopiques du carbone, à l'inverse, sont corrélées positivement à la croissance des individus : elles augmentent lorsque la taille des individus augmente. Les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ donnent des indications quant à la source de nourriture consommée par les individus. Là encore, chez les individus de moins de 6 cm (en LS), la variabilité est beaucoup plus étendue que chez les individus plus grands.

Cette grande variabilité chez les individus ayant une LS inférieure à 6 cm peut être expliquée par plusieurs hypothèses.

La première explication est liée à la notion d'équilibre isotopique. Bedoret (2023) met en lumière que l'équilibre isotopique des jeunes *S. sutor* semble atteint aux alentours de 3 cm. Il semblerait cependant que dans le cas présent, l'équilibre isotopique soit atteint un peu plus tard, lorsque les individus présentent une taille supérieure à 6 cm. Ceci signifie que tant que l'équilibre isotopique n'est pas atteint, les individus gardent une composition isotopique influencée par le régime alimentaire larvaire dans l'habitat océanique (zooplanctonophage).

La seconde hypothèse expliquant une telle variabilité chez les individus ayant une longueur standard inférieure à 6 cm pourrait être liée au fait que ces individus continuent de changer d'habitat et donc de régime alimentaire plus régulièrement que les individus les plus grands. Cela pourrait signifier que les très jeunes *S. sutor* pêchés au sein d'un habitat particulier n'y étaient pas forcément depuis longtemps et ont pu visiter et se nourrir sur d'autres sites dans les jours précédant la pêche. Ce changement régulier d'habitat implique un régime alimentaire plus diversifié que les individus installés au sein d'un même habitat depuis une plus longue durée. Chaque individu ayant une LS inférieure à 6 cm aurait donc un régime alimentaire différent des autres individus de même taille. La variabilité inter-individuelle du régime alimentaire semble diminuer en cours de croissance.

Une autre explication peut être liée à la différence des compositions isotopiques d'une source de nourriture selon le lieu. Par exemple, selon les sites, la composition isotopique des phanérogames dépend de plusieurs facteurs : source d'azote inorganique utilisée, composition chimique de la colonne d'eau ou encore composition du substrat, du sédiment. Deux échantillons d'une même espèce de phanérogames venant de deux sites différents peuvent donc présenter une composition isotopique différente (Lepoint *et al.*, 2008). Ainsi, deux poissons ayant un régime alimentaire proche peuvent présenter des rapports isotopiques non semblables en lien avec des différences spatiales de la composition isotopique de leurs régime alimentaire.

Concernant les valeurs isotopiques du soufre, elles démontrent une très grande variabilité indépendante de la taille des individus. D'autres facteurs externes peuvent expliquer cette variabilité (saisons, habitats).

Chez les individus de 6 cm et plus, les tendances observées correspondent à ce que l'on retrouve dans les recherches précédentes (Ravelohasina, 2021; Bedoret, 2023). En effet, au-delà de 6 cm, les rapports isotopiques de l'azote et du carbone subissent une variation liée à

la croissance des individus. Cela indique un changement de position trophique (diminution de la valeur isotopique de l'azote) et un changement de régime alimentaire (augmentation de la valeur isotopique du carbone). Ces deux informations sont confirmées par l'analyse des contenus stomacaux de *S. sutor* réalisés par Madame Helga Ravelohasina (2021). L'analyse des contenus stomacaux des *S. sutor* démontre que les aliments les plus retrouvés chez les individus sont les algues et les phanérogames. Certaines proies benthiques mobiles ont pu être retrouvées, comme des gastéropodes ou des foraminifères. Selon les sites et les années d'échantillonnage, les phanérogames sont présentes dans 67,5 à 92,31% des contenus stomacaux, et les algues sont présentes dans 2,56 à 84,62% des estomacs (Ravelohasina, 2021).

Un autre paramètre permettant d'en savoir plus sur le régime alimentaire d'une espèce est la mesure de la longueur de la région intestinale. En effet, une espèce herbivore présente un tube digestif relativement plus grand que celui d'une espèce non herbivore (Al-Hussaini, 1947; Barton, 1982; Kelly, 1989). Ainsi, en mesurant le tube digestif d'individus de taille différente d'une même espèce, et en calculant la proportion de la taille du tube digestif par rapport à la taille du poisson, il est possible de savoir si le régime alimentaire de cette espèce change avec la croissance, passant d'un régime carnivore ou omnivore chez les juvéniles et subadultes à un régime herbivore chez les adultes. La mesure du tube digestif chez les *S. sutor* juvéniles montre en effet une augmentation proportionnelle du tube digestif au fur et à mesure que l'individu grandit. Ainsi, la taille du tube digestif passe de 1,87 fois la longueur du corps chez les post-larves (longueur moyenne des individus : 2,61 cm pour une longueur moyenne du tube digestif de 4,88 cm) à 2,54 fois chez les plus grands juvéniles de l'étude (longueur moyenne des individus : 7,94 cm pour une longueur moyenne du tube digestif de 20,1 cm) (Ravelohasina, 2017). Cet indicateur morphologique permet d'attester du passage vers un régime plus herbivore au cours de la croissance des *S. sutor*.

4.2.2. Variations des rapports isotopiques selon les habitats

Un autre paramètre pouvant influencer les variations observées dans les rapports isotopiques de l'azote, du carbone et du soufre est la différence des habitats.

La variation des rapports isotopiques au sein de chaque habitat suit la tendance de l'échantillon global : diminution des valeurs du $\delta^{15}\text{N}$ et augmentation des valeurs du $\delta^{13}\text{C}$ avec la croissance.

Concernant le soufre, la même variabilité importante est reportée dans chaque habitat, sans lien avec la taille des individus, excepté au sein des herbiers. En effet, dans les herbiers, les valeurs du $\delta^{34}\text{S}$ diminue de manière significative avec la croissance des individus. Les tests démontrent

une différence significative des valeurs du rapport isotopique du soufre entre les différents habitats (Kruskal Wallis, $p < 0,05$). Les valeurs au sein des herbiers et des mangroves sont significativement différentes de chacun des autres habitats. Les habitats tels que les zones internes de platier récifal, les zones de patates du récif frangeant et les zones de platier récifal, par contre, ne présentent pas de différences significatives entre elles concernant les valeurs de $\delta^{34}\text{S}$. La composition isotopique du soufre est donc davantage différente entre les zones d'herbiers et ces trois zones-là. Les zones liées aux récifs (zones internes de platier récifal, zones de patates de récifs frangeants, zones de platier récifal) ont donc une signature isotopique en soufre différente des zones littorales (herbiers et mangroves). Cela confirme bien ce que l'on retrouve dans la littérature attestant que le rapport isotopique du soufre donne des indications sur les lieux de nourrissage ainsi que sur la provenance de nourriture (benthique ou pélagique) (Peterson et Fry, 1987). Les individus consommant des proies en milieu pélagique ont en effet des valeurs de $\delta^{34}\text{S}$ plus élevées que les individus consommant des proies du milieu benthique (Kharlamenko *et al.*, 2001; Connolly *et al.*, 2004; Gajdzik *et al.*, 2016).

Comme expliqué dans la section 4.2.1., un autre paramètre peut être pris en compte dans la variation des rapports isotopiques observés entre les différents types d'habitats. Il s'agit de la différence de composition isotopique d'une source de nourriture selon le lieu. Selon le type d'azote utilisé par le producteur primaire, la composition du sédiment ou encore la composition chimique de la colonne d'eau, les rapports isotopiques de l'azote d'une même espèce de phanérogame par exemple ne seront pas les mêmes selon la provenance de l'échantillon (Lepoint *et al.*, 2008).

4.2.3. Variations des rapports isotopiques selon les différents mois

Les tests effectués (Kruskal-Wallis puis Dunn) démontrent une différence significative des valeurs isotopiques entre les différents mois d'échantillonnage (Tableaux 4, 5, 6).

C'est pour les valeurs du $\delta^{34}\text{S}$ que les variabilités entre les mois sont les plus fortes (Tableau 5). D'ailleurs, la variabilité des rapports isotopiques du soufre est davantage expliquée par une temporalité saisonnière que par la croissance des individus.

Concernant les valeurs isotopiques du carbone et de l'azote, les figures 20 et 21 invitent à la prudence quant à la validation de ce paramètre comme pouvant avoir une vraie influence dans la variation des ratios isotopiques. En effet, les valeurs de $\delta^{15}\text{N}$ tout au long de l'année sont majoritairement comprises entre 6 et 8. Les valeurs de $\delta^{13}\text{C}$ sont majoritairement comprises entre -20 et -15. Très peu de valeurs au cours de différents mois dénotent de ces tendances

principales. Les explications quant à la variabilité des valeurs isotopiques sont davantage expliquées par d'autres paramètres, comme la taille des individus ou l'habitat.

4.2.4. Hypothèse éthologique

Une autre hypothèse pouvant expliquer les grandes variabilités observées pour les trois rapports isotopiques est une origine éthologique. Le fait d'observer une tendance qui se détache chez les individus de 6 cm et plus pourrait être lié au fait que les individus se regroupent à un moment donné de leur croissance afin de vivre en banc et de se nourrir ensemble. Leur régime alimentaire étant donc très semblable, il est logique de penser que les compositions isotopiques des poissons vivants au sein d'un même banc soient semblables.

Ce comportement sociable est observé chez d'autres poissons herbivores vivant dans les mers tropicales. La saupe *Sarpa salpa* (Linnaeus, 1758), par exemple, est un poisson vivant en Méditerranée et dans l'Atlantique Est jusque l'Afrique du Sud et change de régime alimentaire au cours de sa croissance (Havelange *et al.*, 1997). Les *S. salpa* juvéniles ont ainsi un régime alimentaire omnivore avant de passer à un régime alimentaire herbivore une fois adulte (Verlaque, 1985). Le régime alimentaire de cette espèce change en fonction de son évolution morphologique (taille de la mâchoire par exemple) mais également de sa répartition dans la colonne d'eau. Les *S. salpa* se nourrissent dans des lieux plus diversifiés une fois adulte. Le régime herbivore adopté par les *S. salpa* adulte se vérifie par l'évolution de sa dentition et par la mesure du rapport longueur de l'intestin / LS (Christensen, 1978; Verlaque, 1985). En effet, le tube digestif des animaux herbivores est proportionnellement plus long que chez les animaux omnivores ou carnivores. Ce poisson vit en banc, regroupant des individus de même classe de taille et se nourrissant dans un territoire assez restreint (Faggianelli et Cook, 1981; Verlaque, 1985). En se nourrissant ainsi, les *S. salpa* du même banc présente un régime alimentaire proche.

Il est également intéressant de se pencher sur des familles de poissons vivant au sein du GRT. En effet, quatre familles de poissons herbivores sont majoritairement présentes au sein du GRT : les Acanthuridae, les Scaridae, les Kyphosidae et les Siganidae (Ramahatratra, 2014). Le poisson unicolore brun *Naso brevicornis* est un poisson herbivore de la famille des Acanthuridae que l'on retrouve notamment dans les eaux de Madagascar. Cette espèce peut former des bancs pouvant comprendre jusqu'à 500 individus dans des zones de nourrissage (Mazza, Monaco Nature Encyclopedia).

Une étude menée par Harmelin-Vivien en 1973 sur plusieurs espèces de poissons vivant au sein du GRT apporte de nombreuses informations sur le régime alimentaire de poissons tropicaux. Les poissons de la famille des Scaridae (ou poissons perroquets), sont des herbivores se nourrissant en journée. Les poissons perroquets étudiés présentent deux types distincts de régime herbivore. En fonction de leur appartenance à tel ou tel groupe, les espèces concernées vivent seules ou en groupe. Ainsi, les Scaridae brouteurs d'algues vivent en solitaire, tandis que les Scaridae racleurs vivent en banc de plus ou moins d'individus (Harmelin-Vivien, 1973).

Ces exemples de poissons tropicaux herbivores vivant aux abords de Madagascar présentant un changement de régime alimentaire au cours de leur croissance et vivant en banc peuvent laisser supposer à un comportement similaire chez *Siganus sutor*. Ben-Tuvia (1964) et Botilis *et al.*, (2011) expliquent d'ailleurs respectivement que les juvéniles vivent en banc et que les adultes peuvent souvent être en groupes. Ainsi, en se fiant aux analyses des rapports isotopiques, ce début de vie en communauté pourrait regrouper des individus de longueur standard de 6 cm et plus.

4.3. Variations des longueurs standards selon les rapports isotopiques

Le calcul des variances des LS et des rapports isotopiques de l'azote montre un faible lien entre la variance des deux paramètres, spécialement pour les mois de novembre 2021, janvier et mai 2022. En effet, plus la variance en LS au sein d'une population est importante et plus la variance observée dans les valeurs isotopiques de l'azote est importante. Cela suit la logique des résultats trouvés précédemment. Les variations des valeurs isotopiques de l'azote sont particulièrement liées à la croissance des individus, ainsi, il est logique d'observer une plus grande gamme de valeurs du $\delta^{15}\text{N}$ au cours des mois où l'on observe des individus de tailles très diversifiées.

Pour le graphique reprenant les variances des LS et les valeurs isotopiques du carbone, le lien entre la variance des deux paramètres est moins clair. Cet effet peut être lié à la différence des compositions isotopiques de deux sources de nourriture venant de deux sites différents. Ainsi, les valeurs du $\delta^{13}\text{C}$ ne sont pas les mêmes selon les habitats (voir section 4.2.1).

4.4. Réflexion dans un contexte global

Cette étude se place dans un projet de recherche plus global visant à étudier la bio-écologie de *Siganus sutor* afin de "promouvoir sa conservation dans le cadre d'une exploitation halieutique durable" (projet SHOEMAQUA). Ce travail de master consistait à répondre à la problématique de l'ontogénie de l'espèce afin d'en savoir plus sur son

comportement alimentaire. En effet, rappelons que le *S. sutor* est un poisson consommé à Madagascar et victime de surpêche avec notamment de nombreuses prises de juvéniles (pêches d'individu à partir de 2 cm). Le projet SHOEMAQUA a pour but à long terme de permettre le développement de l'aquaculture du *S. sutor* afin de limiter un maximum la surpêche de ce poisson herbivore vivant au sein des récifs coralliens. Les poissons herbivores ont en effet un rôle primordial au sein des récifs. Ce sont eux qui se nourrissent des algues pouvant se développer sur les coraux.

Selon l'étude menée par Harris *et al.*, en 2010, la dégradation du GRT est plus importante que dans d'autres récifs de la région, démontrant que cette dégradation n'est pas uniquement liée à l'augmentation moyenne de la température de l'eau. L'aire marine de Velondriake, située à une centaine de kilomètres de Toliara (voir Introduction), est protégée depuis 2008 et n'a jamais connu de pêche intensive. Cette aire marine connaît la même augmentation de température mais présente une perte de la biodiversité beaucoup moins grande que celle décrite au sein du GRT. La perte de biodiversité observée au sein du GRT est notamment expliquée par un développement d'algues au détriment des récifs coralliens dû à la surpêche des poissons herbivores (Vasseur, 2008). L'importance des poissons herbivores au sein des récifs n'est plus à démontrer : ils régulent l'apparition des algues pouvant entraîner une asphyxie du récif. De même, nous connaissons l'importance primordiale des récifs coralliens pour la santé des océans et le maintien des littoraux.

La surpêche de poissons herbivores au sein du GRT, et notamment de juvéniles *S. sutor* peut donc avoir des conséquences en chaîne et désastreuse pour la bonne santé des récifs et le maintien des littoraux. L'importance de comprendre la bio-écologie des poissons herbivores les plus pêchés à Madagascar afin de prendre des mesures pour les protéger et / ou développer une aquaculture limitant ainsi leur surpêche est essentielle.

De plus, l'aquaculture de ce poisson peut répondre à la problématique de l'augmentation de la population malgache, qui demande donc davantage de ressources alimentaires.

4.5. Biais et critique de l'étude

4.5.1. Limite du paramètre "longueur standard" utilisé

Le paramètre principal utilisé afin de répondre à la question de la variabilité du régime alimentaire des *Siganus sutor* au cours de leur croissance est la longueur standard des individus (en cm). Bien que donnant un ordre d'idée quant à la croissance des individus, la longueur standard ne fournit cependant aucune information exacte concernant l'âge de l'individu. Ainsi,

deux individus de 5 cm n'auront pas nécessairement le même âge et donc n'auront pas nécessairement vécu au sein de tel ou tel habitat durant la même durée. Un tel indice permet donc de fournir un début de réponse quant à une variabilité du régime alimentaire chez les *S. sutor* au cours de leur croissance mais ne permet pas d'attester à quel âge exact ces changements se produisent.

4.5.2. Manque d'individus dans certains habitats

Lors des événements de pêche de juillet 2021 à mai 2022, très peu d'individus ont été pêchés au sein des mangroves. La mangrove est un habitat découvert deux fois par jour à marée basse et accueille donc des *Siganus sutor* qui ne s'y installent pas. Le nombre peu élevé d'individus pêchés dans ces habitats ne signifie donc pas qu'il y a de facto peu d'individus se nourrissant au sein des palétuviers. En effet, les poissons sont davantage de passages au sein des mangroves et sont tributaires des marées montantes et descendantes. De plus, les mangroves, sont des lieux pouvant être plus difficile d'accès que les zones de patates de récifs frangeants ou les zones d'herbiers par exemple, ce qui peut expliquer le nombre peu élevé d'individus pêchés dans cet habitat en comparaison aux quatre autres habitats.

Conclusion

Le *Siganus sutor* change de régime alimentaire et de lieu de vie au cours de sa croissance. Selon la taille de l'individu et l'habitat dans lequel il a été pêché, les valeurs des rapports isotopiques diffèrent. Les valeurs isotopiques de l'azote et du carbone affichent une relation avec la taille des individus. La diminution des valeurs isotopiques de l'azote en fonction de la taille des individus démontre un changement de niveau trophique. Les *S. sutor* passent d'un régime omnivore à tendance herbivore à un régime exclusivement herbivore au cours de leur croissance. L'augmentation des valeurs isotopiques du carbone en fonction de la taille des individus indique un changement de régime alimentaire avec la croissance. Les valeurs isotopiques du soufre présentent une très grande variabilité indépendante de la taille des individus. En revanche, nos données démontrent une variabilité entre habitats. Les habitats herbiers et mangroves affichent des valeurs du rapport isotopique du soufre significativement différentes des autres habitats. Pour chacun des rapports isotopiques, une très grande variabilité de valeurs est affichée chez les individus de moins de 6 cm. Cette variabilité peut s'expliquer par un équilibre isotopique non atteint chez les individus les plus jeunes. Cela peut aussi s'expliquer par une migration entre habitats encore courante chez ces individus, ou par une différence dans la composition isotopique des sources alimentaires consommées selon les lieux.

Dans une perspective d'élevage et / ou de repêchage, cette étude apporte donc davantage d'informations sur la bio-écologie des *S. sutor*. La mise en place d'une aquaculture du *S. sutor* à Madagascar pourrait aider à répondre à l'augmentation de la demande en protéines, amenée par une augmentation démographique. De plus, une aquaculture de cette espèce particulièrement appréciée pour sa chair permettrait de réduire les impacts de la surpêche au sein du Grand Récif de Toliara.

Références

Al Hussaini, A H., 1947. The feeding habits and the morphology of the alimentary tract of some teleosts living in the neighbour hood of the Marine Biological Station, Ghardaqa, Red Sea. Publications of the Marine Biological Station. Volume 5. 1-61.

Almeida, A J., Amoedo, L., & Saldanha, L., 1999. Fishes of the seagrass beds of the Inhaca Island (Mozambique). Nova Série. Volume 3. 265-286.

Andréfouët, S., Guillaume, M., Delval, A., Rasoamanendrika, F., Blanchot, J., & Bruggemann, J-H., 2013. Fifty years of changes in reef flat habitats of the Grand Recif of Toliara (SW Madagascar) and the impact of gleaning. Coral Reefs. Volume 23. 757–768.

Andrianaivojaona, C. 2012. Analyse globale de la gouvernance et de la chaîne d’approvisionnement de la pêche du concombre de mer à Madagascar. FAO. [consulté en juillet 2023].

Banque mondiale (URL : <https://www.worldbank.org>) [consulté en juin 2023].

Barton, M G., 1982. Intertidal vertical distribution and diets of five species of central California Stichaeoid fish. California Fish & Game. Volume 68. 174–182.

Bedoret, C., 2023. Variabilité isotopique d’un assemblage de poissons téléostéens associés aux herbiers de phanérogames marines du Grand Récif de Tuléar (Madagascar). Mémoire de Master en Océanographie, à finalité. Faculté des Sciences. Université de Liège (Belgique). 70p.

Behivoke, F., Etienne, P-M., Guitton, J., Randriatsara, R M., Ranaivoson, E., & Léopold, M., 2021. Estimating fishing effort in small-scale fisheries using GPS tracking data and random forests. Ecological Indicators. Volume 123.

Blanco-Parra, M-d-P., Galvaná-Magaña, F., Márquez-Farías, J F., & Niño-Torres, C A., 2012. Feeding ecology and trophic level of the banded guitarfish, *Zapteryx exasperata*, inferred from stable isotopes and stomach contents analysis. Environmental Biology of Fishes. Volume 95. 65-77.

Brenier, A., Ferraris, J., & Mahafina, J., 2011. Participatory assessment of the Toliara Bay reef fishery, southwest Madagascar. *Madagascar conservation & development*. Volume 6. 60-67.

Carpenter, R. C., 1986. Partitioning herbivory and its effects on coral reef algal communities. *Ecology Monographs*. Volume 56. 345-363.

Ceccarelli, D. M., Jones, G. P., & McCook, L. J., 2011. Interactions between herbivorous fish guilds and their influence on algal succession on a coastal coral reef. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. Volume 399. 60-67.

Chevalier, C., Devenon, J-L., Rougier, G., & Blanchot, J., 2015. Hydrodynamics of the Toliara Reef Lagoon (Madagascar): Example of a Lagoon Influenced by Waves and Tides. *Journal of Coastal Research*. Volume 31. 1403-1416.

Choat, J., 1991. The Biology of Herbivorous Fishes on Coral Reefs. In: Sale P.F. (ed) *The ecology of fishes on coral reefs*. Academic Press, San Diego. 120–155

Choat, J. & Bellwood, D. R., 1985. Interactions amongst herbivorous fishes on a coral reef: influence of spatial variation. *Marine Biology*. Volume 89. 221-234.

Coat, S., Monti, D., Bouchon, C., & Lepoint, G., 2009. Trophic relationships in a tropical stream food web assessed by stable isotope analysis. *Freshwater Biology*. Volume 54. 1028-1041.

CNRTL (URL : <https://www.cnrtl.f>) [consulté en août 2023]

Cocheret de la Morinière, E., Pollux., B. J. A., Nagelkerken, I., Hemminga, M. A., Huiskes, A. H. L., & van der Velde, G., 2003. Ontogenetic dietary changes of coral reef fishes in the mangrove-seagrass-reef continuum: stable isotopes and gut-content analysis. *Marine Ecology Progress Series*. Volume 246. 279-289.

Commission canadienne de sûreté nucléaire (URL: <https://www.cnsccsn.gc.ca/fra/>) [consulté en juin 2023].

Connolly, R. M., Guest, M. A., Melville, A. J., Oakes, J. J., 2004. Sulfur stable isotopes separate producers in marine food-web analysis. *Oecologia*. Volume 138.

Desgraupes, B., 2019. Méthodes statistiques, tests d'adéquation. Cours de licence 2 économie. Année 2019-2020. Université Paris Ouest Nanterre la Défense.

De Souza, T F., 1988. Reproduction, length—weight relationship and condition factor in *Siganus sutor* (Valenciennes, 1835) (Pisces: Siganidae) from the Kenyan waters of the Western Indian Ocean. Kenya Journal of Science and Technology. Volume 9. 89-101.

Dictionnaire le Robert (URL : <https://dictionnaire.lerobert.com>) [consulté en mai 2023].

Dieumegard, P., 2010. Past, logiciel statistique naturaliste.

Duray, M N., 1998. Biology and culture of siganids. Aquaculture department southeast asian fisheries development center.

FAO (URL : <https://fao.org>) [consulté en avril, mai, juin, juillet, août 2023].

Ferreira, C E L., 1998. Seasonal grazing rates and food processing by tropical herbivorous fishes. Journal of Fish Biology. Volume 53. 222-235.

Fishipédia. Saupé. URL : <https://www.fishipedia.fr/fr/poissons/sarpa-salpa>) [consulté en juillet et août 2023].

Fourgon, D., Lepoint, G., & Eeckhaut, I., 2006. Assessment of trophic relationships between symbiotic tropical ophiuroids using C and N stable isotope analysis. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. Volume 86. Issue 6. 1443 – 1447.

Fox, R J., & Bellwood, D R., 2011. Unconstrained by the clock? Plasticity of diel activity rhythm in a tropical reef fish, *Siganus lineatus*. Functional Ecology. Volume 25. Issue 5. 1096-1105.

Fox, R J., & Bellwood, D R., 2013. Niche partitioning of feeding microhabitats produces a unique function for herbivorous rabbitfishes (Perciformes, Siganidae) on coral reefs. Coral Reefs. Volume 32 13–23.

Frédérich, B., Fabri, G., Lepoint, G., Vandewalle, P., Parmentier, & E., 2009. Trophic niches of thirteen damselfishes (Pomacentridae) at the Grand Récif of Toliara, Madagascar. *Ichthyological Research*. Volume 56. 10–17.

Frédérich, B., Michel, L. N., Zaeytydt, E., Lingofa Bolaya, R., Lavitra, T., Parmentier, E., & Lepoint, G., 2017. Comparative Feeding Ecology of Cardinalfishes (Apogonidae) at Toliara Reef, Madagascar. *Zoological Studies*. Volume 56.

Fricke, R., Mahafina, J., Behivoke, F., Jaonalison, H., Léopold, M., & Ponton, D., 2018. Annotated checklist of the fishes of Madagascar, southwestern Indian Ocean, with 158 new records. *FishTaxa*. Volume 3. 1-432.

Gajdzik, L., Parmentier, E., Sturaro, N., Frédéricich, B., 2016. Trophic specializations of damselfishes are tightly associated with reef habitats and social behaviours. *Marine Biology*. Volume 163.

Harmelin-Vivien, M., 1979. Ichthyofaune des récifs coralliens de Tuléar (Madagascar) : Ecologie et relations trophiques. Thèse de Doctorat en Sciences. Université Aix-Marseille (France). 423 p.

Harris, A., Manahira, G., Sheppard, A., Gough, C., & Sheppard, C., 2010. Demise of Madagascar's one Great Barrier reef – change in coral reef condition over 40 years. *Atoll Research Bulletin*. Volume 574.

Havelange, S., Lepoint, G., Dauby, P., & Bouquegneau, J-M., 1997. Feeding of the Sparid Fish *Sarpa salpa* in a Seagrass Ecosystem: Diet and Carbon Flux. *Marine ecology*. Volume 18. 289-297.

Hoffman, D W., & Rasmussen, C., 2022. Absolute Carbon Stable Isotope Ratio in the Vienna Peedee Belemnite Isotope Reference Determined by ¹H NMR Spectroscopy. *Analytical Chemistry*. Volume 94. 5240–5247.

Horn, M H., 1989. Biology of marine herbivorous fishes. *Oceanography and Marine Biology*. Volume 27. 167-272.

IFREMER, *Siganus sutor* (URL : <https://image.ifremer.fr/data/00762/87440/>) [consulté en mai 2023].

Institut de Radioprotection et Sûreté Nucléaire (IRSN) (URL : <https://www.irsn.fr/>) [consulté en juin 2023].

Jackson, J B C., Kirby, M X., Berger, W H., Bjorndal, K A., Botsford, L W., Bourque, B J., Bradbury, R H., Cooke, R., Erlandson, J., Estes, J A., Hughes, T P., Kidwell, S., Lange, C B., Lenihan, H S., Pandolfi, J M., Peterson, C H., Steneck, R S., Tegner, M J., & Warner, R R., 2001. Historical Overfishing and the Recent Collapse of Coastal Ecosystems. *Science*. Volume 293. 629-638.

Jaikumar, M., 2012. A review of biology and aquaculture potential of rabbit fish in Tamilnadu (*Siganus Canaliculatus*). *IJPAES*. Volume 2.

Jaonalison, H., 2019. Les premiers stades de vie des poissons dans le SO de Madagascar : éléments pour une meilleure connaissance de la biodiversité et une meilleure gestion des ressources exploitées. Thèse de doctorat en Océanographie. Université de la Réunion (France) et Institut halieutique et des sciences marines (Madagascar). 250p.

Jaonalison, H., Durand, J-D., Mahafina, J., Valade, P., Collet, A., Cerqueira, F., & Ponton, D., 2022. Application of DNA Barcoding for Monitoring Madagascar Fish Biodiversity in Coastal Areas. *Diversity*. Volume 14.

Jaonalison, H., Ravelohasina, H B., Mahafina, J., Ranivoarivelo, L., Lepoint, G., Rasolofonirina, R., Mwaluma, J., & Frédéric., 2022. Poster : The potential nursery areas and recruitment seasons of *Siganus sutor* in Madagascar. 12th WIOMSA Scientific Symposium. Jiao, Q., Fengming, L., Schmidt, B V., Zhuoxin, S., Lingwei, K., & Yunrong, Y., 2022. Interpopulation trophic niches and ontogenetic shifts of a mangrove fish predator. *Journal of Fish Biology*.

Kamukuru, A T., 2009. Trap Fishery and Reproductive Biology of the Whitespotted Rabbitfish *Siganus sutor* (Siganidae), within the Dar es Salaam Marine Reserves, Tanzania. *Western Indian Ocean Journal of Marine Science*. Volume 8. 75-86.

Kelly, G J., 1989. A comparison of marine photosynthesis with terrestrial photosynthesis : a biochemical perspective. In : *Oceanography and Marine Biology, an annual review*. Aberdeen University Press. 1-28.

Kharlamenko, V I., Kiyashko, S I., Imbs, A B., & Vyshkvartsev, D I., 2001. Identification of Food Sources of Invertebrates from the Seagrass *Zostera marina* Community Using Carbon and Sulfur Stable Isotope Ratio and Fatty Acid Analyses. *Marine Ecology Progress Series*. Volume 220. 103-117.

Layman, C A., Albrey Arrington, D., Montaña C G., & Post, D M., 2007. Can stable isotope ratios provide for community-wide measures of trophic structure? *Ecology*. Volume 88. 42-48.

Layman, C A., Araujo, M S., Boucek, R., Hammerschlag-Peyer, C M., Harrison, E., Jud, Z R., Matich, P., Rosenblatt, A E., Vaudo, J J., Yeager, L A., Post, D M., & Bearhop S., 2012. Applying stable isotopes to examine food-web structure: an overview of analytical tools. *Biological Reviews*. Volume 87. 545-562.

Lepoint, G., Frédérick, B., Gobert, S., & Parmentier, E., 2008. Isotopic ratios and elemental contents as indicators of seagrass C processing and sewage influence in a tropical macrotidal ecosystem (Madagascar, Mozambique Channel). *Scientia Marina*. Volume 72. 109-117.

Lepoint, G., & Michel, L., 2014. Stable isotopes applications to aquatic food web studies. Multiples applications of carbon and nitrogen isotope measurements : (1) Trophic ecology (generalities), (2) Linking ecotoxicology and trophic ecology, (3) Trophic niches. *Cours de Master en Océanographie*. Année 2013-2014. Université de Liège.

Link, J S., Watson, & R A., 2019. Global ecosystem overfishing: Clear delineation within real limits to production. *Science Advances*. Volume 5. Issue 6. 1-11.

Lowe Mc Connell, R H., 1987. *Ecological studies in tropical fish communities*. Ed. Cambridge Tropical Biology Series. 382 pp.

Mahafina, J A., Frederich, B., Jaonalison, H., Andrello, M., Reisser, C., Volkaert, F., Durand, J-D., Nomenisoa, A., & Ravelohasina, H., 2022. Poster : Overview and progress of consortium research related to the biology, ecology and aquaculture of rabbitfish. 12th WIOMSA Scientific Symposium.

Maharavo, J., Ahamada S., Bijoux, J., Cauvin, B., & Koonjul, M., 2005. Suivi de l'état de santé des récifs coralliens des îles du sud-ouest océan indien. *Rapport régional*.

Maps Madagascar. (URL : <https://fr.maps-madagascar.com/>) [consulté en mars 2023].

McKenna, S., & Allen, G., 2003. A rapid marine biodiversity assessment of the coral reefs of Northwest Madagascar. Bulletin of Biological Assessment (FAO). Volume 31.

Mind the graph. Analyse post-hoc : Processus et types de tests. (URL : <https://mindthegraph.com/blog/fr/analyse-post-hoc/>) [consulté en juillet 2023].

Ministère des Pêches et des Océans du Canada : modèle de formation pour utilisateurs d'animaux. Canada Council on Animal Care. (URL : https://ccac.ca/Documents/Education_fr/POC/5_Mensuration_et_pesee_des_poissons_a_nageoires.pdf) [consulté en juillet 2023].

Mittelheiser, L., 2019. Etude de la diversité éco-morphologique chez les surmulets (Perciformes, Mullidae). Mémoire de Master en Océanographie, à finalité. Université de Liège. 45 p.

Mittelheiser, L., Lepoint, G., Gillet, A., & Frédérick, B., 2021. Ecomorphology of six goatfish species (Mullidae) from Toliara Reef, Madagascar. Environmental Biology of Fishes. Volume 105. 1015-1032.

Nawrocki, B., McLeod, A M., Hussey, N E., Colborne, S F., Del Papa, J., & Fisk, A T., 2020. Assessing trophic position quantification methods for three piscivorous freshwater fish using stable isotopes and stomach contents. Journal of Great Lakes Research. Volume 46. 578-588.

Ntiba, M J., & Jaccarini, V., 1988. Age and growth parameters of *Siganus sutor* in Kenyan marine inshore water, derived from numbers of otolith microbands and fish lengths. Journal of Fish Biology. Volume 33. 465-470.

Nyssen, F., Brey, T., Lepoint, G., Bouquegneau, J-M., De Broyer, C., & Dauby, P., 2001. A stable isotope approach to the eastern Weddell Sea trophic web: focus on benthic amphipods. Polar Biology. Volume 25. 280-287.

Oakes, J M., & Connolly, R M., 2004. Causes of sulfur isotope variability in the seagrass, *Zostera capricorni*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology. Volume 302. 153-164.

Peterson, B J., & Fry, B., 1987. Stable isotopes in ecosystem studies. *Annual Review of Ecology and Systematics*. Volume 18. 293-320.

Philips, D L., & Koch, P L., Incorporating concentration dependence in stable isotope mixing models. *Oecologia*. Volume 130. 114-125.

Pichon, M., 1978. Recherches sur les peuplements à dominance d'anthozoaires dans les récifs coralliens de Tuléar (Madagascar). *Atoll Research Bulletin*. Volume 22.

Post, D M., 2002. Using stable isotopes to estimate trophic position : models, methods, and assumptions. *Ecology*. Volume 83. 703-718.

Ramahatratra, F., 2014. Étude de la capacité de résilience du Grand Récif de Toliara et de sa gestion durable. Thèse en océanologie appliquée, option : gestion des ressources marines. Institut Halieutique des sciences marines (Madagascar).

Ramos, J A A., Barletta, M., Dantas, D V., Lima, A R A., & Costa, M F., 2014. Trophic niche and habitat shifts of sympatric Gerreidae. *Journal of Fish Biology*. Volume 85.

Rashmi, D., Shree, P., & Singh, D K., 2017. Stable isotope ratio analysis in determining the geographical traceability of Indian wheat. *Food control*. Volume 79. 169-176.

Ravelohasina, H B., 2017. Contribution à l'élevage de poissons récifaux *Siganus sutor* : étude de la croissance et du développement. Mémoire de licence en Sciences marines et halieutiques. Université de Toliara (Madagascar). 46 p.

Ravelohasina, H B., 2021. Étude de la variation spatiale et interannuelle de la diversité des proies des poissons associés aux herbiers marins, par l'étude des contenus digestifs et de l'isotope stable (dans la baie de Toliara). Mémoire de Master en Sciences marines et halieutiques. Université de Toliara (Madagascar) et Université de Liège (Belgique). 72 p.

Simon, A., 2012. Estimation of Important Reproductive Parameters for Management of the Shoemaker

Spinefoot Rabbitfish (*Siganus sutor*) in Southern Kenya. International Journal of Marine Science. Volume 2. 24-30.

Statistics Canada. Calculer la variance et l'écart-type. (URL : <https://www150.statcan.gc.ca/n1/edu/power-pouvoir/ch12/5214891-fra.htm>) [consulté en août 2023].

Sweeting, C J., Jennings, S., & Polunin, V C., 2005. Variance in Isotopic Signatures as a Descriptor of Tissue Turnover and Degree of Omnivory. Functional Ecology. Volume 19. 777-784.

Tarborsky, M., & Limberger, D., 1980. The activity rhythm of *Blennius sanguinolentus* Pallas, an adaptation to its food source ?. Marine Ecology. Volume 1. 143-153.

Thorat, S. 2022. Normality Test Using Excel : Kolmogorov-Smirnov Test.

Tieszen, L L., Boutton, T W., Tesdahl, K G., & Slade, N A., 1983. Fractionation and turnover of stable carbon isotopes in animal tissues: Implications for $\delta^{13}\text{C}$ analysis of diet. Oecologia. Volume 57. 32-37.

Tripp-Valdez, A., Galván-Magaña, F., & Ortega-García, O., 2015. Food sources of common dolphinfish (*Coryphaena hippurus*) based on stomach content and stable isotopes analyses. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom. Volume 95. 579-591.

Vacelet, J., & Vasseur, P., 1965. Éponges des récifs coralliens de Tuléar (Madagascar). Tethys supplement.

Verlaque, M., 1985. Note préliminaire sur le comportement alimentaire de *Sarpa salpa* (L.) (Sparidae) en Méditerranée. Université Aix-Marseille.

Western Indian Ocean Journal of Marine Science. (URL : <https://www.ajol.info/index.php/wiojms>) [consulté en mai 2023].

Wilson, S K., Fulton, C J., Depczynski, M., Holmes, T H., Noble, M M., Radford, B., & Tinkler, P., 2014. Seasonal changes in habitat structure underpin shifts in macroalgae-associated tropical fish communities. Marine Biology. Volume 161. 2597-2607.

Annexes

Annexe 1. Coordonnées GPS des lieux d'échantillonnage des *Siganus sutor* au sein du Grand Récif de Toliara (Madagascar).

	Sites	Latitude	Longitude
Zones internes des platiers récifaux	Nosy Tsena	S 23.45972°	E 043.68327°
	Befiambaza	S 23.48902°	E 043.68681°
	Karandava	S 23.47194°	E 043.68544°
Zones d'herbiers	Beakio	S 23.43855°	E 043.73983°
	Antsanira	S 23.46607°	E 043.74518°
	Ankily	S 23.51258°	E 043.74763°
Zones de patates de récifs frangeants	Betsilatsilaky	S 23.44512°	E 043.71550°
	Norikazo	S 23.46773°	E 043.72896°
	Ambatomitsanga	S 23.48795°	E 043.73900°
Zones de mangroves	Andretiky	S 23.45902°	E 043.67266°
	Beantsisy	S 23.47631°	E 043.67699°
	Kaiasy	S 23.49075°	E 043.67965°
Zones de platier récifal	Ankororohaky	S 23.52409°	E 043.74805°
	Antoko	S 23.53005°	E 043.74687°
	Antsanira	S 23.46325°	E 043.76576°

Annexe 2. Ensemble de l'échantillonnage des *S. sutor* avec le code associé à chaque individu, la date de pêche, la longueur standard (en cm), le site, l'habitat, identifiant du spectromètre, et les rapports isotopiques de l'azote, du carbone et du soufre.

Code ind.	Date	LS	Site	Habitat	Identifiant spectro	$\delta^{15}\text{N}$	$\delta^{13}\text{C}$	$\delta^{34}\text{S}$
P070106	22/07/2021	10,2	Betsilatsilaky	Intermédiaire	30126	7,08	-15,59	14,6
P050101	24/07/2021	8,5	Antsanira	Herbier	30189	6,79	-15,84	13,85
P050102	24/07/2021	3,5	Antsanira	Herbier	30086	7,47	-16,68	15,45
P050103	24/07/2021	7,4	Antsanira	Herbier	30072	7,55	-15,8	13,26
P050104	24/07/2021	5,9	Antsanira	Herbier	30186	7,08	-16,01	13,38
P050105	24/07/2021	6,7	Antsanira	Herbier	30085	7,42	-15,82	12,73
P050106	24/07/2021	8,3	Antsanira	Herbier	30183	6,99	-15,87	11,24
P050107	24/07/2021	6,6	Antsanira	Herbier	30185	7,18	-16,04	12,55
P050108	24/07/2021	5,7	Antsanira	Herbier	30075	7,72	-15,82	12,93
P050109	24/07/2021	5,8	Antsanira	Herbier	30197	7,21	-15,96	12,56
P050111	24/07/2021	4,1	Antsanira	Herbier	30097	7,53	-15,99	13,05
P050112	24/07/2021	7,7	Antsanira	Herbier	30166	7,19	-15,68	13,16
P050113	24/07/2021	5,6	Antsanira	Herbier	30071	7,7	-15,88	13,28

P050114	24/07/2021	6,8	Antsanira	Herbier	30172	7,32	-15,71	12,5
P050115	24/07/2021	5,2	Antsanira	Herbier	30105	7,45	-16,03	12,99
P050116	24/07/2021	6,3	Antsanira	Herbier	30190	7,04	-15,72	12,96
P050117	24/07/2021	5	Antsanira	Herbier	30174	7,15	-16,75	14,6
P050118	24/07/2021	6,7	Antsanira	Herbier	30078	7,46	-15,64	12,79
P050119	24/07/2021	5,9	Antsanira	Herbier	30070	7,41	-15,86	12,07
P050120	24/07/2021	3,1	Antsanira	Herbier	30109	8,39	-16,27	11,87
P040301	19/09/2021	3,6	Beakio	Herbier	30263	8,34	-18,96	17
P040302	19/09/2021	3,6	Beakio	Herbier	30212	7,77	-17,65	14,82
P070301	19/09/2021	4,4	Betsilatsilaky	Intermédiaire	30289	7,42	-14,85	17,52
P070302	19/09/2021	4,6	Betsilatsilaky	Intermédiaire	30248	6,29	-15,16	17,43
P070303	19/09/2021	4,1	Betsilatsilaky	Intermédiaire	30245	5,99	-15,44	15,94
P070304	19/09/2021	4,3	Betsilatsilaky	Intermédiaire	30298	5,66	-15,56	17,38
P070305	19/09/2021	3,9	Betsilatsilaky	Intermédiaire	30297	6,23	-16,19	17,47
P070306	19/09/2021	4,4	Betsilatsilaky	Intermédiaire	30246	6	-15,4	17,04
P070307	19/09/2021	4,2	Betsilatsilaky	Intermédiaire	30251	5,93	-15,12	17,48
P070308	19/09/2021	4,4	Betsilatsilaky	Intermédiaire	30279	6,68	-15,22	17,94
P130301	19/09/2021	5,7	Andretiky	Récif	30205	7,14	-13,66	13,56
P130302	19/09/2021	4,1	Andretiky	Récif	30184	7,53	-14,55	12,43
P130303	19/09/2021	3,9	Andretiky	Récif	30349	7,38	-15,03	14,07
P050301	21/09/2021	4,1	Antsanira	Herbier	29998	7,95	-15,91	15,98
P050302	21/09/2021	3,8	Antsanira	Herbier	30265	7,46	-15,61	16
P050303	21/09/2021	4,2	Antsanira	Herbier	30273	7,54	-15,93	15,99
P080301	21/09/2021	3,8	Norikazo	Intermédiaire	30270	6,89	-16,61	16,12
P080302	21/09/2021	4,3	Norikazo	Intermédiaire	30218	6,81	-15,34	15,04
P080303	21/09/2021	4,1	Norikazo	Intermédiaire	30275	6,89	-16,32	17,42
P140301	21/09/2021	4,6	Beantsisy	Récif	30116	8,36	-14,51	12,98
P140302	21/09/2021	4,8	Beantsisy	Récif	30364	7,76	-14,6	15,49
P140303	21/09/2021	4,5	Beantsisy	Récif	30196	7,64	-14,48	11,95
P140304	21/09/2021	4,5	Beantsisy	Récif	30192	7,73	-15,3	14,28
P140305	21/09/2021	4,6	Beantsisy	Récif	30198	7,61	-14,82	13,92
P140306	21/09/2021	4,5	Beantsisy	Récif	30191	7,9	-15,53	14,42
P140307	21/09/2021	4,3	Beantsisy	Récif	30165	7,91	-14,21	13,14
P140308	21/09/2021	4,9	Beantsisy	Récif	30178	8	-14,77	13,45
P140309	21/09/2021	4,7	Beantsisy	Récif	30199	7,92	-14,44	13,29
P140310	21/09/2021	4,1	Beantsisy	Récif	30074	8,46	-15,05	11,83
P140311	21/09/2021	4,7	Beantsisy	Récif	30117	8,19	-15,2	13,11
P140312	21/09/2021	4,3	Beantsisy	Récif	30101	7,48	-14,71	14,17
P140313	21/09/2021	4,8	Beantsisy	Récif	30104	7,9	-14,35	14,13
P140314	21/09/2021	4,7	Beantsisy	Récif	30110	7,87	-14,23	13,74
P140315	21/09/2021	4,6	Beantsisy	Récif	30200	7,77	-14,58	13,33
P140316	21/09/2021	4,4	Beantsisy	Récif	30131	8,19	-14,38	12,58
P140317	21/09/2021	4,4	Beantsisy	Récif	30127	7,88	-14,28	13,92
P110301	21/09/2021	4,2	Karandava	Intermédiaire	30260	7,18	-16,2	13,54
P110302	21/09/2021	3,7	Karandava	Intermédiaire	30259	7,42	-17,45	11,87
P110303	21/09/2021	3,5	Karandava	Intermédiaire	30386	7,98	-16,83	15,27
P110304	21/09/2021	4,1	Karandava	Intermédiaire	30438	7,54	-16,18	15,64
P110305	21/09/2021	4,2	Karandava	Intermédiaire	30441	7,49	-16,83	14,73
P110306	21/09/2021	4,2	Karandava	Intermédiaire	30376	7,15	-16,77	12,08
P110307	21/09/2021	3,2	Karandava	Intermédiaire	30434	7,59	-17,63	12,74
P110308	21/09/2021	3,6	Karandava	Intermédiaire	30407	7,37	-16,46	15,33

P110309	21/09/2021	3,6	Karandava	Intermédiaire	30451	7,61	-17,14	12,96
P110310	21/09/2021	3,4	Karandava	Intermédiaire	30405	7,48	-16,58	16,23
P110311	21/09/2021	4	Karandava	Intermédiaire	30439	7,66	-16,54	14,47
P110312	21/09/2021	3,8	Karandava	Intermédiaire	30378	7,43	-16,41	15,97
P110313	21/09/2021	3,8	Karandava	Intermédiaire	30390	7,33	-17,14	13,8
P110314	21/09/2021	3,4	Karandava	Intermédiaire	30440	7,84	-17,46	12,87
P110315	21/09/2021	3,6	Karandava	Intermédiaire	29978	7,68	-16,98	15,03
P110316	21/09/2021	3,9	Karandava	Intermédiaire	30392	7,42	-16,33	13,92
P110317	21/09/2021	4	Karandava	Intermédiaire	30300	7,43	-17,54	11,61
P110318	21/09/2021	4,2	Karandava	Intermédiaire	30213	7,43	-16,48	12,87
P110319	21/09/2021	3,9	Karandava	Intermédiaire	30283	7,88	-16,52	14,45
P110320	21/09/2021	4	Karandava	Intermédiaire	30250	7,5	-16,54	15,01
P060301	23/09/2021	4,2	Ankily	Herbier	30000	7,75	-15,4	17,57
P060302	23/09/2021	4,9	Ankily	Herbier	30278	7,02	-13,27	17,76
P060303	23/09/2021	4	Ankily	Herbier	30216	7,61	-15,61	14,99
P060304	23/09/2021	3,8	Ankily	Herbier	29985	7,48	-15,81	17,3
P060305	23/09/2021	3,9	Ankily	Herbier	30006	8,11	-14,18	16,75
P060306	23/09/2021	4,3	Ankily	Herbier	29993	7,64	-14,62	17,06
P060307	23/09/2021	4,2	Ankily	Herbier	30010	7,85	-16,4	17,16
P060308	23/09/2021	4	Ankily	Herbier	30266	7,3	-17,67	17,67
P060309	23/09/2021	4,5	Ankily	Herbier	30277	6,83	-17,2	17,69
P060310	23/09/2021	4,9	Ankily	Herbier	30217	6,98	-13,66	14,99
P060311	23/09/2021	4,5	Ankily	Herbier	30215	7,4	-14,12	14,67
P060312	23/09/2021	3,4	Ankily	Herbier	30211	7,88	-14,83	14,43
P060313	23/09/2021	4	Ankily	Herbier	30007	7,84	-15,31	17,82
P060314	23/09/2021	3,5	Ankily	Herbier	30264	7,93	-13,91	17,39
P060315	23/09/2021	4	Ankily	Herbier	30258	6,86	-16,26	16,39
P090301	23/09/2021	4,2	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30404	7,64	-16,41	16,48
P090302	23/09/2021	4,2	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30377	8,31	-16,39	15,96
P090303	23/09/2021	4,3	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30257	8,83	-19,39	16,21
P090304	23/09/2021	4,2	Ambatomitsanga	Intermédiaire	29982	7,79	-15,26	16,96
P090305	23/09/2021	4,4	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30204	7,82	-16,2	14,19
P090306	23/09/2021	3,5	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30202	8,52	-15,76	13,98
P090307	23/09/2021	4,2	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30203	7,78	-15,62	14,05
P090308	23/09/2021	4,3	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30209	7,63	-15,47	11,93
P090309	23/09/2021	4,2	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30201	7,76	-15,96	14,06
P090310	23/09/2021	4,4	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30301	7,96	-15,32	16,09
P090311	23/09/2021	4,3	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30437	7,98	-15,31	15,43
P050502	17/11/2021	3,5	Antsanira	Herbier	30287	8,15	-18,91	16,12
P050503	17/11/2021	3,5	Antsanira	Herbier	29864	7,43	-19,89	9,3
P050504	17/11/2021	4	Antsanira	Herbier	29992	7,6	-19	13,77
P050505	17/11/2021	3,4	Antsanira	Herbier	29911	8,54	-19,07	12,29
P050507	17/11/2021	3,7	Antsanira	Herbier	29877	8,13	-18,7	9,96
P050508	17/11/2021	3,3	Antsanira	Herbier	29922	7,97	-19,55	12,09
P050509	17/11/2021	3,1	Antsanira	Herbier	30436	8,64	-18,36	15,97
P050510	17/11/2021	3,1	Antsanira	Herbier	30395	8,5	-18,78	16,45
P050511	17/11/2021	3,2	Antsanira	Herbier	30399	8,42	-19,28	16,24
P050512	17/11/2021	3	Antsanira	Herbier	29972	8,52	-19,42	17,98
P050513	17/11/2021	3,1	Antsanira	Herbier	30402	8,45	-18,1	16,58
P050514	17/11/2021	3	Antsanira	Herbier	29983	8,8	-18,61	16,94
P050515	17/11/2021	2,9	Antsanira	Herbier	30448	9,04	-19,04	16,31
P050516	17/11/2021	3	Antsanira	Herbier	30401	8,02	-19,48	16,19

P050517	17/11/2021	2,9	Antsanira	Herbier	30005	8,96	-18,53	15,92
P050518	17/11/2021	2,8	Antsanira	Herbier	30406	8,69	-18,95	17,33
P050519	17/11/2021	2,7	Antsanira	Herbier	30442	8,76	-19,1	16,49
P050520	17/11/2021	3,1	Antsanira	Herbier	30443	9,14	-18,46	16,67
P130502	17/11/2021	10,5	Andretiky	Récif	29883	7,19	-13,25	12,46
P130503	17/11/2021	5,5	Andretiky	Récif	29895	7,19	-13,52	12,07
P130504	17/11/2021	3,2	Andretiky	Récif	30389	6,91	-16,1	17,01
P070501	17/11/2021	3,3	Betsilatsilaky	Intermédiaire	29862	7,22	-16,4	11,79
P070502	17/11/2021	3,4	Betsilatsilaky	Intermédiaire	29919	7,87	-17,04	12,24
P070503	17/11/2021	4,2	Betsilatsilaky	Intermédiaire	29891	6,78	-15,75	12,28
P070504	17/11/2021	3,7	Betsilatsilaky	Intermédiaire	29910	6,84	-15,98	11,97
P070505	17/11/2021	3,2	Betsilatsilaky	Intermédiaire	29906	8,07	-17,27	12,81
P070506	17/11/2021	3,1	Betsilatsilaky	Intermédiaire	29880	8,23	-17,38	13,1
P070507	17/11/2021	3,1	Betsilatsilaky	Intermédiaire	29894	6,97	-16,6	12,78
P070508	17/11/2021	2,9	Betsilatsilaky	Intermédiaire	29882	8,51	-17,59	12,97
P070509	17/11/2021	2,7	Betsilatsilaky	Intermédiaire	29908	7,69	-17,27	14,08
P070510	17/11/2021	3	Betsilatsilaky	Intermédiaire	29890	8,48	-17,56	12,88
P070512	17/11/2021	3,1	Betsilatsilaky	Intermédiaire	29869	7,8	-17,11	12,08
P070513	17/11/2021	3,2	Betsilatsilaky	Intermédiaire	29893	7,96	-17,16	13,05
P070514	17/11/2021	3,9	Betsilatsilaky	Intermédiaire	30261	6,84	-16,09	16,27
P070515	17/11/2021	2,9	Betsilatsilaky	Intermédiaire	29876	7,76	-17,52	12,08
P070516	17/11/2021	3	Betsilatsilaky	Intermédiaire	29866	8,26	-17,6	12,75
P070517	17/11/2021	3,5	Betsilatsilaky	Intermédiaire	29966	6,97	-15,88	16,24
P070518	17/11/2021	3,1	Betsilatsilaky	Intermédiaire	29904	8,08	-17,09	13,04
P070519	17/11/2021	4,5	Betsilatsilaky	Intermédiaire	29860	7,39	-20,17	12,39
P070520	17/11/2021	5,4	Betsilatsilaky	Intermédiaire	29896	6,68	-15,33	11,99
P130505	17/11/2021	3,5	Andretiky	Récif	29981	7,45	-16,44	18,05
P130506	17/11/2021	3,1	Andretiky	Récif	30447	7,42	-16,46	15,75
P100501	17/11/2021	7,7	Nositsena	Creux	29863	7,2	-16,9	12,54
P100502	17/11/2021	5,5	Nositsena	Creux	30388	6,92	-15,76	16
P100503	17/11/2021	7,6	Nositsena	Creux	29902	6,97	-16,47	11,59
P100504	17/11/2021	7	Nositsena	Creux	30253	6,76	-15,66	16,36
P100505	17/11/2021	6,9	Nositsena	Creux	29973	7,44	-18,86	17,73
P100507	17/11/2021	3,8	Nositsena	Creux	30379	7,44	-17,56	16,91
P100508	17/11/2021	4,7	Nositsena	Creux	29865	7,14	-15,55	11,3
P100509	17/11/2021	5	Nositsena	Creux	30449	8,21	-17,48	16,36
P100510	17/11/2021	3,7	Nositsena	Creux	29871	8,03	-16,91	12,9
P100512	17/11/2021	3,3	Nositsena	Creux	30450	8,33	-17,86	17,15
P100513	17/11/2021	3,4	Nositsena	Creux	29867	7,62	-16,95	12,61
P100516	17/11/2021	3	Nositsena	Creux	30026	8,38	-17,31	17,56
P100517	17/11/2021	3	Nositsena	Creux	29980	8,68	-17,73	17,51
P100518	17/11/2021	3,1	Nositsena	Creux	29994	8,15	-17,29	16,55
P100519	17/11/2021	3	Nositsena	Creux	30004	7,95	-17,07	14,43
P100520	17/11/2021	3,5	Nositsena	Creux	30391	7,27	-17,08	16,39
P140501	19/11/2021	9,3	Beantsisy	Récif	30024	7,41	-14,47	16,02
P090501	21/11/2021	9,9	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30274	6,58	-15,14	17,09
P090502	21/11/2021	6,2	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30247	6,94	-15,73	16,94

P090503	21/11/2021	7,8	Ambatomitsanga	Intermédiaire	29868	6,47	-15,16	11,37
P090505	21/11/2021	6,4	Ambatomitsanga	Intermédiaire	29921	6,32	-15,77	11,89
P090506	21/11/2021	7,4	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30285	6,55	-15,79	16,34
P090507	21/11/2021	8	Ambatomitsanga	Intermédiaire	29884	6,16	-14,87	12,02
P090508	21/11/2021	7,4	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30288	6,72	-14,54	16,81
P090509	21/11/2021	7,4	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30271	6,28	-15,85	16,29
P090511	21/11/2021	6,6	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30252	6,22	-15,31	16,31
P090512	21/11/2021	3,5	Ambatomitsanga	Intermédiaire	29861	7,54	-16,71	12,59
P090513	21/11/2021	4,1	Ambatomitsanga	Intermédiaire	29889	7,44	-16,56	11,61
P090514	21/11/2021	3,6	Ambatomitsanga	Intermédiaire	29965	7,46	-16,96	16,42
P090515	21/11/2021	3,7	Ambatomitsanga	Intermédiaire	29903	7,75	-16,91	12,14
P090516	21/11/2021	3,8	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30272	7,01	-16,99	16,87
P090517	21/11/2021	4,1	Ambatomitsanga	Intermédiaire	29907	7,64	-17,16	13,01
P090518	21/11/2021	2,6	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30292	8,08	-17,76	18,5
P090519	21/11/2021	3,5	Ambatomitsanga	Intermédiaire	29870	7,58	-16,84	12,37
P150501	21/11/2021	7,6	Ankaiasy	Récif	30021	6,98	-14,47	14,97
P150502	21/11/2021	6,4	Ankaiasy	Récif	30025	7,11	-14,24	15,18
P150504	21/11/2021	5	Ankaiasy	Récif	29968	6,74	-16,92	15,86
P150505	21/11/2021	5,3	Ankaiasy	Récif	29881	6,87	-15,26	10,29
P150507	21/11/2021	3,5	Ankaiasy	Récif	29984	7,82	-15,23	15,26
P150508	21/11/2021	3,4	Ankaiasy	Récif	29917	8,15	-16,08	10,83
P150509	21/11/2021	3,2	Ankaiasy	Récif	30387	7,41	-16,72	14,32
P150510	21/11/2021	3,3	Ankaiasy	Récif	30382	7,83	-17,09	16,06
P150511	21/11/2021	3,1	Ankaiasy	Récif	30393	7,71	-16,12	15,05
P150512	21/11/2021	3,1	Ankaiasy	Récif	30408	7,46	-17,07	15,42
P150514	21/11/2021	3,1	Ankaiasy	Récif	29879	8,13	-17,04	12,06
P150516	21/11/2021	3,2	Ankaiasy	Récif	29892	8,3	-16,43	10,47
P150517	21/11/2021	3,1	Ankaiasy	Récif	29916	8,21	-16,7	11,07
P150518	21/11/2021	3	Ankaiasy	Récif	29872	7,81	-17,26	10,98
P150519	21/11/2021	2,9	Ankaiasy	Récif	29905	8,05	-16,71	10,99
P150520	21/11/2021	3,3	Ankaiasy	Récif	29923	8,02	-17,08	10,9
P040701	15/01/2022	7	Beakio	Herbier	30394	6,09	-15,62	14,99
P040702	15/01/2022	2,6	Beakio	Herbier	29915	8,63	-17,95	
P040703	15/01/2022	2,2	Beakio	Herbier	29967	8,28	-17,94	
P040704	15/01/2022	2,3	Beakio	Herbier	29986	8,77	-17,32	19,14
P040705	15/01/2022	4,1	Beakio	Herbier	29897	7,17	-15,76	11,37
P040706	15/01/2022	2,4	Beakio	Herbier	29909	8,64	-17,64	14,3
P040707	15/01/2022	2,4	Beakio	Herbier	30012	8,34	-17,39	18,01
P040708	15/01/2022	2,2	Beakio	Herbier	30022	8,19	-17,82	19,22
P040709	15/01/2022	2,2	Beakio	Herbier	29878	8,72	-17,56	13,45
P040710	15/01/2022	2,4	Beakio	Herbier	29898	8,61	-17,46	13,73
P040711	15/01/2022	2,2	Beakio	Herbier	29885	8,47	-17,62	14,15
P040712	15/01/2022	2,4	Beakio	Herbier	29996	8,31	-17,58	16,94
P040713	15/01/2022	2,2	Beakio	Herbier	30403	8,29	-17,63	17,92
P040714	15/01/2022	2,5	Beakio	Herbier	29987	8,5	-17,54	19,57
P040715	15/01/2022	2,5	Beakio	Herbier	30435	8,18	-17,96	16,35
P040716	15/01/2022	2,2	Beakio	Herbier	30380	8,52	-17,73	17,25
P040718	15/01/2022	2,1	Beakio	Herbier	29974	8,87	-17,52	19,87
P040719	15/01/2022	2,3	Beakio	Herbier	30400	8,28	-18,24	17,56
P040720	15/01/2022	2,2	Beakio	Herbier	29979	8,58	-17,34	18,22
P070701	15/01/2022	3,7	Betsilatsilaky	Intermédiaire	30128	7,01	-15,08	12,83
P070702	15/01/2022	4,6	Betsilatsilaky	Intermédiaire	30160	6,66	-15,18	13,19
P070703	15/01/2022	4,6	Betsilatsilaky	Intermédiaire	30092	6,91	-12,91	15,84
P070704	15/01/2022	4,2	Betsilatsilaky	Intermédiaire	30170	6,97	-13,58	11,6
P070705	15/01/2022	3,9	Betsilatsilaky	Intermédiaire	30114	7,42	-18,21	12,3

P030701	17/01/2022	8,2	Antoko	Mangrove	30361	5,72	-15,26	14,46
P090701	17/01/2022	4,8	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30162	6,01	-15,68	12,79
P090702	17/01/2022	5	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30123	6,19	-16,21	12,96
P090703	17/01/2022	4,9	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30125	7,69	-17,29	15,65
P090704	17/01/2022	5,7	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30102	6,56	-15,51	13,63
P090705	17/01/2022	9,6	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30091	6,46	-15,56	14,39
P110701	17/01/2022	13,3	Karandava	Creux	30023	6,01	-14,99	17,17
P110702	17/01/2022	3,7	Karandava	Creux	30011	6,16	-14,24	17,36
P110703	17/01/2022	13,6	Karandava	Creux	29969	7,66	-16,86	17,99
P110704	17/01/2022	12,8	Karandava	Creux	29997	6,18	-14,81	17,5
P110705	17/01/2022	12,3	Karandava	Creux	30027	6,05	-14,1	16,82
P110706	17/01/2022	12,5	Karandava	Creux	29970	5,66	-14,8	17,46
P110707	17/01/2022	13	Karandava	Creux	30284	5,55	-14,47	16,31
P110708	17/01/2022	12,1	Karandava	Creux	30014	5,9	-15,14	16,8
P110709	17/01/2022	11,4	Karandava	Creux	30008	6,02	-15,67	16,66
P110710	17/01/2022	9,6	Karandava	Creux	30009	6,41	-16,08	15,36
P110711	17/01/2022	8,2	Karandava	Creux	30244	5,36	-16,11	11,89
P110712	17/01/2022	9,5	Karandava	Creux	30262	5,63	-16,35	13,46
P110713	17/01/2022	7,8	Karandava	Creux	30249	6,32	-15,72	16,33
P110714	17/01/2022	8	Karandava	Creux	30210	5,65	-15,96	10,21
P110715	17/01/2022	6,1	Karandava	Creux	30214	5,35	-15,5	12,16
P110716	17/01/2022	5,6	Karandava	Creux	30291	5,86	-15,66	12,86
P110717	17/01/2022	5,4	Karandava	Creux	30020	6,65	-15,27	13,97
P110719	17/01/2022	2,9	Karandava	Creux	29920	7,72	-16,92	13,03
P110720	17/01/2022	2,8	Karandava	Creux	30276	6,91	-16,26	14,92
P090707	19/01/2022	2,4	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30087	7,93	-17,16	16,17
P090708	19/01/2022	2,2	Ambatomitsanga	Intermédiaire	30179	8,03	-17,42	16,2
P021104	15/03/2022	7,5	Ankororoaky	Mangrove	30177	6,64	-16,5	13,27
P021106	15/03/2022	7,8	Ankororoaky	Mangrove	30173	6,88	-15,49	12,24
P021107	15/03/2022	7,3	Ankororoaky	Mangrove	30113	7,34	-15,8	11,53
P021108	15/03/2022	7,6	Ankororoaky	Mangrove	30129	7,27	-15,63	11,97
P021110	15/03/2022	7,6	Ankororoaky	Mangrove	30157	6,59	-16,12	10,82
P021111	15/03/2022	7,5	Ankororoaky	Mangrove	30161	7,05	-15,93	11,06
P021112	15/03/2022	3,7	Ankororoaky	Mangrove	30187	7,32	-16,17	13,93
P140901	19/03/2022	5,5	Beantsisy	Récif	30362	6,42	-14,09	14,02
P140902	19/03/2022	6	Beantsisy	Récif	30360	6,65	-15,74	14,56
P140903	19/03/2022	6,3	Beantsisy	Récif	30090	6,78	-16,13	12,77
P140904	19/03/2022	7,4	Beantsisy	Récif	30111	6,51	-14,72	12,65
P140905	19/03/2022	5,4	Beantsisy	Récif	30083	6,77	-14,21	11,87
P140906	19/03/2022	5,7	Beantsisy	Récif	30355	6,77	-16,23	15,36
P140907	19/03/2022	5,1	Beantsisy	Récif	29924	6,71	-13,8	9,99
P140908	19/03/2022	5,3	Beantsisy	Récif	29918	6,49	-16,12	9,64
P140909	19/03/2022	5,5	Beantsisy	Récif	30112	6,57	-15,57	11,27
P140910	19/03/2022	8,9	Beantsisy	Récif	30098	6,69	-15,71	13,75
P140911	19/03/2022	5,4	Beantsisy	Récif	30363	6,66	-16,45	13,62
P140912	19/03/2022	5,6	Beantsisy	Récif	30084	6,77	-15,88	14,3
P140913	19/03/2022	5,4	Beantsisy	Récif	30368	6,85	-16,28	13,71
P140914	19/03/2022	5	Beantsisy	Récif	30082	6,78	-16,66	10,97
P140915	19/03/2022	6,1	Beantsisy	Récif	30088	6,68	-16,84	12,85

P140916	19/03/2022	5	Beantsisy	Récif	30304	6,57	-16,05	15,46
P140917	19/03/2022	5	Beantsisy	Récif	30374	6,26	-15,23	12,39
P140918	19/03/2022	5	Beantsisy	Récif	30076	6,66	-16,91	11,6
P140919	19/03/2022	4,7	Beantsisy	Récif	30351	6,86	-16,25	14,43
P140920	19/03/2022	5,5	Beantsisy	Récif	30103	7,11	-15,81	12,69
P010902	20/03/2022	7	Mangrove1	Mangrove	30373	6,58	-16,17	13,98
P010903	20/03/2022	4,7	Mangrove1	Mangrove	30171	7,2	-15,62	11,11
P060901	20/03/2022	1,8	Ankily	Herbier	30176	7,17	-17,25	14,57
P060902	20/03/2022	1,9	Ankily	Herbier	30350	7,35	-17,3	
P060903	20/03/2022	2,1	Ankily	Herbier	30352	7,48	-17,53	15,9
P060904	20/03/2022	2,1	Ankily	Herbier	30348	7,64	-17,9	15
P060905	20/03/2022	4,6	Ankily	Herbier	30303	6,88	-15,54	16,92
P060906	20/03/2022	4,8	Ankily	Herbier	30353	6,32	-18,03	15,18
P060907	20/03/2022	7,5	Ankily	Herbier	30347	6,32	-16,93	13,81
P120901	20/03/2022	6,3	Befiambaza	Creux	30069	6,65	-17,91	10,89
P120902	20/03/2022	6,2	Befiambaza	Creux	30356	6,59	-18,13	13,94
P120903	20/03/2022	5,8	Befiambaza	Creux	30073	6,69	-17,85	11,36
P120904	20/03/2022	5,8	Befiambaza	Creux	30100	6,81	-17,61	10,28
P120905	20/03/2022	6,4	Befiambaza	Creux	30115	6,74	-17,52	11,84
P120906	20/03/2022	5,5	Befiambaza	Creux	30077	6,84	-18,07	10,98
P120907	20/03/2022	6,5	Befiambaza	Creux	30122	6,76	-18,09	9,83
P120908	20/03/2022	5,8	Befiambaza	Creux	30354	6,75	-18,08	13,88
P120909	20/03/2022	7,4	Befiambaza	Creux	30130	6,91	-16,7	9,73
P120910	20/03/2022	6,2	Befiambaza	Creux	30366	7,02	-17,86	13,53
P120911	20/03/2022	6,4	Befiambaza	Creux	30305	6,69	-17,8	11,94
P120912	20/03/2022	6,1	Befiambaza	Creux	30302	6,4	-17,89	11,9
P120913	20/03/2022	5,8	Befiambaza	Creux	30118	7,2	-17,49	11,96
P120914	20/03/2022	5,8	Befiambaza	Creux	30367	6,85	-17,94	13,41
P120915	20/03/2022	5,2	Befiambaza	Creux	30365	6,43	-17,63	12,47
P120916	20/03/2022	5,7	Befiambaza	Creux	30369	6,6	-17,87	13,98
P120917	20/03/2022	6,5	Befiambaza	Creux	30089	6,92	-17,88	11,98
P120918	20/03/2022	5,7	Befiambaza	Creux	30099	7	-17,79	11,99
P120919	20/03/2022	5,8	Befiambaza	Creux	30375	6,41	-17,87	12,05
P120920	20/03/2022	5,5	Befiambaza	Creux	30096	6,96	-17,62	11,28
P051101	17/05/2022	7,2	Antsanira	Herbier	30124	7,48	-15,63	12,55
P051103	17/05/2022	7,6	Antsanira	Herbier	30163	6,65	-15,34	12,83
P021101	15/05/2022	7,5	Ankororoaky	Mangrove	30188	6,99	-16,26	13,32
P021102	15/05/2022	7,7	Ankororoaky	Mangrove	30158	6,7	-16,43	11,61
P021103	15/05/2022	7,2	Ankororoaky	Mangrove	30175	6,78	-16,03	12,86