PROTEGE

Evolution 2021-2022 des stocks de l'holothuries de sable (Holothuria scabra) dans la zone côtière de La Foa-Moindou en vue d'une cogestion de la ressource

Optimisation du protocole d'échantillonnage 2021 et formation des opérateurs

Rapport final

ADECAL Technopole

Novembre 2022

Financé par l'Union européenne
Pacific Community Communauté du Pacifique
Gouvernement de la Nouvelle Calédonie
Polynésie française
Wallis et Futuna
Îles Pitcairn
ADECAL Technopole Nouvelle-Calédonie
GINGER SOPRONER
Province Sud

ÉVOLUTION DU DOCUMENT

Ind.	Date	Chef de projet	Ingénieur d'études	Description des mises à jour
1	04/11/2022	Antoine GILBERT	Stéphane GEORGET	Création du document

Ce rapport est cité comme suit :

Georget, S. & Gilbert, A. (2022) Evolution 2021-2022 des stocks de l'holothuries de sable (Holothuria scabra) dans la zone côtière de La Foa-Moindou en vue d'une cogestion de la ressource. Rapport ADECAL Technopole - 23 pages + annexes

Résumé

Dans l'objectif de mettre en place une co-gestion des stocks d'holothuries de l'espèce *Holothuria Scabra*, une campagne d'évaluation des stocks 2022 a été réalisée par la Province et les pêcheurs volontaires en septembre 2022. Si certains biais d'échantillonnage discutés dans le rapport peuvent être avancés, les résultats comparés 2021-2022 montrent à l'échelle de la zone :

- Une augmentation de la biomasse totale en 2022 (171,3 t) par rapport à 2021 (146,2 t).
- Une évolution de la distribution des longueurs avec en 2022 une diminution des proportions des tailles extrêmes (petits et grands individus) induisant une diminution de la biomasse légale estimée à 23 t en 2021 contre 15,4 t en 2022.
- Une diminution des individus de petite taille (< 10 cm), indicateur potentiel de faible recrutement
- Une proportion élevée d'habitats (42% des habitats) où les densités sont en dessous du seuil critique en dessous duquel des effets sur le succès de reproduction sont à attendre

Ces éléments sont complétés par une analyse spatiale détaillée à l'échelle des habitats. Cette analyse met en évidence :

- Une évolution différentielle entre la zone située au nord de la pointe Mara et celle au sud. En effet, la zone nord, « préservée » par les pêcheurs de la tribu de Kélé montre globalement des signes d'augmentation des densités, contrairement à la zone sud où les densités ont diminuées

La pression de pêche sur une ressource déjà fragilisée semble s'être maintenu entre 2021 et 2022, induisant une diminution de la biomasse légale et donc de la biomasse féconde. S'il est difficile de strictement conclure quant aux niveaux de recrutement, la diminution des individus de taille <10 cm associée à des densités en dessous des seuils critique constituent des signaux d'alerte vis-à-vis de la durabilité de l'exploitation actuelle. Le déploiement du plan de co-gestion apparait donc dans ce contexte comme une solution urgente pour la durabilité de la pêcherie.

SOMMAIRE

INTRODUCTION **8**

MATERIEL ET METHODES **10**

I. STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE 11
I.1. Zone d'étude *11*
I.2. Choix des stations *11*
II. METHODE DE COMPTAGE 13
III. ANALYSE DES DONNEES 14

RESULTATS **15**

I. BILAN DE L'EFFORT D'ECHANTILLONNAGE 16
II. ÉVOLUTION ENTRE 2021 ET 2022 17
II.1. Structure en taille *17*
II.2. Densité *18*
II.3. Biomasse *20*
III. ÉVOLUTION A L'ECHELLE DE LA STATION ENTRE 2021 ET 2022 22

CONCLUSIONS & PERSPECTIVES **24**

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES **26**

ANNEXES **27**

LISTE DES ILLUSTRATIONS

Figure 1 : Délimitation de la zone d'étude (même délimitation que l'étude de 2021) 11

Figure 2 : Exemple de transects spatialement proche réalisés en 2021 et 2022 14

Figure 3 : Boîtes à moustache de l'effort d'échantillonnage en 2021 et 2022. Les points noirs correspondent aux efforts d'échantillonnage par habitat et le losange blanc à l'effort d'échantillonnage moyen pondéré par la surface. Le détail des efforts d'échantillonnage par habitat est fourni dans l'Annexe 5. 16

Figure 4 : Histogrammes des structures en taille des individus de H. scabra mesurés en 2021 et 2022 associés à une courbe de densité. La ligne pleine noire indique la taille moyenne des individus. La ligne pointillée verticale rouge indique la longueur pour laquelle 50% des individus sont sexuellement mature. La ligne pointillée verticale bleue indique la longueur minimum de capture issue du code de l'environnement de la province Sud. 17

Figure 5 : Carte de l'évolution des densités pour les 24 habitats ayant présenté des densités non nulles en 2021 et/ou 2022. Les symboles ↗ et ↘ indique respectivement une augmentation et une diminution de la densité. Les éléments entre parenthèse donnent la significativité du test de Student réalisé (NS = non significatif). 19

Figure 6 : Carte de la variation de la biomasse totale de H. scabra (en t) à l'échelle de l'habitat entre 2021 et 2022..... 21

Figure 7 : Densités moyennes de H. scabra (± erreur standard) pour les stations spatialement cohérentes échantillonnées lors de campagne de 2021 et 2022. Les correspondances des stations sont fournies dans le tableau. Une carte de chaque correspondance est fournie dans l'Erreur ! Source du renvoi introuvable. 22

LISTE DES TABLEAUX

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des habitats utilisés pour l'estimation des stocks 2022, de leur fragmentation (nombre de polygone par habitat) et de leur surface. Dans le cas d'habitat très fragmentés, les stations ont été placées sur les polygones présentant la surface la plus importante. 12

Tableau 2 : Densités et longueur moyennes de H. scabra par habitat en 2021 et 2022. Les cellules en vert indiquent une augmentation entre 2021 et 2022 tandis que celles en rouge indiquent une diminution. Les cellules en gris indiquent que la comparaison statistique (test de Student) n'a pas pu être réalisée. Les étoiles en exposant des tailles moyennes indiquent qu'un seul individu a été mesuré dans l'habitat correspondant. 18

Tableau 3 : Bilan des biomasses estimées de H. scabra en 2021 et 2022. Les bornes de l'intervalle de confiance à 90% sont données entre crochets pour les biomasses totale, féconde et légale..... 20

Tableau 4 : Tableau bilan des résultats obtenus pour les analyses à l'échelle de la station contenant : les correspondances entre les stations de 2021 et 2022, le nombre de transects considéré/nombre de transects échantillonné en 2021 et 2022, les densités moyennes 2021 et 2022 et la probabilité critique du test de Student associé, les longueurs moyennes 2021 et 2022 et la probabilité critique du test de Student associé. 23

LISTE DES ANNEXES

Annexe 1 : Carte des zones de présence de H. scabra identifiées par les pêcheurs et hiérarchisées selon le nombre de pêcheurs ayant ciblé la zone 28

Annexe 2 : Carte de la localisation de l'ensemble des stations pour le suivi de 2021 29

Annexe 3 : Tableau opérationnel des stations (nom, cap, coordonnées) regroupées en circuits. Un circuit correspond à un groupe de station réalisée par un binôme en une intervention (3h de marée montante) 30

Annexe 4 : Bilan de la méthode utilisée depuis l'acquisition des données in situ jusqu'au calcul des biomasses (issu de (Gilbert et al., 2022). Dans ce travail, seul l'espèce H. scabra a été considérée 32

Annexe 5 : Détail de l'effort d'échantillonnage fourni par habitat en 2021 et 2022. Le trait horizontal rouge correspond au seuil de 5 trsct/km². 33

Annexe 6 : Densités moyennes de H. scabra par habitat (± IC 90%) en 2021 et 2022 pour les 24 habitats ayant présenté des densités non nulles en 2021 et/ou 2022. La surface absolue et relative de chaque habitat est donnée entre parenthèses 35

Annexe 7 : Plans des groupes de stations spatialement cohérents pour une comparaison des densités entre 2021 et 2022 36

Annexe 8 : Détail des marées lors de la campagne de 2022 du 19 au 26 septembre 39

Annexe 9 : Tableau bilan des résultats sur l'évolution des densités (en ind/ha), des longueurs (en cm) et des biomasses (en t), à l'échelle de l'habitat et de la station 40

INTRODUCTION

L'holothurie de sable, *Holothuria scabra*, nommée « la grise » en Nouvelle-Calédonie, est une espèce exploitée localement et exportée sur les marchés asiatiques. En 2020, 43 tonnes de poids frais ont été exportées dont la quasi-totalité a été déclarée en province Sud, pour une valeur financière estimée à près de 20 millions de francs. En 2021, le tonnage à l'export a été estimé à 34 t pour une valeur de 18 millions de francs.

Le lagon de La Foa-Moindou, situé dans la ZCO (Zone Côtière Ouest) inscrite au patrimoine mondial de l'UNESCO, représente la principale zone d'exploitation de *H. scabra* à ce jour. En effet, les plateaux d'herbiers vaseux et sablo-vaseux peu profonds qui forment le littoral constituent des habitats favorables pour cette espèce.

En 2021, une étude des stocks d'holothuries a été conduite en Nouvelle-Calédonie (Gilbert et al., 2022). Son objectif a été d'évaluer les biomasses (poids frais) de l'ensemble des espèces commerciales exploitées sur le territoire calédonien sur neuf zones réparties sur l'ensemble du territoire (PS, PN et PIL) dans une perspective d'amélioration de la gestion de la ressource. La zone de La Foa-Moindou a été étudiée dans le cadre de cette étude du 26 avril au 6 mai 2021, et a bénéficié d'un plan d'échantillonnage se concentrant principalement sur les habitats potentiellement favorables à l'holothurie de sable. Les résultats ont mis en évidence une biomasse totale de 146,2 t [71, 4 ;221,9] (IC 90 %), et une biomasse de référence de 11,3 t[1] qui suggère une très faible proportion d'individus au-dessus de la taille règlementaire de capture (20 cm).

Compte tenu des stocks estimés en 2021 et des tendances à l'augmentation de la pression de pêche sur la zone (douze navires déclarants depuis 2020), la province Sud a souhaité initier une démarche de co-gestion impliquant les pêcheurs dans la perspective de la mise en place d'un suivi périodique et permettant la mise en place d'une co-gestion adaptative. Après une phase d'enquêtes avec les professionnels et d'optimisation du plan d'échantillonnage, la campagne 2022, intégrant les moyens à la mer des pêcheurs et de la Province Sud, a été réalisé entre le 19 et le 26 septembre.

Le présent rapport détails les résultats des stocks estimés durant cette campagne 2022 et discute de l'évolution du stock entre 2021 et 2022 à différentes échelles spatiales.

[1] La biomasse de référence correspond à la borne inférieure (IC 90%) de la biomasse des individus dont la longueur est supérieure à la longueur minimale de capture (20 cm selon le code de l'environnement de la province Sud). Méthode de calcul détaillée dans (Gilbert et al., 2022).

MATERIEL ET METHODES

I. STRATEGIE D'ECHANTILLONNAGE

I.1. ZONE D'ETUDE

L'étude a été réalisée dans la zone lagonaire de La Foa-Moindou selon les mêmes délimitations que l'étude des stocks de 2021 (zone 17_PS) (Figure 1).

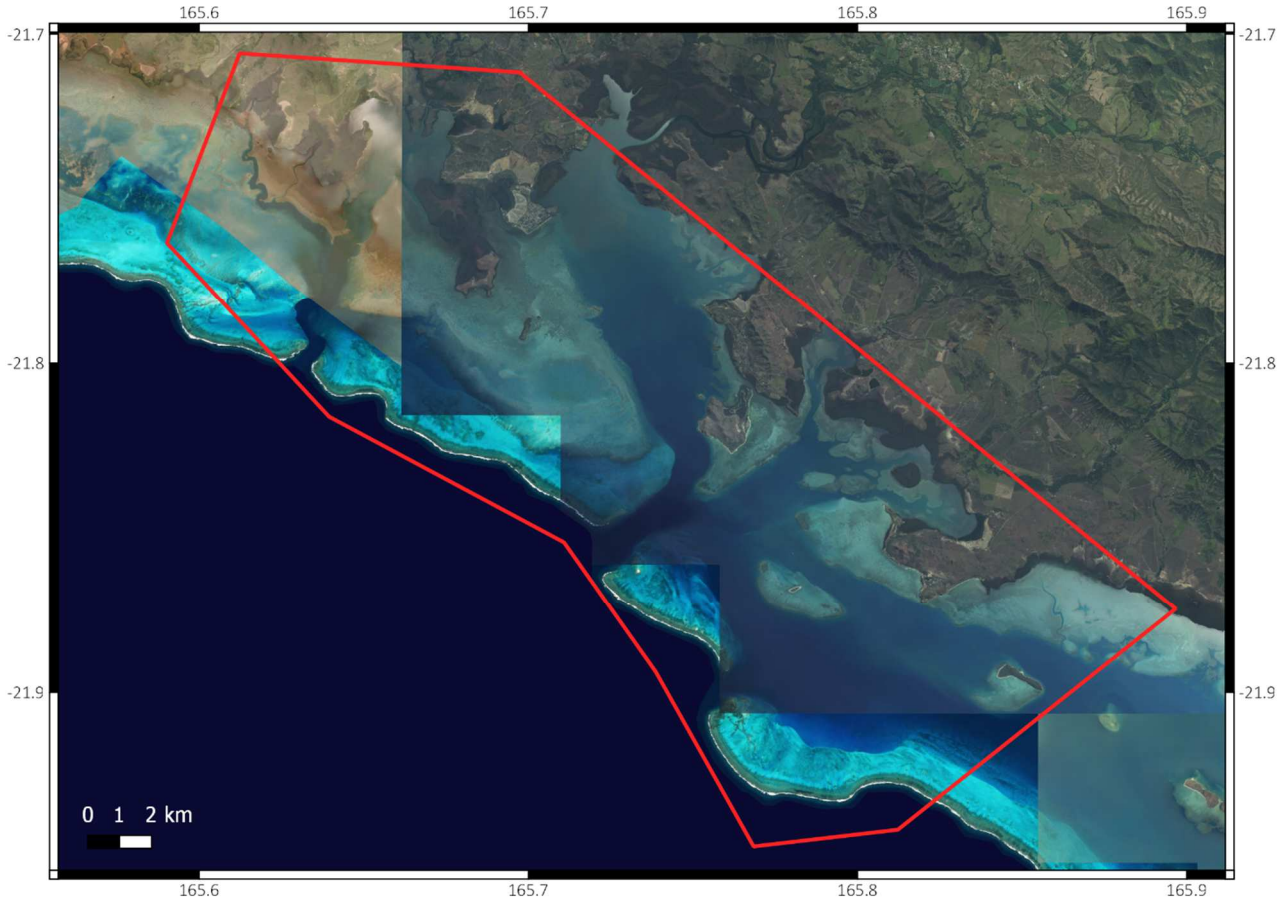


Figure 1 : Délimitation de la zone d'étude (même délimitation que l'étude de 2021)

I.2. CHOIX DES STATIONS

Une enquête a été réalisée auprès de huit pêcheurs (ou groupes de pêcheurs), représentant 90% des pêcheurs déclarés de la zone, pour localiser les sites de présence de l'espèce. À l'issu de cette enquête, une carte délimitant les sites de présence hiérarchisés selon la proportion des pêcheurs ayant identifié le site a été produite (Annexe 1). Ces échanges avec les pêcheurs ont également permis de définir les périodes d'échantillonnage favorables à l'observation des spécimens, à savoir en début de marée montante préférentiellement lors des grandes marées de la saison sèche (avril-octobre).

Le plan d'échantillonnage 2022 a été construit à partir de la connaissance des pêcheurs acquise lors de l'enquête et des résultats de l'étude de 2021. Ainsi, les stations ont été placées pour (1)

couvrir l'ensemble des habitats[2] possédant un stock non nul en 2021, (2) couvrir l'ensemble des habitats identifiés par au moins la moitié des pêcheurs comme potentiellement favorable à l'espèce, (3) échantillonner les habitats avec un effort d'échantillonnage homogène (au moins 5 trsct/km² ou trois transects minimum par habitat), (4) optimiser le temps de déploiement pour répondre aux contraintes temporelles liées à la marée, et (5) permettre la comparaison des densités à fine échelle entre 2021 et 2022 à l'aide de stations spatialement cohérentes.

Un total de 72 stations ont été placées sur les 41 habitats conservés dans cette étude (Tableau 1, Annexe 2 et Annexe 3).

Tableau 1 : Tableau récapitulatif des habitats utilisés pour l'estimation des stocks 2022, de leur fragmentation (nombre de polygone par habitat) et de leur surface. Dans le cas d'habitat très fragmentés, les stations ont été placées sur les polygones présentant la surface la plus importante.

Habitat		Nombre de polygones	Surface totale (ha)
Platier récifal	**23**	1	17,7
	89	2	97,2
Platier récifal (herbier diffus)	**74**	1	4,6
Terrasse peu profonde	**59**	3	27,8
Terrasse peu profonde (constructions coralliennes)	**68**	2	283,9
	71	2	45,4
	93	4	292,1
Terrasse peu profonde (herbier dense)	**3**	42	90,2
	4	14	437,6
	5	5	30,5
	24	4	35,0
	25	1	121,6
	26	1	13,6
	27	2	90,8
	28	2	62,6
Terrasse peu profonde (herbier diffus)	**13**	7	306,2
	14	7	225,5
	16	3	91,5
	17	2	117,3
	20	1	51,0
	48	3	381,1
	49	3	363,8
	50	3	28,4
	51	2	14,7
	53	7	70,8
	54	3	53,9
Terrasse peu profonde (herbier et sable)	**46**	1	99,9
	47	1	61,6
Terrasse peu profonde (herbier moyen)	**9**	2	62,4
	11	3	176,9
	12	4	74,0
	35	1	88,8
	36	1	39,6
	37	1	10,0
	38	2	69,5
	43	4	223,7
	44	4	19,4
Terrasse peu profonde (sable terrigène)	**1**	1	15,2
Terrasse peu profonde (sable, débris)	**62**	1	3,8
	66	1	93,3
Terrasse profonde	**103**	2	38,1

[2] Un habitat correspond à un ensemble de zones délimitées (polygones) supposés homogènes en terme de substrat, exposition, etc. Chaque habitat possède un identifiant numérique unique. Détails dans (Gilbert et al., 2022).

II. METHODE DE COMPTAGE

La méthode de comptage utilisée lors de l'étude de 2021 a été réutilisée dans cette étude afin de permettre la comparaison des données.

Ainsi, les comptages ont été réalisés à l'aide d'une méthode dérivée du transect couloir (English et al., 1997) qui consiste à compter l'ensemble des individus de l'espèce cibles, ici *H. scabra*, sur un couloir de 100 m de long pour 2 m de large.

Deux échantillonneurs placés à une distance de 5 - 10 m marchent parallèlement en suivant un cap prédéfini. Sur certaines zones, la hauteur d'eau était trop importante pour effectuer les transects à pied et la nage a été privilégiée (masque et tuba).

La méthode de suivi GPS développé lors de l'étude de 2021 pour obtenir la trace géographique des transects (format *shapefile*) et calculer leur longueur réelle a été réutilisée dans le cadre de ce travail. Pour ce faire, chaque binôme possédait un GPS configuré pour enregistrer des positions toutes les cinq secondes. Une montre, synchronisée à la seconde près au GPS a été utilisée pour déterminer les heures de début et de fin de chaque transect. Par la suite, il a été possible à partir des fichiers GPS et des heures d'échantillonnage, d'extraire uniquement les traces GPS des transects et de calculer leur longueur exacte.

Pour une même « station », chaque binôme a réalisé entre quatre et six transects (deux à trois transects par échantillonneur) espacés par au moins une minute de marche/nage. Sur chaque transect, tous les individus de *H. scabra* ont été dénombrés , mais seuls les dix premiers rencontrés ont été mesurés à l'aide d'une réglette rigide (longueur et largeur au centimètre près).

III. ANALYSE DES DONNEES

Les données de taille, de densité et de biomasse ont été traitées selon les mêmes méthodes que dans l'étude des stocks 2021 (détail des méthodes de calcul dans (Gilbert et al., 2022), diagramme résumé de la démarche dans l'Annexe 4).

Les données de taille, de densité et de biomasse ont été comparées entre les campagnes à l'échelle de la zone et de l'habitat. En outre, les données de densité ont également été comparées à l'échelle de la station/transect. En effet, l'utilisation d'une trace GPS pour matérialiser les transects a permis de mettre en évidence la proximité de certains transects entre 2021 et 2022 dont la comparaison des résultats offre une image de l'évolution des densités à fine échelle (Figure 2).

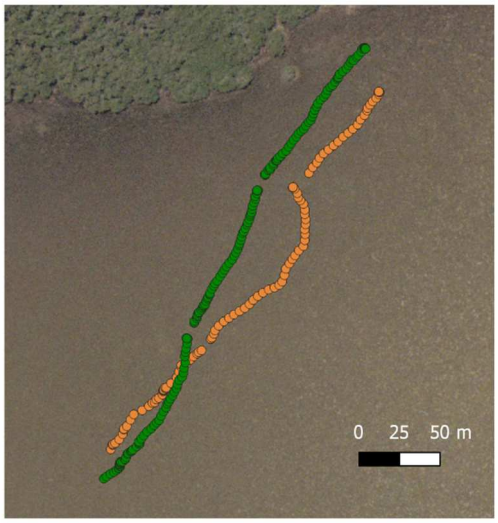


Figure 2 : Exemple de transects spatialement proche réalisés en 2021 et 2022

Compte tenu des informations fournies par les pêcheurs quant à l'exploitation des zones de pêche. Une comparaison entre le Nord (habitats situés au nord de l'île Mara est exploités principalement par la tribu de Kélé) et le Sud (habitats situés au sud de l'île Mara et exploités par les pêcheurs de La Foa) a également été réalisée.

RESULTATS

I. BILAN DE L'EFFORT D'ECHANTILLONNAGE

Parmi les 41 habitats ciblés initialement dans l'échantillonnage, deux n'ont pas été échantillonnés pour des raisons d'accessibilité de la zone (**Platier récifal 23**) et de visibilité (**Terrasse peu profonde (herbier diffus) 20**).

Au total, 400 transects ont été échantillonnés sur 39 habitats. L'effort d'échantillonnage moyen pondéré en 2022 est estimé à 9,8 trsct/km² (compris entre 4,9 et 87,1 trsct/km²), et supérieur à celui de 2021 (6,8 trsct/km² compris entre 0,5 et 59,9 trsct/km²) (Figure 3).

Entre 2021 et 2022, l'effort d'échantillonnage a augmenté pour 49% des habitats (19 habitats), est resté identique pour 8% (3 habitats) et a diminué pour 21% (8 habitats). En outre, neuf habitats n'ayant pas été échantillonnés en 2021 l'ont été en 2022 (détail des efforts d'échantillonnage par habitat dans l'Annexe 5).

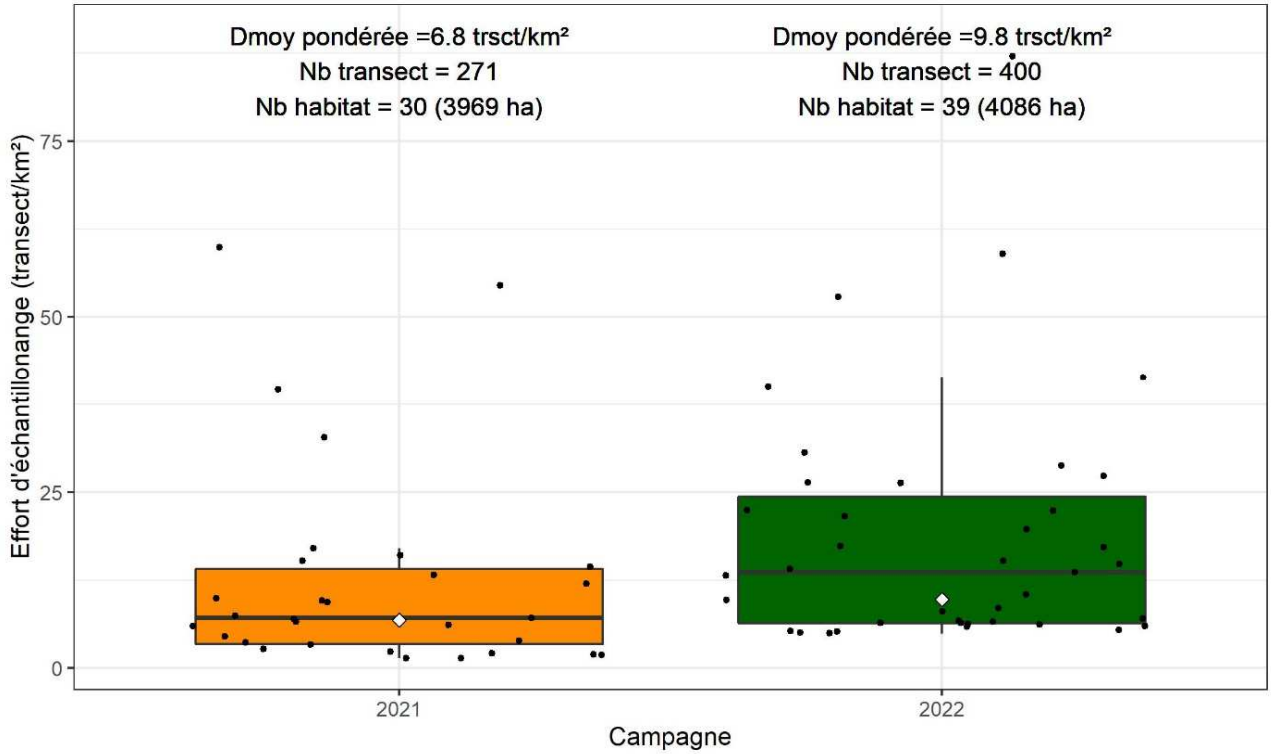


Figure 3 : Boîtes à moustache de l'effort d'échantillonnage en 2021 et 2022. Les points noirs correspondent aux efforts d'échantillonnage par habitat et le losange blanc à l'effort d'échantillonnage moyen pondéré par la surface. Le détail des efforts d'échantillonnage par habitat est fourni dans l'Annexe 5.

II. ÉVOLUTION ENTRE 2021 ET 2022

II.1. STRUCTURE EN TAILLE

Les histogrammes des tailles de 2021 et 2022 sont présentées sur la Figure 4.

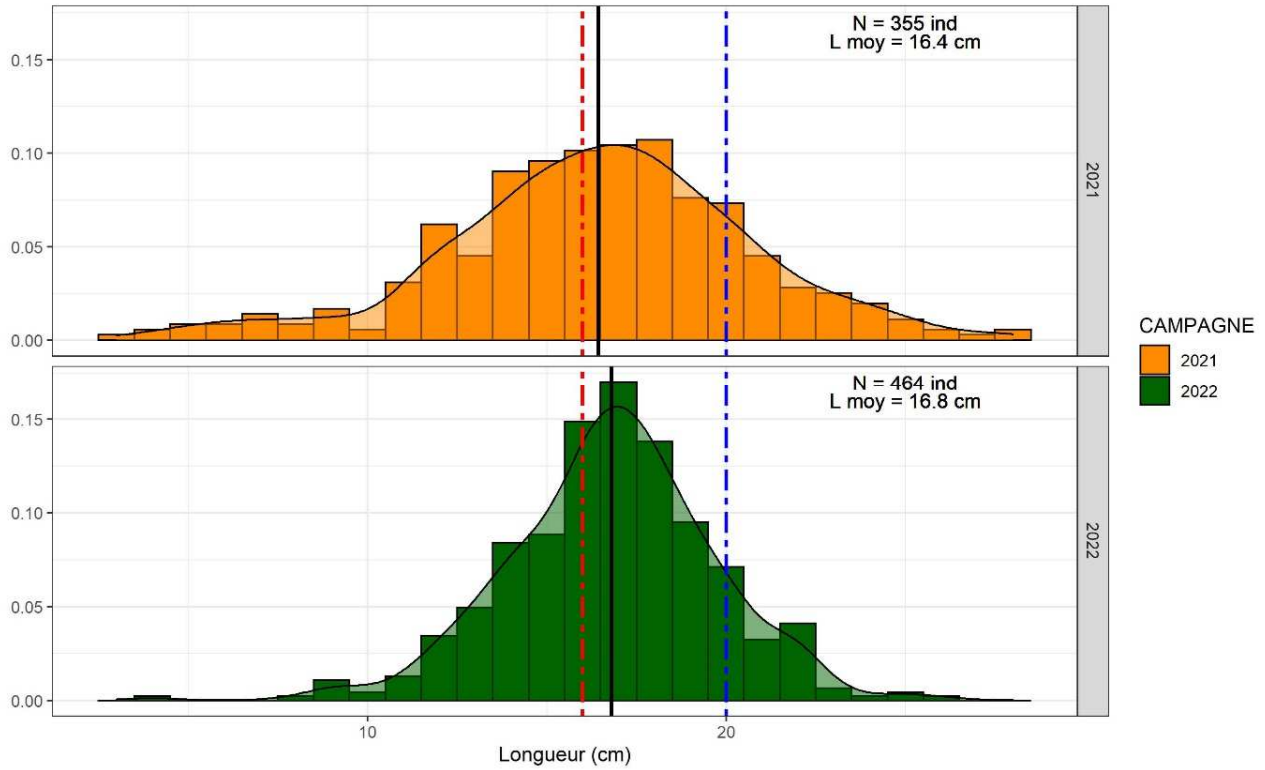


Figure 4 : Histogrammes des structures en taille des individus de H. scabra mesurés en 2021 et 2022 associés à une courbe de densité. La ligne pleine noire indique la taille moyenne des individus. La ligne pointillée verticale rouge indique la longueur pour laquelle 50% des individus sont sexuellement mature. La ligne pointillée verticale bleue indique la longueur minimum de capture issue du code de l'environnement de la province Sud.

La longueur moyenne des individus n'a quasiment pas varié entre 2021 (16,4 cm) et 2022 (16,8 cm), de même que les tailles minimums (3 cm en 2021 et 4 cm en 2022) et maximums (28 cm en 2021 et 26 cm en 2022).

Toutefois, la comparaison des distributions à l'aide d'un test de Chi² montre une différence significative entre les deux campagnes (Chi² d'indépendance, $p < 0,001$). La structure de taille de 2021 présente une distribution plus étalée avec des fréquences plus importantes pour les longueurs situées aux extrêmes ; 7% des individus mesurent moins de 10 cm contre 2% en 2022, 22% des individus mesurent plus de 20 cm contre 16% en 2022.

Sur les 39 habitats échantillonnés :

- 15 habitats n'ont fait l'objet d'aucune observation de *H.* scabra aussi bien en 2021 qu'en 2022 ;
- six habitats ne présentent aucune mesure en 2021 (quatre non échantillonnés et deux densités nulles) ;
- aucun individu n'a été observé sur cinq habitats en 2022 ;

- 13 habitats ont pu être comparés entre 2021 et 2022.

Parmi ces 13 habitats, sept d'entre eux ont vu la longueur moyenne des individus augmenter entre les deux campagnes, dont quatre de manière significative (Test de Student, p>0,05). Les six autres montrent des diminutions de la longueur moyenne mais de manière non significative (Tableau 2).

Tableau 2 : Densités et longueur moyennes de H. scabra par habitat en 2021 et 2022. Les cellules en vert indiquent une augmentation entre 2021 et 2022 tandis que celles en rouge indiquent une diminution. Les cellules en gris indiquent que la comparaison statistique (test de Student) n'a pas pu être réalisée. Les étoiles en exposant des tailles moyennes indiquent qu'un seul individu a été mesuré dans l'habitat correspondant.

Habitat	Densité (ind/ha)			Longueur moyenne (cm)		
	2021	2022	Test Student	2021	2022	Test Student
1	22,78	98,53	NS	14,0	16,6	NS
3	43,48	48,47	NS	17,0	15,8	NS
4	8,89	0,00	*	14,4	-	
5	64,17	0,00	NS	16,5	-	
9	223,71	10,10	0,050282	14,5	13,3	NS
11	5,51	114,94	*	15,3	17,0	**
13	260,41	249,64	NS	13,5	17,1	*
16	32,82	9,23	NS	15,9	17,8	NS
17	0,00	7,72	NS	-	16,0*	
24	-	409,40	-	-	16,1	
25	930,67	136,34	***	15,7	16,8	*
26	-	37,57	-	-	16,9	
27	186,92	41,43	*	7,0	13,2	**
28	7,31	3,35	NS	20,5*	19,0*	
35	533,72	83,37	**	19,7	19,0	NS
37	69,55	0,00	**	16,8	-	
38	4,39	0,00	NS	17,0*	-	
43	802,12	1681,73	NS	16,4	15,5	NS
47	-	73,76	-	-	16,4	
48	90,48	196,12	0,050209	20,5	17,7	***
49	121,02	29,77	*	17,4	17,5	NS
53	0,00	43,47	*	-	16,6	
59	-	34,72	-	-	20,0*	
93	11,06	0,00	NS	20,0	-	

*NS = Non significatif ; * = p<0,05 ; ** = p < 0.01 ; *** = p < 0.001*

La comparaison entre la partie nord et la partie sud de la zone ne montre aucune différence significative dans la distribution des tailles des individus (Test de Chi², p>0,05) dont les moyennes sont respectivement de 16,8 et 16,9 cm.

II.2. DENSITE

Sur les 39 habitats échantillonnés, 24 ont présenté des densités non nulles en 2021 et/ou 2022, soit 3108 ha (76 % de la surface totale des habitats échantillonnés en 2022) (Tableau 2 et **Erreur ! Source du renvoi introuvable.**).

Pour comparer les densités globales entre 2021 et 2022, seuls les 24 habitats contribuant au stock de 2021 et/ou 2022 ont été considérés. Les estimations mettent en évidence une augmentation de la densité moyenne pondérée avec 175 ind/ha en 2021 et 207 ind/ha en 2022.

À l'échelle de l'habitat, une diminution des densités a été observée pour 13 habitats dont six significatives (Test de Student, p<0,05) (Tableau 2) ; notamment la **Terrasse peu profonde (herbier dense) 25** dont la densité est passé de 930,67 ind/ha en 2021 à 136,34 ind/ha en 2022 (Test de Student, p<0,001). Par ailleurs, sept habitats ont vu leur densité augmenter entre 2021 et 2022, dont deux de manière significative (Test de Student, p<0,05). La **Terrasse peu profonde (herbier moyen) 43** présente la plus forte augmentation de densité avec respectivement 802 ind/ha en 2021 et 1682 ind/ha en 2022, mais cette variation n'est pas significative (Test de Student, p>0,05). Enfin, quatre habitats n'ayant pas été échantillonnés en 2021 n'ont pas pu être comparés à 2022.

La représentation spatiale de l'évolution des densités par habitat (Figure 5) montre une tendance à l'évolution différentielle entre les habitats situés au nord de l'île Mara et ceux au sud. La majorité des habitats dont la densité a augmenté se situe sur les plateaux au nord, à l'exception de de deux habitats situés dans la baie de Ouano au sud.

En complément, Purcell *et al* (2008) propose deux seuils de référence pour les densités : le seuil de 100 ind/ha comme étant de faibles densités et le seuil de 30 ind/ha comme seuil critique en dessous duquel des effets sur le succès de reproduction sont à attendre. Dans ce contexte, si les densités moyennes pondérées sont situées au-dessus de ces seuils, l'inspection des différents habitats (Tableau 2) montre qu'il y a des grandes différences spatiales avec pour 10 des 24 habitats (soit 42%) des valeurs moyennes en dessous du seuil critique proposé.

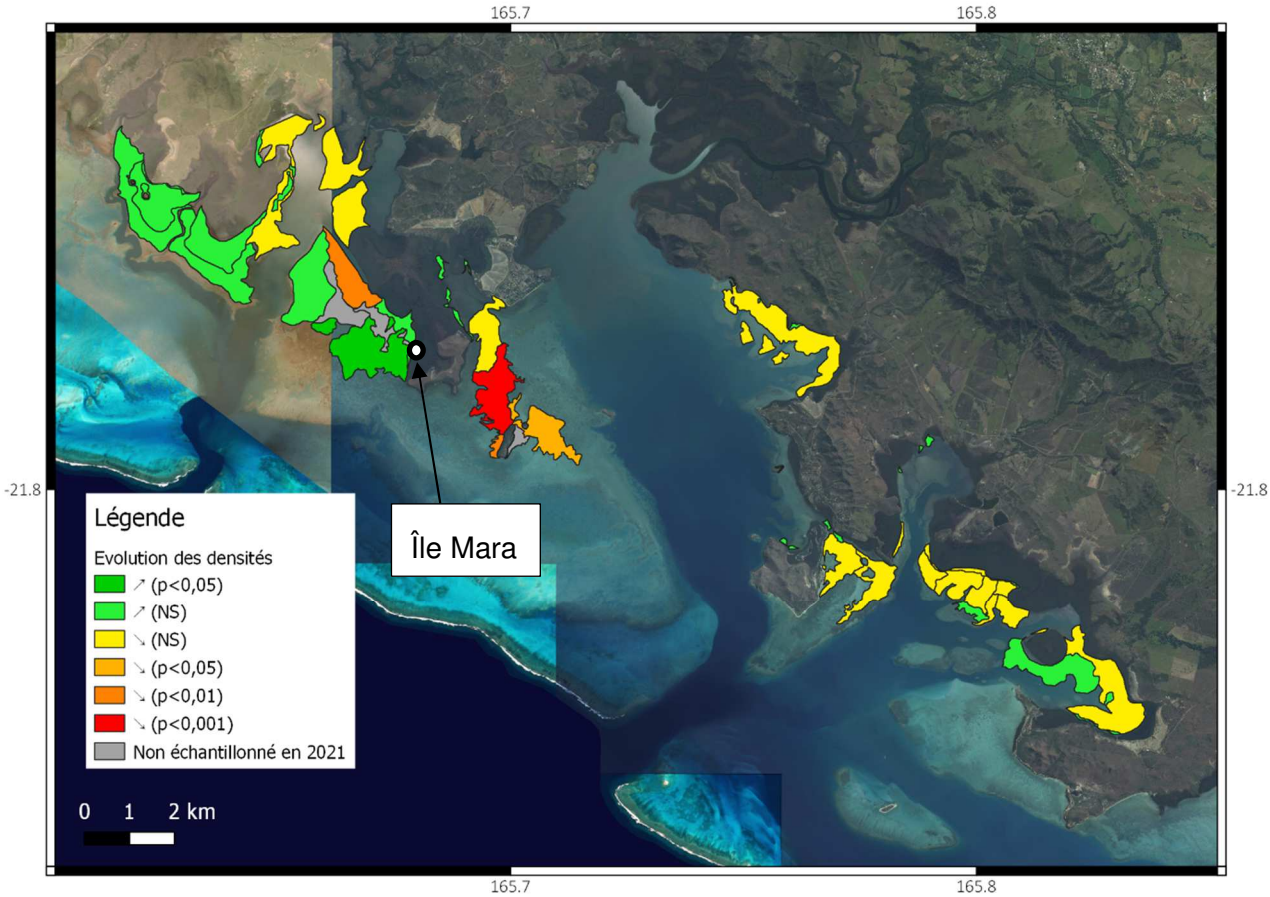


Figure 5 : Carte de l'évolution des densités pour les 24 habitats ayant présenté des densités non nulles en 2021 et/ou 2022. Les symboles ↗ et ↘ indique respectivement une augmentation et une diminution de la densité. Les éléments entre parenthèse donnent la significativité du test de Student réalisé (NS = non significatif).

II.3. BIOMASSE

Entre 2021 et 2022, la biomasse totale moyenne estimée a augmenté avec respectivement 146,2 t et 171,3 t, de même pour la biomasse féconde (longueur supérieure à 16 cm) qui a augmenté de 33,4 t entre les deux campagnes. Cependant, la biomasse légale moyenne (longueur supérieure à 20 cm) a diminué entre les deux campagnes avec 23 t en 2021 et 15,4 t en 2022. La biomasse de référence (borne inférieure de l'IC 90% de la biomasse légale) a également diminué entre 2021 (11,3 t) et 2022 (7,2 t) (Tableau 3).

Tableau 3 : Bilan des biomasses estimées de H. scabra en 2021 et 2022. Les bornes de l'intervalle de confiance à 90% sont données entre crochets pour les biomasses totale, féconde et légale.

Campagne	Biomasse totale	Biomasse féconde	Biomasse légale	Biomasse de référence	Biomasse sèche
2021	146,2 [71,4 ; 221,9]	95,6 [46,7 ; 144,6]	23 [11,3 ; 34,8]	11,3	0,55
2022	171,3 [80,5 ; 261,9]	129 [60,7 ; 197,5]	15,4 [7,2 ; 23,6]	7,2	0,35

À l'échelle de l'habitat, les biomasses totales ont varié de –24 t (**Terrasse peu profonde [herbier dense] 25**) à +52 t (**Terrasse peu profonde [herbier moyen] 43**) (Figure 6 et annexe). Les augmentations de biomasse estimées entre 2021 et 2022 sont exclusivement observée au nord de la l'île Mara, à l'exception de l'habitat **Terrasse peu profonde (sable terrigène) 1** situé dans la baie de Ouano (+0,3 t).

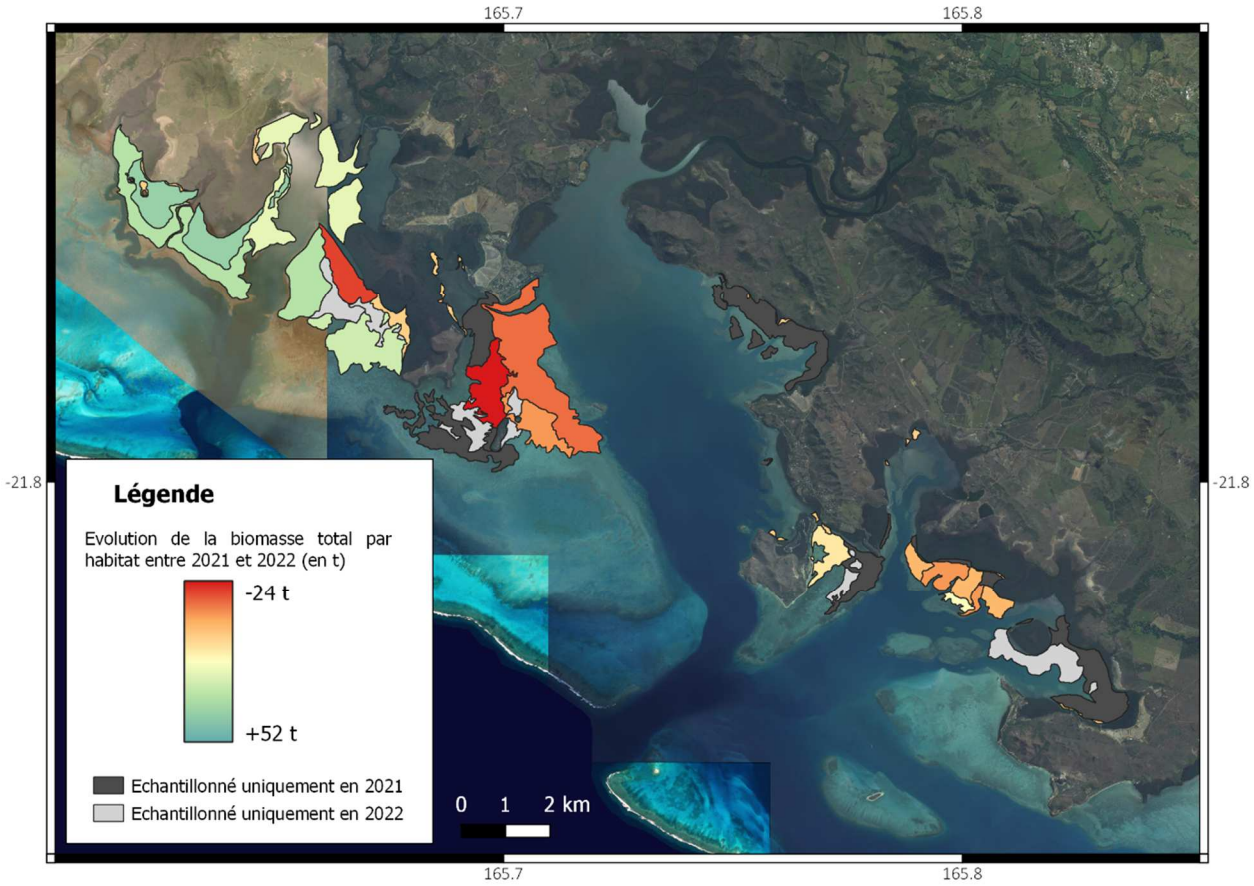


Figure 6 : Carte de la variation de la biomasse totale de H. scabra (en t) à l'échelle de l'habitat entre 2021 et 2022

III. ÉVOLUTION A L'ECHELLE DE LA STATION ENTRE 2021 ET 2022

Un total de 14 groupes a été conservé pour les analyses à l'échelle de la station, dont cinq ont présentés des densités nulles en 2021 et en 2022 (**E**, **F**, **G**, **I** et **K**) (Figure 7).

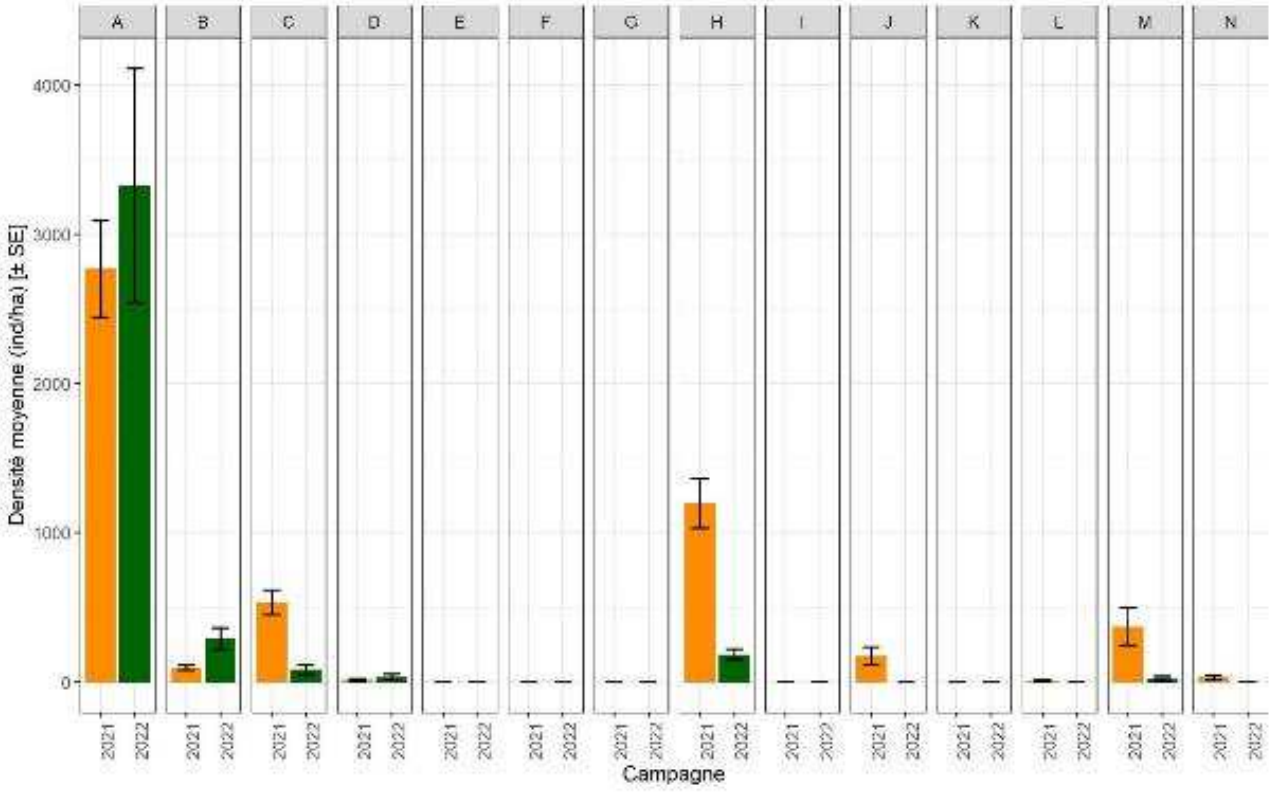


Figure 7 : Densités moyennes de H. scabra (± erreur standard) pour les stations spatialement cohérentes échantillonnées lors de campagne de 2021 et 2022. Les correspondances des stations sont fournies dans le tableau. Une carte de chaque correspondance est fournie dans l'Erreur ! Source du renvoi introuvable**..**

Dans l'ensemble, les transects considérés dans cette analyse à fine échelle représentent moins de la moitié des transects échantillonnés sur l'habitat, à l'exception des groupes **C**, **E** et **I** (100% des transects), **F** en 2021 (55%), **L** et **M** en 2021 (60%) et **N** en 2021 (90%) et en 2022 (75%) (Tableau 4). Pour ces groupes, les tendances observées à l'échelle de l'habitat sont similaires (voire identiques) à celles observées à l'échelle de la station, sauf pour **F** qui présente des densités non nulles à l'échelle de l'habitat mais nulles pour les transects considérés dans l'analyse à fine échelle.

Les augmentations de densité observées sur le groupe **A,** dont les densités estimées sont les plus élevées (2770 ± 323 ind/ha en 2021 et 3327 ± 786 ind/ha en 2022), et sur le groupe **D** (14 ± 7 ind/ha en 2021 et 33 ± 22 ind/ha en 2022) ne sont pas significatives.

Le groupe **B** montre quant à lui une augmentation significative de la densité en *H. scabra* entre 2021 (97 ± 16 ind/ha) et 2022 (290 ± 71 ind/ha) (test de Student, $p<0,05$).

Les cinq groupes restants ont vu leur densité diminuer entre 2021 et 2022, et de manière significative pour **H** (2021 : 1197 ± 167 ind/ha ; 2022 : 185 ± 34 ind/ha) et **J** (2021 : 176 ± 59 ind/ha ; 2022 : 0 ind/ha) (test de Student, $p<0,05$).

En ce qui concerne la taille moyenne des individus, seule le groupe **H** montre une augmentation significative entre 2021 (14,6 cm) et 2022 (17,1 cm).

Tableau 4 : Tableau bilan des résultats obtenus pour les analyses à l'échelle de la station contenant : les correspondances entre les stations de 2021 et 2022, le nombre de transects considéré/nombre de transects échantillonné en 2021 et 2022, les densités moyennes 2021 et 2022 et la probabilité critique du test de Student associé, les longueurs moyennes 2021 et 2022 et la probabilité critique du test de Student associé.

Groupe	Habitat	Station		n transect		Densité (ind/ha)			Longueur (cm)		
		2021	2022	2021	2022	2021	2022	Test	2021	2022	Test
A	**43**	5	43_2	6/24	6/12	2770	3327	NS	17,0	15,7	NS
B	**48**	11	48_4	6/24	6/24	97,5	290	*	19,9	18,0	NS
C	**35**	9	35_1	4/4	6/6	534	83,4	**	19,7	19,0	NS
D	**11**	12	11_4	12/30	6/24	13,8	33,1	NS	15,3	16,0	NS
E	**71**	43	71_1	6/6	6/6	0	0		-	-	-
F	**16**	54	37_4	6/11	6/28	0	0		-	-	-
G	**11**	14	11_3	12/30	6/24	0	0		-	-	-
H	**25**	23	49_4 / 25_2	6/12	12/18	1197	185	**	14,6	17,1	***
I	**36**	20	36_1	6/6	6/6	0	0		-	-	-
J	**49**	21	49_1	6/12	6/18	176	0	*	17,0	-	-
K	**4**	37	4_2	6/32	6/28	0	0		-	-	-
L	**38**	47	38_1	6/10	6/12	7,31	0	NS	17,0	-	-
M	**9**	51	9_1	6/10	6/14	373	23,6	*	14,5	13,3	NS
N	**5**	53	5_2	9/10	6/8	31,14	0	NS	16,5	-	-

CONCLUSIONS & PERSPECTIVES

Pour une surface utile similaire entre les deux campagnes (3969 ha en 2021 et 4086 ha en 2022), les résultats à l'échelle de l'ensemble de la zone mettent en évidence une augmentation de la densité moyenne pondérée entre 2021 et 2022 sans variation de la longueur moyenne des individus. La biomasse totale calculée est donc logiquement plus élevée en 2022 (171,3 t) qu'en 2021 (146,2 t). Cependant, l'analyse de la distribution des longueurs met en évidence une diminution des proportions des tailles extrêmes (petits et grands individus). Ce constat explique la diminution de la biomasse légale estimée entre les deux campagnes, 23 t en 2021 et 15,4 t en 2022. Ces résultats sont en cohérence avec le maintien d'une forte pression de pêche sur les individus exploitables (>20 cm) entre les deux campagnes. De plus, la diminution des individus de petite taille constatée constitue un second signal potentiel d'alerte vis-à-vis de l'exploitation. En effet en considérant un biais systématique entre les deux opérations de terrain, la diminution des individus de petite taille (< 10 cm) peut par principe de précaution constituer un indicateur du recrutement qu'il conviendrait de surveiller/confirmer. Enfin, si on considère le seuil de 30 ind/ha comme seuil critique en dessous duquel des effets sur le succès de reproduction sont à attendre, alors un autre signal d'alerte est à considérer sur 42% des habitats de la zone.

L'évolution temporelle à l'échelle des habitats met en évidence une certaine ségrégation entre les habitats situés au nord (au-dessus de l'île Mara) qui présentent des densités globalement plus élevées que les habitats situés au sud. De plus, la majorité des habitats situés au nord ont vu leur densité augmenter entre 2021 et 2022. Ce constat est appuyé par les échanges qui se sont déroulés avec les pêcheurs quant à l'exploitation de la zone au cours de la période qui a séparé les deux campagnes d'échantillonnage. La pression de pêche s'est maintenue, notamment dans la zone sud (Ouano, Lebris, Tanguy) où les densités semblent avoir diminuées quasiment partout. Les habitats de la zone nord (plateaux de la baie de Moindou) montrent pour la plupart des augmentations de densité, probablement liées à la gestion coutumière par les pêcheurs de la tribu de Kélé qui auraient volontairement préservé la zone de la pêche pendant cette période.

Au-delà des conditions environnementales susceptibles de réduire le nombre d'observations, l'absence totale de spécimens sur 15 zones identifiées par les pêcheurs peut être symptomatique d'une ressource surexploitée. Cette hypothèse est appuyée par la très faible occurrence d'individus dont la taille est supérieure à la taille règlementaire ainsi que par les niveaux de densités sur certains habitats. Si l'évolution à la baisse des individus de petite taille (< 10 cm) peut être liée à un biais d'échantillonnage, cela reste un indicateur potentiel de faible recrutement et constitue par précaution un autre signal d'alerte vis-à-vis de l'exploitation.

Malgré le choix d'une période d'intervention favorable en 2022 répondant au mieux aux contraintes logistiques et environnementales d'un tel échantillonnage, le temps d'intervention et l'accessibilité de certaines zones pourraient bénéficier de conditions de marnage plus marquées pour les prochaines missions. De plus, l'étude 2022 a été menée en septembre alors que celle de 2021 l'a été entre fin mai et début juin. D'après Purcell., 2010, l'activité d'*Holothuria scabra* est plus réduite pendant les mois les plus frais de l'année avec une tendance à rester enfouie plus fréquemment. Cette temporalité différente entre les deux campagnes, avec une possible sous-estimation des densités 2022 par rapport à 2021, difficilement vérifiable, a pu affecter les résultats 2022. Si l'étude de la dynamique d'enfouissement constitue une voie de recherche scientifique à engager, à l'avenir, afin de limiter les possibles biais, il conviendra de converger vers une période fixe pour la réalisation de l'échantillonnage.

Ainsi, pour conclure, bien que la règlementation sur la longueur de capture semble être respectée, les résultats et leurs limites suggèrent le maintien d'une pression de pêche trop importante et appellent en priorité à la mise en place urgente de mesures complémentaires telles qu'envisagées par la Province Sud avec les pêcheurs de la zone (limitation du nombre de licences, mise en place d'un cycle de co-gestion, ouverture périodique de la pêche associée à un quotas). Ces actions de gestion doivent également s'accompagner de l'acquisition de connaissances sur la dynamique du stock pour mieux connaitre et mieux gérer la ressource.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

English, S.A., Wilkinson, C., Baker, V., Australian Institute of Marine Science (Eds.), 1997. Survey manual for tropical marine resources, 2. ed. ed. Australian Institute of Marine Science, Townsville.

Gilbert, A., Georget, S., Guillemot, N., Ton, C., Léopold, M., Purcell, S., Van Wynsberge, S., Andréfouët, S., 2022. Etat des lieux des stocks d'holothuries comerciales en Nouvelle-Calédonie (2021-2022). SOPRONER, Nouméa.

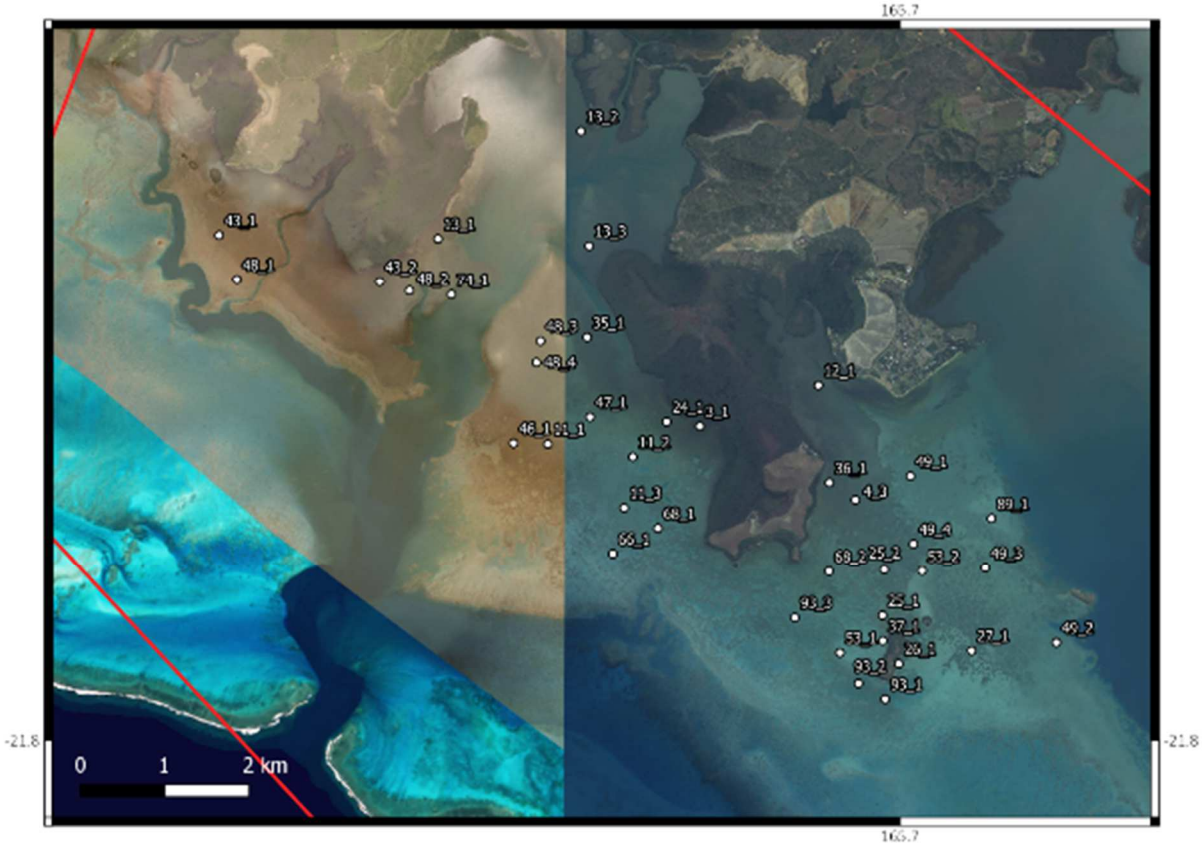
Purcell, S. W., Gossuin, H., & Agudo, N. S. (2008). *État et gestion de la ressource en holothuries de la Grande Terre, Nouvelle Calédonie. Programme ZoNéCo.* (p. 146). WorldFish Center Studies and Reviews.

Purcell, S. W. (2010). Diel burying by the tropical sea cucumber Holothuria scabra: effects of environmental stimuli, handling and ontogeny. *Marine biology*, *157*(3), 663-671.

ANNEXES

Annexe 1 : Carte des zones de présence de H. scabra identifiées par les pêcheurs et hiérarchisées selon le nombre de pêcheurs ayant ciblé la zone

Annexe 2 : Carte de la localisation de l'ensemble des stations pour le suivi de 2021

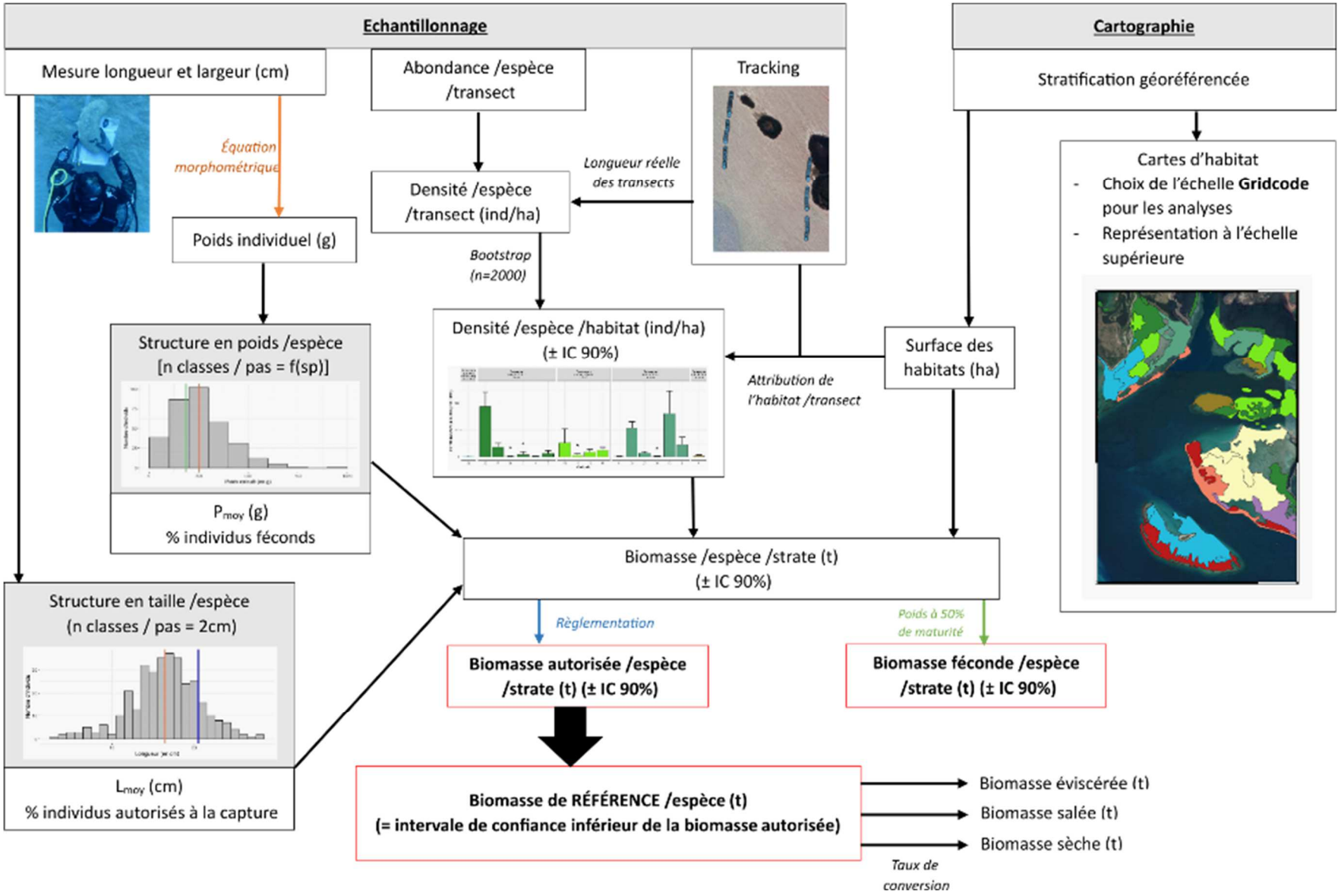


Annexe 3 : Tableau opérationnel des stations (nom, cap, coordonnées) regroupées en circuits. Un circuit correspond à un groupe de station réalisée par un binôme en une intervention (3h de marée montante)

Circuit	Station		Cap	Long	Lat
A	1	48_1	NO	165.62395	-21.74710
	2	43_1	E	165.62191	-21.74201
	3	48_3	S	165.65877	-21.75421
B	1	13_2	S	165.66342	-21.73012
	2	13_3	N	165.66435	-21.74322
	3	35_1	SE	165.66412	-21.75380
C	1	48_2	SSO	165.64374	-21.74841
	2	43_2	NE	165.64032	-21.74736
	3	13_1	SSE	165.64701	-21.74242
	4	74_1	SO	165.64856	-21.74885
D	1	11_1	NE	165.65961	-21.76603
	2	47_1	NO	165.66446	-21.76292
	3	48_4	SSO	165.65829	-21.75666
	4	46_1	SE	165.65568	-21.76593
E	1	3_1	NO	165.67706	-21.76399
	2	24_1	SSO	165.67323	-21.76348
	3	11_2	O-S-E	165.66935	-21.76751
F	1	66_1	E	165.66706	-21.77863
	2	11_3	E	165.66836	-21.77335
	3	68_1	SE	165.67224	-21.77570
G	1	12_1	S	165.69064	-21.75929
	2	36_1	SSO	165.69191	-21.77047
	3	4_3	SSE	165.69490	-21.77243
	4	49_1	NE	165.70120	-21.76970
H	1	49_2	NO	165.71794	-21.78886
	2	27_1	NO	165.70823	-21.78978
	3	49_3	N	165.70980	-21.78026
	4	89_1	SSO	165.71051	-21.77458
I	1	93_1	NE	165.69831	-21.79531
	2	26_1	NNE	165.69987	-21.79130
	3	37_1	SSO	165.69803	-21.78865
	4	93_2	OSO	165.69525	-21.79353
J	1	53_1	NE	165.69312	-21.79001
	2	25_1	NO	165.69799	-21.78575
	3	68_2	OSO	165.69187	-21.78067
	4	93_3	SO	165.68794	-21.78600

Circuit	Station		Cap	Long	Lat
K	1	4_1	O	165.76225	-21.76626
	2	4_2	NO	165.75707	-21.76496
	3	14_1	S	165.75288	-21.76505
	4	19_1	O	165.75752	-21.77914
L	1	103_1	E	165.76011	-21.80810
	2	62_1	NO-NE-SE	165.76372	-21.80725
	3	44_1	NO	165.76660	-21.80641
	4	51_1	NNO	165.76384	-21.80441
	5	50_1	SSE	165.76074	-21.80211
M	1	59_1	N	165.77462	-21.82384
	2	28_1	SO	165.77238	-21.81697
	3	71_1	SSO	165.76797	-21.82271
	4	54_1	E	165.76679	-21.82784
N	1	14_2	O	165.79011	-21.79623
	2	23_1	S	165.78124	-21.81711
	3	38_1	NNE	165.78192	-21.82091
O	1	17_1	E	165.82339	-21.84148
	2	4_4	SE	165.82196	-21.83432
	3	4_5	SSE	165.82890	-21.83877
P	1	20_1	E-NE-NO	165.81073	-21.82849
	2	16_1	O-SO-S	165.81076	-21.82666
	3	1_1	ESE	165.79730	-21.82466
	4	16_2	NO	165.80145	-21.82510
Q	1	9_1	E	165.79464	-21.81833
	2	5_1	E	165.79879	-21.81716
R	1	25_2	NO	165.69820	-21.78049
	2	49_4	OSO	165.70156	-21.77750
	3	53_2	S	165.70255	-21.78062
S	1	44_2	NO	165.77534	-21.81303
	2	28_2	S	165.76892	-21.80995
	3	54_2	S	165.76785	-21.81341
	4	28_3	NE	165.77009	-21.81506
T	1	16_3	NE	165.80070	-21.82236
	2	5_2	ESE	165.80499	-21.81980
	3	16_4	S	165.80647	-21.82348
	4	9_2	N	165.80302	-21.82648

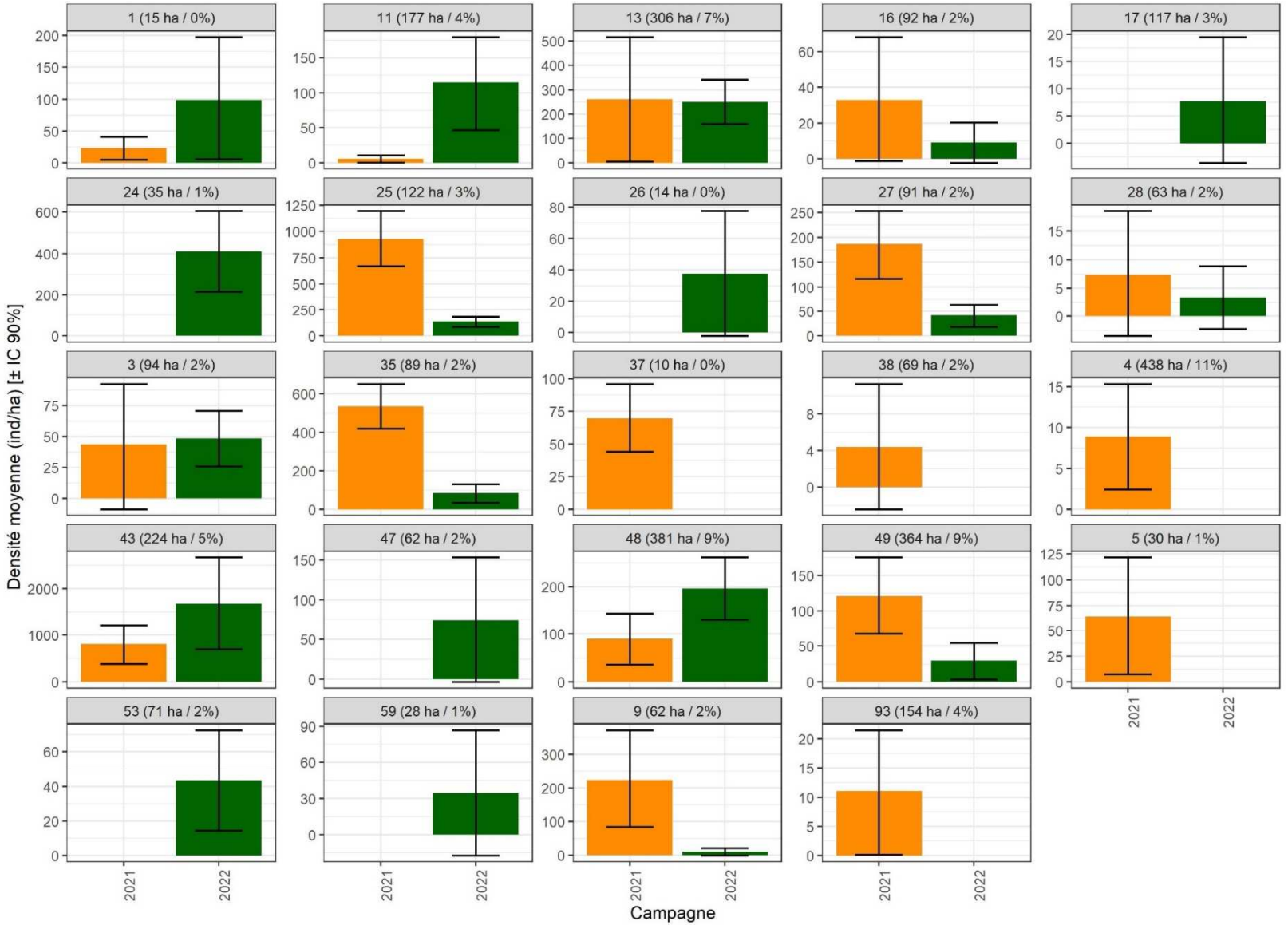
Annexe 4 : Bilan de la méthode utilisée depuis l'acquisition des données in situ jusqu'au calcul des biomasses (issu de (Gilbert et al., 2022). Dans ce travail, seul l'espèce H. scabra a été considérée



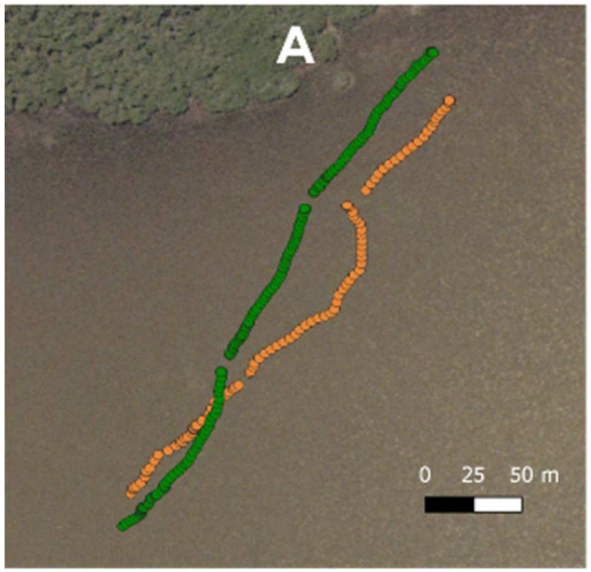
Annexe 5 : Détail de l'effort d'échantillonnage fourni par habitat en 2021 et 2022. Le trait horizontal rouge correspond au seuil de 5 trsct/km².

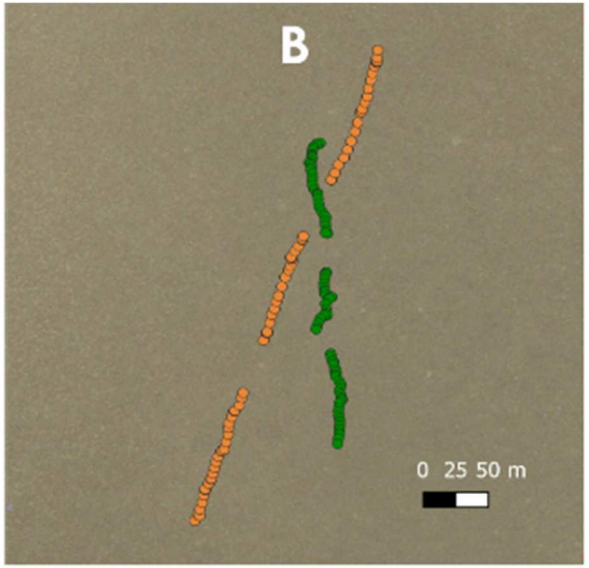
Habitat		Nombre de polygones	Surface totale (ha)	Effort 2021	Effort 2022
Platier récifal	**23**	1	17,7		
	89	2	97,2		6,2
Platier récifal (herbier diffus)	**74**	1	4,6	2,3	87,1
Terrasse peu profonde	**59**	3	27,8		21,6
Terrasse peu profonde (constructions coralliennes)	**68**	2	283,9		7
	71	2	45,4	13,2	13,2
	93	4	292,1	3,9	5,2
Terrasse peu profonde (herbier dense)	**3**	42	90,2	1,4	8,5
	4	14	437,6	7,2	6,4
	5	5	30,5	32,8	26,3
	24	4	35,0		17,2
	25	1	121,6	9,9	14,8
	26	1	13,6		59
	27	2	90,8	6,6	6,6
	28	2	62,6	9,6	28,7
Terrasse peu profonde (herbier diffus)	**13**	7	306,2	1,9	5,9
	14	7	225,5	3,7	5,3
	16	3	91,5	12	30,6
	17	2	117,3	6,1	5,1
	20	1	51,0		
	48	3	381,1	6	6,3
	49	3	363,8	3,3	4,9
	50	3	28,4	7	14,1
	51	2	14,7	54,5	27,3
	53	7	70,8	1,4	19,8
	54	3	53,9	7,4	22,3
Terrasse peu profonde (herbier et sable)	**46**	1	99,9	2	6
	47	1	61,6		9,7
Terrasse peu profonde (herbier moyen)	**9**	2	62,4	16	22,4
	11	3	176,9	17	13,6
	12	4	74,0	2,7	8,1
	35	1	88,8	4,5	6,8
	36	1	39,6	15,2	15,2
	37	1	10,0	59,9	40
	38	2	69,5	14,4	17,3
	43	4	223,7	9,4	5,4
	44	4	19,4		41,3
Terrasse peu profonde (sable terrigène)	**1**	1	15,2	39,6	26,4
Terrasse peu profonde (sable, débris)	**62**	1	3,8		52,9
	66	1	93,3	2,1	6,4
Terrasse profonde	**103**	2	38,1		10,5

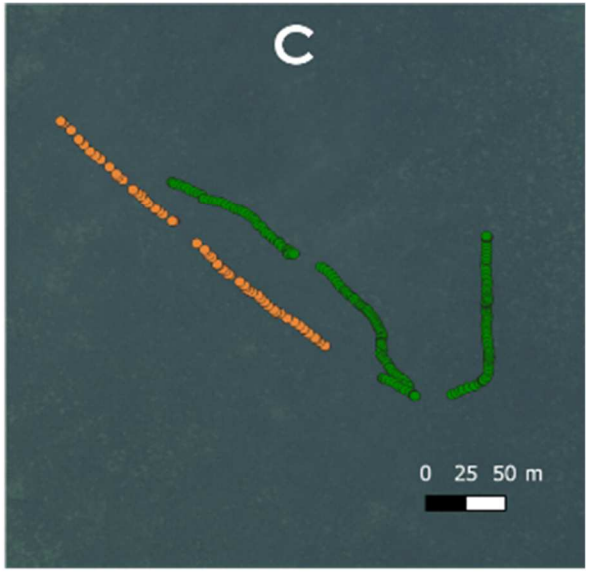
Annexe 6 : Densités moyennes de *H. scabra* par habitat (± IC 90%) en 2021 et 2022 pour les 24 habitats ayant présenté des densités non nulles en 2021 et/ou 2022. La surface absolue et relative de chaque habitat est donnée entre parenthèses

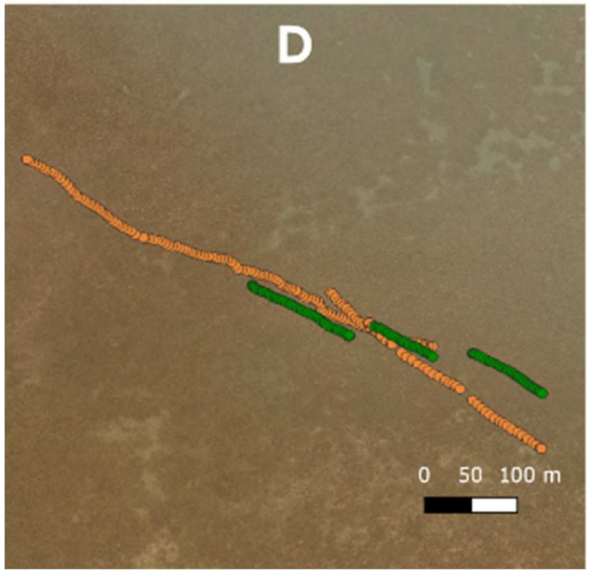


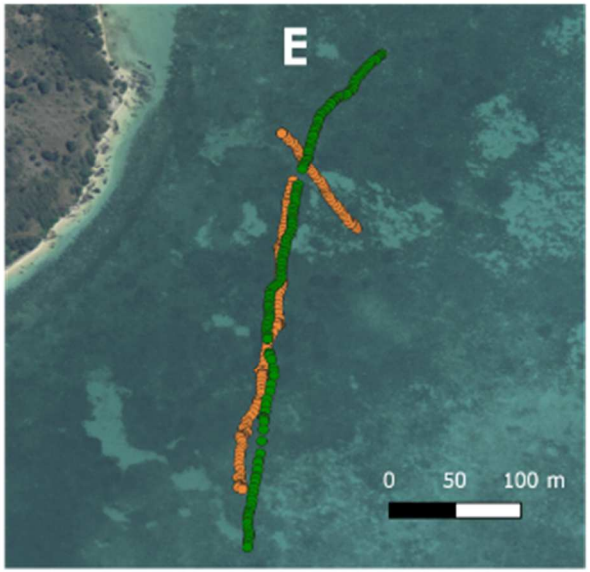
Annexe 7 : Plans des groupes de stations spatialement cohérents pour une comparaison des densités entre 2021 et 2022

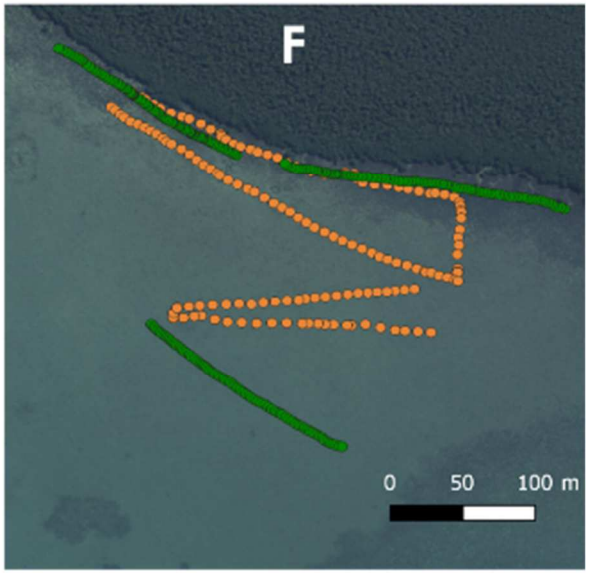


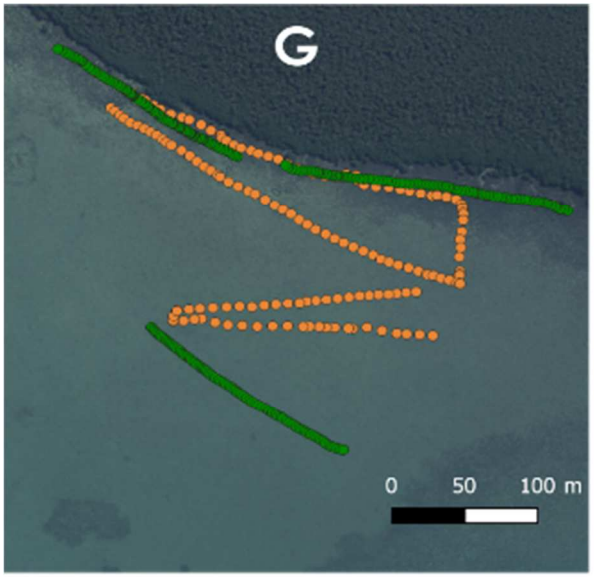


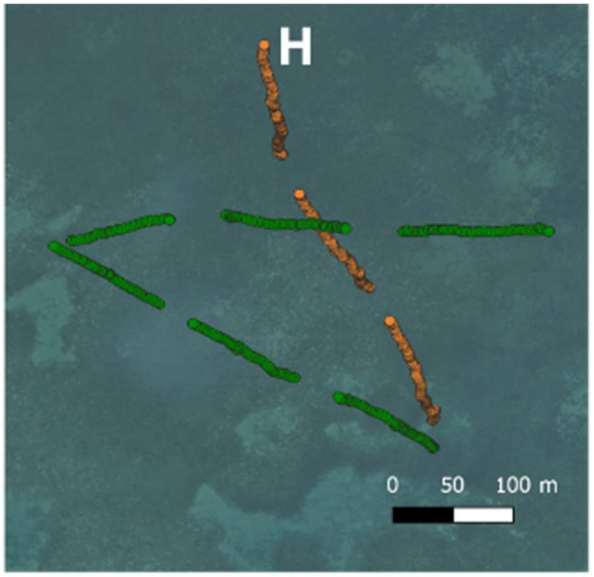


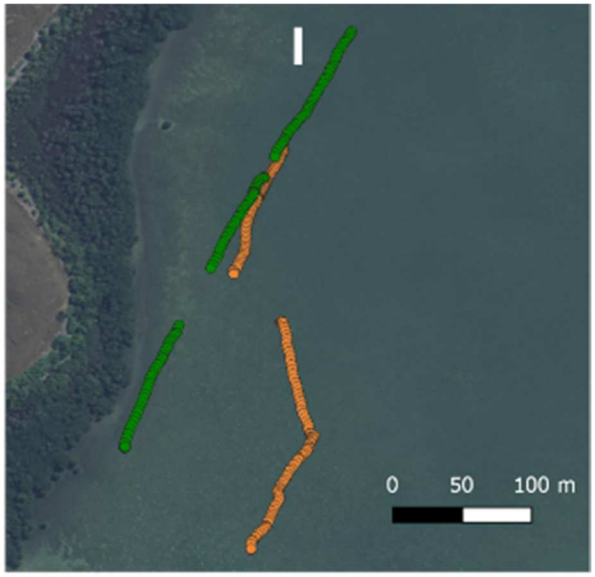


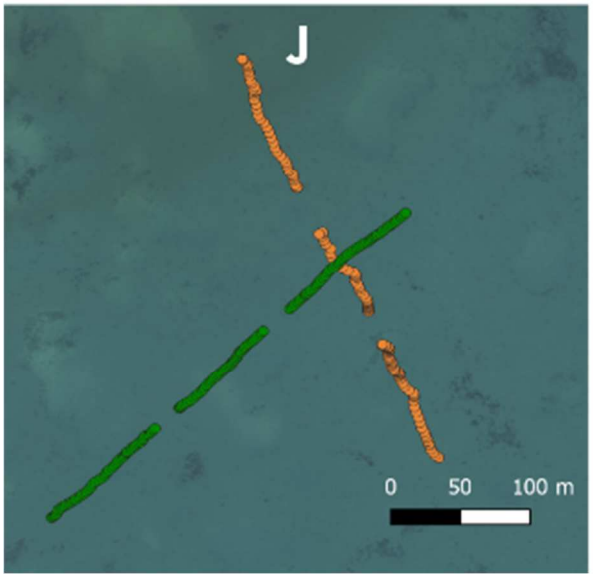


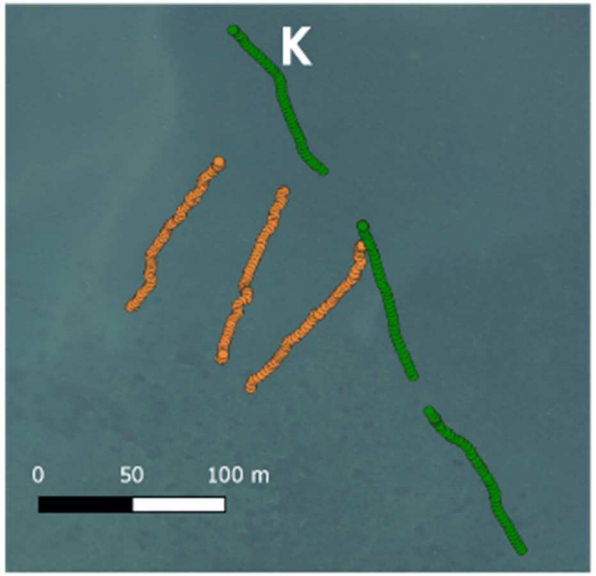


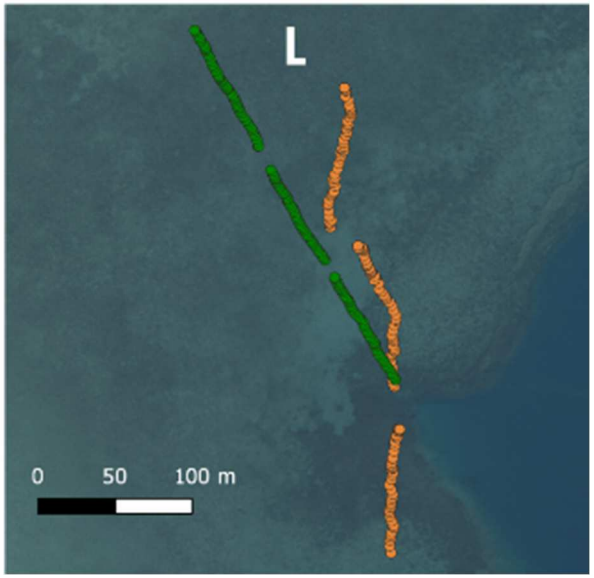

G
0 50 100 m

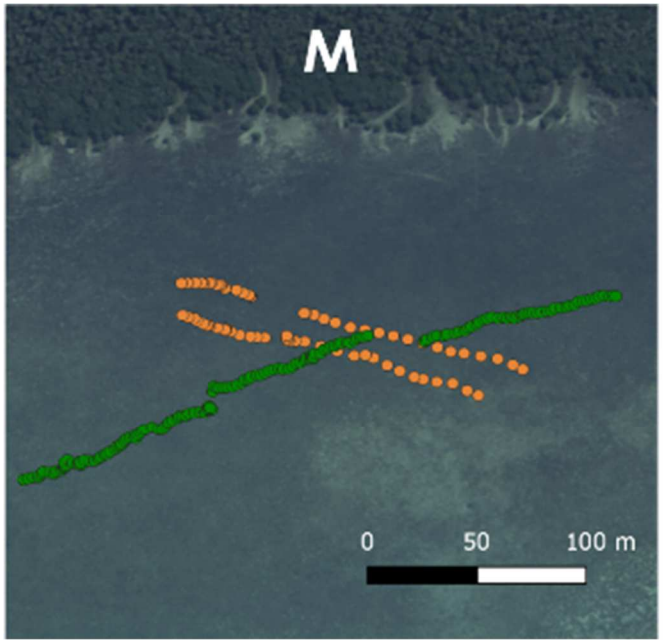

H
0 50 100 m

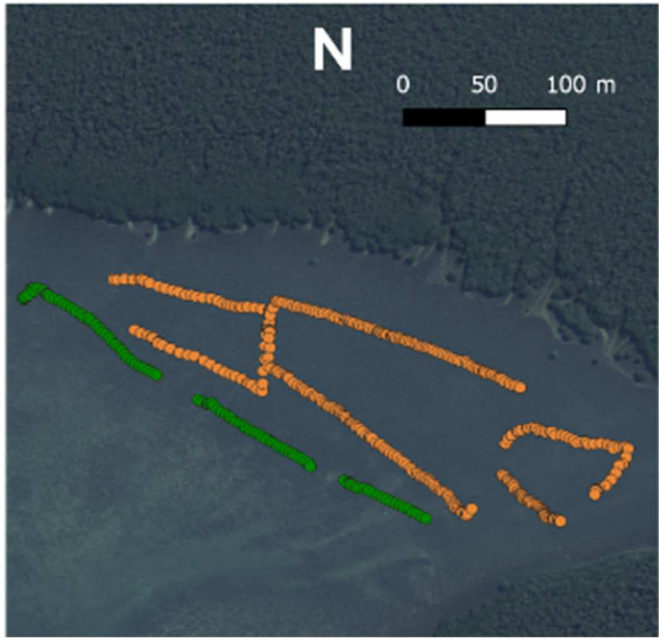

I
0 50 100 m


J
0 50 100 m


K
0 50 100 m


L
0 50 100 m


M
0
50
100 m


N
0
50
100 m

Annexe 8 : Détail des marées lors de la campagne de 2022 du 19 au 26 septembre

Lundi 19 septembre 2022			
	Heure	Hauteur	Coefficient
PM	00:42	0.95	---
BM	08:06	0.49	---
PM	15:36	1.08	---
BM	22:01	0.79	---

Mardi 20 septembre 2022			
	Heure	Hauteur	Coefficient
PM	02:46	0.90	---
BM	09:38	0.50	---
PM	17:00	1.12	---
BM	23:31	0.73	---

Mercredi 21 septembre 2022			
	Heure	Hauteur	Coefficient
PM	04:31	0.92	---
BM	10:54	0.47	---
PM	17:57	1.19	---
---	--:--	---	---

Jeudi 22 septembre 2022			
	Heure	Hauteur	Coefficient
BM	00:21	0.66	---
PM	05:41	0.99	---
BM	11:50	0.41	---
PM	18:37	1.26	---

Vendredi 23 septembre 2022			
	Heure	Hauteur	Coefficient
BM	00:55	0.58	---
PM	06:29	1.07	---
BM	12:34	0.36	---
PM	19:10	1.32	---

Samedi 24 septembre 2022			
	Heure	Hauteur	Coefficient
BM	01:24	0.49	---
PM	07:08	1.15	---
BM	13:11	0.32	---
PM	19:38	1.37	---

Dimanche 25 septembre 2022			
	Heure	Hauteur	Coefficient
BM	01:50	0.41	---
PM	07:44	1.23	---
BM	13:45	0.29	---
PM	20:05	1.40	---

Lundi 26 septembre 2022			
	Heure	Hauteur	Coefficient
BM	02:16	0.34	---
PM	08:18	1.29	---
BM	14:18	0.28	---
PM	20:32	1.42	---

Mardi 27 septembre 2022			
	Heure	Hauteur	Coefficient
BM	02:42	0.27	---
PM	08:52	1.34	---
BM	14:52	0.30	---
PM	21:00	1.40	---

Annexe 9 : Tableau bilan des résultats sur l'évolution des densités (en ind/ha), des longueurs (en cm) et des biomasses (en t), à l'échelle de l'habitat et de la station.

	Échelle de l'habitat				Échelle de la station/transect				
	Habitat	Évolution de la densité entre 2021 et 2022	Évolution de la longueur entre 2021 et 2022	Évolution de la biomasse totale entre 2021 et 2022	Groupe	% transect 2021	% transect 2022	Évolution de la densité entre 2021 et 2022	Évolution de la longueur entre 2021 et 2022
Nord	11	↗*	↗**	5,4	D	40%	25%	↗NS	↗NS
					G	40%	25%	0	0
	13	↘NS	↗*	0,7					
	24	2022 seulement	2022 seulement						
	35	↘**	↘NS	-10	C	100%	100%	↘**	↘NS
	43	↗NS	↘NS	52	A	25%	50%	↗NS	↘NS
	47	2022 seulement	2022 seulement						
	48	↗0,050209	↘***	11,5	B	25%	25%	↗*	↘NS
Sud	1	↗NS	↘NS	0,3					
	4	↘*	2021 seulement		K	19%	21%	0	0
	5	↘NS	2021 seulement		N	90%	75%	↘NS	2021 seulement
	9	↘0,050282	↘NS	-3,3	M	60%	43%	↘*	↘NS
	16	↘NS	↗NS	-0,6	F	55%	21%	0	0
	17	↗NS	2022 seulement						
	25	↘***	↗*	-24	H	50%	67%	↘**	↗***
	26	2022 seulement	2022 seulement						
	27	↘*	↗**	-3,3					
	28	↘NS	↘ (pas de test)	=					
	37	↘**	2021 seulement						
	38	↘NS	2021 seulement		L	60%	50%	↘NS	2021 seulement
	49	↘*	↗NS	-8,1	J	50%	33%	↘*	2021 seulement
	53	↘*	2022 seulement						
	59	2022 seulement	2022 seulement						
	93	↘NS	2021 seulement						
Nord et Sud	3	↗NS	↘NS	-0,2					