Aqua Terra

Bureau d'études en environnement

Ingénierie de l'Environnement et de la Réhabilitation

PRONY Resources
New Caledonia

SUIVI DE L'ETAT DES PEUPLEMENTS RECIFAUX ET ORGANISMES ASSOCIES EN BAIE DE PRONY ET CANAL DE LA HAVANNAH



SARL AQUA TERRA - Capital : 1 000 000 XPF
Adresse postale : BP 15559 - 98804 Nouméa - Adresse bureau : Immeuble Auer, 22 rue Auer à Ducos
Tél : (687) 23 33 22 - Tél. / Fax : (687) 43 05 32
RIDET : 813725.001 RIB : BCI 17499 00010 20200002012 39
Courriel : aquaterra@aquaterra-nc.com

Caractéristiques du dossier :

Référence du document		Rap 034-21_Ver01
Référence du contrat		PO n°L36942 / 0001 du 19/03/2021
Numéro de l'affaire		034-21
Client		Prony Resources NC
Commune		Mont Dore
Coordonnées (RGNC91-93 Lambert)	**X**	493 040
	Y	206 425
Mots clés		projet Goro Nickel, ichtyologie, communautés récifales, biocénoses marines, suivis environnementaux, mine, port, LIT

Suivi des modifications :

N° de version	Transmis à	Action / Etat	Date
00	AQUA TERRA	En interne : pour relecture pour contrôle qualité	Novembre - décembre 2021
	Experts partenaires	Rapport remis (format électronique) : version préliminaire (draft) pour relecture du fond	
01	Prony Resources NC	Rapport remis au Client (format électronique)	27/01/2022
01	VALE NC	Rapport final remis au Client (1 CDRom)	

Les responsables du suivi des modifications sont :

Maître d'Ouvrage	(Vale NC)
Entreprise	(AQUA TERRA)

N° Document	Émis le	Par	Approuvé par	Le
Rap 034-21_V01	27/01/2022	AQUA TERRA		

Dans un souci constant de préserver l'environnement, nos rapports sont imprimés sur du papier certifié PEFC, en recto-verso et nos toners sont éliminés via une filière agréée.

Equipe de travail

Le Mandataire pour cette étude est la SARL AQUA TERRA, avec l'aide d'experts scientifiques.

Les principaux intervenants étaient donc :

Pour AQUA TERRA :

gérante de la société (Ingénierie de l'environnement et de la réhabilitation), ingénieur biologiste (DEA Océanographie biologique, Paris VI). Grande expérience en gestion de l'environnement et notamment à travers des campagnes d'échantillonnage sous-marin. A réalisé de nombreuses missions dans le cadre du suivi des communautés coralliennes pour l'usine du Sud, depuis 2005. Plongeur niveau III.

Pour cette étude : responsable logistique et technique ; échantillonnage du substrat (LIT) et traitement/analyses des résultats liés, photographie sous-marine ; synthèse des données, rédaction des rapports.

Pour ACREM :

professeur émérite des Universités à l'Université de Nouvelle Calédonie, biologiste marin, intervenant pour l'ACREM.

A participé à de nombreuses campagnes d'échantillonnage du milieu marin et notamment dans cette zone et pour l'usine du Sud. Plongeur niveau III.

Pour cette étude : inventaire des communautés ichtyologiques et traitements/analyses des résultats liés ; enregistrements vidéo (films).

Pour BIOCENOSE MARINE :

gérant de la société (Etude environnementale marine), master recherche en Environnement Océanographique Littoral et Hauturier (Bordeaux I). Compétences reconnues pour la taxonomie corallienne et l'inventaire des biocénoses benthiques marines, ainsi que la description géomorphologique et environnementale de site sous marin. Plongeur niveau III, CAH IIB, Nitrox et TDI (recycleur).

Pour cette étude : inventaire des communautés benthiques et particulièrement des coraux, ainsi que l'analyse des résultats liés ; description des habitats ; atlas photographique (photographies *in situ*).

Personne physique :

Pilote, sécurité surface, « installateur » des rubans métrés, gonfleur des blocs.

Table des Matières

EQUIPE DE TRAVAIL 3
TABLE DES MATIERES 4
LISTE DES CARTES 7
LISTE DES FIGURES 8
LISTE DES PHOTOGRAPHIES 10
LISTE DES TABLEAUX 11
1 PREAMBULE 15
2 OBJECTIF DE L'ETUDE 16
3 METHODOLOGIE 17
3.1 ZONE D'ETUDE 17
3.1.1 Contexte général 17
3.1.2 Présentation des stations 17
3.1.2.1 Les stations 17
3.1.2.2 Les transects 19
3.2 LES TRAVAUX D'ECHANTILLONNAGE 20
3.2.1 Vérification des stations 20
3.2.1.1 Positionnement 20
3.2.1.2 Matérialisation 20
3.2.1.2.1 Organisation « matérielle » 20
3.2.1.2.2 Organisation « temporelle » 20
3.2.2 Protocole pour l'étude du substrat 21
3.2.3 Protocole pour l'étude du benthos 21
3.2.4 Protocole pour l'étude des poissons 24
3.3 PERIODE D'ECHANTILLONNAGE 25
3.4 LE TRAITEMENT DES DONNEES 26
3.4.1 Pour le substrat 26
3.4.2 Pour le benthos 27
3.4.3 Pour les poissons 29
4 RESULTATS BRUTS PAR STATION 34
4.1 STATION 01 = CASY 34
4.1.1 Le substrat (ST01) 38
4.1.2 Le benthos (ST01) 39
4.1.2.1 Benthos Transect 01 A 40
4.1.2.2 Benthos Transect 01 B 41
4.1.3 Les poissons (ST01) 42
4.2 STATION 02 = CREEK BAIE NORD 47
4.2.1 Le substrat (ST02) 51
4.2.2 Le benthos (ST02) 52
4.2.2.1 Benthos Transect 02 A 53
4.2.2.2 Benthos Transect 02 B 54
4.2.3 Les poissons (ST02) 55
4.3 STATION 03 = PORT 60
4.3.1 Le substrat (ST03) 65
4.3.2 Le benthos (ST03) 66
4.3.2.1 Benthos Transect 03 A 67
4.3.2.2 Benthos Transect 03 B 68
4.3.2.3 Benthos Transect 03 C 69
4.3.3 Les poissons (ST03) 70
4.4 STATION 04 = WOODIN 75
4.4.1 Le substrat (ST04) 79
4.4.2 Le benthos (ST04) 80
4.4.2.1 Benthos Transect 04 A 81
4.4.2.2 Benthos Transect 04 B 82
4.4.2.3 Benthos Transect 04 C 83
4.4.3 Les poissons (ST04) 84
4.5 STATION 05 = RECIF IORO 90
4.5.1 Le substrat (ST05) 94
4.5.2 Le benthos (ST05) 95
4.5.2.1 Benthos Transect 05 A 96
4.5.2.2 Benthos Transect 05 B 97
4.5.2.3 Benthos Transect 05 C 98

4.5.3 Les poissons (ST05) *99*
4.6 STATION 06 = BANC IONONTEA 105
4.6.1 Le substrat (ST06) *109*
4.6.2 Le benthos (ST06) *110*
4.6.2.1 Benthos Transect 06 A 111
4.6.2.2 Benthos Transect 06 B 112
4.6.2.3 Benthos Transect 06 C 113
4.6.3 Les poissons (ST06) *114*
4.7 STATION 07 = BASSE CHAMBEYRON 121
4.7.1 Le substrat (ST07) *125*
4.7.2 Le benthos (ST07) *126*
4.7.2.1 Benthos Transect 07 A 127
4.7.2.2 Benthos Transect 07 B 128
4.7.2.3 Benthos Transect 07 C 129
4.7.3 Les poissons (ST07) *130*
4.8 STATION 08 = POINTE PUKA 136
4.8.1 Le substrat (ST08) *140*
4.8.2 Le benthos (ST08) *141*
4.8.2.1 Benthos Transect 08 A 142
4.8.2.2 Benthos Transect 08 B 143
4.8.3 Les poissons (ST08) *144*
4.9 STATION 09 = BANCS KIE 150
4.9.1 Le substrat (ST09) *154*
4.9.2 Le benthos (ST09) *155*
4.9.2.1 Benthos Transect 09 A 156
4.9.2.2 Benthos Transect 09 B 157
4.9.2.3 Benthos Transect 09 C 158
4.9.3 Les poissons (ST09) *159*
4.10 STATION 10 = ILOT KIE 164
4.10.1 Le substrat (ST10) *168*
4.10.2 Le benthos (ST10) *169*
4.10.2.1 Benthos Transect 10 A 170
4.10.2.2 Benthos Transect 10 B 171
4.10.2.3 Benthos Transect 10 C 172
4.10.3 Les poissons (ST10) *173*
4.11 STATION 11 = RECIF TOEMO 179
4.11.1 Le substrat (ST11) *183*
4.11.2 Le benthos (ST11) *184*
4.11.2.1 Benthos Transect 11 A 185
4.11.2.2 Benthos Transect 11 B 186
4.11.2.3 Benthos Transect 11 C 187
4.11.3 Les poissons (ST11) *188*
4.12 STATION 12 = ILOT UGO 195
4.12.1 Le substrat (ST12) *199*
4.12.2 Le benthos (ST12) *200*
4.12.2.1 Benthos Transect 12 A 201
4.12.2.2 Benthos Transect 12 B 202
4.12.3 Les poissons (ST12) *203*
5 RESULTATS GENERAUX / SYNTHESE ***208***
5.1 SUBSTRAT 208
5.2 BENTHOS 210
5.2.1 Biodiversité du benthos : généralités *210*
5.2.1.1 Les contraintes en termes de potentiel « indicateur » et « réactivité » 210
5.2.1.2 Les contraintes naturelles de la zone d'étude 211
5.2.1.3 Les contraintes anthropiques de la zone d'étude 212
5.2.2 Répartition des 4 groupes biotiques par transect *212*
5.2.3 Composition spécifique par site *213*
5.2.3.1 Assemblage spécifique du benthos dans le canal de la Havannah 213
5.2.3.2 Assemblage spécifique du benthos dans le canal Woodin 214
5.2.3.3 Assemblage spécifique du benthos dans la baie de Prony 215
5.2.4 Répartition spatiale de la diversité benthique *215*
5.2.4.1 La biodiversité des invertébrés 215
5.2.4.2 La biodiversité des macrophytes 216
5.3 ICHTYOLOGIE 218

5.4 ESPECES EXOGENES / ESPECES INVASIVES / ENVAHISSANTES 220
5.4.1 Définitions *220*
5.4.2 Espèces exogènes / invasives *220*
5.4.3 Espèces envahissantes *221*
5.4.3.1 Les macroalgues 221
5.4.3.2 Les corallivores 221
6 COMPARAISON AVEC LES DONNEES HISTORIQUES 224
6.1 SUBSTRAT 224
6.2 BENTHOS 227
6.2.1 Variation de la biodiversité α dans le temps *227*
6.2.1.1 Pour les invertébrés 228
6.2.1.1.1 Généralités 228
6.2.1.1.2 Depuis la dernière mission 229
6.2.1.1.3 Depuis le début 229
6.2.1.2 Pour les macrophytes 234
6.2.1.2.1 Généralités 234
6.2.1.2.2 Depuis le début 235
6.2.2 Indicateurs de l'état de santé des récifs de la zone d'étude *240*
6.2.2.1 Le blanchissement des coraux 240
6.2.2.2 Les maladies et les lésions coralliennes 244
6.2.2.2.1 Les maladies ou lésions les plus fréquemment rencontrées dans la zone d'étude 244
6.2.2.2.2 Les lésions rencontrées de manière épisodique dans la zone d'étude 250
6.2.2.3 Les principales espèces concurrentes 250
6.2.2.3.1 Les cyanobactéries 252
6.2.2.3.2 Les algues 253
6.2.2.3.3 Les éponges encroûtantes 256
6.2.2.3.4 Les astéries corallivores 258
6.2.2.3.5 Les mollusques corallivores 259
6.2.3 Evolution globale des stations par rapport à la mission précédente *261*
6.3 ICHTYOLOGIE 272
6.3.1 Test paramétrique par analyse des variances (ANOVAR) *272*
6.3.1.1 Variance temporelle : comparaison entre les missions 273
6.3.1.1.1 En baie de Prony 274
6.3.1.1.2 Dans le canal de la Havannah / Woodin 275
6.3.1.2 Variance spatiale : comparaison entre les stations 280
6.3.1.2.1 En baie de Prony 280
6.3.1.2.2 Dans le canal de la Havannah / Woodin 281
6.3.1.3 Les structures de peuplement – Présence / absence des espèces 282
6.3.2 Test non paramétrique *284*
6.3.3 Indice Annuel par Station (IAS) et Indice Global de mission (IGm) *285*
6.3.4 Résumé *286*
6.3.4.1 Synopsis des résultats par station 286
6.3.4.2 Synopsis des résultats par mission 287
6.3.4.3 Le peuplement de poissons 287
7 SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE 289
7.1 SYNTHESE DES EVENEMENTS CLIMATOLOGIQUES SUR LA PERIODE D'ETUDE 290
7.1.1 Les événements météorologiques marquants par année *290*
7.1.1.1 2011 291
7.1.1.2 2013 291
7.1.1.3 2015 291
7.1.1.4 2016 293
7.1.1.5 2017 295
7.1.1.1 2018 296
7.1.1.2 2019 297
7.1.1.3 2020 297
7.1.1.4 2021 298
7.1.2 Le phénomène ENSO *300*
7.1.2.1 Généralités 300
7.1.2.2 El Niño 302
7.1.2.3 La Niña 303
7.2 CONTEXTE REGLEMENTAIRE 305
7.2.1 Liste rouge UICN *305*
7.2.2 Code de l'Environnement de la Province Sud *306*
7.2.2.1 Ecosystèmes patrimoniaux 306
7.2.2.2 Espèces endémiques, rares ou menacées 308

7.2.2.3 Espèces protégées 309
7.2.2.4 Espèces exotiques envahissantes 309
8 CONCLUSION 311
8.1 LE SUBSTRAT 311
8.2 LES COMMUNAUTES BENTHIQUES 312
8.2.1 Etat général 312
8.2.1.1 Les coraux 312
8.2.1.2 Les invertébrés 312
8.2.1.3 Les macrophytes 313
8.2.1.4 Les espèces exogènes 314
8.2.2 Les perturbations 314
8.2.3 Synthèse 317
8.3 LES POPULATIONS ICHTYOLOGIQUES 320
8.3.1 Résultats 320
8.3.2 Discussion 322
8.3.3 Conclusion 323
9 DISCUSSION 325
9.1 AMELIORATIONS PROPRES A CE SUIVI 325
9.2 AMELIORATIONS AU CAHIER DES CHARGES 326
9.3 SUGGESTIONS AU NIVEAU PROVINCIAL OU TERRITORIAL 330
9.4 SUGGESTIONS AU NIVEAU DES ACTIVITES ANTHROPIQUES 330
10 SOURCES 331
A N N E X E S 342
ANNEXE N°01 343
METHODOLOGIE GENERALE D'ECHANTILLONNAGE DES COMMUNAUTES RECIFALES 343
ANNEXE N°02 346
CARACTERISTIQUES TERRAIN DE LA CAMPAGNE D'ECHANTILLONNAGE DE NOVEMBRE 2021 346
ANNEXE N°03 347
RESULTATS BRUTS DE L'ECHANTILLONNAGE LIT DE NOVEMBRE 2021 347
ANNEXE N°04 348
RESULTATS BRUTS DE L'ECHANTILLONNAGE DU BENTHOS DE NOVEMBRE 2021 348
ANNEXE N°05 355
NOMENCLATURE UICN 355

Liste des Cartes

Carte 01 : Localisation des stations sur carte topographique 17
Carte 02 : Localisation des stations sur photographie aérienne 18
Carte 03 : Localisation de la station 01 (Casy) 36
Carte 04 : Localisation de la station 02 (Creek baie nord) 49
Carte 05 : Localisation de la station 03 (Port) 63
Carte 06 : Localisation de la station 04 (Woodin) 77
Carte 07 : Localisation de la station 05 (Ioro) 92
Carte 08 : Localisation de la station 06 (Ionontea) 107
Carte 09 : Localisation de la station 07 (Basse Chambeyron) 123
Carte 10 : Localisation de la station 08 (Pointe Puka) 138
Carte 11 : Localisation de la station 09 (Bancs Kié) 152
Carte 12 : Localisation de la station 10 (Ilot Kié) 166
Carte 13 : Localisation de la station 11 (Toémo) 181
Carte 14 : Localisation de la station 12 (Ilot Ugo) 197
Carte 15 : Résultats généraux : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station de la baie de Prony – canal Woodin 222
Carte 16 : Résultats généraux : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station pour le canal de la Havannah 223

Liste des Figures

Figure 01 : Schéma théorique d'une station composée de 3 transects (A, B, C), de 20 m de long 19
Figure 02 : Diagramme schématique d'un transect 21
Figure 03 : Comptage visuel des poissons : méthode des transects à largeur variable 24
Figure 04 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01A 38
Figure 05 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01B 38
Figure 06 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST01) 39
Figure 07 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST01) 44
Figure 08 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01) 46
Figure 09 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01) 46
Figure 10 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02A 51
Figure 11 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02B 51
Figure 12 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST02) 52
Figure 13 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST02) 56
Figure 14 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02) 59
Figure 15 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02) 59
Figure 16 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03A 65
Figure 17 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03B 65
Figure 18 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C 65
Figure 19 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST03) 66
Figure 20 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST03) 72
Figure 21 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03) 74
Figure 22 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03) 74
Figure 23 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04A 79
Figure 24 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04B 79
Figure 25 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04C 79
Figure 26 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST04) 80
Figure 27 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST04) 87
Figure 28 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04) 89
Figure 29 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04) 89
Figure 30 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05A 94
Figure 31 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05B 94
Figure 32 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05C 94
Figure 33 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST05) 95
Figure 34 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST05) 101
Figure 35 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05) 104
Figure 36 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05) 104
Figure 37 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06A 109
Figure 38 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06B 109
Figure 39 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06C 109
Figure 40 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST06) 110
Figure 41 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST06) 117
Figure 42 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06) 120
Figure 43 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06) 120
Figure 44 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07A 125
Figure 45 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07B 125
Figure 46 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07C 125
Figure 47 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux

durs) (ST07) *126*
Figure 48 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST07) *133*
Figure 49 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07) *135*
Figure 50 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07) *135*
Figure 51 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08A *140*
Figure 52 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08B *140*
Figure 53 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST08) *141*
Figure 54 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST08) *146*
Figure 55 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08) *149*
Figure 56 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08) *149*
Figure 57 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09A *154*
Figure 58 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09B *154*
Figure 59 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09C *154*
Figure 60 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST09) *155*
Figure 61 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST09) *161*
Figure 62 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09) *163*
Figure 63 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09) *163*
Figure 64 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST10A *168*
Figure 65 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST10B *168*
Figure 66 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST10C *168*
Figure 67 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST10) *169*
Figure 68 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST10) *176*
Figure 69 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST10) *178*
Figure 70 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST10) *178*
Figure 71 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11A *183*
Figure 72 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11B *183*
Figure 73 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11C *183*
Figure 74 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST11) *184*
Figure 75 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST11) *191*
Figure 76 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11) *194*
Figure 77 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11) *194*
Figure 78 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12A *199*
Figure 79 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12B *199*
Figure 80 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST12) *200*
Figure 81 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST12) *205*
Figure 82 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12) *207*
Figure 83 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12) *207*
Figure 84 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat partie biotique/abiotique *208*
Figure 85 : Richesse taxonomique du benthos dans 2 groupes clés *213*
Figure 86 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal de la Havannah *214*
Figure 87 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal Woodin *214*
Figure 88 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour la baie de Prony *215*
Figure 89 : Assemblage des invertébrés (hors coraux durs) et des macrophytes par groupe pour les trois sites *216*
Figure 90 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques selon les groupes par station* *217*
Figure 91 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques selon les groupes par transect* *217*
Figure 92 : Richesse spécifique de l'ichtyofaune par station *219*
Figure 93 : Densité (nb ind/m²) de l'ichtyofaune par station *219*

Figure 94 : Biomasse (g/m²) de l'ichtyofaune par station 219
Figure 95 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2012 231
Figure 96 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des macrophytes depuis 2012 237
Figure 97 : Abondance semi-quantitative (1 à 5) des principales espèces cibles depuis septembre 2013 251
Figure 98 : Recouvrement du corail blanchi, par transect, depuis 2012 262
Figure 99 : Richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs), par transect, depuis 2012 263
Figure 100 : Richesse spécifique des macrophytes, par transect, depuis 2012 263
Figure 101 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par campagne et station (baie de Prony) 274
Figure 102 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par campagne et station (canal de la Havannah / Woodin) 275
Figure 103 : Synopsis des valeurs moyennes de Densités ichtyologiques depuis 2007 276
Figure 104 : Synopsis des valeurs moyennes de Biomasses ichtyologiques depuis 2007 277
Figure 105 : Synopsis des valeurs moyennes de Biodiversités 1 ichtyologiques depuis 2007 278
Figure 106 : Synopsis des valeurs moyennes de Biodiversités 3 ichtyologiques depuis 2007 279
Figure 107 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par station et campagne (baie de Prony) 280
Figure 108 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par station et campagne (canal de la Havannah / Woodin) 281
Figure 109 : Représentation de la variabilité relative des peuplements ichtyologiques des stations 283
Figure 110 : Positionnement de chaque station par rapport à la moyenne 287
Figure 111 : Positionnement de chaque mission par rapport à la moyenne 287
Figure 112 : Météorologie dans la zone d'étude (mars 2015) 293
Figure 113 : Trajectoire du cyclone Winston (février 2016) 294
Figure 114 : Cartes des anomalies de température de surface de la mer dans le Pacifique, début 2016 295
Figure 115 : Trajectoire des cyclones Cook et Donna (début 2017) 296
Figure 116 : Trajectoire de la DTF Lucas et cu CTTI Niran (début 2021) 299
Figure 117 : Carte de vigilance du 04/05/21 à 12h13 300
Figure 118 : Carte des bilans pluviométriques du 04/05/2021 300
Figure 119 : Variation de l'anomalie de la température moyenne de la surface de la mer 1980-2016 302
Figure 120 : Schéma d'une phase La Niña 303
Figure 121 : Anomalies de températures de surface de la mer (9 et 15/11/ 2017) 303
Figure 122 : Variation de l'anomalie moyenne de la température à la surface de la mer (2019-2020) 304
Figure 123 : Variation de l'anomalie moyenne de la température à la surface de la mer (12/2021) 304
Figure 124 : Ecarts des valeurs obtenues en novembre 2021 à chaque station, avec la moyenne depuis 2007 (Ichtyologie) 321
Figure 125 : Ecarts des valeurs obtenues en octobre 2020 et mai 2021 à chaque station, avec la moyenne depuis 2007 (Ichtyologie) 321
Figure 126 : Ecarts par mission des résultats ichtyologiques en novembre 2021 de l'ensemble des stations, avec la moyenne depuis 2007 (Ichtyologie) 322
Figure 127 : Exemple de schéma descriptif d'une station 326
Figure 128 : Classification de la liste rouge UICN 355

Liste des Photographies

Photographie 01 : Différents stades de travail in situ 26
Photographie 02 : Position en surface par rapport à la pointe sud de l'îlot (ST01) 36
Photographie 03 : Vue d'ensemble des transects (ST01, présente mission) 37
Photographie 04 : Position en surface par rapport à la côte (ST02) 49
Photographie 05 : Vue d'ensemble des transects (ST02, présente mission) 50
Photographie 06 : Vue aérienne : emplacement par rapport aux structures portuaires (ST03) 62
Photographie 07 : Position en surface par rapport aux structures portuaires (ST03) 62
Photographie 08 : Position en surface par rapport à la côte (ST03) 62
Photographie 09 : Vue d'ensemble des transects (ST03, présente mission) 64
Photographie 10 : Position en surface par rapport à la côte (ST04) 77

Photographie 11 : Vue d'ensemble des transects (ST04, présente mission) 78
Photographie 12 : Position en surface par rapport au feu signal (ST05) 92
Photographie 13 : Vue d'ensemble des transects (ST05, présente mission) 93
Photographie 14 : Position en surface (ST06) 107
Photographie 15 : Vue d'ensemble des transects (ST06, présente mission) 108
Photographie 16 : Position en surface (ST07) 123
Photographie 17 : Vue d'ensemble des transects (ST07, présente mission) 124
Photographie 18 : Position en surface par rapport à la côte (ST08) 138
Photographie 19 : Vue d'ensemble des transects (ST08, présente mission) 139
Photographie 20 : Position en surface (ST09) 152
Photographie 21 : Vue d'ensemble des transects (ST09, présente mission) 153
Photographie 22 : Position en surface (ST10) 166
Photographie 23 : Vue d'ensemble des transects (ST10, présente mission) 167
Photographie 24 : Position en surface par rapport à la côte (ST11) 181
Photographie 25 : Vue d'ensemble des transects (ST11, présente mission) 182
Photographie 26 : Position en surface par rapport à la côte (ST12) 197
Photographie 27 : Vue d'ensemble des transects (ST12, présente mission) 198
Photographie 28 : Evolution du blanchissement corallien : colonie témoin du transect A de la ST04 (Woodin) 249
Photographie 29 : Station 08 : fin de transect A : 3 autres piquets formant un quadrat 325

Liste des Tableaux

Tableau 01 : Coordonnées des stations d'échantillonnage 18
Tableau 02 : Caractéristiques des transects selon les stations 19
Tableau 03 : Indices semi-quantitatifs d'abondance – cas classique 23
Tableau 04 : Indices semi-quantitatifs d'abondance – présence de grandes colonies (plusieurs m²) 23
Tableau 05 : Degré de blanchissement pour une espèce (/ 100 m²) 23
Tableau 06 : Exemple de calcul pour le recouvrement du substrat 26
Tableau 07 : Code couleur pour la comparaison temporelle de chaque transect 27
Tableau 08 : Grille de lecture des tableaux de variations de la composition du benthos 28
Tableau 09 : Lexique des abréviations des familles 30
Tableau 10 : Exemple de calcul pour « poisson » 31
Tableau 11 : Clé de calcul des Indices ichtyologiques 33
Tableau 12 : Clé de cotation des Indices ichtyologiques 33
Tableau 13 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST01A)* 40
Tableau 14 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST01B)* 41
Tableau 15 : Données sur les poissons (ST01) 42
Tableau 16 : Liste des espèces complémentaires (ST01) 42
Tableau 17 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST01) 43
Tableau 18 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST01) 44
Tableau 19 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01) 45
Tableau 20 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST02A)* 53
Tableau 21 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST02B)* 54
Tableau 22 : Données sur les poissons (ST02) 55
Tableau 23 : Liste des espèces complémentaires (ST02) 55
Tableau 24 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST02) 56
Tableau 25 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST02) 57
Tableau 26 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02) 58
Tableau 27 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST03A)* 67
Tableau 28 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST03B)* 68
Tableau 29 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST03C)* 69
Tableau 30 : Données sur les poissons (ST03) 70
Tableau 31 : Liste des espèces complémentaires (ST03) 70
Tableau 32 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST03) 71

Tableau 33 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST03) 72
Tableau 34 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03) 73
Tableau 35 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST04A) 81*
Tableau 36 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST04B) 82*
Tableau 37 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST04C) 83*
Tableau 38 : Données sur les poissons (ST04) 84
Tableau 39 : Liste des espèces complémentaires (ST04) 85
Tableau 40 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST04) 86
Tableau 41 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST04) 87
Tableau 42 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04) 88
Tableau 43 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST05A) 96*
Tableau 44 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST05B) 97*
Tableau 45 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST05C) 98*
Tableau 46 : Données sur les poissons (ST05) 99
Tableau 47 : Liste des espèces complémentaires (ST05) 100
Tableau 48 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST05) 101
Tableau 49 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST05) 102
Tableau 50 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05) 103
Tableau 51 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST06A) 111*
Tableau 52 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST06B) 112*
Tableau 53 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST06C) 113*
Tableau 54 : Données sur les poissons (ST06) 114
Tableau 55 : Liste des espèces complémentaires (ST06) 115
Tableau 56 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST06) 116
Tableau 57 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST06) 118
Tableau 58 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06) 118
Tableau 59 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST07A) 127*
Tableau 60 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST07B) 128*
Tableau 61 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST07C) 129*
Tableau 62 : Données sur les poissons (ST07) 130
Tableau 63 : Liste des espèces complémentaires (ST07) 131
Tableau 64 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST07) 132
Tableau 65 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST07) 133
Tableau 66 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07) 134
Tableau 67 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST08A) 142*
Tableau 68 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST08B) 143*
Tableau 69 : Données sur les poissons (ST08) 144
Tableau 70 : Liste des espèces complémentaires (ST08) 145
Tableau 71 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST08) 146
Tableau 72 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST08) 147
Tableau 73 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08) 148
Tableau 74 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST09A) 156*
Tableau 75 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST09B) 157*
Tableau 76 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST09C) 158*
Tableau 77 : Données sur les poissons (ST09) 159
Tableau 78 : Liste des espèces complémentaires (ST09) 160
Tableau 79 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST09) 160
Tableau 80 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST09) 161
Tableau 81 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09) 162
Tableau 82 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST10A) 170*
Tableau 83 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST10B) 171*
Tableau 84 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST10C) 172*
Tableau 85 : Données sur les poissons (ST10) 173
Tableau 86 : Liste des espèces complémentaires (ST10) 174
Tableau 87 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST10) 175

Tableau 88 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST10) 176
Tableau 89 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST10) 177
Tableau 90 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST10A) 185*
Tableau 91 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST10B) 186*
Tableau 92 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST10C) 187*
Tableau 93 : Données sur les poissons (ST11) 188
Tableau 94 : Liste des espèces complémentaires (ST11) 189
Tableau 95 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST11) 190
Tableau 96 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST11) 192
Tableau 97 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11) 192
Tableau 98 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST12A) 201*
Tableau 99 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST12B) 202*
Tableau 100 : Données sur les poissons (ST12) 203
Tableau 101 : Liste des espèces complémentaires (ST12) 204
Tableau 102 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST12) 204
Tableau 103 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST12) 205
Tableau 104 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST12) 206
Tableau 105 : Récapitulatif des paramètres biologiques pour l'ichtyofaune 218
Tableau 106 : Valeur de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2011 229
Tableau 107 : Analyse de la Variance de la biodiversité α des invertébrés (hors coraux durs), depuis 2012 230
Tableau 108 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2012 230
Tableau 109 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2012 232
Tableau 110 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2012 232
Tableau 111 : Valeur de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2011 235
Tableau 112 : Analyse de la Variance de la biodiversité α des macrophytes depuis 2012 236
Tableau 113 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2012 236
Tableau 114 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2010 237
Tableau 115 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2012 238
Tableau 116 : Surface et causes des colonies coralliennes blanchies (cette mission) 243
Tableau 117 : Evolution du taux de recouvrement du substrat entre mai et novembre 2021 (différence en %) .. 264
Tableau 118 : Evolution de la richesse spécifique du benthos (hors coraux durs) entre mai et novembre 2021 (gain/perte en taxa) 264
Tableau 119 : Particularités de chaque station et évolution entre mai et novembre 2021 265
Tableau 120 : Analyse de la Variance temporelle des paramètres ichtyologiques (densité, biomasse, biodiversités) en baie de Prony 274
Tableau 121 : Analyse de la Variance temporelle des paramètres ichtyologiques (densité, biomasse, biodiversités) dans le canal de la Havannah / Woodin 275
Tableau 122 : Densités moyennes ichtyologiques (ind./m²) par campagne et station 276
Tableau 123 : Biomasses ichtyologiques (g/m²) moyennes par campagne et station 277
Tableau 124 : Biodiversités 1 ichtyologiques par campagne et station 278
Tableau 125 : Biodiversités 3 ichtyologiques par campagne et station 279
Tableau 126 : Analyse de la Variance spatiale des paramètres ichtyologiques (densité, biomasse, biodiversités) en baie de Prony 280
Tableau 127 : Analyse de la Variance spatiale des paramètres ichtyologiques (densité, biomasse, biodiversités) dans le canal de la Havannah / Woodin 281
Tableau 128 : Valeur des écarts (quadratiques moyens) des structures de peuplement par rapport à la structure moyenne (depuis 2007) 282
Tableau 129 : Fréquence moyenne de l'observation des espèces ichtyologiques 283

Tableau 130 : Classement des stations (A) et des missions (B) (ichtyologie) *285*
Tableau 131 : Cotation des stations : IAS, depuis 2012 (ichtyologie) *285*
Tableau 132 : Cotation des missions : IGm, depuis 2007 (ichtyologie) *286*
Tableau 133 : Qualité du peuplement ichtyologique depuis 2007 ..... *288*
Tableau 134 : Principaux phénomènes dépressionnaires touchant la zone d'étude depuis 2003 ..... *290*
Tableau 135 : Cumuls maximaux de pluies (04/05/2021) *299*
Tableau 136 : Invertébrés inscrits sur la liste UICN et échantillonnés lors de cette mission *305*
Tableau 137 : Extrait de la liste des espèces endémiques, rares ou menacées en Province Sud, potentiellement présentes sur la zone d'étude *308*
Tableau 138 : Etat de santé des stations / perturbations enregistrées (pour cette mission) *318*
Tableau 139 : Note de chaque station selon la qualité du peuplement de poissons *320*
Tableau 140 : Qualité du peuplement ichtyologique depuis 2007 ..... *322*
Tableau 141 : Catégories et composantes de substrat retenues pour l'échantillonnage et le traitement des données *343*
Tableau 142 : Liste des poissons indicateurs *344*
Tableau 143 : Rapport de plongée *346*
Tableau 144 : Corrections des marées pour les stations dans le canal de la Havannah *346*
Tableau 145 : Agenda des marées *346*
Tableau 146 : Recouvrement du substrat (en %) pour toutes les catégories *347*
Tableau 147 : Répartition du recouvrement (en %) du substrat, partie biotique/abiotique *347*
Tableau 148 : Inventaire des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations baie de Prony et du canal Woodin) *348*
Tableau 149 : Inventaire des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah) *349*
Tableau 150 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques par groupes et transect (*hors coraux durs)* *352*
Tableau 151 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques par groupes et station (*hors coraux durs)* *352*
Tableau 152 : Richesse spécifique du macrobenthos par site *352*
Tableau 153 : Liste des espèces cibles (CdC DENV) et leur abondance (1 à 5) (stations de la baie de Prony et du canal Woodin) *353*
Tableau 154 : Liste des espèces cibles (CdC DENV) et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah) *354*
Tableau 155 : Liste Définitions des catégories UICN *355*

Crédit photographique : Grégory Lasne 2021 pour Biocénose Marine, Valérie Vaillet 2021, pour AQUA TERRA.
NB : toutes les photographies sous-marines (sauf mention contraire) datent de cette mission
Photographies aériennes : Google Earth

1 Préambule

En 2005, la société Goro Nickel S.A.S. a réalisé un « état de référence » des habitats coralliens dans le cadre de l'application de l'arrêté d'autorisation de mise en fonctionnement des Installations Classées pour la Protection de l'Environnement (ICPE) n° 1769-2004/PS du 15 octobre 2004 liées à l'usine du Sud.
Cette étude de référence a été réalisée sur un réseau de 11 stations de mesures localisées dans la baie de Prony, le canal de la Havannah et l'entrée du canal Woodin.
En l'absence de référence méthodologique officielle, Goro Nickel avait alors préconisé l'utilisation d'une variante de la méthode du Line Intercept Transect (LIT) de English & al (1997) [R44] pour cette étude. Cette méthode d'échantillonnage est largement utilisée par les experts pour l'évaluation de l'état des peuplements récifaux et des organismes associés.

Suite à la transmission des résultats de l'étude, la Direction de l'Environnement (DENV)[1] avait émis un certain nombre de commentaires notamment sur la méthodologie employée. La DENV avait demandé à Goro Nickel d'organiser un atelier de travail spécifique afin d'établir un protocole de référence pour le suivi temporel futur des communautés marines.
Cet atelier de travail s'est tenu le 3 mars 2006 à Nouméa avec la participation des experts institutionnels (Institut de Recherche pour le Développement, Université de Nouvelle Calédonie, Commission du Pacifique Sud) et des bureaux d'études locaux, et une démarche méthodologique d'échantillonnage et d'analyse a été proposée au regard des objectifs fixés.
Un programme détaillé pour réaliser le suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés sur un ensemble de 11 stations de mesures prédéfinies et suivant le protocole d'échantillonnage et les méthodes d'analyse validés à l'issue de l'atelier de travail précité a donc été rédigé pour servir de cahier des charges (cf. annexe n°01).

La société Goro Nickel S.A.S., puis Vale Inco Nouvelle-Calédonie et Vale Nouvelle-Calédonie et dernièrement Prony Resources NC, a alors fait réaliser des campagnes annuelles de 2007 à 2010 (septembre 2007, octobre 2008, juin 2009), puis à partir de 2010 de façon semestrielle (mars-avril et septembre 2010, mars et septembre 2011, avril et octobre 2012, avril et septembre 2013, avril et octobre 2014, mars et octobre - novembre 2015, avril et novembre 2016, avril et septembre 2017, mai et novembre 2018, avril et octobre 2019, mai et octobre 2020, mai 2021), sur la base de ce cahier des charges, dans le cadre de la mise en place d'une base de données en vue d'une surveillance du milieu marin suite au démarrage de l'usine Goro Nickel.

Ce rapport présente les résultats de la campagne du 2nd semestre, réalisée en novembre 2021 (46) et répond aux exigences du cahier des charges initial, transmis lors de l'appel d'offre[2].

Le Mandataire est ici la SARL AQUA TERRA, , aidé par deux partenaires majeurs : ACREM pour la partie Ichtyologique et BIOCENOSE MARINE pour la partie Benthique[3].

[1] Ancienne Direction du Développement Durable des Territoires (DDDT)
[2] Avec le rajout d'une nouvelle station : ST12, près de l'îlot Ugo depuis juin 2009 et la suspension d'une station : ST10, près de l'îlot Kié de 2017 à 2019 sur demande du Client (possédant l'accord de la DENV)
[3] Les données fournies par ces deux sociétés, le sont sous leur entière responsabilité. La SARL AQUA TERRA ne peut être tenue à une quelconque implication dans leurs résultats

2 Objectif de l'étude

L'objectif de cette étude est d'effectuer un suivi de l'état des communautés coralliennes sur un ensemble de stations de mesures afin d'alimenter une base de données qui permettra de :

- Evaluer la variabilité naturelle des stations et d'optimiser l'effort d'échantillonnage par une étude de puissance ;
- Suivre dans le temps les effets potentiels des activités industrielles du projet Prony Resources NC.

Ce suivi se fait à travers l'échantillonnage de 3 thèmes : l'habitat (le substrat), les macro-invertébrés épibenthiques (simplifié par la suite en « benthos ») et les poissons.

Pour le substrat, l'analyse temporelle doit permettre de montrer les variations entre les pourcentages de couverture corallienne, de végétaux, d'éponges, ….
Les pourcentages de substrat biotique et de substrat abiotique doivent également être mis en évidence.

L'échantillonnage du benthos doit permettre de montrer si des changements ont lieu sur des taxons cibles.

Enfin, l'échantillonnage des poissons doit permettre d'évaluer les variations de divers paramètres liés à la structure des populations ciblées, en relation avec l'impact potentiel de l'usine et de ses activités ou toute autre cause de changements.

L'analyse temporelle a été faîte selon les données historiques disponibles des campagnes précédentes réalisées depuis 2007.

Du fait de la participation de 2 autres spécialistes (ACREM en ichtyologie et BIOCENOSE MARINE en benthos), une partie de leurs données ou commentaires généraux est reprise dans le corps du rapport.
Par ailleurs, leurs résultats sont retranscrits intégralement, sous leur responsabilité, dans les paragraphes concernés.

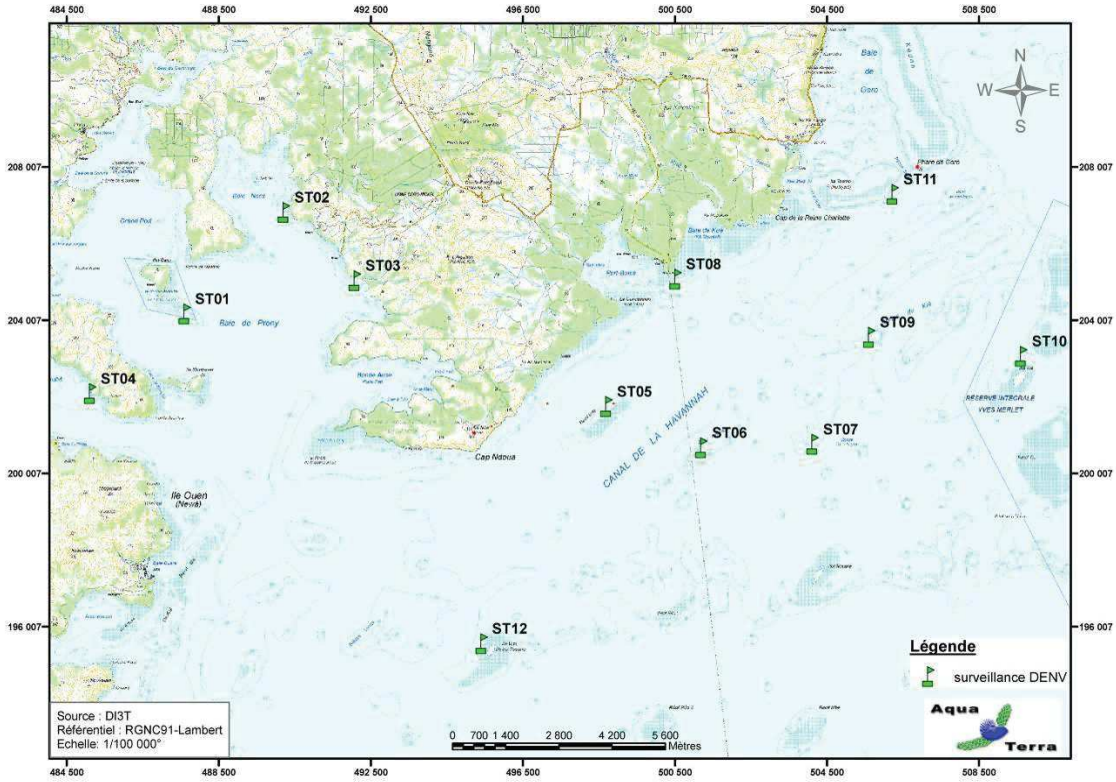
3 Méthodologie

Les méthodologies appliquées dans le cadre de cette étude ont rigoureusement respecté le cahier des charges élaboré sous contrôle de la DDDT et fourni par le Client pour l'appel d'offre préalable à ce contrat.

3.1 Zone d'étude

3.1.1 Contexte général

La zone d'étude générale comprend la zone principale du lagon pouvant être influencée par le projet (de manière directe ou indirecte) ainsi que des stations de référence.
C'est donc, dans le Sud de la Grande Terre : la baie de Prony, le canal Woodin et le canal de la Havannah.
Le contexte géographique général est présenté sur la carte 01.



Carte 01 : Localisation des stations sur carte topographique

3.1.2 Présentation des stations

3.1.2.1 Les stations

Au début, l'étude portait sur les 11 stations de mesures prédéfinies.
A partir de la campagne de juin 2009, à la demande de la tribu de l'île Ouen, une station supplémentaire (ST12, Ugo) a été ajoutée.
Les 12 stations sont donc localisées ainsi :

- 7 + 1 = 8 stations dans le canal de la Havannah,
- 3 stations dans la baie du Prony,
- 1 station à l'entrée du canal Woodin.

De début 2017 à fin 2019, la ST10 n'a pas été échantillonnée (décision Client). Son suivi a repris avec la mission du 1er semestre 2020.
Cette station est située dans la réserve intégrale Y. Merlet. Elle constitue du fait de sa préservation totale – elle est interdite d'accès - une véritable station de référence puisqu'elle n'est soumise à aucun facteur anthropique direct. **Elle est ainsi la seule station pouvant être considérée comme une véritable référence.**
L'ensemble des 11 autres stations du réseau de suivi se trouvent dans la zone d'influence de l'usine et/ou de

l'émissaire du projet, pendant 3 ans, il n'y a pas eu de zone témoin.

→ La méthode de comparaison BACI n'était ainsi pas utilisable. Les statistiques ne peuvent se baser que sur des changements au cours du temps avec des modèles de type analyse de tendance en s'appuyant sur des séries de données assez longues [R35, R50].
Par ailleurs, la réduction d'un élément du lot de stations du protocole expérimental de suivi, n'est pas sans influencer certains tests statistiques notamment les comparaisons globales temporelles.

Les coordonnées de ces stations sont données dans le tableau 01 et elles sont positionnées sur la photographie aérienne en carte 02.
Par défaut, elles correspondent au piquet de départ (0 mètre) du transect A.

Tableau 01 : Coordonnées des stations d'échantillonnage

			Coordonnées (RGNC 91-93 Lambert)	
STATIONS			LONGITUDE	LATITUDE
Baie de Prony	Ilot Casy	01	166°51.033	22°21.799
	Creek Baie Nord	02	166°52.546	22°20.356
	Port	03	166°53.639	22°21.312
Canal Woodin	Woodin	04	166°49.593	22°22.933
Canal de la Havannah	Récif Ioro	05	166°57.507	22°23.072
	Banc Ionontea	06	166°58.995	22°23.650
	Basse Chambeyron	07	167°00.671	22°23.591
	Récif pointe Puka	08	166°58.554	22°21.264
	Bancs de Kié	09	167°01.529	22°22.070
	Ilot Kié	10	167°03.862	22°22.324
	Récif Toémo	11	167°01.875	22°20.046
	Ugo	12	166°55.615	22°26.438



Carte 02 : Localisation des stations sur photographie aérienne

3.1.2.2 Les transects

En accord avec le cahier des charges de la méthodologie générale applicable et adapté aux caractéristiques morphologiques des stations, plusieurs transects ont été définis, comme décrits dans le tableau 02.

Le cahier des charges prévoit de travailler sur des transects (ligne) de 20 mètres de long.
Ainsi, à chaque station, trois transects de 20 m sont positionnés, en fonction de la profondeur :

- sur le haut du tombant (noté A),
- sur le milieu du tombant (noté B),
- sur le bas du tombant (mais au maximum à 20 m de profondeur, et à l'exclusion des zones de vase et dans ce cas, le transect est effectué avant la zone de vase) (noté C).

Quatre stations n'ont que 2 transects (ST01, ST02, ST08 et ST12) et la profondeur de chacun des transects (tableau 02) provient des relevés *in situ*.

Tableau 02 : Caractéristiques des transects selon les stations

STATION	LOCALISATION	NOMBRE DE TRANSECTS	PROFONDEUR (m) DES TRANSECTS		
			A	B	C
01	Ilot Casy	2	7,5	10,5	-
02	Creek Baie Nord	2	10	11	-
03	Port	3	4,5	10	13,5
04	Woodin	3	4	11	20,5
05	Récif Ioro	3	5,5	10	20
06	Banc Ionontea	3	8,5	15,5	21,5
07	Basse Chambeyron	3	8	18	22
08	Récif pointe Puka	2	9	12	-
09	Bancs de Kié	3	8	17	20,5
11	Récif Toémo	3	6	10,5	20
12	Ugo	2	6	13,5	-

Pour matérialiser les transects, 3 piquets permanents ont été positionnés sur chacun : au départ, soit 0 m ; à 10 m et à la fin, soit 20 m. Par ailleurs un 2ème piquet a été posé au point 0 m du 1er transect (le plus haut).
Une station classique (avec 3 transects) peut donc être schématisée comme dans la figure 01.

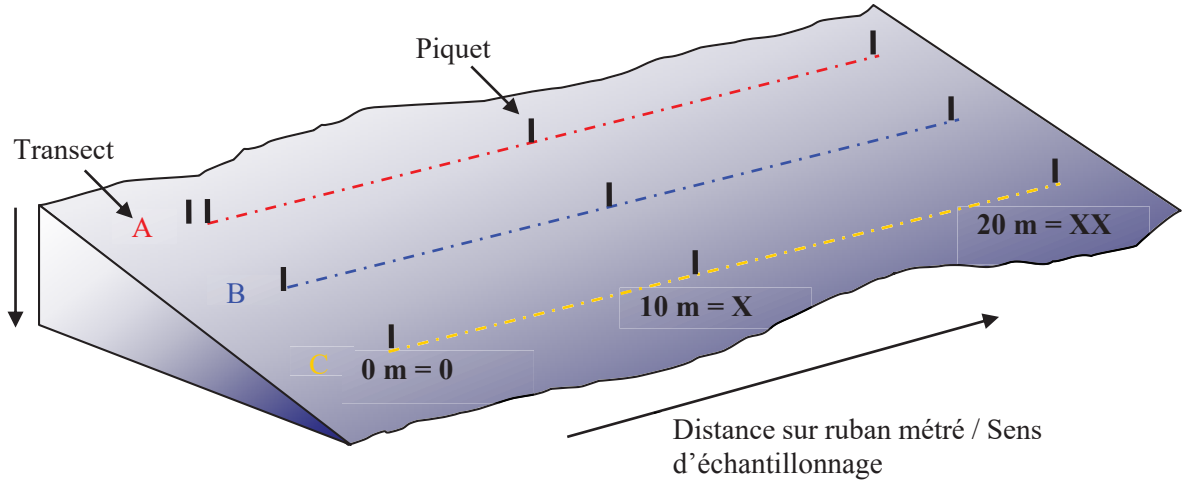


Figure 01 : Schéma théorique d'une station composée de 3 transects (A, B, C), de 20 m de long

Par mesure de commodité, dans la suite du rapport, les photos, figures etc. seront notées en abrégé par rapport à leur situation : le numéro de la station, la lettre du transect et le chiffre (en romain) de la longueur par rapport au ruban. Ainsi une photo prise sur le piquet de fin (à 20 m de distance) du transect du milieu de la station de Casy, sera abrégée en : ST01BXX.

3.2 Les travaux d'échantillonnage

3.2.1 Vérification des stations

Les travaux d'échantillonnages sur site peuvent être séparés en deux grandes phases :

- il faut au préalable localiser les stations sur le terrain (coordonnées GPS) et les vérifier sous l'eau,
- ensuite l'échantillonnage lui-même a été réalisé, selon le cahier des charges de la méthodologie générale applicable. La récolte des données a porté sur l'habitat (le substrat), le benthos et les poissons ainsi qu'en la réalisation de vidéos et de photos.

3.2.1.1 Positionnement

Les coordonnées des stations, ont été préalablement rentrées dans le GPS (appareil Garmin GPSmap 78S), dont la précision est métrique.
Une fois rendue sur place, l'équipe a vérifié la concordance entre ces coordonnées et les profondeurs aussi prévues selon les cartes, grâce au sondeur du bateau.

Une reconnaissance en PMT (palmes / masque / tuba, de la surface) a alors été effectuée afin de repérer les piquets marquants les transects de la station.
Les plongeurs emmènent à cette occasion une bouée qu'ils attachent au 1er piquet (0 m) du 1er transect haut (le A), afin de permettre la prise des coordonnées exactes par GPS.
Lorsque les transects sont éloignés les uns des autres, cette manœuvre est répétée pour chacun.

3.2.1.2 Matérialisation

La méthode de suivi temporel statistique retenue, exige que les échantillonnages soient toujours réalisés sur les mêmes zones.
Cette précision implique la matérialisation physique de la station sous l'eau.
Les stations avaient toutes été matérialisées en 2005 puis vérifiées ou rematérialisées en 2007 & 2008.
Elles sont, depuis, entretenues à chaque mission (remplacement des piquets quand nécessaire).

3.2.1.2.1 Organisation « matérielle »

Le parfait état du marquage des stations étant primordial pour un suivi temporel, les piquets absents, tombés, branlants, etc. ont été systématiquement remplacés (cf. tableau 143 en annexe n°02).
Pour « planter » un piquet, les consignes importantes à respecter sont :

- choisir obligatoirement un substrat abiotique,
- enfoncés suffisamment les piquets pour que ceux-ci ne puissent plus bouger.

Pour la résistance à l'oxydation, au recouvrement par les organismes marins, … et faciliter leur perception visuelle sous l'eau, les piquets employés pour cette campagne étaient en acier galvanisé dont les caractéristiques sont les suivantes :

- longueur : 2 mètres,
- diamètre : 12 mm,
- peinture de protection grise et bande de marquage visuel (20 cm) en haut orange fluo,
- une pointe effilée.

Pour placer à bonne distance les piquets, un ruban métré est déroulé.

3.2.1.2.2 Organisation « temporelle »

L'échantillonnage du substrat étant basé sur la méthode en continu sur une ligne fixe, il est primordial pour la fiabilité du suivi de retrouver les transects placés précédemment et de les entretenir.
Cependant, cette maintenance peut influer sur la biocénose : les mouvements des plongeurs et le bruit occasionné

par les coups sur les piquets peuvent perturber la faune pélagique (attraction ou au contraire fuite).
Par ailleurs, selon le substrat, cet effort peut rendre la visibilité très mauvaise du fait de la mise en suspension de sédiments fins du fond.

Pour éviter de fausser les données d'échantillonnage, elle a donc été pratiquée en 2 temps :

- Une première plongée préalable a permis de rechercher et retrouver les stations et leurs transects et de vérifier soigneusement leur état. Les opérations de maintenance nécessaires ont alors été réalisées.
- La plongée d'échantillonnage a été effectuée ultérieurement.

3.2.2 Protocole pour l'étude du substrat

L'analyse temporelle doit permettre de montrer les variations entre les pourcentages de couverture corallienne, de végétaux, d'éponges, ….
Les pourcentages de substrat biotique et de substrat abiotique doivent aussi bien être mis en évidence.

Pour cela, c'est la méthode dite « LIT » qui a été appliquée.
La méthode du Line Intercept Transect (LIT) de English & al (1997) [R44] est largement utilisée par les experts locaux pour l'évaluation de l'état des peuplements récifaux et des organismes associés.
Cette méthode est dite à points fixes car seules les espèces et le substrat sous le transect sont notés.
Cette méthode permet d'évaluer la variabilité du substrat (suivi environnemental tous les semestres et/ou tous les ans). Cependant le LIT n'est pas représentatif de la biodiversité de la zone car les données prisent en compte sont exclusivement celles sous le ruban.

L'évaluation du substrat a été faîte le long du transect (sous le ruban) selon le principe des classes continues, avec une résolution de 10 cm.

Le principe est de noter à chaque changement de catégorie de substrat (= classe) la distance donnée par le ruban, comme schématisé dans la figure 02 : le diagramme montre les points de transition (D) de chaque catégorie de substrat rencontré sous le transect. La différence entre deux points de transition est la "longueur" correspondante à cette catégorie.

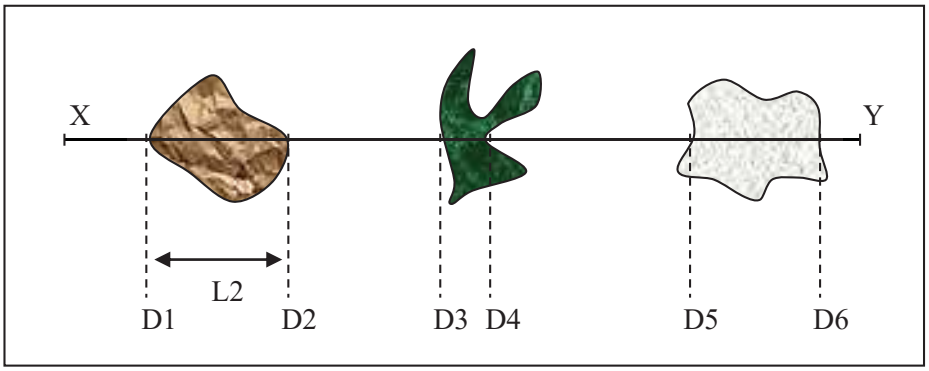
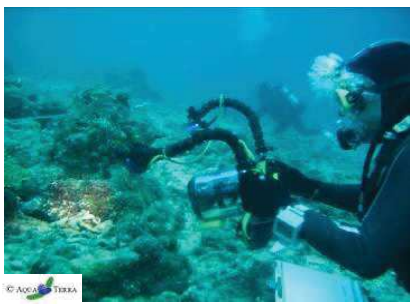


Figure 02 : Diagramme schématique d'un transect



Les classes retenues (au nombre de 28) sont adaptées de celles préconisées par English et al. [R44] pour le « Line Intercept Transect » (« life forms »), et présentées dans le tableau 141 en annexe n°01.

Une vidéo de chaque transect, ainsi que des photographies des objets représentatifs, ont été effectuées à des fins de stockage, permettant de revenir ultérieurement de façon qualitative sur des variations ayant été démontrées quantitativement avec le LIT.

3.2.3 Protocole pour l'étude du benthos

Cet échantillonnage doit permettre de quantifier la richesse spécifique (biodiversité) et de montrer si des changements ont lieu sur **des taxons cibles** (cf. cahier des charges, annexe n°01).

Pour cela, c'est la méthode d'observation sur couloirs qui a été appliquée.
Le couloir fait une largeur de 5 mètres (2.5 mètres de part et d'autre de chaque transect de 20 mètres de longueur). Cette méthode donne une bonne représentation des communautés benthiques (inventaires faune et flore) car une zone importante est prospectée et étudiée (100 m² pour chaque transect soit 300 m² par station théorique).

Les taxons cibles retenus sont :
- les algues et phanérogames (présence / absence), à déterminer au niveau du genre,
- les étoiles de mer, les oursins et les holothuries (abondance), à déterminer au niveau de l'espèce,
- les crinoïdes (présence / absence),
- les cliones (abondance),
- les bénitiers et les trocas (abondance).

Prestations complémentaires

1/ Listes d'inventaire détaillées et détermination au niveau taxonomique le plus bas possible
Par rapport au cahier des charges, le travail d'inventaire a été approfondi :
L'objectif proposé est de caractériser les assemblages et d'identifier les invertébrés et la flore benthiques qui contribuent le plus à la composition caractéristique unique de chaque récif.
Ainsi, la liste d'inventaire a été largement augmentée par rapport au cahier des charges. Les grands groupes d'organismes macrobenthiques (et non que les taxons cibles) ont été étudiés et leur identification a été réalisée au niveau taxonomique le plus bas possible *in situ* (sans prélèvement).
Jusqu'en novembre 2016, l'échantillonnage des stations comprenait donc : les communautés biotiques (les coraux durs dont les coraux scléractiniaires, les autres invertébrés et les macrophytes) et une description géomorphologique (le substratum).
Depuis la mission d'avril 2017 : suite aux restrictions budgétaires, le Client n'a pas élargi outre mesure les demandes du cahier des charges et les scléractiniaires ainsi que le substratum n'ont pas été étudiés.

Cependant, les inventaires de cette étude ne sont pas exhaustifs : de nombreuses espèces peuvent être identifiés directement sous l'eau avec certitude (ce qui nécessite une grande expertise de l'échantillonneur) au niveau du genre et de l'espèce (liste conservative) mais d'autres nécessitent d'être prélevées afin d'être observées à la binoculaire ou faire des analyses ADN (hors, aucun prélèvement n'a été réalisé pour cette étude).
L'identification s'est également appuyée sur divers ouvrages, guides de terrain et rapports [R76, R73, R74, R66, R68, R65] et la visualisation de toutes les photographies *in situ*.

Cependant, l'objectif proposé dans cette étude n'est pas de fournir une liste exhaustive de toute la diversité des récifs, mais d'évaluer l'état de santé des récifs, la composition des assemblages et d'identifier les invertébrés et la flore benthique qui contribuent le plus à la composition caractéristique unique de chacun d'eux. A travers ce travail, il est ensuite possible de réaliser une étude comparative à travers le temps et de cibler les potentiels changements de biocénoses benthiques selon les perturbations (naturelles ou anthropiques) des différents milieux.

Par ailleurs, la densité en organismes dans une zone d'étude étendue est difficile à évaluer précisément et peut conduire à de nombreuses erreurs. Aussi, afin de simplifier les opérations sous-marines et d'éviter les erreurs d'abondance, une échelle de recouvrement de 1 à 5 (tableau 03) a été mise en place au sein des groupes faunistiques suivant (détermination au niveau taxonomique le plus bas possible : générique et si possible spécifique) :
- Scléractiniaires, Millépores, Antipathaires, Gorgones, Stolonifères (coraux durs),
- Alcyonaires (coraux mous),
- Algues (macrophytes),
- Spongiaires,
- Ascidies,
- Mollusques (bivalves, gastéropodes, nudibranches),
- Echinodermes (étoiles de mer, oursins, holothuries, crinoïdes).

Cette échelle d'abondance a été modifiée par rapport à l'échelle d'abondance de English et al, 1997 [R44]. Elle a été élaborée afin de caractériser l'abondance spécifique ou générique des biocénoses marines. Ainsi les pourcentages de recouvrement ont été réduits pour les indices (numéroté de 1 à 5) afin de pouvoir décrire les scléractiniaires, les macrophytes et les invertébrés sur l'ensemble de l'échelle.

Tableau 03 : Indices semi-quantitatifs d'abondance – cas classique

ECHELLE	RECOUVREMENT	ABONDANCE (nb individus ou colonies / 100 m²)
1	Rare	1
2	Faible	2 à 10
3	Moyen	11 à 20
4	Fort	21 à 41
5	Important	plus de 41

Certains genres de scléractiniaires (coraux durs) s'édifient en de grandes colonies de plusieurs mètres carrés (en particulier les formes massives, *Porites* spp., *Lobophyllia* spp., *Platygyra* spp., *Diploastrea heliopora*). Une seule de ces colonies peut ainsi construire un massif atteignant jusqu'à 10 mètres de diamètre. Dans ce cas, le fait d'indiquer le nombre de colonies n'a pas de sens. Pour ces espèces, une échelle paramétrée supplémentaire de 1 à 5 tient compte des mètres carrés colonisés par les colonies sur le couloir (pourcentage de recouvrement) (tableau 04).

Tableau 04 : Indices semi-quantitatifs d'abondance – présence de grandes colonies (plusieurs m²)

ECHELLE	RECOUVREMENT	ABONDANCE (surface / 100 m²)
1	Rare	< 0.5% (soit < 0.5 m² / 100 m²)
2	Faible	> 0.5% (soit > 0.5 m² / 100 m²)
3	Moyen	> 5% (soit > 5 m² / 100 m²)
4	Fort	> 10% (soit > 10 m² / 100 m²)
5	Important	> 15% (soit > 15 m² / 100 m²)

Des photographies et des vidéos ont été réalisées afin d'illustrer les observations terrain.

2/ Evaluation du blanchissement

Si les espèces recensées sont influencées par le blanchissement, elles sont alors mises en valeur dans les tableaux d'inventaire taxonomique par un surlignage de couleur rouge et une échelle de degré de blanchissement (numérotée de B1 à B5) est annotée à côté de l'abondance (cf. tableau 05).

Tableau 05 : Degré de blanchissement pour une espèce (/ 100 m²)

ECHELLE	DEGRE DE BLANCHISSEMENT	ABONDANCE (nb individus ou colonies / 100 m²)
B1	Présence de blanchissement	1
B2	Blanchissement faible	2 à 10
B3	Blanchissement moyen	11 à 20
B4	Blanchissement fort	21 à 40
B5	Blanchissement important	41 et plus

Par ailleurs, une estimation du pourcentage de blanchissement par estimation visuelle est aussi donnée (% de recouvrement sur le couloir de 100 m²).

Jusqu'en novembre 2016, le blanchissement corallien spécifique était noté, en liant avec l'inventaire des coraux.
Depuis la mission d'avril 2017 : suite aux restrictions budgétaires, le Client n'a pas élargi outre mesure les demandes du cahier des charges et les scléractiniaires n'étant plus inventoriés, le blanchissement n'a été évalué que par estimation visuelle du recouvrement.

3/ Les autres indicateurs à suivre

En plus des éléments cités ci-dessus, les plongeurs ont relevé tous les autres indices (négatifs ou positifs) pouvant permettre d'affiner le diagnostic de l'état de santé du milieu, notamment :

- Les cyanobactéries qui font l'objet d'un suivi de leur abondance, de leur localisation et des substrats recouverts
- Les espèces corallivores (prédatrice de coraux), qui sont particulièrement surveillées
- Les espèces exogènes et/ou envahissantes qui sont recherchées
- Le blanchissement des espèces coralliennes est noté et quantifié, au niveau de tous les taxons observés (B1 à B5) *(indicateur non relevé depuis la mission d'avril 2017)*
- Le recouvrement de coraux blanchis est également estimé (pourcentage visuel de blanchissement de la surface récifale étudiée)
- Les maladies coralliennes (particulièrement la maladie de la bande blanche et les anomalies de croissance) sont notées au niveau de tous les taxons observés
- Les perturbations récifales : dégradations mécanique et hyper sédimentation sont relevées.

3.2.4 Protocole pour l'étude des poissons

Ce protocole doit permettre d'évaluer les variations de divers paramètres liés à la structure des populations ciblées, en relation avec l'impact potentiel de l'usine et de ses activités ou toute autre cause de changements.

Pour cela, c'est la méthode dite des Transects à Largeur Variable « TLV » qui a été appliquée.
Les poissons sont échantillonnés par comptage visuel sous-marin comme précisé dans la figure 03 : un ou deux plongeurs progressent le long du transect et comptent les espèces retenues de part et d'autre.
Au cours de cette opération les plongeurs notent pour chaque espèce le nombre d'individus et estiment leur taille et leur distance perpendiculaire au transect.
Lorsque que les individus d'une même espèce sont en banc, le plongeur note la distance du poisson le plus proche (D1) et la distance du poisson le plus éloigné (D2).

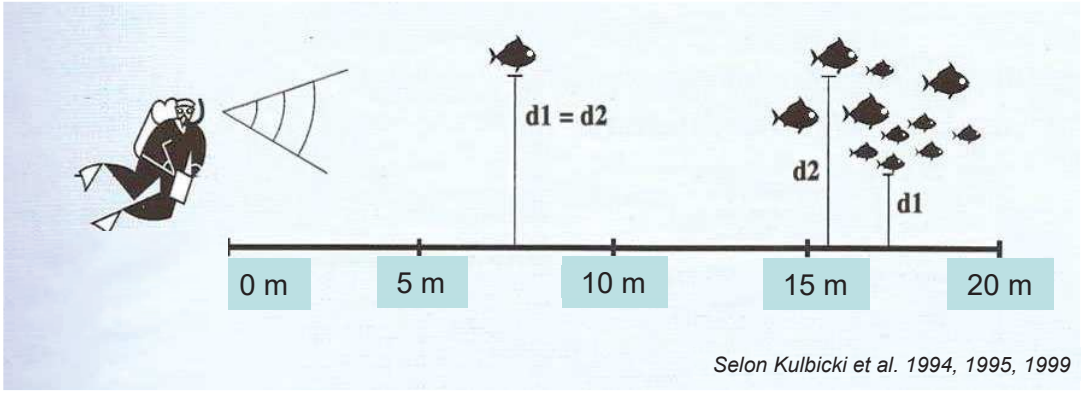


Figure 03 : Comptage visuel des poissons : méthode des transects à largeur variable

Les poissons qui doivent être comptabilisés sont listés dans le tableau 142 de l'annexe n°01.
Ils correspondent aux taxons indicateurs de la santé des récifs, ainsi qu'aux espèces comestibles.

Le fait d'utiliser le TLV dans le cas présent est critiquable pour plusieurs raisons.
Les raisons en sont développées en annexe 03 du rapport de la mission de novembre 2016 [R23].

Un résumé des limites du protocole est rappelé ci-dessus :
La collecte des données *in situ* est faite par estimation visuelle en plongées [R53]. Le cahier des charges de la DENV impose donc la méthode des Transects à Largeurs Variables (TLV [R60]) pour le suivi poissons. Toutefois, ce même cahier des charges demande à ce que les transects d'une station soient parallèles entre eux ce qui en pratique est incompatible avec le TLV. En effet, les transects ont été placés à quelques mètres les uns des autres si bien que les distances de visibilités se chevauchent largement. De plus, le TLV préconise des transects de 50 m, or le cahier des charges fixe leur longueur à 20 m. Cette faible longueur amplifie la variabilité des comptages déjà très variables par nature.

Tout cela, fait que les données obtenues correspondent à des indices d'abondances très approximatifs et oblige à considérer, non pas les estimations par transect mais une moyenne par station.

- Prestations complémentaires

1/ Liste complète

Le biologiste responsable de cet échantillonnage est spécialisé en écologie marine et notamment dans les poissons récifaux. Il a donc échantillonné l'ichtyofaune pour toutes les espèces présentes.

2/ Zone complète

Par ailleurs la superficie échantillonnée a été agrandie à la station complète et non seulement aux seuls transects : Les poissons ont donc été repérés sur une surface de 25 ares environ. Elle comprend la zone où ont été placés les transects et deux zones équivalentes de part et d'autre de cette dernière. Le plongeur se déplace lentement en notant les nouvelles espèces et cesse lorsque plus aucune nouvelle espèce n'est repérée depuis au moins 5 mn. Il peut donc repérer des espèces supplémentaires sur la zone des transects, espèces qui étaient restées invisibles depuis la ligne matérialisée par le ruban métré - où se tient obligatoirement le plongeur qui réalise un TLV - et repérer également des espèces du voisinage qui dans d'autres conditions auraient pu se trouver sur le transect. Ce complément de biodiversité permet de limiter les erreurs d'interprétation des « absences » faites à partir de la biodiversité de la première partie.

3.3 Période d'échantillonnage

La mission terrain a été déclenchée par la date de l'appel d'offre puis celle de la commande du présent contrat.
La période a été ensuite ajustée en fonction des coefficients de marée ainsi que de la lune (vives eaux ou mortes eaux) (détails dans les tableaux de l'annexe n°02).

Pour cette mission, l'échantillonnage a été effectué en novembre 2021 (S46).

Les paramètres de chaque plongée ont été notés par la personne de surface, au fur et à mesure. Ils comprenaient notamment (liste non exhaustive) :

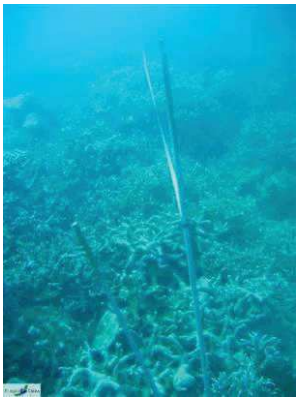
- le numéro de la station,
- le nom du site,
- les coordonnées de la station en degrés, minutes et dixièmes de minute pour la longitude et pour la latitude,
- la date de la plongée,
- l'heure du début de la plongée sur la station,
- les conditions météorologiques lors de cette mission (vent, force et direction, pluie ou ensoleillement),
- la profondeur maximale et le temps de plongée,
- l'horaire des marées et les coefficients,
- le courant, la force approximative et la direction,
- la houle ou les vagues et le ressac qui peuvent gêner la mission,
- la visibilité,
- l'état de la station, la maintenance effectuée et les difficultés ou remarques éventuelles,
- la tâche effectuée par l'équipe et par chaque personne.

Ces données ont été regroupées dans un rapport de plongée présenté dans l'annexe n°02.

Des photos représentatives des différentes étapes de la mission d'échantillonnage sont présentées en photographie 01.



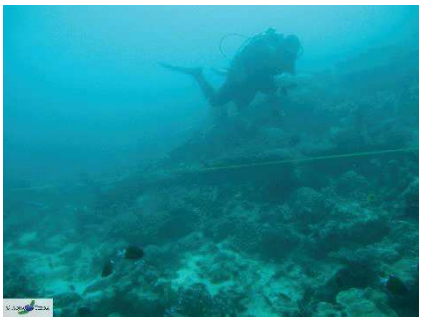
Mise en place d'un piquet



Piquets doublés en début de transect A avec le ruban métré déroulé



Echantillonnage poissons



Echantillonnage LIT



Echantillonnage benthos



Prise de vidéo

Photographie 01 : Différents stades de travail in situ

3.4 Le traitement des données

3.4.1 Pour le substrat

Comme vu au § 3.2.2, le principe d'échantillonnage par LIT est de noter à chaque changement de catégorie de substrat (= classe) la distance donnée par le ruban. La différence entre deux points de transition est alors la « longueur » correspondante à cette catégorie.

Le traitement consiste ici à faire le calcul du pourcentage de recouvrement de chaque classe, qui est obtenu par la somme de « ses longueurs » divisée par la longueur du substrat multipliée par 100, comme montré dans l'exemple du tableau 06 (qui se réfère à la figure 02).

Tableau 06 : Exemple de calcul pour le recouvrement du substrat

DISTANCE	LONGUEUR	CLASSE
X - D1	L1 = D1-0	S
D1 - D2	L2 = D2-D1	RC
D2 - D3	L3 = D3-D2	S
D3 - D4	L4 = D4-D3	MA
D4 - D5	L5 = D5-D4	S
D5 - D6	L6 = D6-D5	DC
D6 - Y	L7 = Y-D6	S

Ainsi, par exemple, le pourcentage de couverture en sable (S) = (L1+L3+L5+L7) / XY * 100

Les classes qui sont au nombre de 28 (tableau 141 en annexe n°01) ont été regroupées en 12 principales composantes comme montrées aussi dans ce tableau, afin de pouvoir simplifier les interprétations.
Ces composantes reprennent les groupes faunistiques (coraux scléractiniaires, autres coraux, alcyonaires, autres organismes, algues, algues sur corail mort) ainsi que le matériel composant le substrat (corail mort, débris, sable, dalle, vase, eau).
Elles sont alors exprimées en pourcentages pour chaque transect et présentées sous forme de graphiques pour permettre une comparaison visuelle rapide.

Les comparaisons insistent sur les rapports entre :
- Corail vivant / Corail mort ;
- Corail vivant / Algues + autres invertébrés ;
- Abiotique total / Biotique total, dont Coraux scléractiniaires.

3.4.2 Pour le benthos

La recherche de paramètres écologiques types (et représentatifs) ont été réalisés sur les taxons cibles :
- listing au niveau taxinomique demandé,
- richesse spécifique (le cas échéant),
- abondance (semi-quantitative).

Ces résultats seront comparés entre les transects, les stations et les sites.
Par ailleurs, afin de pouvoir évaluer rapidement le changement d'état d'une station d'une mission à une autre (recrutement, mortalité, blanchissement et abondance), un code couleur simple a été établi, comme décrit dans le tableau 07.

Tableau 07 : Code couleur pour la comparaison temporelle de chaque transect

Nouvelle espèce recensée	Recrutement si la colonie est juvénile et/ou nouvelle espèce recensée dans le couloir ou la zone prospectée par rapport à la dernière mission
Mortalité	Espèce absente dans le couloir par rapport à la dernière mission
Blanchissement	Espèce influencée par le blanchissement et de couleur blanche
Espèce cible	Espèce cible (biocénoses benthiques hors coraux durs)
Echelle (1 à 5)	Augmentation de l'abondance par rapport à la dernière mission
Echelle (1 à 5)	Diminution de l'abondance par rapport à la dernière mission
Echelle (1 à 5)	Pas de changement de l'abondance par rapport à la dernière mission

Prestations complémentaires

Le biologiste responsable de cet échantillonnage est spécialisé dans l'inventaire des biocénoses benthiques marines et particulièrement en taxonomie corallienne. Il a donc échantillonné le milieu pour tous les organismes (liste conservative) et ce, jusqu'au niveau taxinomique le plus bas possible.

La restitution des données comprend donc aussi :
- La liste taxonomique des biocénoses benthiques (liste conservative)
- Les tableaux (biodiversité) des groupes biotiques par sites, stations et transects
- Les tableaux (abondance) des groupes biotiques par transect
- Les tableaux de variations spécifiques des biocénoses et de l'état de santé des coraux scléractiniaires entre 2 missions
- Les particularités et commentaires des biocénoses benthiques
- La liste d'espèces classées sur la liste rouge de l'UICN
- L'analyse des indicateurs de l'état de santé des récifs :
  a) Coraux scléractiniaires (recrutement, mortalité, maladies),
  b) Blanchissement corallien en termes de nombre d'espèces et de recouvrement (en %),
  c) Espèces cibles (a minima Cyanobactéries, *Drupella cornus, Acanthaster planci, Culcita novaeguineae, Cliona orientalis* et *C. jullieni).*

Les données sont comparées aux missions précédentes.
La grille de lecture des tableaux de variations entre 2 missions (mission actuelle *vs* mission précédente) est donnée dans le tableau 08. Pour cette étude, il est fait une différence entre les Biocénoses* et les Coraux*.

Tableau 08 : Grille de lecture des tableaux de variations de la composition du benthos

Glossaire des tableaux comparatifs de l'évolution de biodiversité, d'abondance et de l'état de santé	
Biocénoses	Ensembles des espèces vivantes coexistant dans un espace défini
Biocénoses*	Englobe l'ensemble des espèces benthiques hors Coraux* à exosquelette
Coraux*	Coraux à exosquelette (scléractiniaires, millépores, antipathaires, gorgones, stolonifères)
n	Nombre d'espèce
i	Degré d'abondance compris entre 1 et 5 (échelle semi-quantitative relative au nombre de colonie par unité de surface)
A	Abondance (nombre de colonie par unité de surface)
B	Blanchissement (nombre de colonies blanchies par unité de surface)
Genre espèce	Identification se référant à la liste taxonomique
sp.	Spécimen sans identification spécifique
spp.	Plusieurs spécimens du même genre mais pas de la même espèce sans identification spécifique
• **Evolution de la richesse spécifique des Coraux* et des Biocénoses***	
***Genre* sp. *(+n* spp.)**	n espèce(s) du genre cité ont nouvellement été recensée(s)
***Genre* sp. *(-n* spp.)**	n espèce(s) du genre cité ont disparu
• **Variation d'abondance « A »**	
Ai	L'espèce est abondante au degré « i » compris entre A1 à A5
ΔAi /+ x	L'espèce est abondante au degré « i » mais a **augmenté d'abondance** de **«+x»** degré(s) depuis la mission précédente
ΔAi /- x	L'espèce est abondante au degré « i » mais a **diminué d'abondance** de **«-x»** degré(s) depuis la mission précédente
• **Blanchissement corallien « B »**	
n blanchies	Nombre d'espèce(s) blanchie(s)
% d'espèces blanchies	(n espèces scléractiniaires blanchies / n espèces scléractiniaires)*100
Bi	L'espèce est blanchie au degré « i » compris entre B1à B5
• **Evolution du nombre d'espèce(s) blanchie(s)**	
N	**Espèce nouvellement blanchie** depuis à la mission précédente
+n spp. B*	Augmentation du nombre d'espèces blanchies au sein d'un genre
-n spp. B*	Diminution du nombre d'espèces blanchies au sein d'un genre
• **Evolution du degré de blanchissement**	
ΔB +i	Le blanchissement de l'espèce a augmenté de « i » degré(s) depuis la mission précédente (le degré actuel apparait dans les espèces blanchies)
ΔB -i	Le blanchissement de l'espèce a diminué de « i » degré(s) depuis la mission précédente (le degré actuel apparait dans les espèces blanchies)
∞	Espèce toujours blanchie mais pas de changement par rapport à la dernière mission
Øß	L'espèce n'est plus blanchie par rapport à la mission précédente

Jusqu'en novembre 2016, l'échantillonnage des stations comprenait aussi les scléractiniaires.
Depuis la mission d'avril 2017 : suite aux restrictions budgétaires, le Client n'a pas élargi outre mesure les demandes du cahier des charges et les scléractiniaires n'ont pas été étudiés. La liste des biocénoses et leur description ne concernent que les invertébrés hors coraux durs.

Approche statistique

L'approche statistique s'est intéressée à la variation de la biodiversité α dans le temps, en considérant que la biodiversité αd'une station la caractérise.
Ce rapport présente les résultats obtenus lors de la dernière mission sur le peuplement benthique (coraux à exosquelette, invertébrés hors coraux durs et macrophytes) et les comparent aux résultats des missions précédentes qui lui sont comparables.
Deux analyses statistiques sont proposées : par Anovar et le test de Friedman.

ANOVAR (comparaisons temporelles) : La prise en considération de l'ensemble des transects et stations de la zone donne une série statistique exploitable et permet une analyse temporelle. Toutefois, la puissance de cette analyse est lourdement entravée :
1) par l'amélioration du protocole au fur et à mesure des missions,
2) par un choix de stations très hétérogènes : baie de Prony *versus* canal Woodin et canal de la Havannah. Les stations du canal de la Havannah montrent également une grande hétérogénéité des paramètres environnementaux (stations sur des bancs à fort courant, stations exposées aux alizés et d'autres au contraire protégées à plus faible hydrodynamisme).

Test de Friedman (test de rang) : Le test de Friedman a dans le cas présent plus d'intérêt que celui de Kruskal & Wallis. Ce test, appelé «test en blocs aléatoires complets », a pour préalable d'ordonner les résultats des différents traitements à l'intérieur de chaque bloc préétablis.
Ici, sera considéré que les « traitements » sont les conditions environnementales propres à chacune des années de la série historique et que les « blocs » sont les transects qui sont chaque année réévalués, et dans ce cas, ce sera une analyse en colonnes :

$$\chi^2_{obs} = 12/pq(p+1).\sum Y_i^2 - 3q(p+1)$$

p et q désignant respectivement le nombre d'années (donc de colonnes) et le nombre de transects (donc de lignes).
Le degré de liberté ddl = p-1 pour l'analyse par années

L'hypothèse (H_0) du test est de s'assurer que les variations observées de mission en mission au niveau de chacune des stations sont bien aléatoires et donc pour chacune, le fruit du hasard et non qu'il existerait au cours du temps, une tendance globale à la hausse ou à la baisse des valeurs des paramètres choisis pour caractériser ces stations.

Les données quantitatives sont obtenues sans réplicat et sont donc sans intervalle de confiance. Les stations ne peuvent donc être comparées individuellement, ni entre elles, ni d'une année sur l'autre.
Seule la considération de l'ensemble des stations de la zone comme une série statistique permet le calcul d'un intervalle de confiance. Avec ce subterfuge la comparaison temporelle de la zone (et uniquement temporelle) peut alors être faite. Toutefois, la puissance de cette analyse est lourdement entravée par l'hétérogénéité des stations et les fortes variances que cette hétérogénéité entraîne.

3.4.3 Pour les poissons

Analyse des données

Les résultats des comptages par TLV reprennent la nomenclature et l'orthographe des espèces, des genres et des familles de Randall J. E. [R67] ou Fish Base [R80].
Le nom des familles est abrégé dans les différentes tableaux, tel que défini dans le tableau 09.

Tableau 09 : Lexique des abréviations des familles

FAMILLES	ABREVIATIONS	FAMILLES	ABREVIATIONS	FAMILLES	ABREVIATIONS
Acanthuridae	**Aca**	Fistulariidae	Fis	Ostraciidae	Ost
Anthiinidae	**Ant** (Serranidae)	**Gobiidae ***	**Gob**	Pempheridae	Pem
Apogonidae	Apo	Grammistidae	Gra (Serranidae)	Pinguipedidae	Pin
Atherinidae	Ath	**Haemulidae**	**Hae**	Platacidae	Pla
Aulostomidae	Aul	Holocentridae	Hol	Plesiopidae	Ple
Balistidae *	**Bal**	**Kyphosidae**	**Kyp**	**Pomacanthidae**	**Poc**
Blenniidae *	**Ble**	**Labridae ***	**Lab**	**Pomacentridae ***	**Pom**
Caesionidae	**Cae**	Latridae	Lat	Priacanthidae	Pri
Canthigasteridae *	**Can**	Leiognathidae	Lei	**Pseudochromidae ***	**Pse**
Carangidae	**Car**	**Lethrinidae**	**Let**	Ptereleotridae	Pte
Carcharhinidae	**Cac**	**Lutjanidae**	**Lut**	**Scaridae**	**Sca**
Centriscidae	Cen	Malacanthidae	Mal	**Scombridae**	**Scr**
Chaetodontidae	**Cha**	Microdesmidae	Mic	**Scorpaenidae ***	**Sco**
Cirrhitidae	Cir	Monacanthidae	Mon	**Siganidae**	**Sig**
Dasyatidae	**Das**	**Mullidae**	**Mul**	Sphyraenidae	Sph
Diodontidae	Dio	Muraenidae	Mur	Synodontidae	Syn
Dussumieriidae	Dus	Myliobatidae	Myl	Tetraodontidae	Tet
Echeneidae	Ech	**Nemipteridae ***	**Nem**	Uranoscopidae	Ura
Ephippidae	Eph	Ophidiidae	Oph	**Zanclidae**	**Zan**
Epinephelinae	**Epi** (Serranidae)				

Les familles retenues par la DENV (cahier des charges) sont en caractères gras
** Familles dont les espèces de ne sont pas toutes retenues au cahier des charges DENV*

La densité et la biomasse des poissons sont calculées selon les formules théoriques suivantes :

- Densité (poissons/m²) = $$D = (2L)^{-1} \sum_{i=1}^{p} n_i \, d_i^{-1}$$

- Biomasse (g/m²) = $$W = (2L)^{-1} \sum_{i=1}^{p} w_i \, d_i^{-1}$$

Où :

- *L : longueur du transect (20 m)*
- *ni : nombre d'individus de l'espèce i*
- *wi : poids de l'espèce i (g) (de l'espèce i : donc de tous les individus i de cette espèce)*
- *di : distance moyenne de l'espèce i au transect (m)*
- *p : nombre d'espèces.*

Le poids des individus (en g) a été estimé d'après leur taille en utilisant une relation d'allométrie taille-poids, du type : $wi = ali^b$

Où :

- *li = longueur du poisson*
- *a et b = variables*

Ces variables sont des coefficients mis au point par Kulbicki & al. [R58] pour environ 350 poissons du lagon. Ils sont utilisés couramment et notamment par la CPS dans le logiciel de traitement qu'ils ont élaboré.
Donc, dans le cas présent, par rapport aux tableaux et aux variables qui sont présentés, voici un exemple de calcul (tableau 10).

Tableau 10 : Exemple de calcul pour « poisson »

Espèce	Nombre (ni)	Longueur (li) cm	Poids (wi) g	D1	D2	Surf m²	Densité (D) / m²	Biomasse (W) g/m²	a	b
Pomacentrus aurifrons	20	3	15,52	1	1,5	25	0,8	0,621	0,028	3,02

ni = nombre de poissons observés de cette espèce = 20
li = longueur moyenne de chaque individu = 3 cm
wi = poids de tous les individus de cette espèce = $(0.028 * 3^{3.02}) * 20 = 15.52$ g
D1 et D2 sont les distances minimale et maximale des individus observés = 1 m et 1.5 m
Surf = surface d'échantillonnage = di * L = (1+1.5) / 2 * 20 = 25 m²
D = densité eg. le nombre de poissons par m² = 20 / 25 = 0.8 individu au m²
W = biomasse = 15.52 / 25 = 0.621 g/m²

La stabilité spatiale et temporelle des résultats sur la zone est alors testée par des analyses paramétriques (ANOVA) et des analyses non-paramétriques de type χ^2 de Pearson et dérivés (tests de rangs de Friedman et de Kruskal-Wallis).

Une critique des méthodes employées pour l'analyse des données est présentée en annexe 03 du rapport de la mission de novembre 2016 [R23].

Prestations complémentaires

Le biologiste responsable de cet échantillonnage est spécialisé en écologie marine et notamment dans les poissons récifaux. Il a donc échantillonné l'ichtyofaune pour toutes les espèces.
En effet, en notant les effectifs de chacune des espèces rencontrées, il est possible (en plus) de calculer la biodiversité par station ce qui permet d'obtenir les **biodiversités alpha**, **bêta** et **gamma** sur la zone ; ainsi que **l'équitabilité** (Indice de Shannon relatif)[4].

Dans l'ensemble des résultats, quand cela n'est pas précisé, les calculs ont été fait d'après le listing simplifié du cahier des charges (tableau 142 de l'annexe n°01).

Présentation des données

Les données recueillies sont présentées par station avec un rappel des résultats des missions précédentes.
Chaque fiche-station se décline selon 4 tableaux :

- Un premier tableau donne les **résultats quantitatifs obtenus sur les TLV** (Densité et Biomasse/m^2) et la Biodiversité relative à la liste du cahier des charges de la DENV.

Ce tableau présente une moyenne pour la station.
En effet, nous avons au cours des rapports précédents montré que la proximité des transects les uns par rapport aux autres, ne permettait pas d'isoler, dans le peuplement de la station, les individus par tranche bathymétrique et donc par transect. La majorité des espèces, notamment les plus grosses (loches, dawas, carangues, etc.), n'ont pas de préférence bathymétrique sur l'intervalle de profondeurs des stations, c'est-à-dire entre 4 et 20 m. Seules, de petites espèces sont inféodées à la profondeur – essentiellement entre la surface et 5 m et au-delà de 5 m – mais la plupart d'entre-elles ne figurent pas sur la liste de la DENV (gobies, blennies, syngnathes, parapercis, etc.).

[4] L'indice de Shannon est fondé sur la théorie de l'information qui considère 2 composantes de la diversité : le nombre d'espèces et la régularité de leur distribution de fréquence. Il mesure "l'indétermination" de l'échantillonnage. C'est-à-dire l'indétermination d'un tirage limité d'individus dans en ensemble qui en contient beaucoup.
L'indice d'Equitabilité équivaut à la répartition des effectifs entre S espèces présentes. L'indice varie entre 0 et 1. Il tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs appartient à 1 seule espèce. Il tend vers 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance. Il est calculé en fonction de l'indice de Shannon (il est donc l'indice de Shannon de la zone exprimé relativement à sa valeur maximale, celle qu'il pourrait au maximum avoir sur cette zone et qui correspond à la situation où toutes les espèces présentes sont en effectif identique).
La biodiversité est une donnée semi-quantitative
On définit 3 niveaux de biodiversité :
La biodiversité dite α est le nombre d'espèces n présentes sur une station. $B\alpha_i = n_i$
La biodiversité β ($B\beta$) est la diversité des valeurs de diversités α ;
La biodiversité γ ($B\gamma$) est la biodiversité totale de la zone $B_\gamma = \cup B_{\alpha ii}$

- Un second tableau donne **l'ensemble des espèces** (c'est-à-dire qui appartiennent ou non à la liste DENV) repérées sur la station.

- Un troisième tableau regroupe **les espèces (liste DENV) en familles** et donne une comparaison des structures par famille depuis 2007.

Attention : Fort des remarques pertinentes de la mission INERIS nous avons modifié cette comparaison. Celle-ci se faisait à l'aide d'un Khi^2 de Pearson global, en ce sens qu'il portait sur l'ensemble des données obtenues depuis 2007. Le tableau ainsi analysé comportait un grand nombre de 0 et un grand nombre de valeurs < 5, soit deux travers qui nuisent à la signification du test.
Nous procèderons dorénavant à une transformée de variables en mettant à profit la série de données obtenue depuis 2007, et cela de la manière suivante :
Supposons qu'à une mission donnée, 13 espèces de Pomacentridés aient été observées sur une station particulière Sti et que sur toute la série historique 55 espèces aient été observées sur cette Sti - bien que le lagon néocalédonien en contienne 93. La valeur 13 sera alors transformée en la rapportant à son maximum possible (55) soit 23,6 (%).
En revanche, s'il s'agit des Siganidae, qui ne sont que 12 espèces en Calédonie et 10 dans le sud, à supposer que sur cette même Sti, 6 aient été dénombrées le même mode de transformation aboutira à la valeur 60 (%).
Notons que ces nouvelles valeurs ne sont pas de véritables % ce qui obèrerait l'utilisation raisonnable d'un test de Khi^2. En effet, elles ne correspondent pas à des pourcentages pour la mission j à la station i, mais pour l'item Pomacentridae, Siganidae, etc., à la Sti… leur somme ne fait d'ailleurs pas 100 sur la Sti. Ces valeurs sont donc indépendantes et répondent aux critères d'utilisation du test de Khi^2.
En substance cette transformation a plusieurs avantages :
1° - Elle gomme les disparités naturelles entre familles. En effet, dans l'exemple précédent 13 espèces de Pomacentridés a l'air d'être une valeur forte par rapport à la valeur 8 des espèces de Siganidae. Mais en fait, si l'on considère que ces dernières ne peuvent pas dépasser 10 sur notre aire de surveillance et même 12 pour le lagon calédonien tout entier, alors que les Pomacentridés sont 55 sur cette aire de surveillance et 93 sur l'ensemble du lagon, il apparaît alors que les Siganidae sont mieux représentés que les Pomacentridés... ce qui est correctement traduit par la nouvelle variable.
2° - Elle réduit considérablement le nombre de zéros et de valeurs faibles (i.e. < 5), et écarte ainsi le risque d'avoir une matrice de données dégénérée.
3° - Elle procure des valeurs indépendantes qui peuvent donc être traitées par des tests statistiques.

- Un quatrième tableau reprend **l'historique de l'ensemble des données quantitatives**, auquel fait suite leurs **représentations graphiques**.

Comparaison des données

Afin d'apprécier l'« état » du milieu marin 2 indices synoptiques ont été créés. Ils sont calculés à partir des paramètres de densité, de biomasse et de biodiversité et permettent une appréciation globale de la qualité du peuplement au niveau de chacune des stations (IAS) pour l'un, et de l'ensemble de la zone durant le semestre écoulé (IGm) pour l'autre.

L'Indice Annuel d'une Station (**IAS**) est la moyenne des valeurs de Densité, Biomasse et de Biodiversité 1 obtenues à cette station.
L'Indice Global de mission (**IGm**) est la moyenne des valeurs moyennes de Densité, Biomasse et Biodiversité 1 obtenues sur toutes les stations lors de la mission du présent rapport.
Dans les deux cas la Biodiversité est pondérée par 2 :

$$I = (Densité+Biomasse+2*Biodiversité) / 4$$

Ces indices utilisent les mesures des paramètres demandés au cahier des charges (densité, biomasse et biodiversité 1) et tiennent compte des ordres de grandeur attendues dans chacune des deux zones : la baie de Prony et le Canal de la Havannah séparément, puisqu'elles sont par nature différentes (cf. tableau 11). Ainsi, il faut deux grilles de cotation. L'une est propre aux stations de la baie de Prony et l'autre aux stations du canal de la Havannah.
En effet, par nature, les valeurs des 3 paramètres ne peuvent atteindre en baie de Prony, l'ordre de grandeur des valeurs atteintes dans le canal de la Havannah. Si la même grille été appliquée, les stations de la baie Prony seraient toujours en rouge et cette grille ne serait pas informative.

Ils sont ensuite associés à une échelle de cotation allant de 1 à 4 à laquelle est associé un code couleur (cf. tableau 12).

Tableau 11 : Clé de calcul des Indices ichtyologiques

Baie de Prony	Densité (ind./m²)	0,00 - 0,49	0,50 - 1,09	1,10 - 1,69	≥ 1,70
	Biomasse (g/m²)	0 - 10	11 - 20	21 - 40	≥ 40
	Biodiv.(1)	0-7	8 - 15	16 - 24	≥ 25
Canal de la Havannah	Densité (ind./m²)	< 1,00	1,00 - 1,99	2,00 - 3,00	> 3,00
	Biomasse (g/m²)	< 100	100 - 199	200 - 400	> 400
	Biodiv.(1)	< 20	20 - 29	30 - 55	> 55
Indice & Code couleur Qualificatif		**1 à 1,50 Mauvais**	**1,75 à 2,25 Médiocre**	**2,50 à 3,25 Bon**	**> 3,25 Très bon**

Tableau 12 : Clé de cotation des Indices ichtyologiques

CODE 1 (MAUVAIS)		CODE 2 (MEDIOCRE)		CODE 3 (BON)		CODE 4 (EXCELLENT)	
Valeur d'Indice	**Notes**	**Valeur d'Indice**	**Notes**	**Valeur d'Indice**	**Notes**	**Valeur d'Indice**	**Notes**
1,00	**1**	**1,75**	**4**	**2,50**	**7**	**3,25**	**10**
1,25	**2**	**2,00**	**5**	**2,75**	**8**	**3,50**	**11**
1,50	**3**	**2,25**	**6**	**3,00**	**9**	**≥ 3,75**	**12**

4 Résultats bruts par station

4.1 Station 01 = Casy

Localisation géographique	Sud du platier de l'îlot Casy.
Nombre transects	2 transects positionnés sur la pente sédimentaire proche du platier (pente très douce). La pente est trop faible pour pouvoir installer un troisième transect (à 20 m de profondeur) à une distance raisonnable.
Description transects	Sont installés à une cinquantaine de mètres l'un de l'autre afin d'atteindre une profondeur de 7 et 10 mètres avec une orientation sud-est / nord-ouest.
	Une colonie de *Lobophyllia corymbosa*, de 2 m de diamètre, sert de point de repérage pour la fin du transect A.

Description générale

La pente douce récifale est constituée de sable coquillé sur lequel repose de nombreux massifs coralliens ainsi que de nombreux débris. Les organismes benthiques colonisent préférentiellement ce substrat dur. Les alcyonaires du genre *Sarcophyton* sont particulièrement bien développés et les algues brunes *Sargassum* spp. peuvent être présentes sur le transect B.
Cette station se caractérise par un recouvrement important en algues brunes (*Lobophora variegata, Sargassum, Distromium, Dictyota* et quelques *Padina*). Les macrophytes se distribuent sur du sable coquillé et sur des petits massifs coralliens répartis de manière hétérogène. Les alcyonaires occupent également une part importante du recouvrement (principalement *Sarcophyton*, *Sinularia* et *Lobophytum* et dans une moindre mesure *Dendronephthya*).

Une prolifération *d'Acanthaster planci* a entrainé une mortalité corallienne très importante.
La taille des colonies coralliennes scléractiniaires survivantes est d'ordre décimétrique (*Pocillopora damicornis, Barabattoia amicorum, Galaxea fascicularis, Acanthastrea echinata, Goniastrea* cf. *pectinata)*. Seuls les genres *Acropora* de forme tabulaire et une colonie de *Lobophyllia corymbosa* réussissent à s'édifier et dépasser la taille métrique.
La richesse spécifique et le recouvrement corallien sont devenus très faibles (attaque des *Acanthaster* + manque de substrats durs particulièrement en B).

Caractéristiques principales

- La faune et la flore sont adaptées aux contraintes de turbidité et de sédimentation
- Les colonies coralliennes sont majoritairement de petites tailles (turn over important)
- La maladie de la bande blanche a été recensée lors de plusieurs missions sur des colonies d'*Acropora* tabulaire en A
- Le recouvrement des alcyonaires est très important (particulièrement le genre *Sarcophyton*)
- Compétition spatiale entre les alcyonaires et les coraux scléractiniaires
- Recouvrement modéré des éponges encroûtantes *(Cliona)*
- Mortalité corallienne importante en A (particulièrement les colonies du genre *Acropora*)
- Lésions coralliennes : de nombreuses colonies coralliennes sont dégradées suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, à la maladie de la bande blanche et à la prolifération d'*Acanthaster* (2017 - 2018)
- Étude de la croissance de 7 colonies de *Pocillopora damicornis* colonisant les piquets du transect A (octobre 2008 à novembre 2016). En novembre 2016, il restait 5 colonies (colonies B et G mortes suite aux anomalies de température dues à el Niño du début d'année. La croissance diminue avec le temps, cependant elle n'est pas linéaire durant l'année (saisonnalité) et les périodes hivernales sont plus favorables au développement de l'exosquelette carbonaté *(Ce relevé d'information a été arrêté à la demande du Client)*

- **Présence d'*Acanthaster planci* :**
  - Prolifération d'avril 2017 à mai 2018 en A (12, 13, 7 individus), en septembre 2017 en B (3)
  - Seulement 1 spécimen en novembre 2016, en novembre 2018, en avril 2019 et en mai 2020 en A
    → Les corallivores ne sont pas restés en B car il y a trop peu de colonies coralliennes à consommer
  - **Absence depuis octobre 2020**

Variations entre mai et novembre 2021

Indicateur Corail :

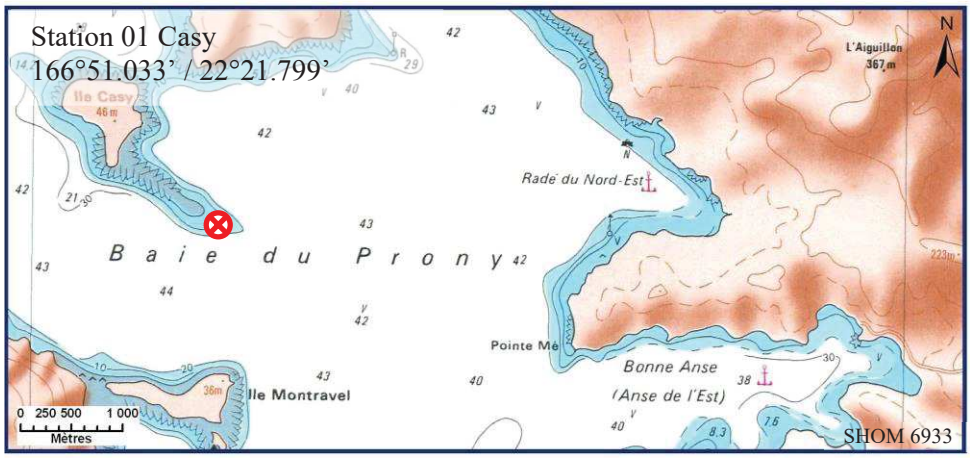
- Le recouvrement corallien est de 2.5% et 2% aux transects A et B. Très légère augmentation
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.15% ; Avril 2016 : 2.6% ; Novembre 2016 : 0.6% ; Avril 2017 : 1.9% ; Septembre 2017 : 2.5% (lié à Acanthaster planci) ; Mai 2018 : 0.6% (lié à Acanthaster planci) ; Novembre 2018 : 0.45% ; Avril 2019 : 0.25% ; Octobre 2019 : 0% ; Mai 2020 : 0.2% ; Octobre 2020 : 0% ; Mai 2021 : 0% ;* Novembre 2021 : 0%
- Lésions coralliennes récentes :
    - Prédation des *Acanthaster* : RAS
    - Maladies coralliennes : RAS
    - Perturbations sédimentaires : RAS

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : RAS (< niveau 2) et disparition en B. Elles colonisent des colonies coralliennes mortes en place (surtout *Acropora* tabulaire et branchu)
- Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place au fur et à mesure de leur dégradation
- Algue brune *Lobophora* : stable en A et B (niveau 3)
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absence et stable
- *Cliona orientalis* : RAS (< niveau 3 et stable)
- *Cliona jullieni* : RAS (< niveau 2 et stable)

Les corallivores :

- *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Drupella cornus* : absence, stable

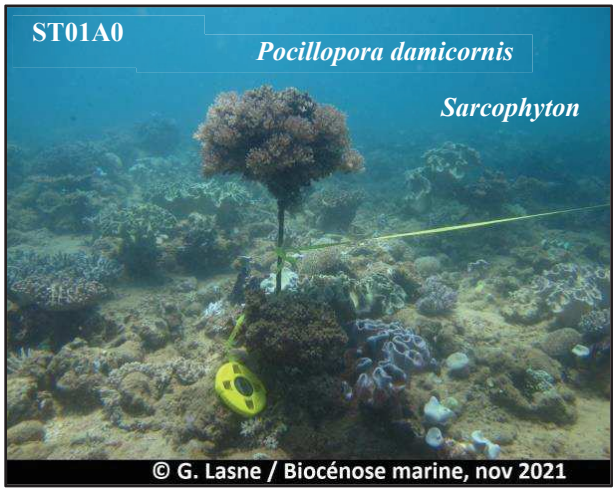


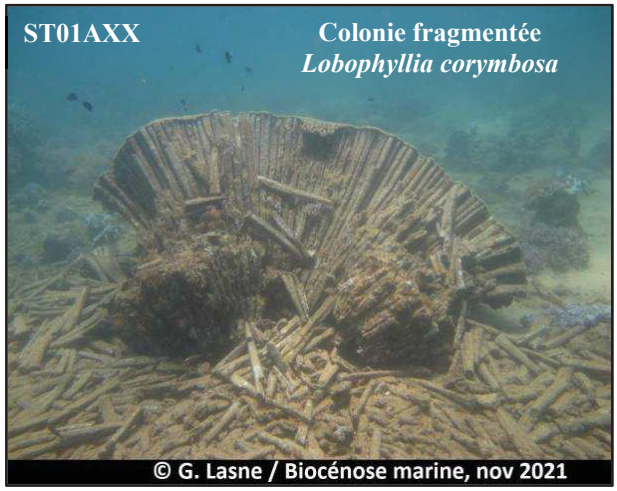


Carte 03 : Localisation de la station 01 (Casy)

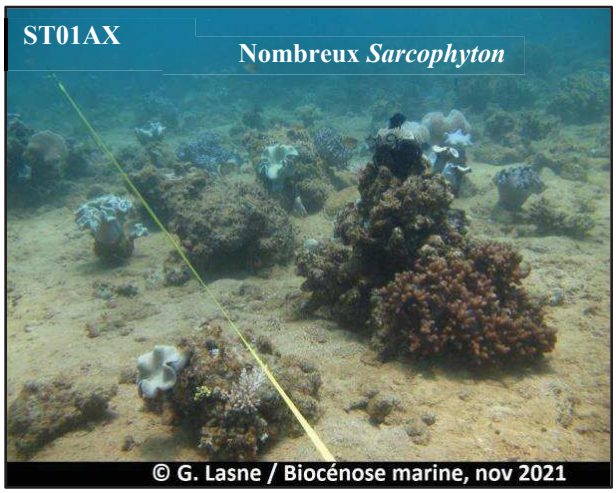


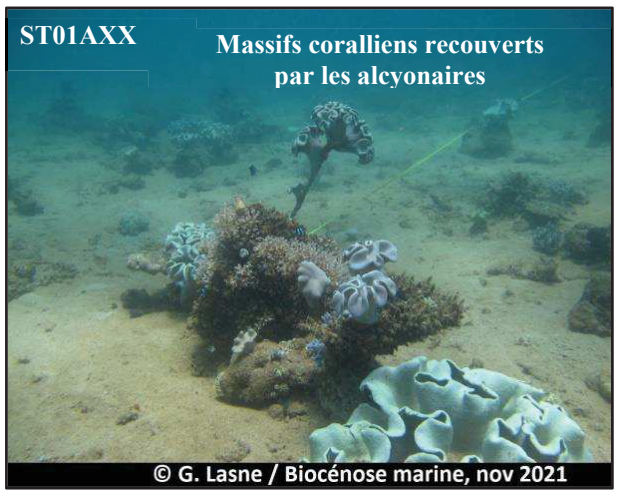
Photographie 02 : Position en surface par rapport à la pointe sud de l'îlot (ST01)



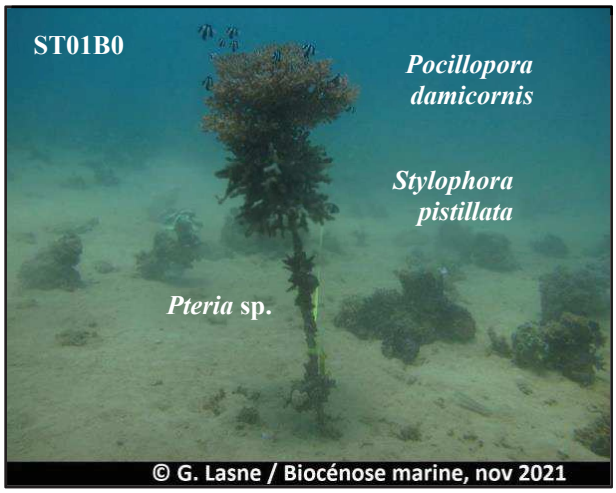


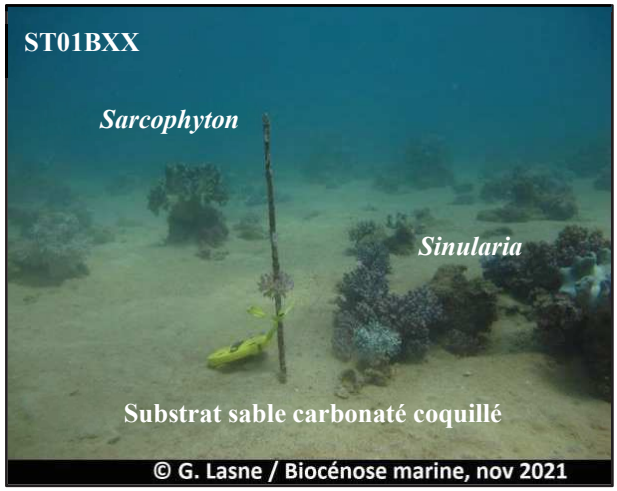
Pente sédimentaire avec de nombreux alcyonaires et colonies coralliennes mortes en place avec turf algal





Le recouvrement corallien a fortement diminué depuis la prolifération *d'Acanthaster planci*





Pente sédimentaire recouverte par des alcyonaires et de petits (≤ mètre) massifs coralliens dispersés

Photographie 03 : Vue d'ensemble des transects (ST01, présente mission)

4.1.1 Le substrat (ST01)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 04 pour le transect A et dans la figure 05 pour le transect B.

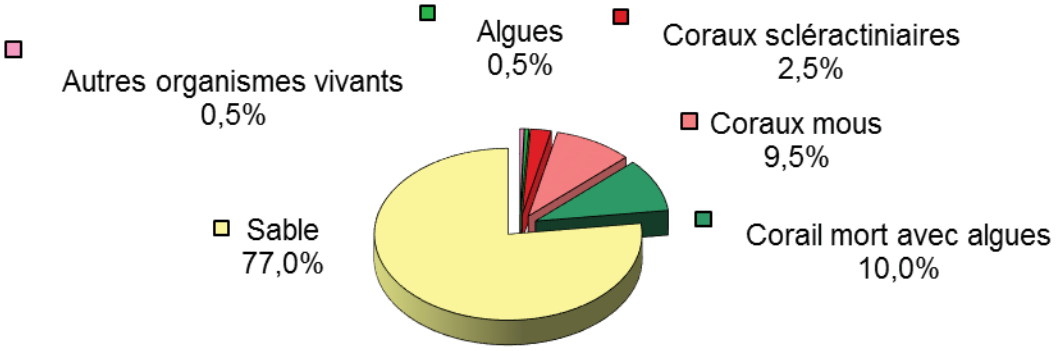


Figure 04 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01A

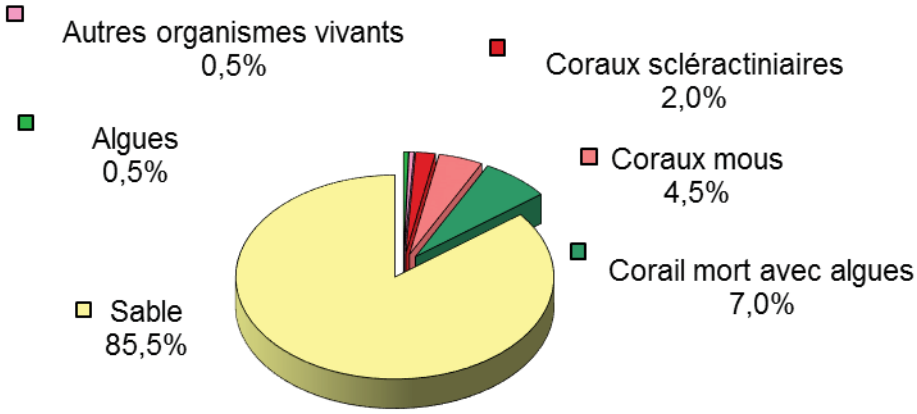


Figure 05 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01B

Le sable est prédominant avec respectivement 77.0% et de 85.5% de recouvrement pour les 2 transects.
Cela entraîne évidemment que le substrat est majoritairement abiotique sur cette station.
Du fait des conséquences de la prolifération des *Acanthaster planci* en 2017- 2018, le recouvrement des coraux scléractiniaires a chuté sur les 2 transects : presque tous les coraux sont morts. Il faut signaler une très légère reprise pour cette mission (2.5% *vs* 1% au transect A et 2% *vs* 0.5% en B). Le reste de la partie biotique est constitué essentiellement par des alcyonaires et la classe « coraux mort recouverts d'algues ».
A noter : toujours 0.5% de cyanobactéries en A.

Les transects sont stables dans l'ensemble. Il faut cependant noter que les 2 transects sont dégradés pour ce qui est du recouvrement en scléractiniaires. Actuellement tous les coraux sont morts à part quelques rares *Pocillopora* sp. Cela est imputable à la prolifération d'*Acanthaster planci* qui a eu lieu précédemment (2017 – 2018). Ces dernières ont « disparu », faute de nourriture certainement.
Du fait de la composition des fonds (substrat meuble) qui est peu propice au recrutement larvaire corallien, la résilience de ce récif n'est pas acquise.

Il faut noter que les sargasses (algues brunes qui étaient une caractéristique de cette station) disparues lors de la campagne d'octobre 2011 ne sont jamais revenues.

4.1.2 Le benthos (ST01)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe n°04.

En novembre 2021, la richesse spécifique de la station Casy (ST01) est composée de :

- **46 espèces d'invertébrés** dont 9 espèces de mollusques ; 11 espèces de cnidaires : alcyonaires (8 taxons), zoanthaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon) ; 13 espèces d'échinodermes : astéries (4 taxons), holothurides (4 taxons), échinides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- **7 espèces de macrophytes** : algues vertes (3 taxons), algues brunes (2 taxons), algues rouges (2 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries**.

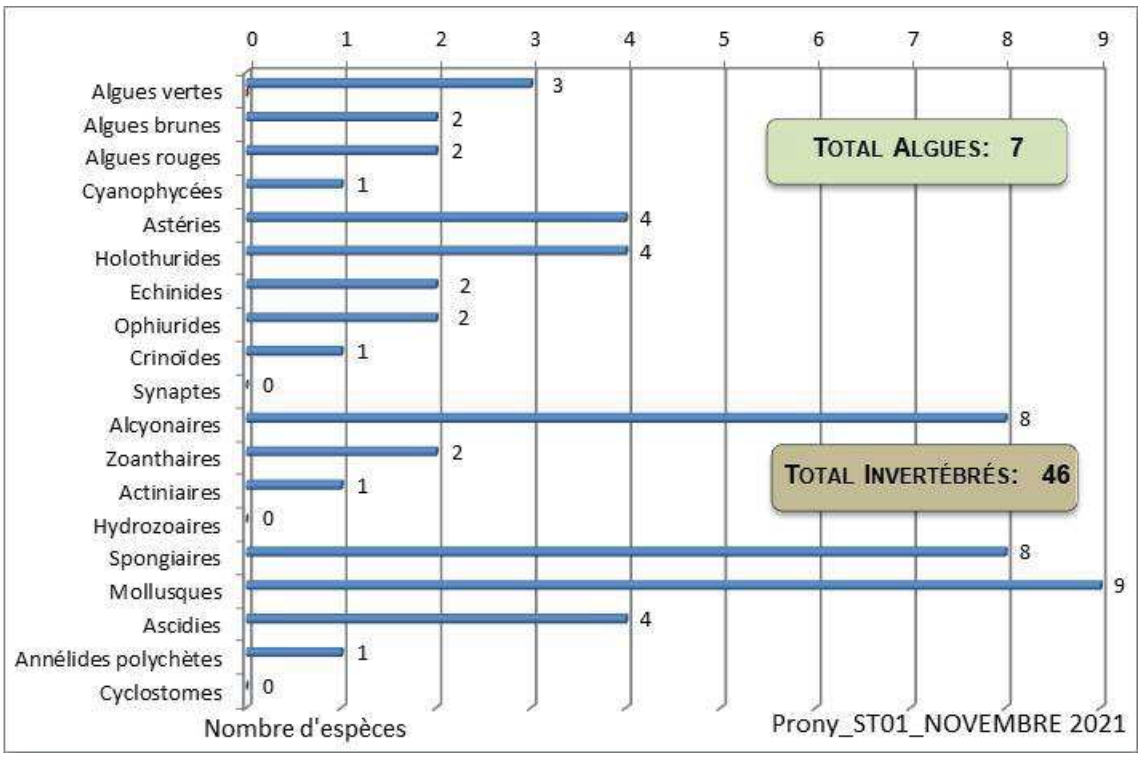


Figure 06 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST01)

4.1.2.1 Benthos Transect 01 A

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST01A est composée de :

- 44 espèces d'invertébrés dont 8 espèces de mollusques ; 11 espèces de cnidaires : alcyonaires (8 taxons), zoanthaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon) ; 12 espèces d'échinodermes : holothurides (4 taxons), astéries (3 taxons), échinides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- 7 espèces de macrophytes : algues vertes (3 taxons), algues brunes (2 taxons), algues rouges (2 taxons)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 13 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST01A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
2 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue brune : •*Turbinaria ornata* (A2) ; et l'algue rouge : •*Trichogloea requienii* (A2). Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. 2 espèces d'algues diminuent, dont 2 espèces d'algues vertes : •*Halimeda* sp. (2spp., A2/- 1).
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
☑	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Cladiella* sp. (A3/+ 1). Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sinularia flexibilis* (A3/- 1).
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les holothurides (2 espèces) : •*Actinopyga palauensis* (A1), •*Holothuria fuscopunctata* (A1). Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Diadema savignyi* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : •*Chromodoris leopardus* (A2).	3 espèces de mollusques augmentent d'abondance : ➢ pour les bivalves (3 espèces) : •*Hyotissa hyotis* (A2/+ 1), •*Isognomon isognomon* (A3/+ 1), •*Septifer bilocularis* (A3/+ 1). Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Spondylus* sp. (A2/- 1).
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Cymbastela cantharella* (A1).	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •*Spheciospongia vagabunda* (A2/- 1).
Ascidies	
☑	2 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : •*Polycarpa cryptocarpa* (A2/- 1), •*Polycarpa nigricans* (A2/- 2).
Bryozoaires	
☑	☑

4.1.2.2 Benthos Transect 01 B

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST01B est composée de :

- 37 espèces d'invertébrés dont 8 espèces de mollusques ; 9 espèces de cnidaires : alcyonaires (7 taxons), zoanthaires (2 taxons) ; 9 espèces d'échinodermes : astéries (2 taxons), échinides (2 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 2 espèces d'ascidies
- 6 espèces de macrophytes : algues vertes (3 taxons), algues rouges (2 taxons), algues brunes (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 14 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST01B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
2 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue rouge : •*Trichogloea requienii* (A1) ;et l'algue verte : •*Neomeris vanbosseae* (A2) Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. 2 espèces d'algues diminuent, dont 2 espèces d'algues vertes : •*Halimeda* sp. (2spp., A2/- 1).
Cyanobactéries	
Une nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : •*Phormidium* sp. (A1).	☑
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 sp) : •*Nephthea* sp. (A0/-2).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 sp) :•*Sinularia flexibilis* (A3/- 1)
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Celerina heffernani* (A2). 3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Diadema savignyi* (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-2 espèce) : •*Holothuria whitmaei* (A0/-1), •*Thelenota anax* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les échinides (1 sp) : •*Diadema setosum* (A2/+ 1). 2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 sp) : •Crinoïdes ind. (A2/- 1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria fuscopunctata* (A1/- 1).
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les nudibranches (-1 espèce) : •*Phyllidiella pustulosa* (A0/-1).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Septifer bilocularis* (A3/+ 1).
Éponges	
☑	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •*Spheciospongia vagabunda* (A2/- 1).
Ascidies	
3 espèces d'ascidies disparues : •*Polycarpa glabra* (A0/-1), •*Polycarpa nigricans* (A0/-3), •*Polycarpa* sp. (blanche) (A0/-1).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa cryptocarpa* (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.1.3 Les poissons (ST01)

La liste des espèces observées[5] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 15.

Tableau 15 : Données sur les poissons (ST01)

Ilot Casy ST01		Transect A			Transect B			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Acanthurus blochii*	1	0,01	0,25				0,50	0,00	0,12
Aca	*Acanthurus mata*	5	0,04	1,23				2,50	0,02	0,62
Aca	*Ctenochaetus striatus*	2	0,01	0,38				1,00	0,01	0,19
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	1	0,01	0,48				0,50	0,00	0,24
Epi	*Epinephelus howlandi*	1	0,01	0,70				0,50	0,00	0,35
Epi	*Plectropomus leopardus*	1	0,01	1,14				0,50	0,00	0,57
Lab	*Cheilinus chlorourus*				1	0,01	0,07	0,50	0,00	0,04
Lab	*Hemigymnus melapterus*	1	0,01	0,48				0,50	0,00	0,24
Lab	*Thalassoma lunare*	3	0,02	0,22	1	0,01	0,03	2,00	0,01	0,13
Mul	*Parupeneus barberinoides*				2	0,01	0,02	1,00	0,01	0,01
Nem	*Scolopsis bilineatus*	2	0,01	0,21				1,00	0,01	0,10
Poc	*Centropyge bicolor*	2	0,01	0,04				1,00	0,01	0,02
Pom	*Abudefduf whitleyi*	6	0,04	0,19				3,00	0,02	0,09
Pom	*Chrysiptera rollandi*	4	0,03	0,02	3	0,02	0,01	3,50	0,03	0,01
Pom	*Dascyllus aruanus*	15	0,11	0,06	10	0,07	0,04	12,50	0,09	0,05
Pom	*Dascyllus reticulatus*	10	0,07	0,04	5	0,04	0,02	7,50	0,05	0,03
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	8	0,06	0,07	3	0,02	0,03	5,50	0,04	0,05
Sca	*Chlorurus bleekeri*				1	0,01	0,25	0,50	0,00	0,12
Sca	*Chlorurus japanensis*	1	0,01	0,22				0,50	0,00	0,11
Sca	*Chlorurus sordidus*	3	0,02	0,31				1,50	0,01	0,16
Sca	*Scarus flavipectoralis*	4	0,03	0,57	2	0,01	0,15	3,00	0,02	0,36
Sca	*Scarus rivulatus*	1	0,01	1,52				0,50	0,00	0,76
Sig	*Siganus vulpinus*	2	0,01	0,10				1,00	0,01	0,05
Total		**73**	**0,52**	**8,22**	**28**	**0,20**	**0,61**	**50,50**	**0,36**	**4,42**
Biodiversité		**20**			**9**			**23**		
Indice de Shannon =		3,710								
Equitabilité =		0,820								

Sur l'ensemble des transects de la station, 101 individus appartenant à 23 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.36 poisson/m² pour une biomasse de 4.42 g/m².
43 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 16).

Tableau 16 : Liste des espèces complémentaires (ST01)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus blochii*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Aca	*Acanthurus mata*	Lab	*Halichoeres melanurus*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Lab	*Halichoeres ornatissimus*	Pom	*Dascyllus aruanus*

[5] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe n°01

Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Neoglyphidodon melas*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Labropsis australis*	Pom	*Pomacentrus aurifrons*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon melannotus*	Lab	*Pseudodax moluccanus*	Sca	*Chlorurus bleekeri*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Lab	*Thalassoma lunare*	Sca	*Chlorurus japanensis*
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	Mul	*Parupeneus barberinoides*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Epi	*Cephalopholis boenak*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Epi	*Epinephelus howlandi*	Pin	*Parapercis hexophtalma*	Sca	*Scarus rivulatus*
Epi	*Plectropomus leopardus*	Poc	*Centropyge bicolor*	Sig	*Siganus vulpinus*
Lab	*Anampses neoguinaicus*	Pom	*Abudefduf whitleyi*	Syn	*Synodus variegatus*
Lab	*Cheilinus chlorourus*				

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 17 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 07.

Tableau 17 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST01)

Familles	**Nb d'espèces vues (zone et période totale)**	**Nb d'espèces**		**Proportions**	
		Campagne	**Moy.**	**Campagne**	**Moy.**
Acanthuridae	40	3	1,32	7,50	3,30
Chaetodontidae	30	0	1,84	0,00	6,13
Epinephelinae	26	3	1,68	11,54	6,46
Labridae	97	3	2,52	3,09	2,60
Lethrinidae	16	0	0	0	0
Lutjanidae	22	0	0	0	0
Mullidae	14	1	0,28	7,14	2,00
Pomacanthidae	14	1	0,84	7,14	6,00
Pomacentridae	92	5	5,60	5,43	6,09
Scaridae	23	5	1,80	21,74	7,83
Siganidae	10	1	0,68	10,00	6,80
Autres	257	1	2,92	0,39	1,14
Khi2 obs		**112,8**		**27,6**	
Khi2 tab					**16,9**

Le récapitulatif des résultats en termes de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 est présenté dans le tableau 18 et la figure 08.

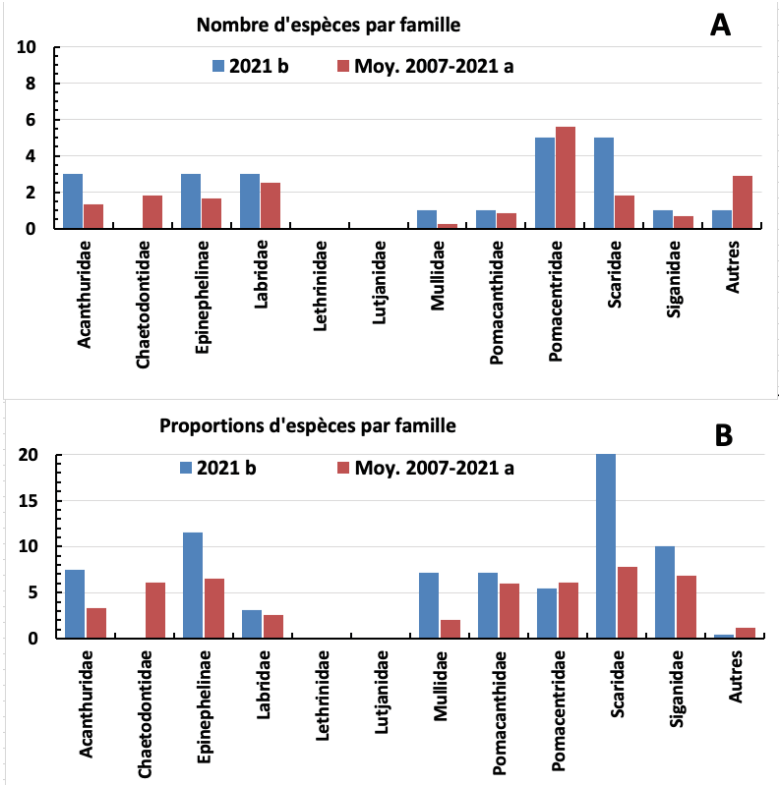


Figure 07 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST01)

L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

Tableau 18 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST01)

Ilot Casy ST01		Liste restreinte					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2021 b	Transect A	73	0,52	8,22	20		
	Transect B	28	0,20	0,61	9		
	Moy. AB	**50,50**	**0,36**	**4,42**	**23**	**29**	**43**
2021 a	Moy. AB	64,50	0,63	9,82	36	49	68
2020 b	Moy. AB	46,50	0,47	3,90	46,50	31	79
2020 a	Moy. AB	66,00	0,66	10,37	28	49	73
2019 b	Moy. AB	74,00	1,23	17,66	17	50	76
2019 a	Moy. AB	132,50	2,16	55,17	26	56	78
2018 b	Moy. AB	94,50	1,98	19,19	26	50	74
2018 a	Moy. AB	116,50	2,25	56,65	34	50	77
2017 b	Moy. AB	115,50	1,28	29,91	31	46	82
2017 a	Moy. AB	136,00	2,27	12,04	24	47	75
2016 b	Moy. AB	135,50	0,90	11,57	287	44	8
2016 a	Moy. AB	159,00	1,47	21,76	20	44	76
2015 b	Moy. AB	116,50	1,50	5,17	19	50	73
2015 a	Moy. AB	147,50	1,75	30,37	30	46	76

2014 b	Moy. AB	74,50	0,85	21,61	21	41	75
2014 a	Moy. AB	76,0	0,60	20,21	20	43	72
2013 b	Moy. AB	49,00	0,56	2,43	9	21	39
2013 a	Moy. AB	98,00	1,09	26,75	18	33	58
2012 b	Moy. AB	67,00	0,80	2,70	12	24	49
2012 a	Moy. AB	26,50	0,33	0,82	8	35	55
2011 b	Moy. AB	27,00	0,36	3,97	13	27	37
2011 a	Moy. AB	23,50	0,30	1,01	12	25	37
2010 b	Moy. AB	21	0,33	2,30	11	35	55
2010 a	Moy. AB	18,50	0,93	5,79	13	43	66
2009	Moy. AB	21,00	3,50	13,08	11	28	56
2008	Moy. AB	15,50	0,87	6,68	9	17	47
2007	Moy. AB	17,30	2,63	14,86	16	21	34

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i – X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 19 et représentation figure 09.

Tableau 19 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	2 087,3	0,7	215,3	69,2	132,0	244,4
Ecart type	45,7	0,8	14,7	8,3	11,5	15,6
Moyenne	73,9	1,2	15,3	20,3	39,1	63,4
Coef. de Var.	0,6	0,7	1,0	0,4	0,3	0,2

Commentaires :

- Les valeurs quantitatives de Biodiversité ont baissé. Seule la biodiversité sur le transect A reste moyenne grâce à la nature du substrat de ce transect. Globalement sur l'ensemble de la station la biodiversité a chuté de manière importante.
- La densité et la biomasse sont plutôt faibles.
- Qualitativement le peuplement a changé. Plus des 2/3 des Chaetodons, nombre de Pomacentridés, les Haemulidés et les Apogons ont déserté la station.
- Beaucoup d'espèces sont présentes à l'état juvénile.

Les précédents rapports montrent qu'au cours du temps de tels changements ont déjà eu lieu, les espèces disparaissaient des listes au profit d'autres, puis elles réapparaissent - ou pas - plusieurs missions plus tard. La biodiversité est faible, si bien que la part d'espèces pérennes est plutôt importante.

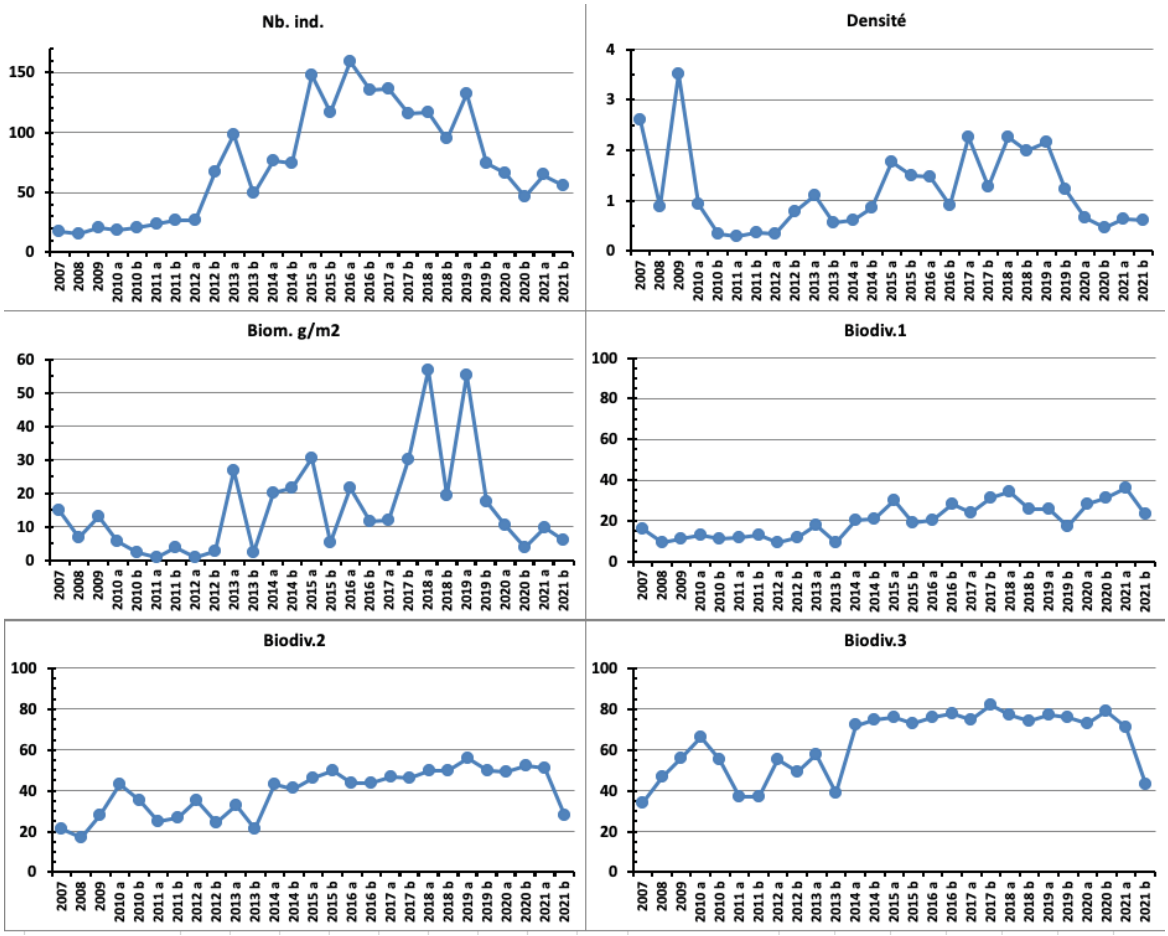


Figure 08 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01)

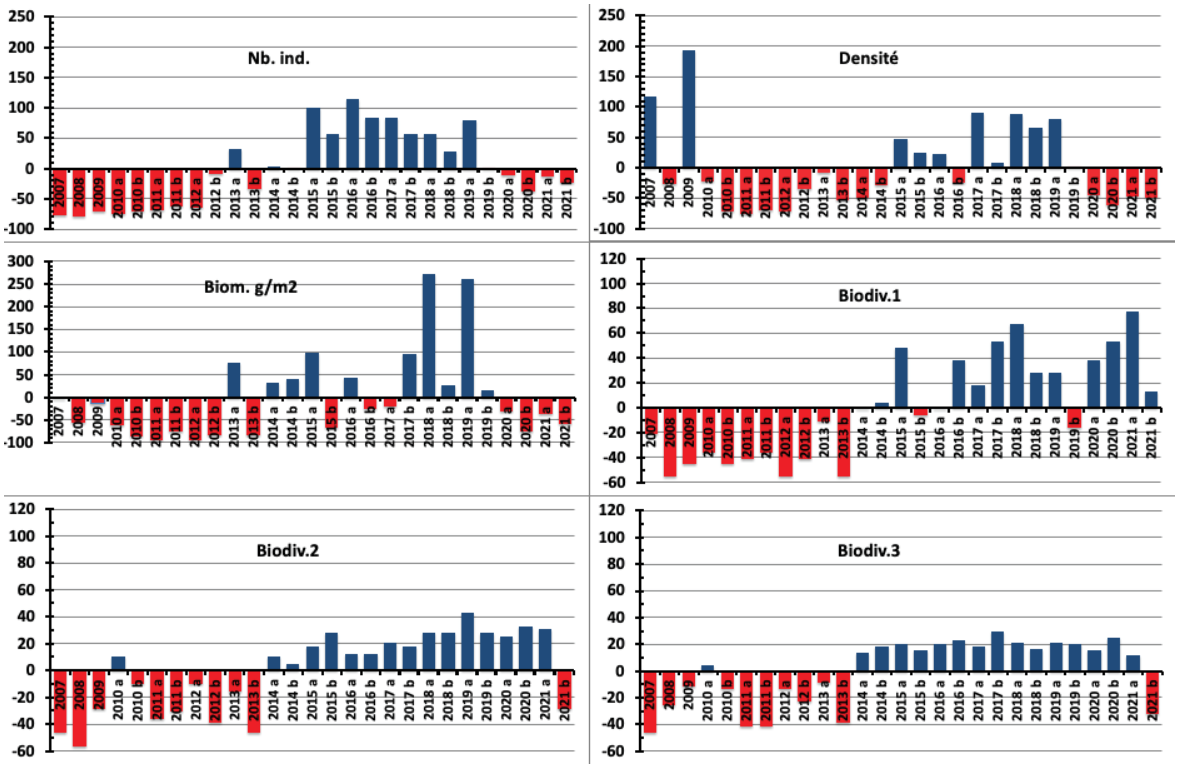


Figure 09 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01)

4.2 Station 02 = Creek baie nord

Localisation géographique	Au sud de l'embouchure du creek de la Baie nord, à proximité d'un petit récif (langue récifale), face à un amas rocheux sur la plage.
Nombre transects	2 transects.
Description transects	Ils ont été installés à 10 et 12 mètres de profondeur, avec une orientation du sud vers le nord.

Description générale

Cette station est originale par l'importance de la richesse spécifique corallienne, la rareté des espèces coralliennes qui lui sont inféodées et par une multitude d'alcyonaires recouvrant le substratum (particulièrement le genre *Sarcophyton*). Les espèces benthiques vivant dans ce biotope sont adaptées aux conditions de turbidité soutenues et à un taux de sédimentation important (elles développent différentes stratégies d'adaptation pour s'édifier et survivre : peu demandeuses de lumière, grands polypes, sécrétion de mucus et/ou croissance rapide).

Caractéristiques principales

- Originalité des espèces coralliennes adaptées à un milieu turbide et à la faible pénétration de la lumière dans l'eau, par une croissance rapide, la sécrétion de mucus et/ou de grands polypes pour se dégager de la sédimentation
- Richesse spécifique parmi la plus importante des coraux de toutes les stations de suivi environnemental de la baie de Prony *(données de novembre 2016)*
- Le recouvrement corallien du transect A est particulièrement représenté par des grands massifs de coraux branchus (*Acropora* et *Anacropora*) et celui du transect B est plutôt constitué de petites colonies éparpillées sur les blocs coralliens
- Les colonies d'*Acropora* et *Anacropora* en A forment de grands massifs plurimétriques de plus en plus denses (croissance importante)
- Lésions coralliennes : de nombreuses colonies coralliennes sont dégradées suite à la prolifération d'*Acanthaster* (2019), aux maladies coralliennes et aux perturbations sédimentaires
- Hyper sédimentation en B
- Abondance important des alcyonaires sur l'ensemble de la zone (*Sarcophyton*)
- Compétition spatiale importante entre les alcyonaires, les algues vertes/brunes et les coraux

- **Présence d'*Acanthaster planci* :**
- Présence de 2 spécimens en A en mai 2018
- Prolifération en avril et octobre 2019 en A et B (respectivement 5 et 2 spécimens / 3 et 5)
- Présence de 1 spécimen en A et en B en mai 2020
- Présence de 1 spécimen en B en octobre 2020
- **Absence depuis mai 2021**

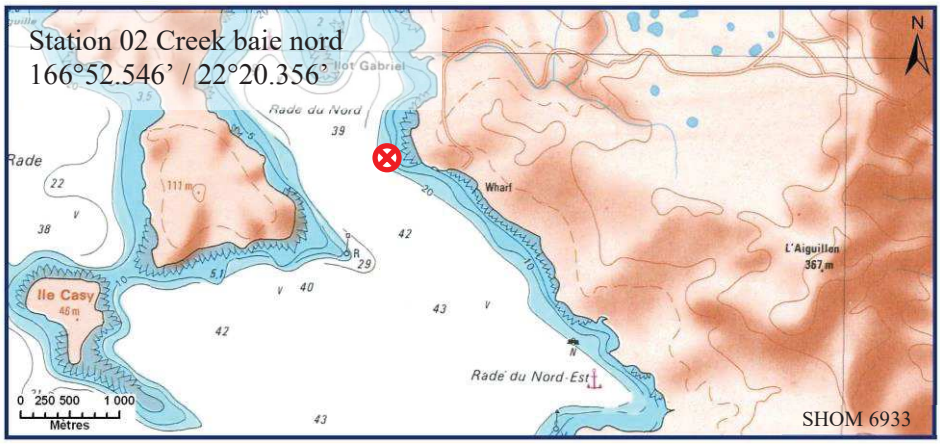
Variations entre mai et novembre 2021

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 23% au transect A et 8% en B. Très légère diminution en A
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.23% ; Avril 2016 : 3.35% ; Novembre 2016 : 0.15% ; Avril 2017 : 0.35% ; Septembre 2017 : 0 % ; Mai 2018 : 0.4% ; Novembre 2018 : 0.05% ; Avril 2019 : 2.95% ; Octobre 2019 : 4% ; Mai 2020 : 0.9% ; Octobre 2020 : 0.4% ; Mai 2021 : 0% ;* Novembre 2021 : 0%
- Lésions coralliennes récentes :
  - Prédation des *Acanthaster* : RAS
  - Maladies coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche, quelques taches noires (hypermycose endolithique) induites ponctuellement par la sédimentation (sans mortalité)
  - Perturbations sédimentaires : des colonies coralliennes sont recouvertes partiellement par la sédimentation mais la résilience du récif est observable par la présence de nouvelles recrues

Autres indicateurs :
- Cyanobactéries : absence : augmentation en A & B (niveau 0 à 3)
- Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens
- **Algue brune *Lobophora* : présence importante mais stable en A et B** (respectivement niveau 4 et 2) → **caractère envahissant potentiel, particulièrement en A**
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente et stable
- *Cliona orientalis* : RAS (< niveau 2 et stable)
- *Cliona jullieni :* RAS (< niveau 2 et stable)

Les corallivores :
- *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Drupella cornus* : absence, stable



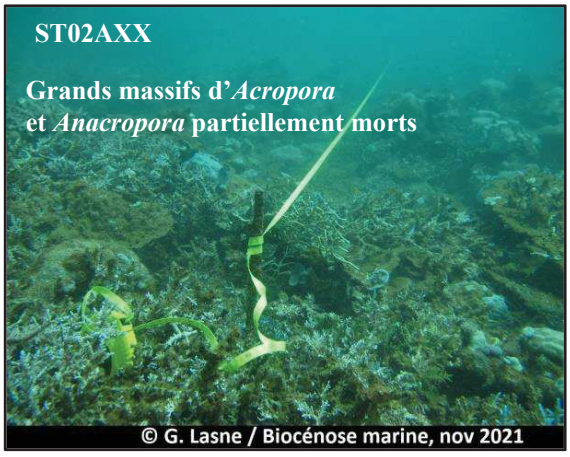


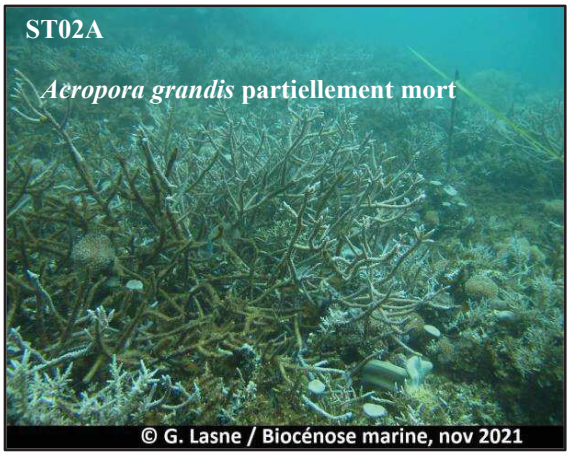
Carte 04 : Localisation de la station 02 (Creek baie nord)



Photographie 04 : Position en surface par rapport à la côte (ST02)



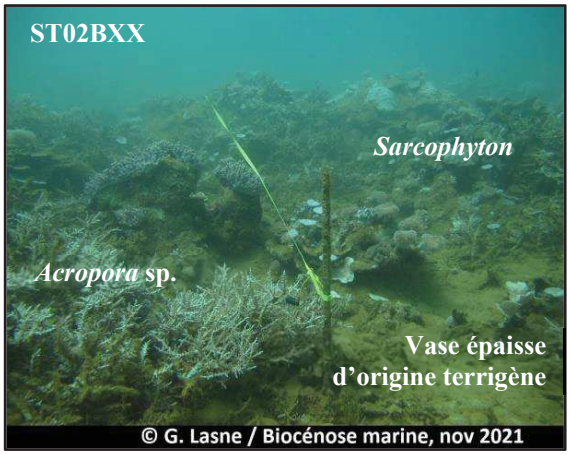






Développement important d'algues *(Halimeda* et *Lobophora)*
à travers la base des colonies coralliennes branchues et des colonies mortes en place





Pente sédimentaire vaseuse avec de nombreux massifs coralliens de taille métrique
Nouvelles croissances des colonies coralliennes branchues suite à la mortalité causée par les *Acanthaster*
Les colonies mortes en place sont encore très nombreuses

Photographie 05 : Vue d'ensemble des transects (ST02, présente mission)

4.2.1 Le substrat (ST02)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 10 pour le transect A et dans la figure 11 pour le transect B.

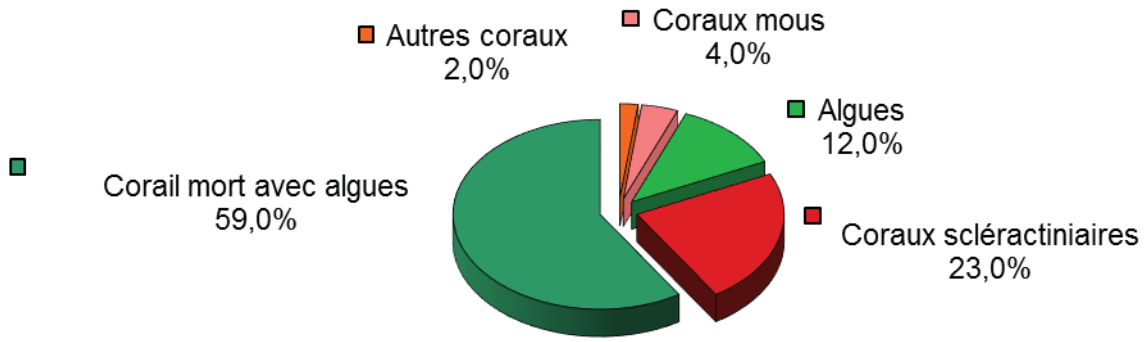


Figure 10 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02A

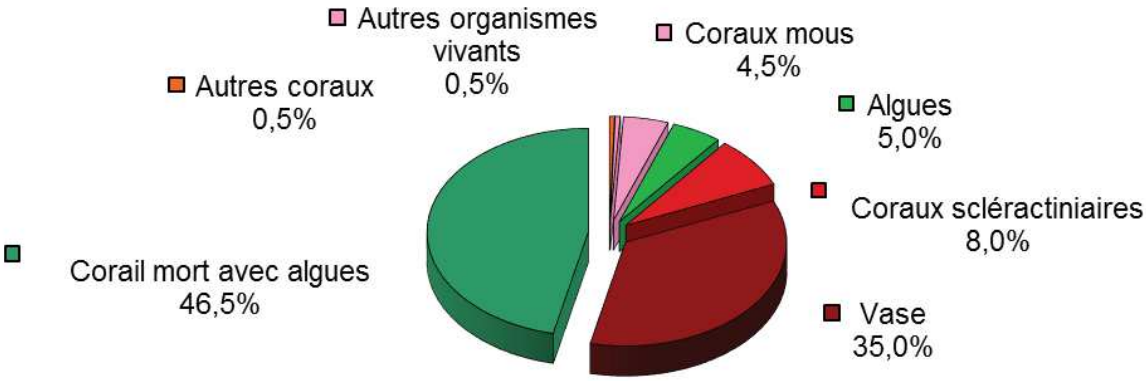


Figure 11 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02B

Le transect A est caractérisé par un substrat totalement biotique (100%). Le recouvrement des coraux scléractiniaires est en très légère baisse (23% *vs* 29.5%). Par ailleurs, les cyanobactéries sont toujours absentes et il n'y a pas de blanchissement.
Le substrat au transect B est aussi majoritairement biotique (65%), avec un taux de recouvrement des coraux scléractiniaires bas (8%, stable), sur un fond de vase.

Historiquement, le recouvrement était globalement stable (avec des fluctuations saisonnières des algues en A).

Les missions de 2016 avaient permis d'observer sur les 2 transects une mortalité élevée des coraux accompagnée d'un développement important des cyanobactéries. Depuis, l'absence d'indicateur de mauvais état de santé et des taux de recouvrement des scléractiniaires stables (en B) voir en hausse (en A) jusqu'en avril 2019 confirmaient que les dégradations étaient terminées et que le récif était à nouveau en bonne santé.
Malheureusement, la mission d'octobre 2019 a vu une baisse significative du recouvrement corallien (respectivement des pertes de 12% et 17%), cette mortalité étant la conséquence d'une prolifération d'*Acanthaster planci*. Et 2 ans après, le taux en A est encore diminué de 11%.

La résilience de ce récif est difficile : la nature des fonds vaseux ne favorise pas le recrutement des larves coralliennes et les algues qui présente parfois un développement massif (particulièrement en A) sont un compétiteur fort envers les coraux.

4.2.2 Le benthos (ST02)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe n°04.

En novembre 2021, la richesse spécifique de la station Creek baie nord (ST02) est composée de :

- **43 espèces d'invertébrés** dont 12 espèces de mollusques ; 11 espèces de cnidaires : alcyonaires (8 taxons), zoanthaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon) ; 11 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), échinides (3 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), synaptes (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; 2 espèces d'ascidies
- **6 espèces de macrophytes** : algues vertes (4 taxons), algues brunes (1 taxon), algues rouges (1 taxon)
- **2 espèces de cyanobactéries.**

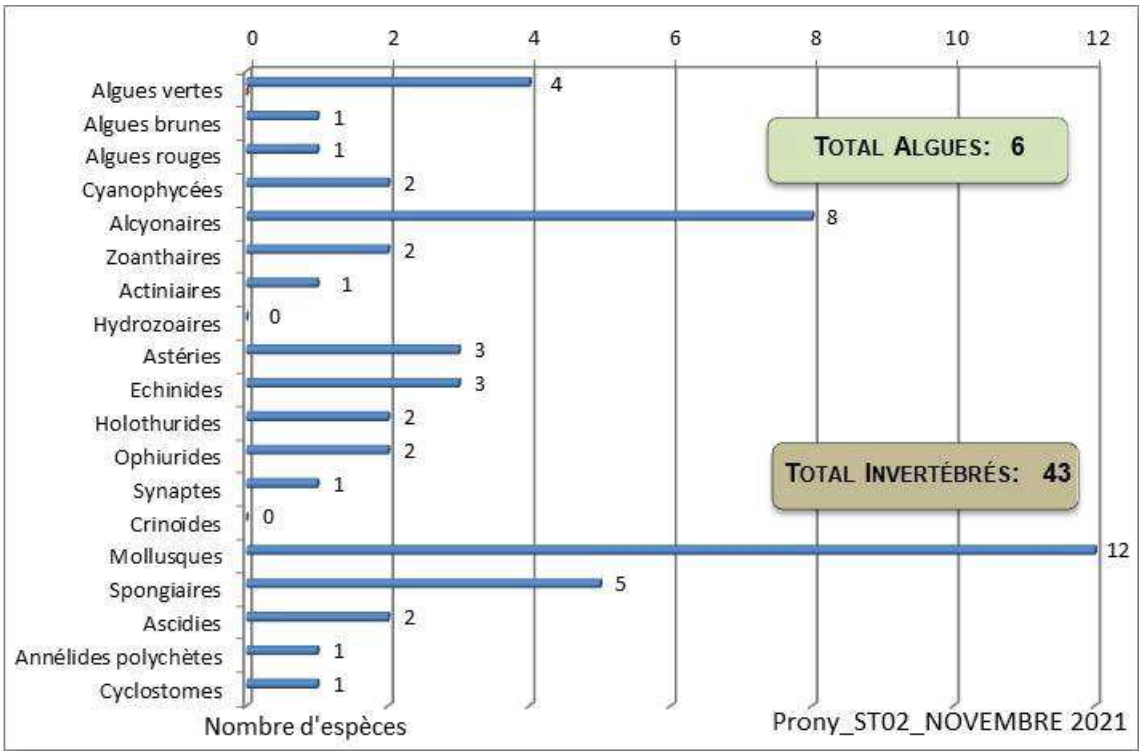


Figure 12 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST02)

4.2.2.1 Benthos Transect 02 A

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST02A est composée de :

- 39 espèces d'invertébrés dont 9 espèces de mollusques ; 11 espèces de cnidaires : alcyonaires (8 taxons), zoanthaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon) ; 10 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), échinides (3 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons) ; 5 espèces d'éponges ; 2 espèces d'ascidies
- 6 espèces de macrophytes : algues vertes (4 taxons), algues brunes (1 taxon), algues rouges (1 taxon)
- 2 espèces de cyanobactéries.

Tableau 20 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST02A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue verte : •*Chlorodesmis fastigiata* (A1). Aucune espèce d'algues n'a disparue.	3 espèces d'algues augmentent, dont 3 espèces d'algues vertes : •*Halimeda* sp. (3spp., A5/+ 1). Une espèce d'algue diminue, l'algue brune : •*Lobophora* sp. (A4/- 1)
Cyanobactéries	
Une nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : •*Symploca hydnoides* (A2).	☑
Cnidaires	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Xenia* sp. (A2) ; ➢ pour les actiniaires (1 espèce) : •*Cryptodendrum adhaesivum* (A1).	☑
Échinodermes	
4 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 espèces) : •*Gomophia egyptiaca* (A1), •*Nardoa gomophia* (A1) ; ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Echinometra mathaei* (A2) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A2).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Diadema setosum* (A2/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria flavomaculata* (A2/- 1).
Mollusques	
☑	☑
Éponges	
2 nouvelles espèces d'éponges recensées : •*Dysidea herbacea* (A1), •Spongiaires ind. (noire) (A2).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •*Spheciospongia vagabunda* (A2/+ 1).
Ascidies	
☑	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.2.2.2 Benthos Transect 02 B

En novembre 2021novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST02B est composée de :

- 29 espèces d'invertébrés dont 9 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (5 taxons), zoanthaires (1 taxon) ; 9 espèces d'échinodermes : échinides (3 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), astéries (1 taxon), synaptes (1 taxon) ; 3 espèces d'éponges
- 4 espèces de macrophytes : algues vertes (2 taxons), algues brunes (1 taxon), algues rouges (1 taxon)
- 2 espèces de cyanobactéries
- aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des ascidies.

Tableau 21 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST02B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
2 nouvelles espèces de cyanobactéries recensées : •*Phormidium* sp. (A2), •*Symploca hydnoides* (A2).	☑
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Nephthea* sp. (A0/-2).	☑
Échinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les échinides (2 espèces) : •*Diadema setosum* (A1), •*Parasalenia gratiosa* (A2) ; ➢ pour les synaptes (1 espèce) : •*Synapta maculata* (A2). Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Nardoa gomophia* (A0/-1).	☑
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Pinna* sp. (A1) ; ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Cypraea tigris* (A1).	☑
Éponges	
☑	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •*Cliona jullieni* (A2/- 1).
Ascidies	
☑	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.2.3 Les poissons (ST02)

La liste des espèces observées[6] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 22.

Tableau 22 : Données sur les poissons (ST02)

Creek baie nord ST02		Transect A			Transect B			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Cha	*Chaetodon auriga*	1	0,01	0,01				0,50	0,01	0,00
Cha	*Chaetodon baronessa*	1	0,01	0,02				0,50	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon bennetti*	2	0,03	0,03				1,00	0,01	0,02
Cha	*Chaetodon melannotus*	1	0,01	0,01	2	0,01	0,01	1,50	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon ulietensis*	2	0,03	0,03				1,00	0,01	0,02
Epi	*Cephalopholis boenak*				1	0,01	0,02	0,50	0,01	0,01
Pom	*Abudefduf whitleyi*	5	0,03	0,21				2,50	0,02	0,11
Pom	*Chrysiptera rollandi*	3	0,04	0,02	2	0,03	0,01	2,50	0,03	0,02
Pom	*Pomacentrus aurifrons*	10	0,13	0,02	10	0,13	0,02	10,00	0,13	0,02
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	4	0,05	0,03				2,00	0,03	0,01
Sca	*Scarus flavipectoralis*	3	0,04	1,00				1,50	0,02	0,50
Sig	*Siganus vulpinus*	2	0,03	0,17				1,00	0,01	0,09
Total		**34**	**0,39**	**1,54**	**15**	**0,18**	**0,06**	**24,50**	**0,28**	**0,80**
Biodiversité		**11**			**4**			**12**		
Indice de Shannon =		2,897								
Equitabilité =		0,808								

Sur l'ensemble des transects de la station, 49 individus appartenant à 12 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.28 poisson/m² pour une biomasse de 0.80 g/m².
43 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 23).

Tableau 23 : Liste des espèces complémentaires (ST02)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	Epi	*Plectropomus leopardus*	Mul	*Parupeneus spilurus*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	Nem	*Scolopsis bilineatus*
Cae	*Caesio cuning*	Hol	*Neoniphon sammara*	Ple	*Assessor macneilli*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Cheilinus fasciatus*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Cheilinus trilobatus*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lab	*Choerodon fasciatus*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Cha	*Chaetodon ephippium*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Neoglyphidodon melas*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	Lab	*Labroides bicolor*	Pom	*Pomacentrus aurifrons*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon melannotus*	Lab	*Labropsis australis*	Sca	*Scarus chameleon*
Cha	*Chaetodon speculum*	Lab	*Oxycheilinus celebicus*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Lab	*Oxycheilinus digrammus*	Sig	*Siganus doliatus*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Lut	*Lutjanus russellii*	Sig	*Siganus puellus*
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	Lut	*Lutjanus vitta*	Sig	*Siganus vulpinus*
Epi	*Cephalopholis boenak*				

[6] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe n°01

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 24 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 13.

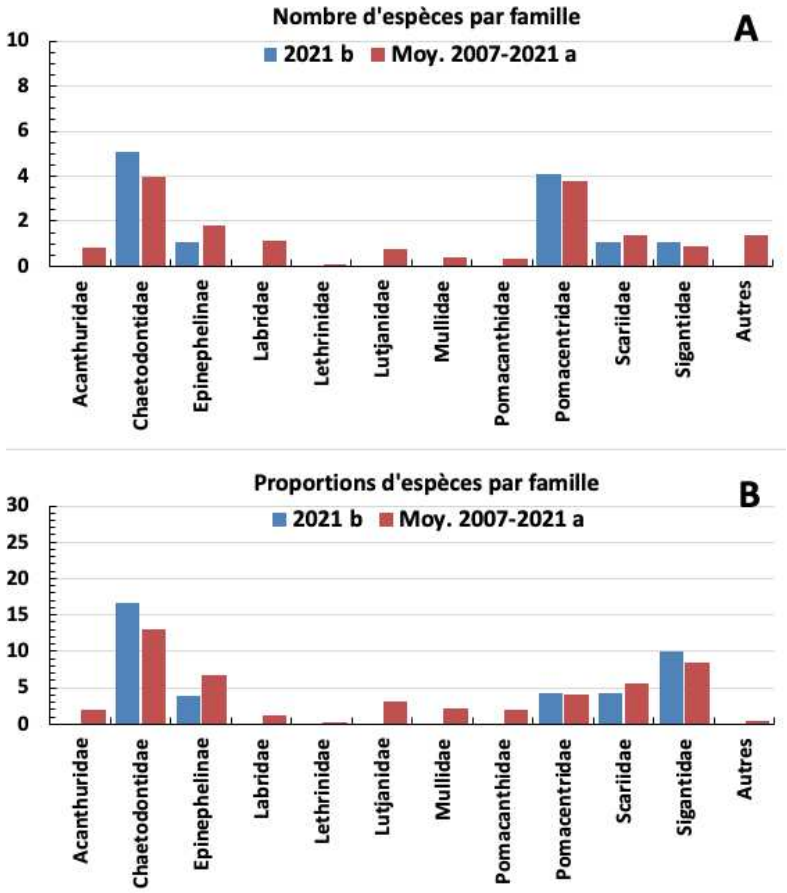


Figure 13 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST02)

L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

Tableau 24 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST02)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		Campagne	Moy.	Campagne	Moy.
Acanthuridae	40	0	0,77	0,00	1,92
Chaetodontidae	30	5	3,92	16,67	13,08
Epinephelinae	26	1	1,77	3,85	6,80
Labridae	97	0	1,08	0,00	1,11
Lethrinidae	16	0	0,04	0,00	0,24
Lutjanidae	22	0	0,69	0,00	3,15
Mullidae	14	0	0,31	0,00	2,20
Pomacanthidae	14	0	0,27	0,00	1,92
Pomacentridae	92	4	3,69	4,35	4,01
Scaridae	23	1	1,31	4,35	5,69
Siganidae	10	1	0,85	10,00	8,46
Autres	257	0	1,31	0,00	0,51
Khi2 obs		**5,6**		**15,0**	
Khi2 tab				**19,17**	

Le récapitulatif des résultats en termes de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 est présenté dans le tableau 25 et la figure 14.

Tableau 25 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST02)

Creek baie nord ST02		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2021 b	Transect A	34	0,39	1,54	10		
	Transect B	15	0,18	0,06	7		
	Moy. AB	**24,50**	**0,28**	**0,80**	**12**	**33**	**43**
2021 a	Moy. AB	51,50	0,60	2,64	13	41	51
2020 b	Moy. AB	45	0,42	11,28	23	45	65
2020 a	Moy. AB	36,50	0,37	4,37	14	28	47
2019 b	Moy. AB	63,50	1,06	8,26	16	50	70
2019 a	Moy. AB	69,00	1,07	16,91	27	41	66
2018 b	Moy. AB	188,00	3,03	14,08	16	38	54
2018 a	Moy. AB	29,50	0,74	1,45	7	19	30
2017 b	Moy. AB	51,50	0,43	4,29	14	44	72
2017 a	Moy. AB	88,50	0,98	15,73	20	30	53
2016 b	Moy. AB	84,5	0,74	6,62	22	43	66
2016 a	Moy. AB	116,00	0,89	39,32	20	41	63
2015 b	Moy. AB	88,00	1,03	20,65	17	45	70
2015 a	Moy. AB	108,00	1,06	45,06	30	45	69
2014 b	Moy. AB	292,50	6,17	71,48	27	40	69
2014 a	Moy. AB	57,00	0,71	3,59	10	39	54
2013 b	Moy. AB	103,00	1,14	21,17	29	45	61
2013 a	Moy. AB	152,50	1,91	45,07	8	49	68
2012 b	Moy. AB	88,50	1,36	20,09	16	36	51
2012 a	Moy. AB	89,00	1,10	23,17	14	41	52
2011 b	Moy. AB	134,00	1,18	100,16	16	38	54
2011 a	Moy. AB	35,50	0,45	56,40	13	27	38
2010 b	Moy. AB	45	1,41	4,23	8	39	51
2010 a	Moy. AB	33,50	1,68	6,71	10	33	47
2009	Moy. AB	29,50	1,49	6,73	9	13	34
2008	Moy. AB	35,50	1,76	26,05	12	19	30
2007	Moy. AB	33,50	1,12	5,46	6	23	33

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i – X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 26 et représentation figure 15.

Tableau 26 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	3 551,0	1,3	579,2	47,9	91,8	171,1
Ecart type	59,6	1,1	24,1	6,9	9,6	13,1
Moyenne	80,6	1,3	21,5	15,9	36,3	54,3
Coef. de Var.	0,7	0,9	1,1	0,4	0,3	0,2

Commentaires :

- Quantitativement, les diversités (biodiversité 1, 2 et 3) présentent des valeurs en dessous de la moyenne. La visibilité était assez bonne et n'explique donc pas cette baisse. Toutefois les Chaetodons sont toujours assez bien représentés.
  Qualitativement le changement est encore plus prononcé
- Les nombres d'individus, la densité et la biomasse sur les transects présentent des valeurs encore en baisse. La biomasse est d'ailleurs au plus bas.
- La demoiselle *Pomacentrus aurifrons* constitue toujours l'essentiel du peuplement des transects et rehausse ainsi la valeur des paramètres de densité et de nombre d'individus.
- De nombreuses espèces sont représentées par des individus juvéniles.

Quelle que soit la manière dont est considérée la structure spécifique (cf. § 3.4.3), lors de cette mission, celle-ci ne diffère pas significativement de la structure moyenne obtenue sur la période de suivi. Signalons toutefois que la faiblesse des effectifs (et le grand nombre de zéros) rend le test de Khi2 peu informatif.
Ces résultats montrent encore une instabilité qualitative de la description spécifique des peuplements du fait sans doute, qu'ils sont décrits à partir de surfaces trop réduites. Et contrairement à la précédente mission, la liste de biodiversité 3, réalisée sur une surface plus vaste, montre que le nombre d'espèces notamment et quelle que soit la famille (hormis les Chaetodons) a sensiblement changé.

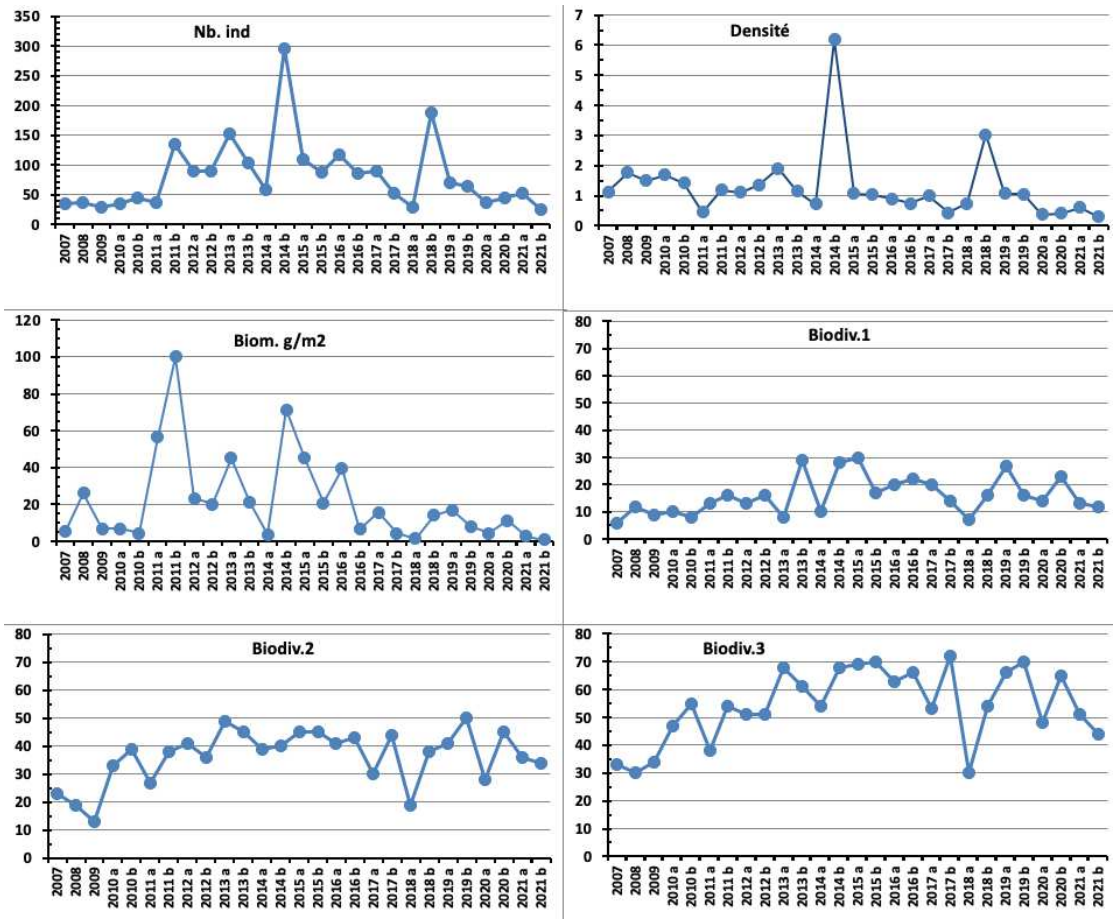


Figure 14 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02)

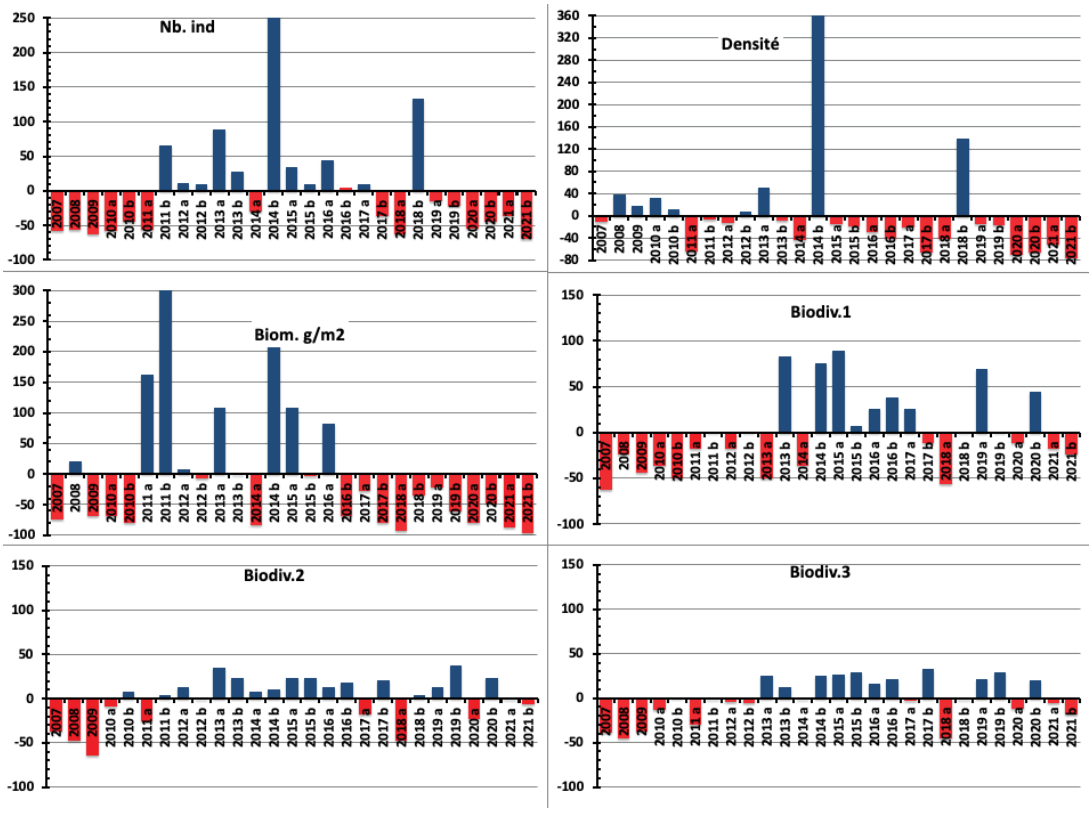


Figure 15 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02)

4.3 Station 03 = Port

Localisation géographique	Au sud-est des quais du port de Goro (à +/- 150 m au plus près). Un petit creek (visible sur la photographie aérienne de la carte 05) débouche sur la côte, légèrement à l'est.
Nombre transects	3 transects.
Description transects	Ils ont été installés perpendiculairement à la pente à 5, 10 et 13 mètres de profondeur, dans une direction est-ouest.
	Le sommet de la pente sédimentaire a une inclinaison faible (entre 10 et 15°) puis cette inclinaison augmente de manière importante (35° à 40°) pour les profondeurs avoisinant les 15 mètres. Le transect A est sur un substrat peu colonisé et composé de vase sableuse avec des débris coralliens. Le transect B est en milieu de pente récifale et il est composé principalement par des coraux branchus et des débris coralliens recouverts d'algues. Le transect C est situé en bas de pente et il est composé par de la vase d'origine terrigène et des petits massifs coralliens.

Description générale

Cette station est située sur la pente récifale bordant un petit récif frangeant relativement bien préservé, mais la zone est fortement envasée. Cette sédimentation provient des apports terrigènes qui sont charriés par les creek et les rivières autour de cette zone. Lors de précipitations de nombreuses particules terrestres sont entraînées par ruissellement dans les cours d'eau créant un panache turbide se répartissant dans la baie selon les courants.
En surface la visibilité peut être réduite à cause de l'apport d'eau douce de la rivière et de résurgences avec des matières en suspension (halocline : masse d'eau douce sur masse d'eau salée).

Le haut de la pente récifale (entre 3 et 6 m de profondeur) est composé de vase sableuse sur laquelle se développent des massifs coralliens épars et des *Halimeda gigas*. Ces blocs coralliens sont dispersés de manières hétérogènes et sont recouverts principalement par des algues brunes et de petites colonies coralliennes. Puis, à partir de 6 m de profondeur jusqu'en bas de pente, la pente récifale devient plus inclinée et le dépôt sédimentaire est de plus en plus important avec la profondeur. Le développement corallien va être en relation avec ce facteur limitant :
→ Les coraux branchus et les coraux à longs polypes vont se développer préférentiellement.
Pour les coraux branchus, la croissance est plus rapide que l'envasement, les colonies ne sont jamais recouvertes.
Pour les coraux à longs polypes, les colonies coralliennes peuvent se dégager des dépôts vaseux par l'intermédiaire de leurs longs polypes.
→ Les colonies vont être de plus en plus petites avec la profondeur : en bas de pente récifale les colonies coralliennes sont la plupart du temps de taille décimétrique et leur assemblage caractérise un milieu turbide.

Cette station est à surveiller car la proximité du port et les mouvements de gros bateaux peuvent occasionner une remobilisation des particules sédimentaires et un envasement plus conséquent des colonies coralliennes (pouvant entraîner des proliférations de cyanobactéries et la présence de *Culcita*, astérie corallivore).

Caractéristiques principales

- Originalité des espèces coralliennes adaptées à un milieu turbide :
  - Présence de *Heliofungia actiniformis* en A
  - Présence *Alveopora catalai*, *Goniopora* spp. et d'espèces à croissance rapide *Acropora* spp. en B
  - Présence d'une colonie métrique de *Blastomussa merleti* en C (rare)
- La mortalité corallienne peut être induite par l'apport d'eau douce (dessalure) au niveau bathymétrique supérieur et par l'hyper sédimentation plus en profondeur
- Le turn over corallien est conséquent (colonies de petite taille, surtout en C). Malgré les conditions turbides importantes, les colonies juvéniles remplacent progressivement les colonies envasées
- Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, de nombreuses colonies d'*Acropora* tabulaires et branchues sont mortes en place dans les pourtours du transect A

- Abondance importante des alcyonaires (*Sarcophyton*)
- Le *Tridacna squamosa* en A est mort en octobre 2014
- Recouvrement très important et en constante augmentation de l'algue brune (genre *Lobophora*) en B & C
- Présence occasionnelle de *Culcita novaeguineae*

- **Présence d'*Acanthaster planci* :**

- Seulement 1 spécimen en novembre 2018 en C
- Prolifération en avril 2019 aux 3 transects (respectivement 1, 16 et 1 spécimens)
- Seulement 1 spécimen en octobre 2019 en A & B
- Absence de mai 2020 à 2021
- **1 spécimen en novembre 2021 en A**

Variations entre mai et novembre 2021

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 1.5% au transect A, 12% en B et 3% en C. Très légère augmentation en B et diminution en C
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0% ; Avril 2016 : 1.33% ; Novembre 2016 : 0.53% ; Avril 2017 : 0% ; Septembre 2017 : 0% ; Mai 2018 : 0.17% ; Novembre 2018 : 0.20% ; Avril 2019 : 3.6% ; Octobre 2019 : 0.3% ; Mai 2020 : 0.67% ; Octobre 2020 : 0% ; Mai 2021 : 0% ;* Novembre 2021 : 0%
- Lésions coralliennes : le développement très important des algues brunes *(Lobophora)* entraîne des lésions partielles, irréversibles et un recouvrement parfois total sur de nombreuses colonies coralliennes (surtout en B & C)
    - Maladies coralliennes : RAS
    - Perturbations sédimentaires : des dépôts sédimentaires conséquents ont été observés sur les colonies coralliennes pour l'ensemble de la station et plus particulièrement en B & C. Des colonies coralliennes entièrement ou partiellement mortes en place

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : RAS, stable (< niveau 2 en A et B, et absence en C). Elles se développent sur les débris coralliens et le substrat d'origine terrigène
- Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens et les colonies mortes en place
- **Algue brune *Lobophora* : recouvrement très important aux 3 transects** (respectivement niveau 4,5, 4) → **caractère envahissant sur toute la station, particulièrement en B**
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente et stable
- *Cliona orientalis* : RAS (< niveau 2 et stable)
- *Cliona jullieni :* RAS (< niveau 2 et stable)

Les corallivores :

- *Acanthaster planci* : présence d'un spécimen (0 m² de coraux blanchi) en A
- *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Drupella cornus* : absence, stable



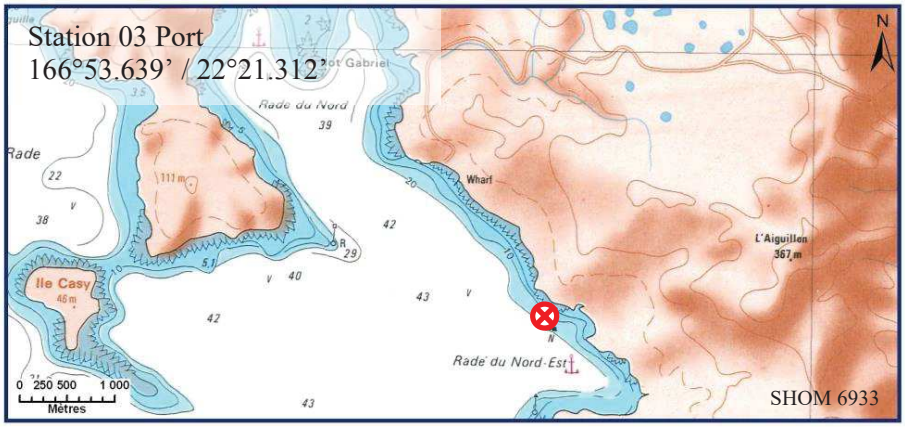
Photographie 06 : Vue aérienne : emplacement par rapport aux structures portuaires (ST03)



Photographie 07 : Position en surface par rapport aux structures portuaires (ST03)

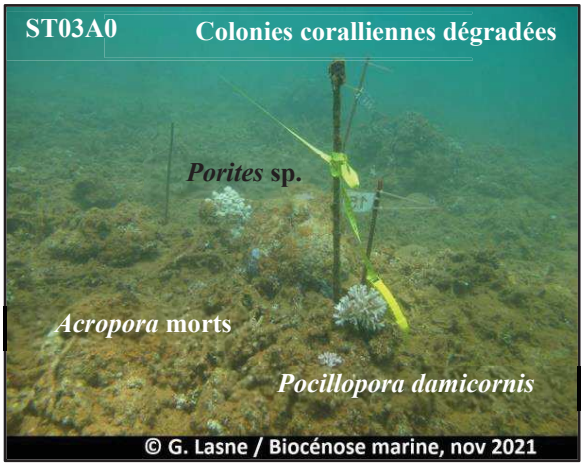


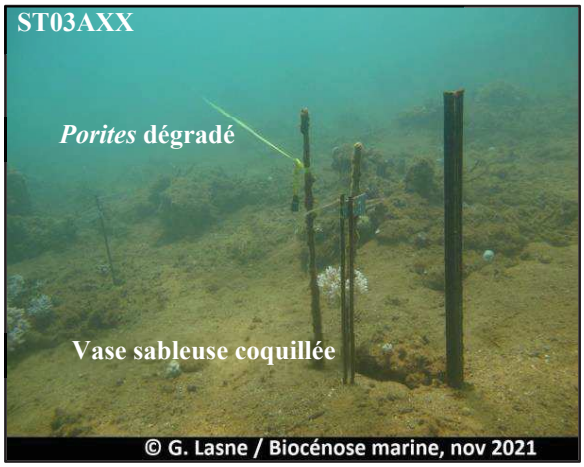
Photographie 08 : Position en surface par rapport à la côte (ST03)



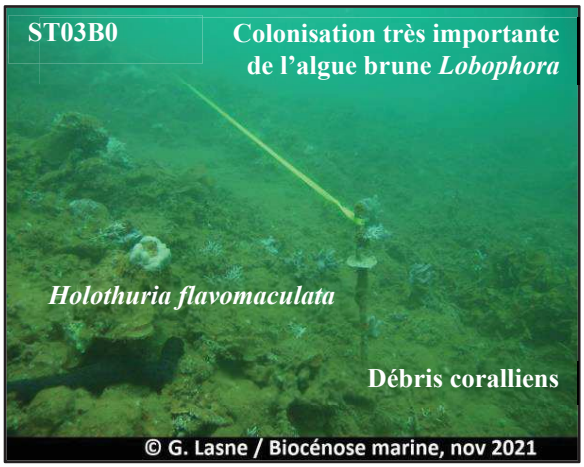


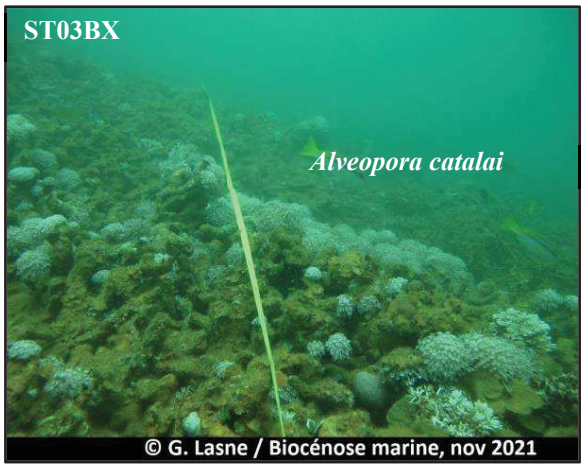
Carte 05 : Localisation de la station 03 (Port)





Nombreuses colonies coralliennes dégradées (sédimentation).
Substrat composé de vase sableuse coquillée (particules terrigènes à article d'*Halimeda* et débris coralliens)





Nombreuses colonies coralliennes mortes en place (hyper sédimentation et anciennes *Acanthaster*)
Colonisation très importante de l'algue brune *Lobophora* dans les coraux branchus





Photographie 09 : Vue d'ensemble des transects (ST03, présente mission)

4.3.1 Le substrat (ST03)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 16 pour le transect A, dans la figure 17 pour le transect B et dans la figure 18 pour le transect C.

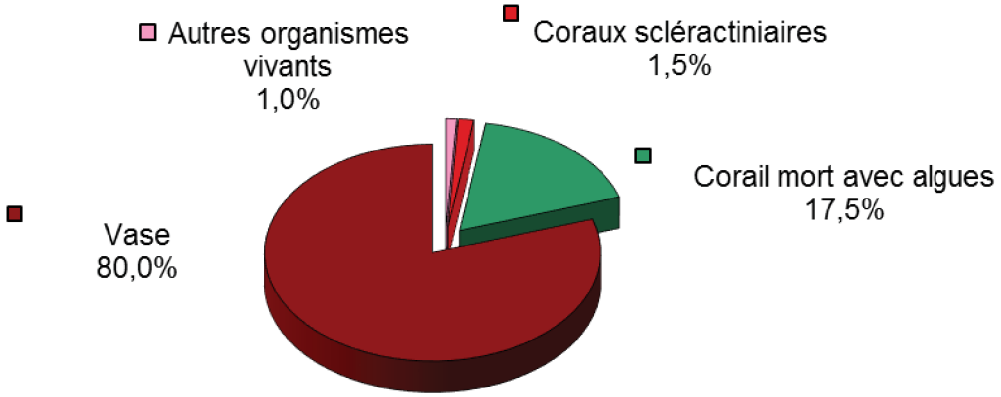


Figure 16 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03A

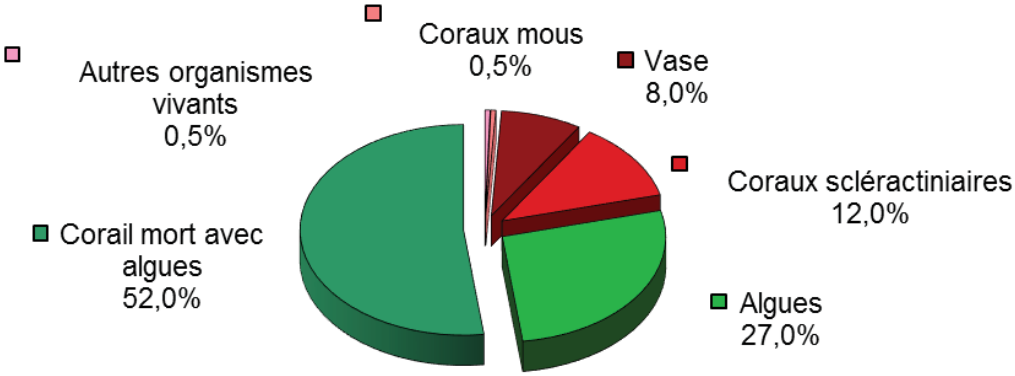


Figure 17 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03B

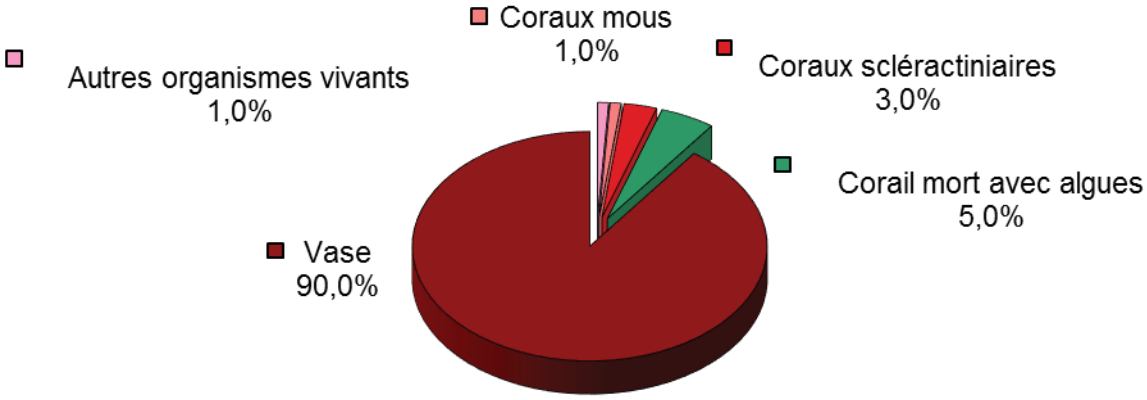


Figure 18 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C

Le transect A est caractérisé par des fonds abiotiques du fait de la présence de vase (80 %). La partie biotique est essentiellement due à la classe « corail mort avec algues » (17.5%), les coraux scléractiniaires étant faiblement présents (1.5%).
Le transect B a un recouvrement biotique important (92%) dû essentiellement à la classe « corail mort avec algues » (52%) et pour cette mission aux macroalgues *Lobophora* (27%). Les coraux scléractiniaires sont à mi pente faiblement représentés mais en légère hausse (12% *vs* 7%).
Le transect C est très vaseux (90% de vase soit 92% d'abiotique), avec un peu de coraux scléractiniaires (3%).

La station dans son ensemble est stable, avec des fluctuations saisonnières dans le recouvrement algal.

4.3.2 Le benthos (ST03)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe n°04.

En novembre 2021, la richesse spécifique de la station Port (ST03) est composée de :

- **38 espèces d'invertébrés** dont 7 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (5 taxons), actiniaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 12 espèces d'échinodermes : astéries (5 taxons), échinides (2 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), synaptes (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies
- **9 espèces de macrophytes** : algues brunes (4 taxons), algues vertes (3 taxons), algues rouges (2 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

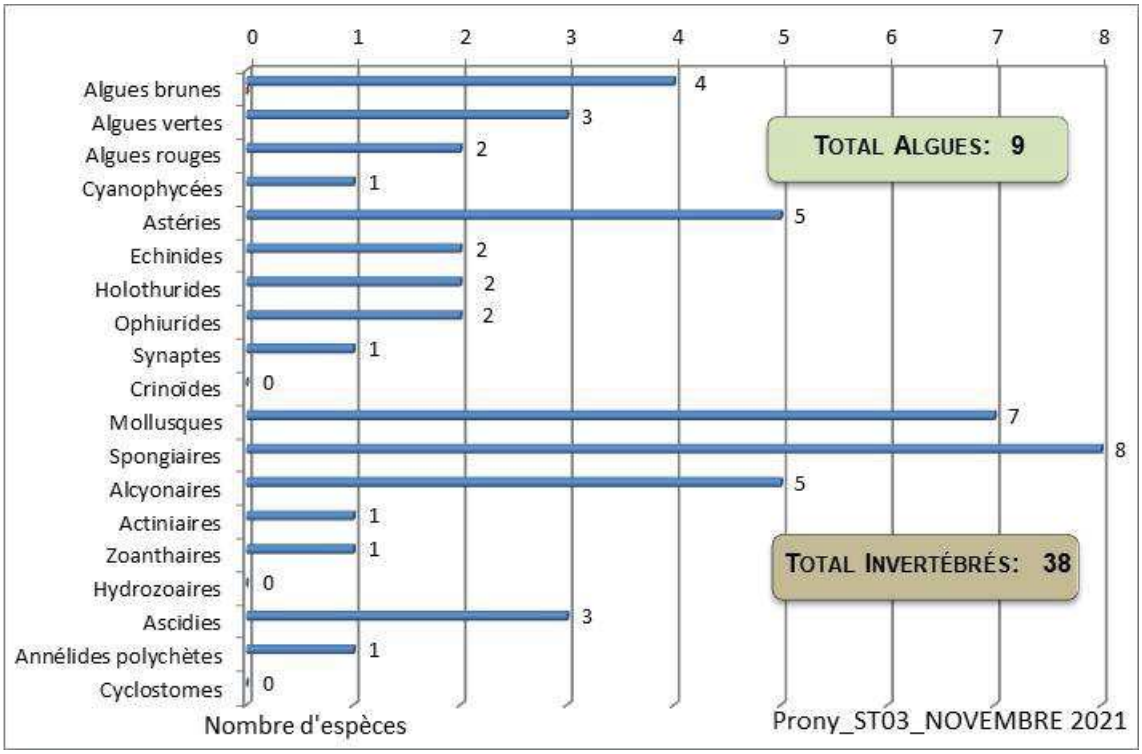


Figure 19 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST03)

4.3.2.1 Benthos Transect 03 A

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST03A est composée de :

- 26 espèces d'invertébrés dont 6 espèces de mollusques ; 4 espèces de cnidaires : alcyonaires (3 taxons), zoanthaires (1 taxon) ; 7 espèces d'échinodermes : astéries (2 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), échinides (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies
- 8 espèces de macrophytes : algues brunes (3 taxons), algues vertes (3 taxons), algues rouges (2 taxons)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 27 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST03A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
5 nouvelles espèces d'algues recensées, dont 2 espèces d'algues brunes : •*Dictyota* sp. (A2), •*Turbinaria ornata* (A1) ; et l'algue rouge : •*Trichogloea requienii* (A1) ; et 2 espèces d'algues vertes : •*Caulerpa serrulata* (A2), •*Chlorodesmis fastigiata* (A1) ; Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Nephthea* sp. (A0/-2).	☑
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Acanthaster solaris* (A1). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Culcita novaeguineae* (A0/-1) ; ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Diadema setosum* (A0/-2).	☑
Mollusques	
☑	☑
Éponges	
☑	☑
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Didemnum* sp. (blanche) (A1).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa cryptocarpa* (A1/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.3.2.2 Benthos Transect 03 B

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST03B est composée de :

- 15 espèces d'invertébrés dont une espèce de mollusques ; 4 espèces de cnidaires : alcyonaires (3 taxons), zoanthaires (1 taxon) ; 5 espèces d'échinodermes : ophiurides (2 taxons), astéries (1 taxon), échinides (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 4 espèces d'éponges ; une espèce d'ascidies
- 5 espèces de macrophytes : algues brunes (3 taxons), algues rouges (1 taxon), algues vertes (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 28 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST03B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
3 nouvelles espèces d'algues recensées, dont 2 espèces d'algues brunes : •*Dictyota* sp. (A2), •*Padina* sp. (A2) ; et l'algue verte : •*Halimeda* sp. (A2) ; Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sinularia* sp. (A2).	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A4/+ 1). Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Nephthea* sp. (A2/- 1).
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Fromia monilis* (A1). Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Nardoa gomophia* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Diadema setosum* (A2/+ 1).
Mollusques	
☑	☑
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Spheciospongia vagabunda* (A1). Une espèce d'éponges disparue : •*Leucetta chagosensis* (A0/-1).	☑
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Polycarpa nigricans* (A2).	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.3.2.3 Benthos Transect 03 C

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST03C est composée de :

- 27 espèces d'invertébrés dont 3 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (5 taxons), actiniaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 10 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), échinides (2 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), synaptes (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; une espèce d'ascidies ;
- 3 espèces de macrophytes : algues brunes (1 taxon), algues rouges (1 taxon), algues vertes (1 taxon)
- aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau 29 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST03C)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Une espèce d'algue diminue, l'algue brune : •*Lobophora* sp. (A4/- 1).
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
☑	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A3/+ 1).
Échinodermes	
4 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 espèces) : •*Celerina heffernani* (A1), •*Nardoa gomophia* (A1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A1) ; ➢ pour les synaptes (1 espèce) : •*Synapta maculata* (A1).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Diadema setosum* (A2/- 1).
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : •*Septifer bilocularis* (A0/-2).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 sp) : •*Isognomon isognomon* (A2/- 1).
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Dysidea herbacea* (A2).	☑
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : •*Polycarpa nigricans* (A0/-2).	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.3.3 Les poissons (ST03)

La liste des espèces observées[7] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 30.

Tableau 30 : Données sur les poissons (ST03)

Port ST03		Transect A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Cha	*Chaetodon lunulatus*	2	0,03	0,03	3	0,04	0,02				1,67	0,02	0,02
Cha	*Chaetodon melannotus*				1	0,01	0,01				0,33	0,00	0,00
Cha	*Chaetodon plebeius*	1	0,01	0,01							0,33	0,00	0,00
Epi	*Cephalopholis boenak*				1	0,01	0,02	1	0,02	0,04	0,67	0,01	0,02
Lab	*Thalassoma lunare*				2	0,03	0,06				0,67	0,01	0,02
Mul	*Parupeneus multifasciatus*				1	0,01	0,03				0,33	0,00	0,01
Nem	*Scolopsis bilineatus*	1	0,01	0,09							0,33	0,00	0,03
Pom	*Abudefduf whitleyi*				5	0,06	0,43				1,67	0,02	0,14
Pom	*Chrysiptera rollandi*	4	0,05	0,03	3	0,04	0,02	2	0,00	0,00	3,00	0,03	0,02
Pom	*Dascyllus aruanus*	7	0,09	0,01							2,33	0,03	0,00
Pom	*Pomacentrus aurifrons*	15	0,19	0,10	10	0,13	0,07				8,33	0,10	0,06
Pom	*Pomacentrus moluccensis*				2	0,03	0,01	2	0,00	0,00	1,33	0,01	0,00
Sca	*Scarus flavipectoralis*	2	0,02	0,11				2	0,00	0,00	1,33	0,01	0,04
Sca	*Scarus rivulatus*	1	0,01	0,17							0,33	0,00	0,06
Sig	*Siganus vulpinus*	1	0,01	0,13							0,33	0,00	0,04
Total		**34**	**0,41**	**0,68**	**28**	**0,35**	**0,67**	**7**	**0,02**	**0,04**	**23,00**	**0,26**	**0,46**
Biodiversité		**9**			**9**			**4**			**15**		
Indice de Shannon =		3,101											
Equitabilité =		0,794											

Sur l'ensemble des transects de la station, 69 individus appartenant à 15 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.26 poisson/m² pour une biomasse de 0.46 g/m².
45 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 31).

Tableau 31 : Liste des espèces complémentaires (ST03)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus blochii*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Aca	*Naso unicornis*	Lab	*Choerodon fasciatus*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	Pom	*Neopomacentrus azysron*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Pomacentrus adelus*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Let	*Lethrinus harak*	Pom	*Pomacentrus aurifrons*
Cha	*Chaetodon melannotus*	Lut	*Lutjanus vitta*	Pom	*Pomacentrus chrysurus*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Mic	*Gunnellichthys curiosus*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Mic	*Gunnellichthys viridescens*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Chaetodon vagabundus*	Mul	*Parupeneus barberinoides*	Sca	*Scarus ghobban*
Epi	*Cephalopholis boenak*	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	Sca	*Scarus rivulatus*
Epi	*Epinephelus cyanopodus*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Sig	*Siganus doliatus*

[7] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe n°01

Epi	*Plectropomus leopardus*	Pin	*Parapercis australis*	Sig	*Siganus vulpinus*
Gra	*Diploprion bifasciatum*	Pom	*Abudefduf whitleyi*	Zan	*Zanclus cornutus*

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 32 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 20.

Tableau 32 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST03)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		Campagne	Moy.	Campagne	Moy.
Acanthuridae	40	0	0,77	0,00	1,92
Chaetodontidae	30	3	2,73	10,00	9,10
Epinephelinae	26	1	1,46	3,85	5,62
Labridae	97	1	0,96	1,03	0,99
Lethrinidae	16	0	0,04	0,00	0,24
Lutjanidae	22	0	0,08	0,00	0,35
Mullidae	14	1	0,92	7,14	6,59
Pomacanthidae	14	0	0,35	0,00	2,47
Pomacentridae	92	5	5,04	5,43	5,48
Scaridae	23	2	1,38	8,70	6,02
Siganidae	10	1	1,31	10,00	13,08
Autres	257	1	3,12	0,39	1,21
Khi2 obs		**3,2**		**8,4**	
Khi2 tab				**18,17**	

Le récapitulatif des résultats en termes de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 est présenté dans le tableau 33 et la figure 21.

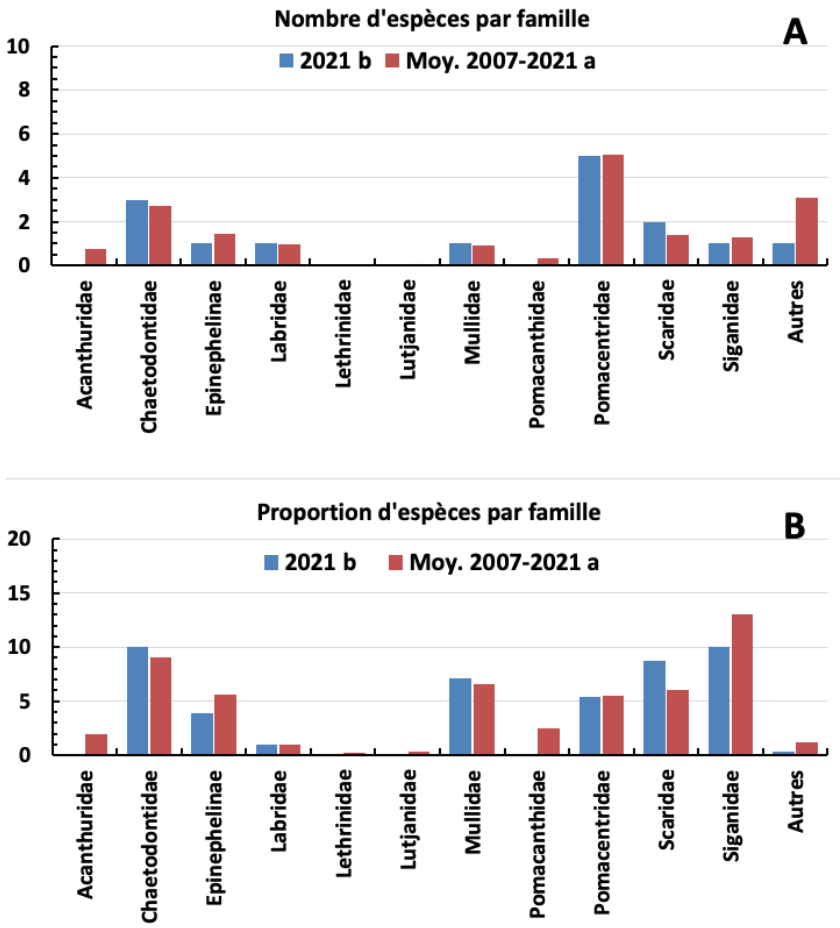


Figure 20 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST03)

L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

Tableau 33 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST03)

Port ST03		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2021 b	Transect A	34	0,41	0,68			
	Transect B	28	0,35	0,67			
	Transect C	7	0,02	0,04			
	Moy. ABC	**23,00**	**0,26**	**0,46**	**15**	**32**	**45**
2021 a	Moy. ABC	43,67	0,54	3,35	24	42	52
2020 b	Moy. ABC	47,67	0,76	3,36	27	51	70
2020 a	Moy. ABC	51,00	1,28	2,82	21	41	53
2019 b	Moy. ABC	57,33	1,43	5,26	18	47	67
2019 a	Moy. ABC	38,67	0,97	3,41	22	43	64
2018 b	Moy. ABC	39,67	0,99	2,56	18	45	61
2018 a	Moy. ABC	61,33	2,07	2,42	17	41	59

2017 b	Moy. ABC	50,33	0,82	1,33	16	46	69
2017 a	Moy. ABC	61,33	1,00	2,05	16	43	60
2016 b	Moy. ABC	43,67	0,57	1,06	23	57	72
2016 a	Moy. ABC	79,00	1,02	5,25	23	41	63
2015 b	Moy. ABC	77,33	0,99	7,54	30	56	74
2015 a	Moy. ABC	124,33	1,56	9,21	27	48	74
2014 b	Moy. ABC	58,67	1,12	6,24	20	41	66
2014 a	Moy. ABC	43,00	0,52	0,62	22	40	53
2013 b	Moy. ABC	42,00	0,51	2,54	23	32	53
2013 a	Moy. ABC	22,00	0,28	1,14	13	46	62
2012 b	Moy. ABC	32,33	0,41	1,62	18	34	55
2012 a	Moy. ABC	19,33	0,24	0,80	14	42	59
2011 b	Moy. ABC	17,67	0,22	1,50	13	46	66
2011 a	Moy. ABC	64,00	0,86	19,13	16	43	64
2010 b	Moy. ABC	31	0,31	1,26	11	43	64
2010 a	Moy. ABC	39,00	1,95	5,13	10	33	50
2009	Moy. ABC	60,66	3,03	4,55	9	16	39
2008	Moy. ABC	18,33	0,92	14,05	14	22	47
2007	Moy. ABC	32,30	1,59	14,73	15	19	34

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i – X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 34 et représentation figure 22.

Tableau 34 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	539,35	0,43	22,33	29,81	103,62	104,15
Ecart type	23,22	0,66	4,73	5,46	10,18	10,21
Moyenne	47,42	0,97	4,58	18,26	40,67	59,07
Coef. de Var.	0,48	0,66	1,00	0,30	0,25	0,17

Commentaires :
- La totalité des poissons vus sur les transects sont des juvéniles.
- Les 3 paramètres : « nombre d'individus », « densité » et « biomasse » présentent des valeurs moyennes faibles.
- Les biodiversités sur les transects et la station présentent des valeurs faibles. La biodiversité totale est faible.
- La structure par espèce est, quantitativement et qualitativement, assez stable.

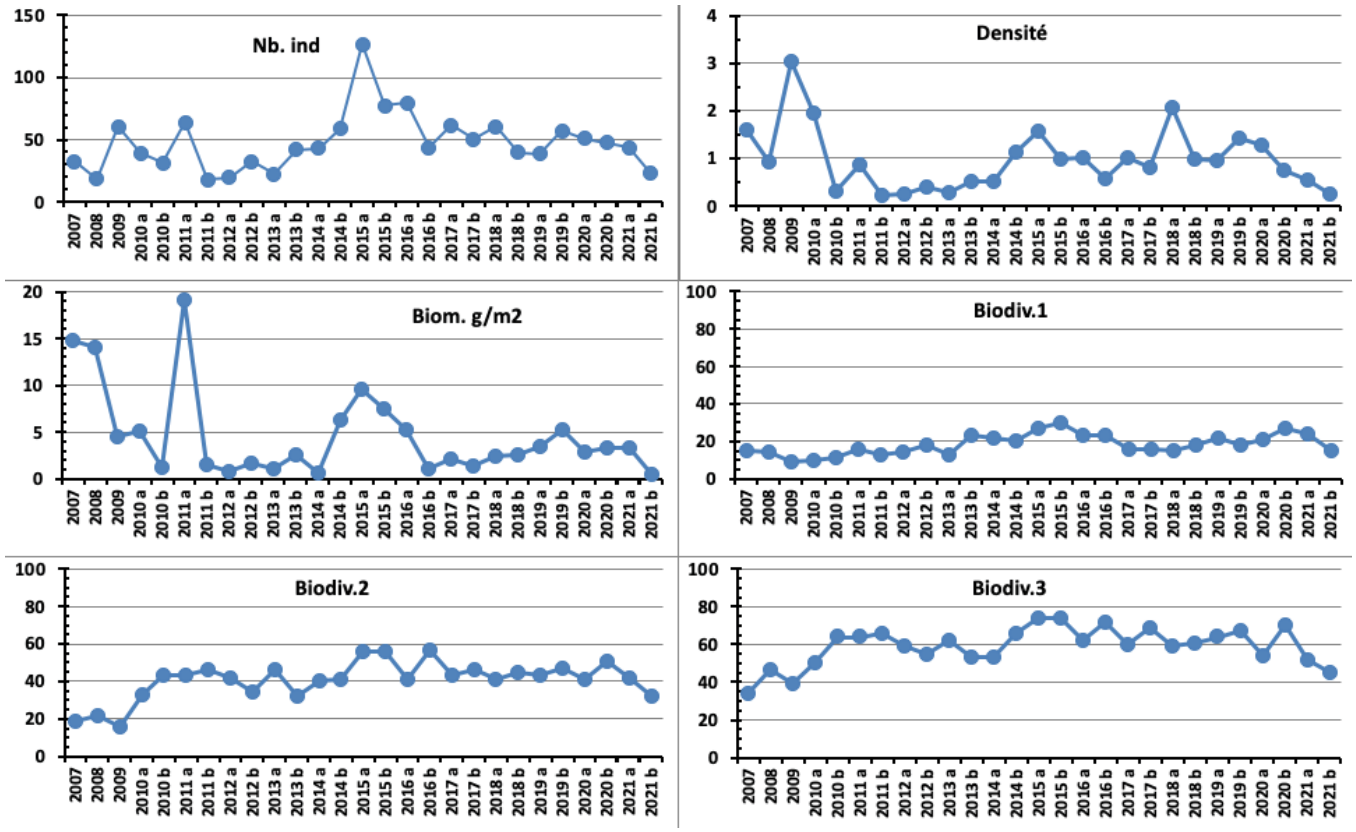


Figure 21 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03)

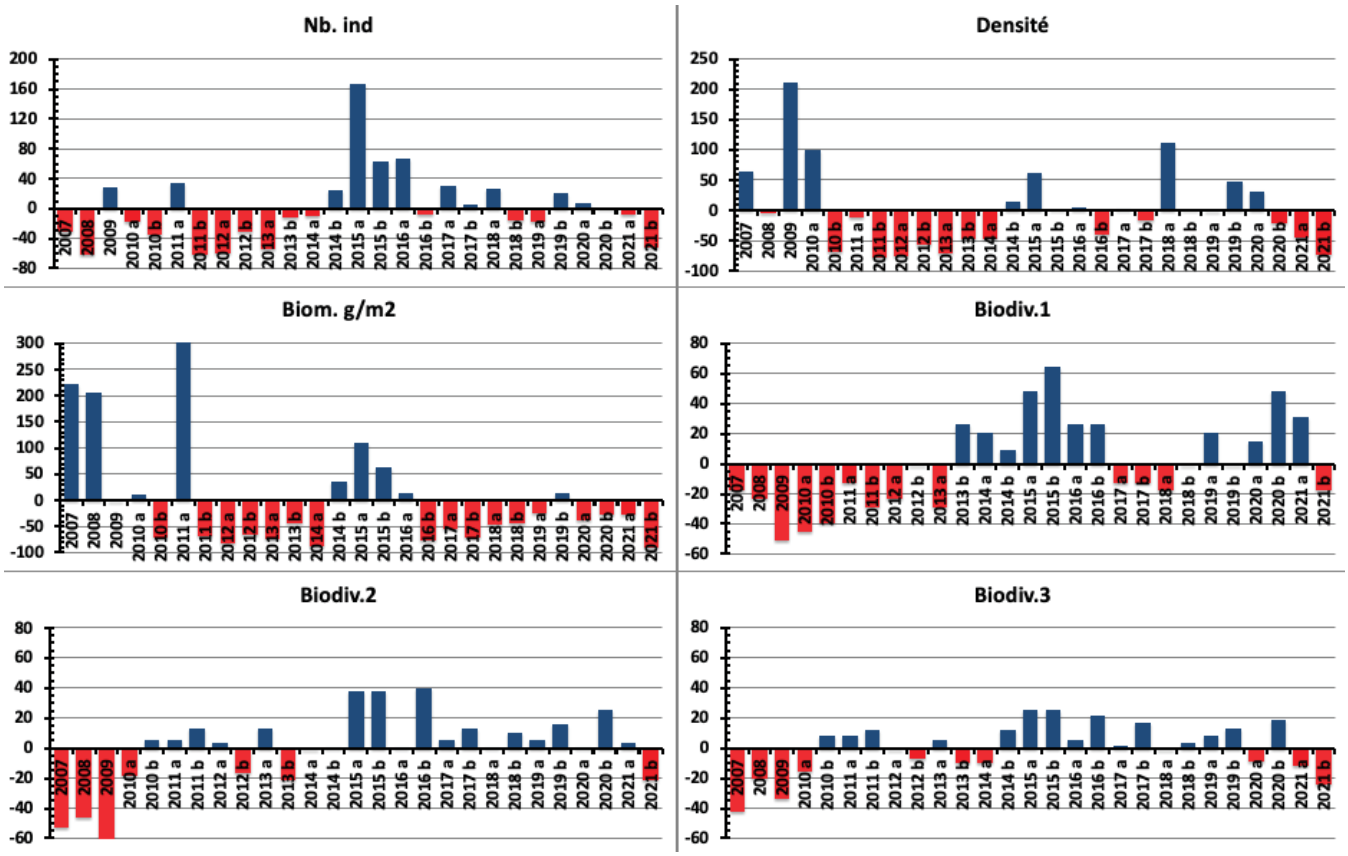


Figure 22 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03)

4.4 Station 04 = Woodin

Localisation géographique	Face à un rocher blanc qui se trouve en bordure du rivage est du canal Woodin (photographie 10). Le canal Woodin proche de la baie du Prony sépare la « Grande Terre » de l'île Ouen. Ce canal est non seulement un passage privilégié pour la navigation, mais aussi pour une faune marine très importante (baleines, requins, ...). Il constitue un passage reliant les eaux du large au sud du lagon, et les courants de marées y sont permanents et souvent très forts. Les fonds sont détritiques grossiers et sont colonisés par de nombreux coraux (cependant la richesse spécifique est modérée).
Nombre transects	3 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés à 4, 11 et 21 mètres de profondeur afin de décrire chaque zone, en parallèle à la pente et dans une direction du sud-est vers le nord-ouest.
	Sur le transect A la colonisation des *Millepora* et de *Seriatopora hystrix* est importante. Le transect B est installé dans une zone à éboulis de blocs et débris coralliens branchus. La zone a subi un effondrement gravitaire provenant de l'étage supérieur. Un cyclone a certainement arraché les massifs du sommet de la pente. Les conditions hydrodynamiques sont encore importantes (courants de marées) et la luminosité réduite de manière significative avec la profondeur. Le transect C est en bas de pente dans une zone sableuse où de grandes colonies de *Tubastraea micranthus* s'édifient et dominent le paysage.

Description générale

La station est installée sur le front récifal d'un récif frangeant. La pente est abrupte (40°), nivelée par trois étages de communautés coralliennes distinctes.

Cette station présente un écosystème qui est singulier en Nouvelle-Calédonie : en sommet de récif frangeant, les *Millepora* forment de grands massifs de 3 mètres de diamètre et les *Seriatopora hystrix* se répartissent uniformément sur le substrat dur avec un recouvrement important. Le tombant est jalonné de blocs rocheux et de débris coralliens où s'édifient de petites colonies coralliennes ainsi que des massifs de *Millepora* et des *Tubastraea micranthus*. En bas de tombant, les colonies de *Tubastraea micranthus* sont remarquablement bien développées.

Caractéristiques principales

- Originalité des espèces benthiques adaptées à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée) avec une turbidité soutenue
- Le recouvrement corallien en A est composé particulièrement par les colonies de *Millepora* sp., *Seriatopora hystrix* et *Acropora* spp. (branchu)
- Les colonies coralliennes de la famille des Pocilloporidae ont une croissance importante en A (*Seriatopora hystrix*, *Pocillopora damicornis*, *Stylophora pistillata*)
- Présence de nombreuses colonies de *Tubastraea micranthus* (taille plurimétrique). Les autres espèces sont de taille décimétrique à métrique.
- La richesse spécifique des coraux diminue nettement avec la profondeur
- Présence de couloirs d'effondrement de débris et colonies de *Tubastraea*
- La maladie de la bande blanche peut se développer sur les *Acropora* spp. (tabulaire) pour les niveaux bathymétriques A&B
- Lésions coralliennes : de nombreuses colonies coralliennes sont dégradées suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, à la maladie de la bande blanche et surtout à la prolifération d'*Acanthaster* (2018-2019)
- Les éponges encroûtantes (*Cliona*) ont un recouvrement important en B
- Les crinoïdes sont nombreuses et installées sur les promontoires ou les colonies de *Tubastraea* exposées aux courants de marée
- Les macrophytes se développent très peu
- Dégradations mécaniques depuis mars 2015 (cyclone PAM) : formation d'un petit couloir d'effondrement en A et B et en octobre 2020 quelques grandes colonies de *Tubastraea micranthus* se sont effondrées en C (sous le transect) mais elles continuent de s'édifier

- Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, de nombreuses colonies sont mortes en place en A&B. La mortalité concerne principalement les colonies *Seriatopora hystrix*, *Pocillopora damicornis* et d'*Acropora* spp.
- Selon les précipitations un petit creek se déverse sur le platier au-dessus de la station. Les transects A et B peuvent être perturbés par les particules sédimentaires (colonies mortes en place ou nécrosées)

- **Présence d'*Acanthaster planci* :**

- Prolifération importante en novembre 2018 aux 3 transects (51 individus / 300 m²). Ces corallivores arrivaient du bas et remontaient le récif. La mortalité corallienne était conséquente et concernait surtout les colonies d'*Acropora* tabulaire
- Présence en avril et octobre 2019 en A et B (respectivement 2 et 1 spécimens / 3 et 2)
- **Absence depuis mai 2020**

Variations entre mai et novembre 2021

Indicateur Corail :

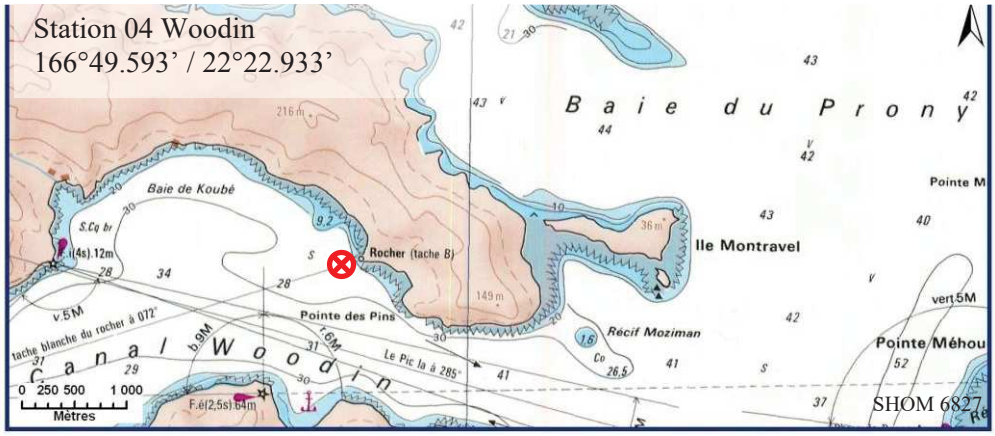
- Le recouvrement corallien est de 18% au transect A, 17% en B et 10% en C. Très légère augmentation en A et B et diminution en C
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.37% ; Avril 2016 : 11.57% ; Novembre 2016 : 0.43% ; Avril 2017 : 1.07% ; Septembre 2017 : 0.17 % ; Mai 2018 : 0.63% ; Novembre 2018 : 2% ; Avril 2019 : 1.43% ; Octobre 2019 : 1.23%, Mai 2020 : 0% ; Octobre 2020 : 0% ; Mai 2021 : 0% ;* Novembre 2021 : 0%
- Lésions coralliennes récentes :
  - Maladies coralliennes : RAS
  - Perturbations mécaniques : le niveau bathymétrique supérieur présente des effondrements de colonies coralliennes et de nombreux débris. Ces débris coralliens, brisés lors des cyclones du début d'année 2021, se tassent et se stabilisent. Certains reforment des petites colonies coralliennes
  - Perturbations sédimentaires : RAS

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : diminution (absence)
- Le turf algal se développe abondamment en A et B sur les colonies mortes en place (anciennement blanchies : *Seriatopora hystrix*, *Pocillopora damicornis, Stylophora pistillata …*). Son développement est modéré sur les débris coralliens
- Algue brune *Lobophora* : RAS (absente et stable)
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : RAS (absente et stable)
- *Cliona orientalis* : stable (niveau 2 en A et C / niveau 4, important, en B)
- *Cliona jullieni :* stable (niveau 2 en A et niveau 3 en B et C)

Les corallivores :

- *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Drupella cornus* : absence, stable

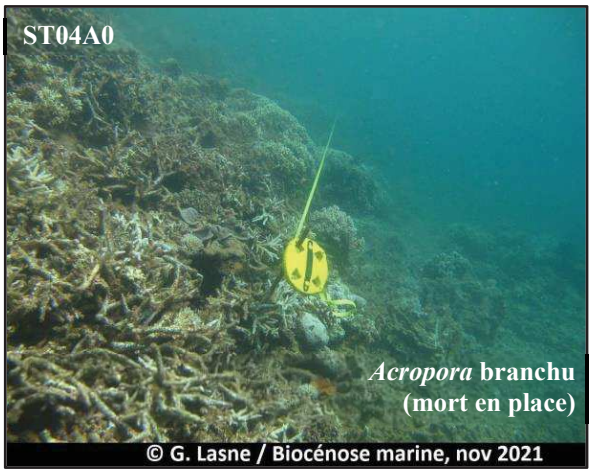


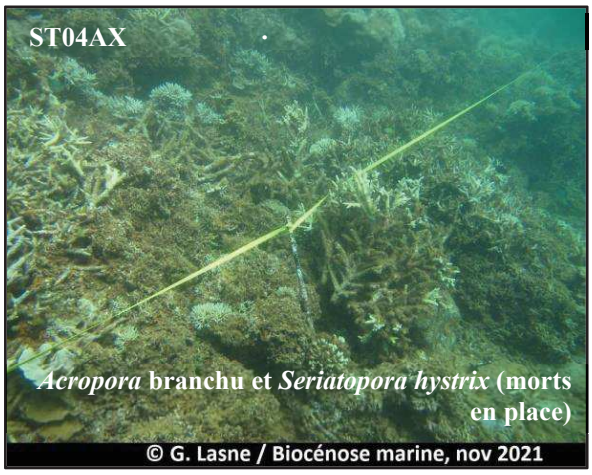


Carte 06 : Localisation de la station 04 (Woodin)

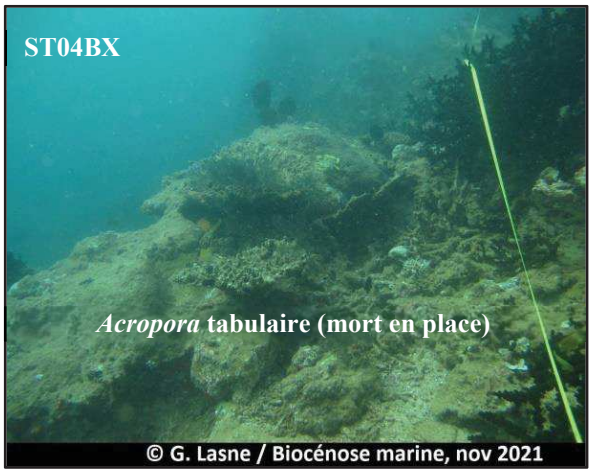


Photographie 10 : Position en surface par rapport à la côte (ST04)



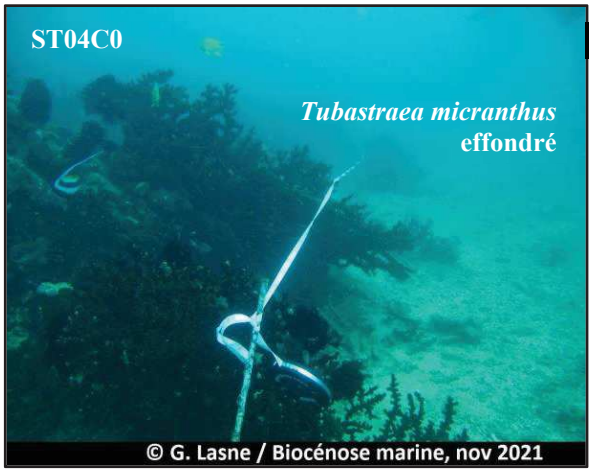


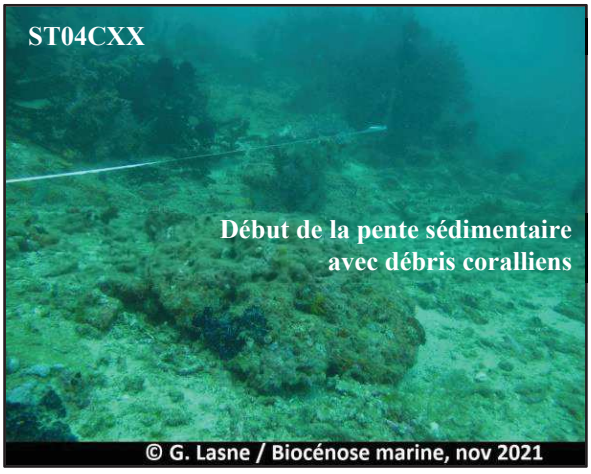
Colonies coralliennes mortes en place à cause des anciennes prolifération d'*Acanthaster planci* (2018) et dégradées mécaniquement par les cyclones Lucas et Niran (début 2021)





Les colonies de *Tubastraea micranthus* s'édifient sur la pente récifale





Photographie 11 : Vue d'ensemble des transects (ST04, présente mission)

4.4.1 Le substrat (ST04)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 23 pour le transect A, dans la figure 24 pour le transect B et dans la figure 25 pour le transect C.

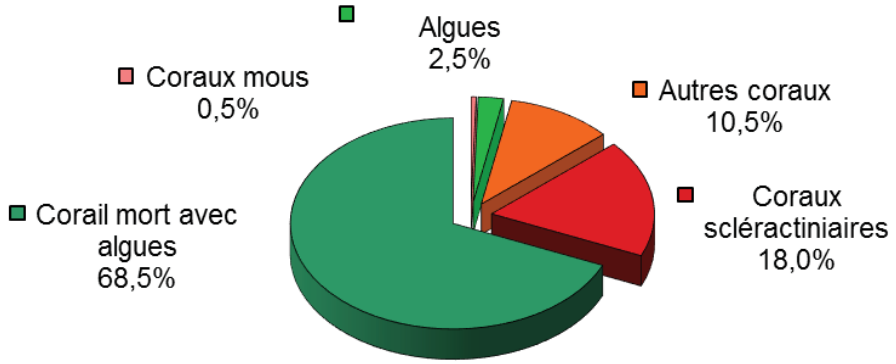


Figure 23 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04A

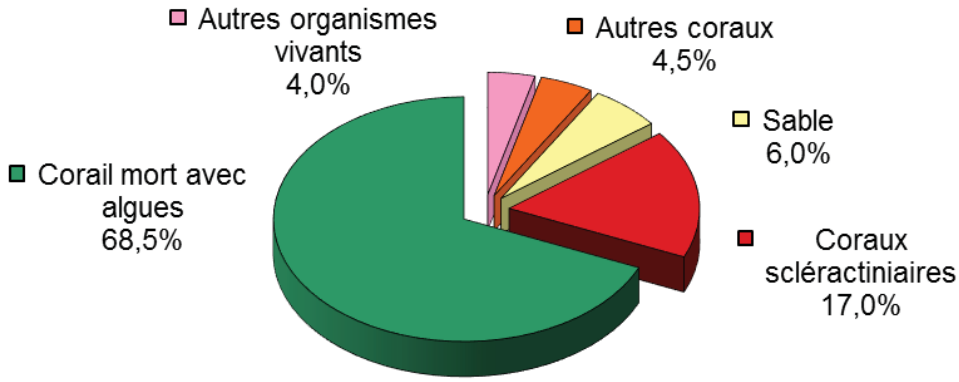


Figure 24 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04B

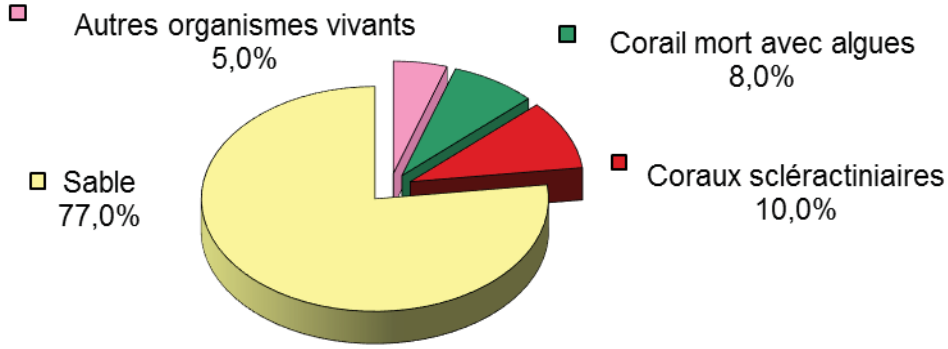


Figure 25 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04C

Les transects A et B ont classiquement un fort recouvrement biotique total (100% et 94%), dû en grande partie au « Corail mort avec algues ».
Le recouvrement des scléractiniaires qui avait fortement chuté du fait de la prolifération d'*Acanthaster planci* depuis novembre 2018 semble très légèrement reprendre (18% *vs* 13.5% en A et 17% *vs* 13% en B).
Le recouvrement du substrat du transect C est majoritairement abiotique (77%) du fait de la dominance du sable. Le recouvrement corallien est en partie « artificiel » : une partie est due à l'effondrement de grandes colonies de *Tubastraea micranthus* sous le transect (octobre 2020). Certaines sont en train de mourir.

La station est globalement stable dans le temps, les fluctuations principales étant dues aux mouvements du sable qui paraissent cycliques.

L'apparition des *Acanthaster planci* en 2018 a entraîné une forte mortalité des coraux scléractiniaires et une évolution négative de l'état de santé de l'ensemble du récif, qui semble dorénavant stabilisé. Une reprise par résilience est envisageable, d'autant que les *Acanthaster planci* sont absentes depuis mai 2020.

4.4.2 Le benthos (ST04)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe n°04.

En novembre 2021, la richesse spécifique de la station Woodin (ST04) est composée de :

- **41 espèces d'invertébrés** dont 7 espèces de mollusques ; 4 espèces de cnidaires : alcyonaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 12 espèces d'échinodermes : astéries (6 taxons), échinides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 10 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies
- **3 espèces de macrophytes** : algues vertes (3 taxons)
- **aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.**

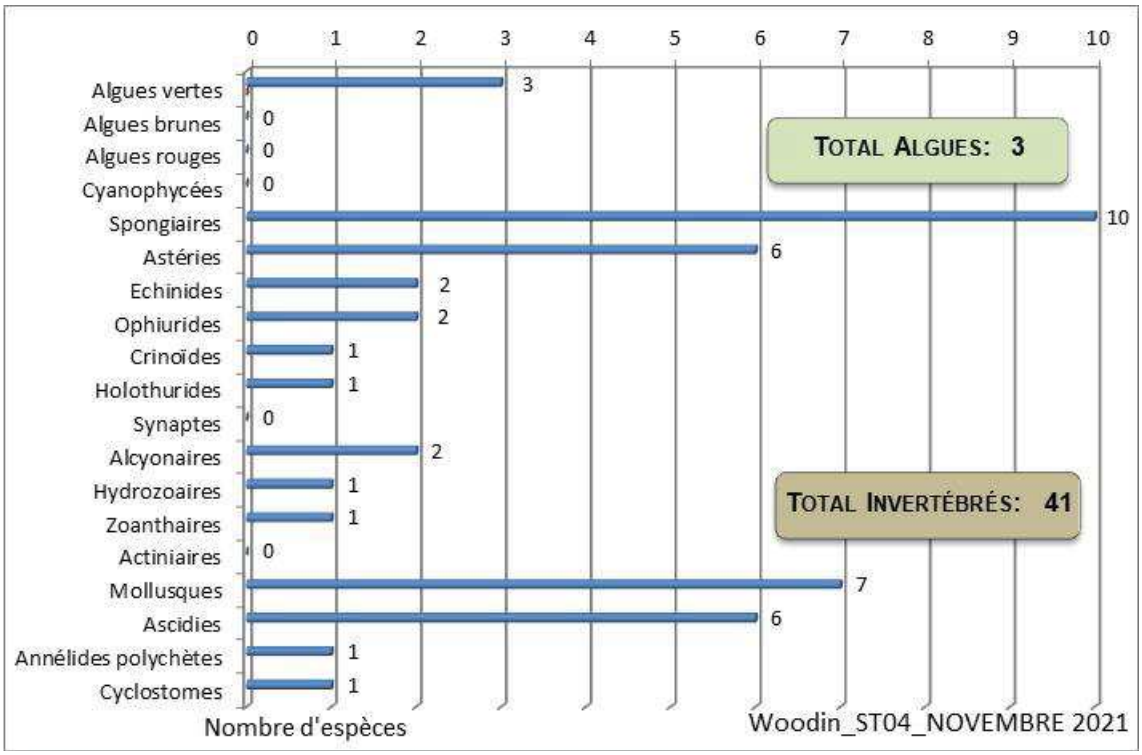


Figure 26 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST04)

4.4.2.1 Benthos Transect 04 A

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST04A est composée de :

- 19 espèces d'invertébrés dont 2 espèces de mollusques ; 2 espèces de cnidaires : alcyonaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon) ; 5 espèces d'échinodermes : astéries (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 2 espèces d'ascidies
- 3 espèces de macrophytes : algues vertes (3 taxons)
- aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau 35 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST04A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. 3 espèces d'algues diminuent, dont 3 espèces d'algues vertes : •*Halimeda* sp. (2spp., A2/- 1), •*Chlorodesmis fastigiata* (A1/- 1).
Cyanobactéries	
Une espèce de cyanobactéries disparue : •*Phormidium* sp. (A0/-2).	☑
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Sinularia* sp. (A0/-2).	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A2/+ 1).
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 espèces) : •*Fromia monilis* (A1), •*Nardoa novaecaledoniae* (A1). Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 sp) : •Crinoïdes ind. (A1/- 1)
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Pedum spondyloideum* (A2).	☑
Éponges	
Une espèce d'éponges disparue : •*Cymbastela cantharella* (A0/-2).	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •Spongiaires ind. (rouge) (A1/- 1).
Ascidies	
☑	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.4.2.2 Benthos Transect 04 B

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST04B est composée de :

- 38 espèces d'invertébrés dont 7 espèces de mollusques ; 3 espèces de cnidaires : alcyonaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 10 espèces d'échinodermes : astéries (4 taxons), échinides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 10 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies
- aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des macrophytes et des cyanobactéries.

Tableau 36 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST04B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une espèce de cyanobactéries disparue : •*Phormidium* sp. (A0/-2).	☑
Cnidaires	
☑	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les hydrozoaires (1 espèce) : •Hydrozoaires ind. (A4/+ 1). Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 sp) : •*Sarcophyton* sp. (A1/- 1).
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 espèces) : •*Celerina heffernani* (A1), •*Gomophia egyptiaca* (A1).	2 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A4/+ 1) ; ➢ pour les échinides (1 sp) : •*Diadema setosum* (A3/+ 1).
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les nudibranches (-1 espèce) : •*Phyllidia coelestis* (A0/-1).	☑
Éponges	
☑	☑
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Polycarpa aurita* (A2).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa papilata* (A1/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.4.2.3 Benthos Transect 04 C

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST04C est composée de :

- 20 espèces d'invertébrés dont 4 espèces de mollusques ; 3 espèces de cnidaires : alcyonaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 3 espèces d'échinodermes : crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 2 espèces d'ascidies
- Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des macroalgues et des cyanobactéries.

Tableau 37 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST04C)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-2 espèce) : •*Lobophytum* sp. (A0/-2), •*Sarcophyton* sp. (A0/-1).	☑
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Diadema setosum* (A2). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Linckia multifora* (A0/-2) ; ➢ pour les holothurides (-1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A0/-1).	☑
Mollusques	
☑	☑
Éponges	
☑	☑
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : •*Clavelina detorta* (A2), •*Polycarpa aurita* (A2).	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.4.3 Les poissons (ST04)

La liste des espèces observées[8] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 38.

Tableau 38 : Données sur les poissons (ST04)

Canal Woodin ST04		Transect A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Acanthurus blochii*	2	0,02	0,98				1	0,02	1,08	1,00	0,01	0,69
Aca	*Acanthurus mata*							5	0,10	4,39	1,67	0,03	1,46
Aca	*Ctenochaetus striatus*	1	0,01	0,29	2	0,03	0,86				1,00	0,01	0,38
Aca	*Zebrasoma scopas*	3	0,04	0,44	1	0,01	0,25				1,33	0,02	0,23
Aca	*Zebrasoma veliferum*	2	0,03	0,42	1	0,01	0,55				1,00	0,01	0,32
Cae	*Caesio cuning*	30	0,30	7,99	20	0,25	5,00	20	0,40	8,52	23,33	0,32	7,17
Cha	*Chaetodon auriga*	3	0,04	0,11				2	0,04	0,08	1,67	0,03	0,06
Cha	*Chaetodon baronessa*				2	0,03	0,06				0,67	0,01	0,02
Cha	*Chaetodon bennetti*				2	0,03	0,03				0,67	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon flavirostris*							4	0,08	0,28	1,33	0,03	0,09
Cha	*Chaetodon lunulatus*	3	0,04	0,19	4	0,05	0,03				2,33	0,03	0,07
Cha	*Chaetodon plebeius*	1	0,01	0,06							0,33	0,00	0,02
Cha	*Chaetodon ulietensis*	2	0,03	0,12							0,67	0,01	0,04
Cha	*Coradion altivelis*							2	0,04	0,04	0,67	0,01	0,01
Cha	*Heniochus acuminatus*	1	0,01	0,29				1	0,02	0,32	0,67	0,01	0,20
Epi	*Cephalopholis boenak*	2	0,03	0,29	2	0,03	0,26				1,33	0,02	0,18
Epi	*Epinephelus maculatus*	1	0,01	2,29				1	0,02	1,08	0,67	0,01	1,12
Epi	*Epinephelus merra*	2	0,03	0,76							0,67	0,01	0,25
Epi	*Plectropomus leopardus*	1	0,01	5,40				2	0,04	40,96	1,00	0,02	15,45
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	0,01	0,15				1	0,02	0,43	0,67	0,01	0,19
Lab	*Halichoeres hortulanus*	1	0,01	0,29							0,33	0,00	0,10
Lab	*Hemigymnus melapterus*	1	0,01	0,38	1	0,01	0,18	1	0,02	1,57	1,00	0,02	0,71
Lab	*Labroides dimidiatus*	3	0,04	0,05	5	0,06	0,03	3	0,06	0,12	3,67	0,06	0,07
Lab	*Thalassoma hardwicke*	5	0,07	0,18							1,67	0,02	0,06
Lab	*Thalassoma lunare*	8	0,11	0,29	5	0,06	0,27				4,33	0,06	0,19
Lut	*Lutjanus fulvus*	2	0,02	0,98				2	0,04	0,47	1,33	0,02	0,48
Lut	*Lutjanus monostigma*							1	0,02	0,70	0,33	0,01	0,23
Lut	*Lutjanus russellii*	2	0,02	3,56				1	0,02	2,56	1,00	0,01	2,04
Mul	*Parupeneus barberinus*	3	0,04	0,11							1,00	0,01	0,04
Mul	*Parupeneus spilurus*				3	0,04	2,06	3	0,06	4,72	2,00	0,03	2,26
Nem	*Scolopsis bilineatus*	4	0,06	0,59	4	0,05	1,00				2,67	0,04	0,53
Poc	*Centropyge bicolor*	4	0,06	0,07	3	0,04	0,02	2	0,04	0,04	3,00	0,04	0,04
Poc	*Centropyge bispinosa*	3	0,04	0,05	4	0,05	0,03				2,33	0,03	0,03
Poc	*Centropyge tibicen*	2	0,03	0,04	4	0,05	0,01	2	0,04	0,02	2,67	0,04	0,02
Poc	*Pomacanthus imperator*							1	0,02	2,56	0,33	0,01	0,85
Poc	*Pomacanthus semicirculatus*							1	0,02	2,56	0,33	0,01	0,85
Pom	*Abudefduf septemfasciatus*	5	0,07	0,18							1,67	0,02	0,06
Pom	*Abudefduf whitleyi*	15	0,21	0,54	15	0,19	0,47				10,00	0,13	0,33
Pom	*Chromis viridis*	30	0,43	0,07							10,00	0,14	0,02
Pom	*Chrysiptera rollandi*	5	0,07	0,01	3	0,04	0,01	3	0,06	0,03	3,67	0,06	0,01
Pom	*Chrysiptera taupou*	10	0,14	0,02							3,33	0,05	0,01
Pom	*Dascyllus aruanus*	15	0,21	0,03	10	0,13	0,02	10	0,20	0,03	11,67	0,18	0,03
Pom	*Dascyllus reticulatus*	15	0,21	0,03	20	0,25	0,04	10	0,20	0,03	15,00	0,22	0,03
Pom	*Dascyllus trimaculatus*				6	0,08	0,04	10	0,20	0,09	5,33	0,09	0,04
Pom	*Pomacentrus aurifrons*	30	0,43	0,07							10,00	0,14	0,02
Pom	*Pomacentrus coelestis*	5	0,07	0,04	4	0,05	0,01				3,00	0,04	0,02
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	4	0,06	0,01	4	0,05	0,03	4	0,08	0,08	4,00	0,06	0,04
Sca	*Chlorurus sordidus*	3	0,03	0,23	5	0,06	0,27	3	0,06	0,70	3,67	0,05	0,40

[8] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe n°01

Sca	*Scarus flavipectoralis*	5	0,06	1,11	3	0,04	0,38	3	0,06	0,96	3,67	0,05	0,82
Sca	*Scarus niger*				2	0,03	1,69				0,67	0,01	0,56
Sig	*Siganus doliatus*				2	0,03	0,50				0,67	0,01	0,17
Sig	*Siganus fuscescens*	8	0,09	3,07				10	0,20	13,11	6,00	0,10	5,39
Total		**243**	**3,27**	**31,74**	**137**	**1,71**	**14,09**	**109**	**2,18**	**87,50**	**163,00**	**2,39**	**44,44**
Biodiversité		**40**			**27**			**28**			**52**		
Indice de Shannon =		4,834											
Equitabilité =		0,844											

Sur l'ensemble des transects de la station, 489 individus appartenant à 52 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 2.39 poissons/m² pour une biomasse de 44.44 g/m².
110 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 39).

Tableau 39 : Liste des espèces complémentaires (ST04)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus blochii*	Lab	*Cheilinus trilobatus*	Pom	*Amblyglyphidodon aureus*
Aca	*Acanthurus mata*	Lab	*Choerodon fasciatus*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Chromis amboinensis*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Chromis atripectoralis*
Apo	*Apogon aureus*	Lab	*Halichoeres hortulanus*	Pom	*Chromis leucura*
Apo	*Apogon doederleini*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Chromis margaritifer*
Apo	*Apogon novemfasciatus*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Chromis viridis*
Apo	*Ostorhinchus cyanosoma*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Oxycheilinus celebicus*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Cae	*Caesio cuning*	Lab	*Pseudodax moluccanus*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Stethojulis bandanensis*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*
Cha	*Chaetodon ephippium*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Pom	*Plectroglyphidodon dickii*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	Pom	*Pomacentrus aurifrons*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Lut	*Lutjanus fulvus*	Pom	*Pomacentrus coelestis*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Lut	*Lutjanus monostigma*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon speculum*	Lut	*Lutjanus russellii*	Pom	*Pomacentrus simsiang*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Mic	*Pervagor janthinosoma*	Pom	*Stegastes aureus*
Cha	*Chaetodon unimaculatus*	Mon	*Amanses scopas*	Pri	*Priacanthus hamrur*
Cha	*Chaetodon vagabundus*	Mon	*Cantherhines pardalis*	Sca	*Chlorurus bleekeri*
Cha	*Coradion altivelis*	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Mul	*Parupeneus barberinus*	Sca	*Scarus altipinnis*
Eph	*Platax teira*	Mul	*Parupeneus indicus*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Epi	*Cephalopholis boenak*	Mul	*Parupeneus spilurus*	Sca	*Scarus ghobban*
Epi	*Epinephelus maculatus*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Sca	*Scarus niger*
Epi	*Epinephelus merra*	Ost	*Ostracion cubicus*	Sca	*Scarus schlegeli*
Epi	*Epinephelus ongus*	Pin	*Parapercis hexophtalma*	Sco	*Pterois volitans*
Epi	*Plectropomus leopardus*	Poc	*Centropyge bicolor*	Sig	*Siganus corallinus*
Gra	*Diploprion bifasciatum*	Poc	*Centropyge bispinosa*	Sig	*Siganus doliatus*

Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	Poc	*Centropyge tibicen*	Sig	*Siganus fuscescens*
Hae	*Plectorhinchus flavomaculatus*	Poc	*Pomacanthus imperator*	Sig	*Siganus puellus*
Hae	*Plectorhinchus gibbosus*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*	Sig	*Siganus vulpinus*
Hae	*Plectorhinchus picus*	Poc	*Pygoplites diacanthus*	Syn	*Saurida gracilis*
Lab	*Bodianus axillaris*	Pom	*Abudefduf septemfasciatus*	Zan	*Zanclus cornutus*
Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Abudefduf whitleyi*		

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 40 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 27.

Tableau 40 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST04)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		Campagne	Moy.	Campagne	Moy.
Acanthuridae	40	5	4,73	12,50	11,83
Chaetodontidae	30	9	9,85	30,00	32,82
Epinephelinae	26	4	4,69	15,38	18,05
Labridae	97	6	7,35	6,19	7,57
Lethrinidae	16	0	0,42	0,00	2,64
Lutjanidae	22	3	1,50	13,64	6,82
Mullidae	14	2	1,88	14,29	13,46
Pomacanthidae	14	5	4,88	35,71	34,89
Pomacentridae	92	11	10,00	11,96	10,87
Scaridae	23	3	4,85	13,04	21,07
Siganidae	10	2	3,15	20,00	31,54
Autres	257	2	5,65	1,17	2,20
Khi2 obs		**4,7**		**18,2**	
Khi2 tab				**19,17**	

Le récapitulatif des résultats en termes de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 est présenté dans le tableau 41 et la figure 28.

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i – X_m)/Xm$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 42 et représentation figure 29.

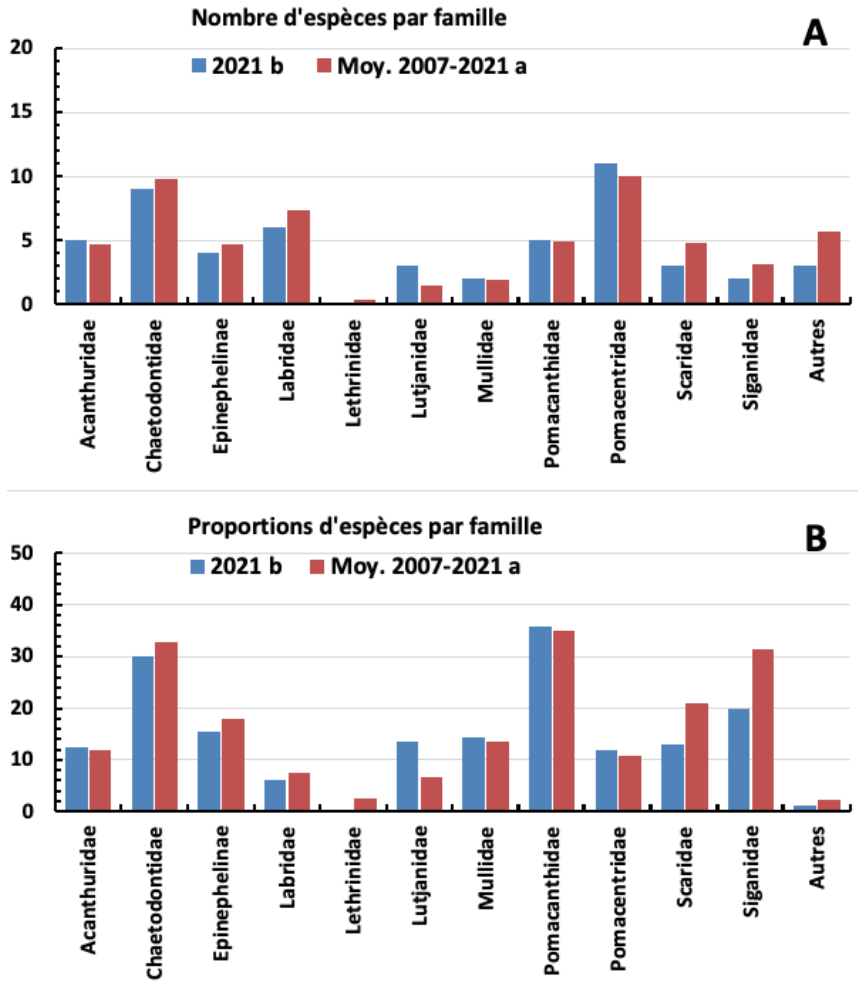


Figure 27 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST04)

L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

Tableau 41 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST04)

Canal Woodin ST04		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2021 b	Transect A	243,00	3,27	31,74	40		
	Transect B	137,00	1,71	14,09	27		
	Transect C	109,00	2,18	87,50	28		
	Moy. ABC	**163,00**	**2,39**	**44,44**	**52**	**77**	**110**
2021 a	Moy. ABC	231,00	2,88	171,07	74	97	136
2020 b	Moy. ABC	132,33	2,91	147,10	67	92	126
2020 a	Moy. ABC	269,33	4,43	479,93	70	98	131
2019 b	Moy. ABC	355,00	4,56	372,66	75	91	135
2019 a	Moy. ABC	323,33	8,07	616,71	80	108	137
2018 b	Moy. ABC	534,67	7,21	438,1	74	100	135

2018 a	Moy. ABC	294,00	5,20	405,10	88	104	141
2017 b	Moy. ABC	367,67	7,68	195,95	77	103	145
2017 a	Moy. ABC	472,00	5,65	250,00	73	97	126
2016 b	Moy. ABC	315,67	3,56	108,03	68	96	117
2016 a	Moy. ABC	524,00	5,18	747,37	78	102	124
2015 b	Moy. ABC	586,67	4,64	609,65	72	90	120
2015 a	Moy. ABC	659,00	5,90	510,16	71	95	140
2014 b	Moy. ABC	177,67	2,21	392,32	50	75	115
2014 a	Moy. ABC	175,00	1,86	85,59	52	74	122
2013 b	Moy. ABC	134,57	1,32	97,56	46	72	92
2013 a	Moy. ABC	237,00	2,71	87,47	47	80	110
2012 b	Moy. ABC	99,00	1,09	105,52	46	64	90
2012 a	Moy. ABC	249,33	2,58	446,85	51	83	108
2011 b	Moy. ABC	95,33	0,95	65,36	42	68	88
2011 a	Moy. ABC	169,00	2,11	730,66	64	89	111
2010 b	Moy. ABC	81	0,84	38,60	25	70	92
2010 a	Moy. ABC	107,00	3,38	460,91	54	79	110
2009	Moy. ABC	45,00	4,07	456,26	35	55	81
2008	Moy. ABC	52,00	2,71	267,80	39	49	89
2007	Moy. ABC	95,00	5,45	408,31	37	40	54

Tableau 42 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	29 820	4	46 946	272	317	505
Ecart type	172,68	2,04	216,67	16,49	17,79	22,46
Moyenne	257,22	3,76	323,69	59,81	83,30	114,59
Coef. de Var.	0,70	0,59	0,67	0,29	0,22	0,21

Commentaires :
- Le nombre d'individus et la densité présentent des valeurs faibles.
- La biomasse très chaotique présente une valeur très faible.
- Les biodiversités sont moyennes. La valeur de la biodiversité totale (biodiversité 3) est redescendue aux valeurs d'il y a dix ans.
- Les Caesio sont plus rares et le tiers de la biomasse totale est due à 3 saumonées.
- Les Chaetodontidae, Pomacentridae et Labridae, représentent toujours près de la moitié de la biodiversité totale.

La structure spécifique du peuplement de cette mission ne diffère pas de la structure moyenne établie sur la période de suivi et cela, quel que soit le mode représentation : le nombre d'espèces ou leurs proportions dans le nombre total observé sur les 12 stations durant la série historique (cf. § 3.4.3).
Toutefois, il apparaît nettement moins foisonnant qu'auparavant.

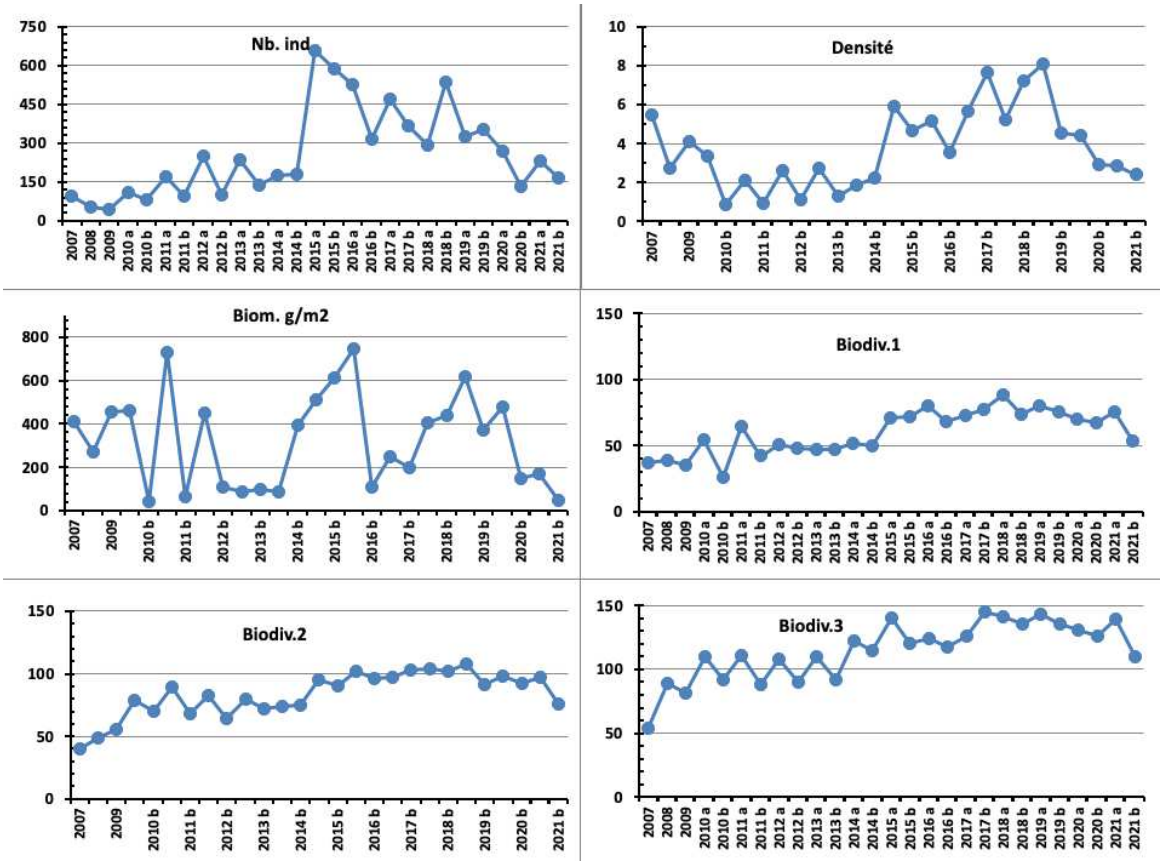


Figure 28 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04)

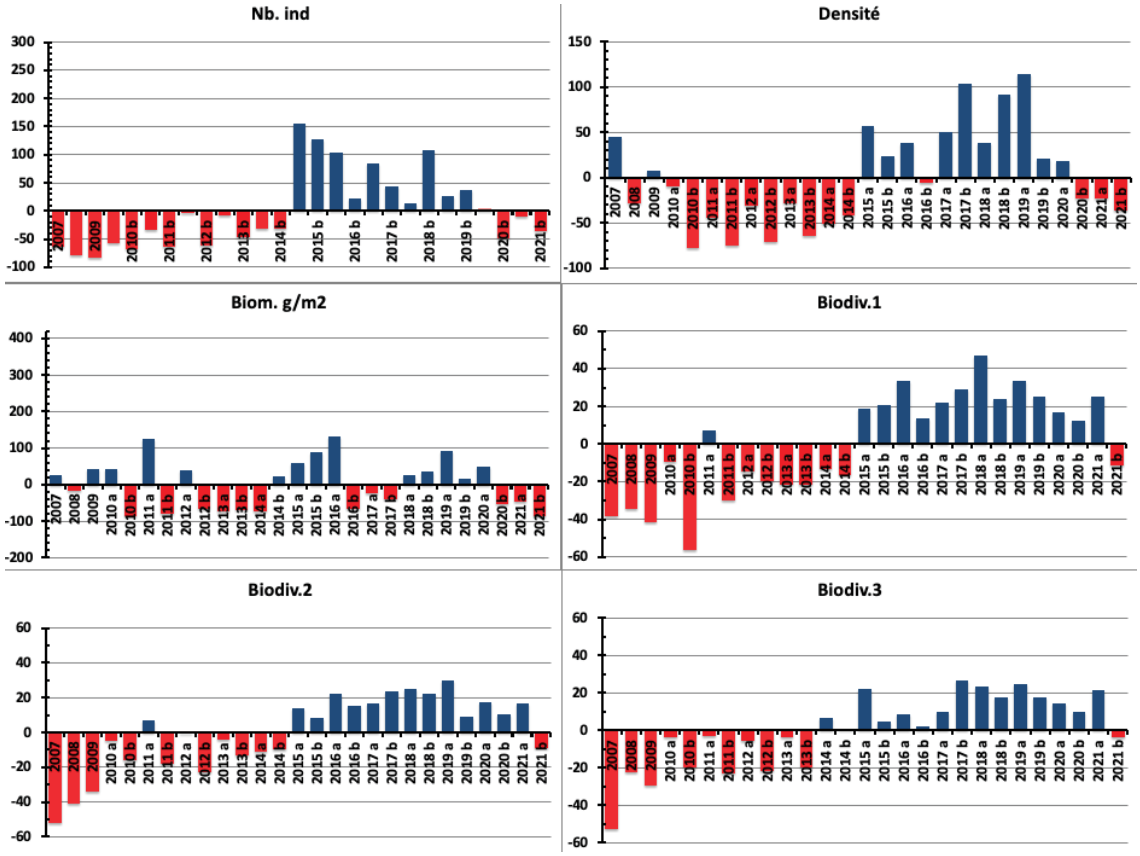


Figure 29 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04)

4.5 Station 05 = Récif Ioro

Localisation géographique	Façade nord-ouest du récif de Ioro, sous le vent, à environ 200 mètres dans le sud-ouest du feu signal de Ioro (photographie 12). Ce récif est ennoyé et soumis aux courants de marée et subit sur sa façade sud-est l'assaut des vagues dues aux alizés et à son exposition au large, alors que sa façade ouest est plus protégée.
Nombre transects	3 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés perpendiculairement à la pente à 5, 10 et 20 mètres de profondeur et sont orientés du sud-ouest vers le nord-est.
	Le transect A est installé sur la zone sommitale du récif qui est constituée par du sable fin sur lequel sont disposés de nombreux débris, des grandes colonies massives de *Porites* et des massifs coralliens épars. Ces derniers sont recouverts principalement par des corallines et des colonies coralliennes de taille décimétrique. Des *Cliona* encroûtent quelques coraux massifs (taille métrique). Le transect B se caractérise par un recouvrement important de débris, de blocs coralliens et de colonies de *Porites* (taille métrique) sur du sable coquillé. Les massifs coralliens sont épars, encore en place mais peu colonisés. Le transect C se situe en bas de pente sédimentaire (substrat sableux).

Description générale

La façade nord-ouest du récif est composée par une pente sédimentaire détritique (sable, débris et blocs coralliens) inclinée à environ 35°.

Des massifs coralliens de forme massive se développent particulièrement de la surface jusqu'à mi pente, laissant la place au fur et à mesure de la profondeur aux coraux branchus *Tubastraea micranthus* qui affectionnent les zones de courants.

Caractéristiques principales

- Présence en grand nombre de *Porites* massifs et branchus (diversité des Poritidae), *Millepora*, *Tubastraea micranthus* et d'une grande colonie pluri métrique de *Diploastrea heliopora*
- Les colonies coralliennes sont principalement dégradées suite aux maladies coralliennes, aux perturbations mécaniques et sédimentaires
- La maladie de la bande blanche peut être observée ponctuellement sur les *Acropora* spp. (tabulaire) en A
- Mortalité corallienne (colonies en place) et nombreux débris
- Les spongiaires (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*) sont relativement bien développés et colonisent les massifs et les blocs coralliens
- Diversité des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et mobilité bathymétrique importante (recherche de nourriture)

- **Présence d'*Acanthaster planci* :** occasionnelle :
- Présence en avril 2014 et mai 2018 en A et B (1 spécimen) et en novembre 2018 en B (1 spécimen)
- **Absence depuis avril 2019**

Variations entre mai et novembre 2021

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 38% au transect A (2ème rang du réseau), 28.5% en B (2ème rang du réseau, gain d'1 niveau) et 2% en C. Stable. La moyenne sur la station est de 22.8%, ce qui la maintient au 2ème rang
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0% ; Avril 2016 : 0.17% ; Novembre 2016 : 0% ; Avril 2017 : 0.13% ; Septembre 2017 : 0 % ; Mai 2018 : 0.4%* ; *Novembre 2018 : 0.07% ; Avril 2019 : 0% ; Octobre 2019 : 0.5% ;* Mai *2020 : 0% ; Octobre 2020 : 0% ; Mai 2021 : 0.43% ;* Novembre 2021 : 0.23%
- Lésions coralliennes récentes :
  - Prédation des corallivores *Drupella cornus* : 0.3 m² de coraux blanchis en B
  - Maladies coralliennes : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) en B (0.4 m² de coraux blanchis sans polype). Les anomalies de croissance sont importantes mais elles n'évoluent pas sur

la grande colonie de *Diploastrea heliopora* (transect B). De plus quelques taches roses se forment par frottement entre les mollusques (*Pedum*) et les colonies de *Porites* en B

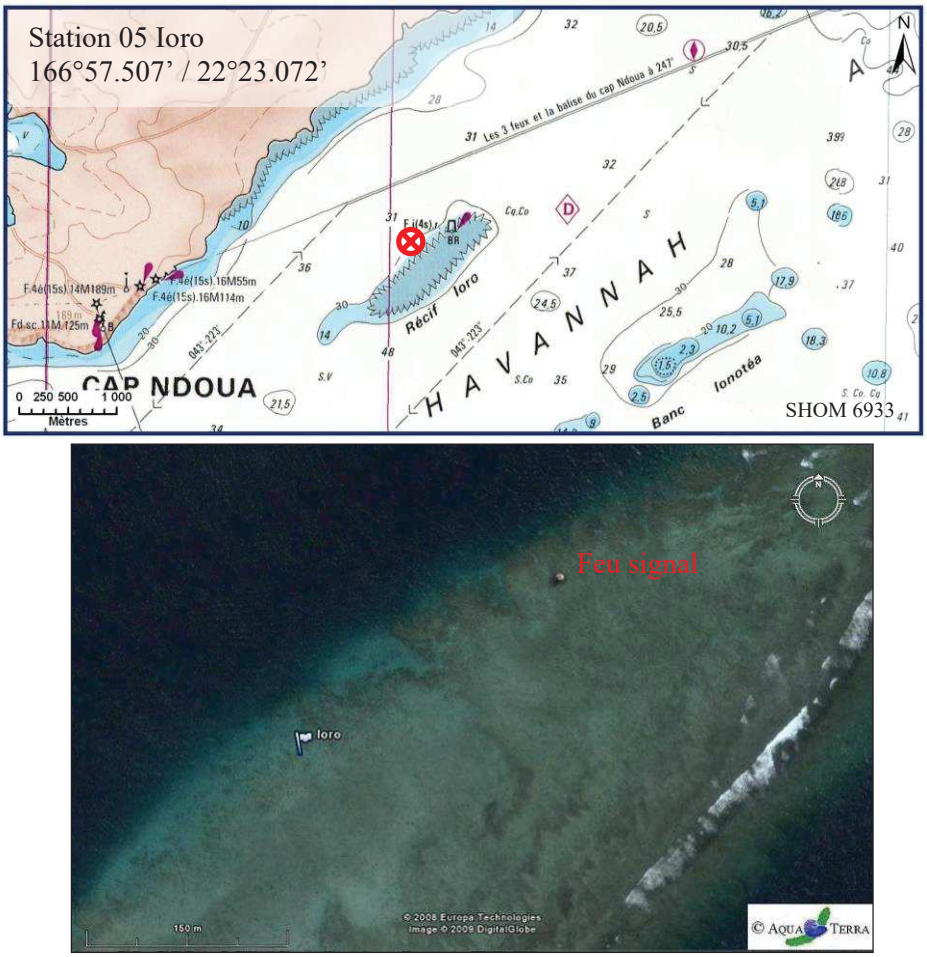
- Perturbations mécaniques : le niveau bathymétrique supérieur présente des effondrements de colonies coralliennes et de nombreux débris. Ces débris coralliens, brisés lors des cyclones du début d'année 2021, se tassent et se stabilisent. Certains reforment des petites colonies coralliennes
- Perturbations sédimentaires : les sédiments carbonatés peuvent entrainer de l'abrasion sur les colonies coralliennes

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : RAS (< niveau 2 en A et B et absente en C). Elles se développent sur les colonies mortes en place et les débris coralliens
- Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens
- Algue brune *Lobophora* : absente et stable
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente et stable
- *Cliona orientalis* : RAS (< niveau 3 et stable)
- *Cliona jullieni :* RAS (< niveau 2 et stable)

Les corallivores :

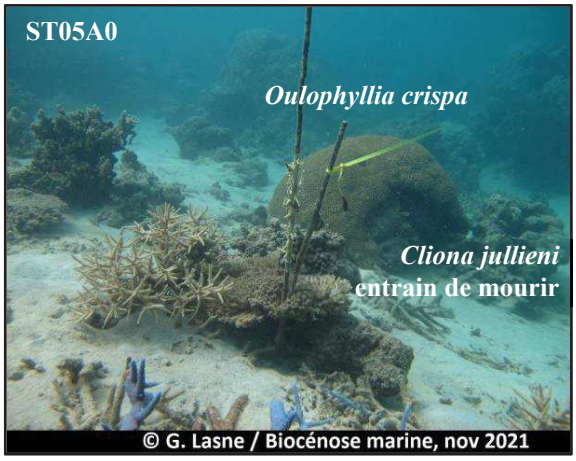
- *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Drupella cornus* : apparition en B (niveau 2)

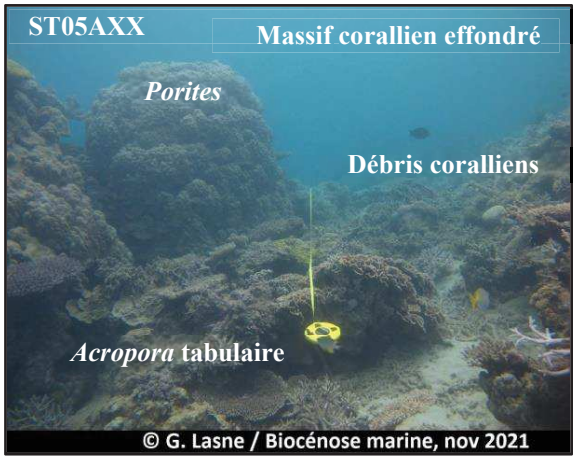


Carte 07 : Localisation de la station 05 (Ioro)

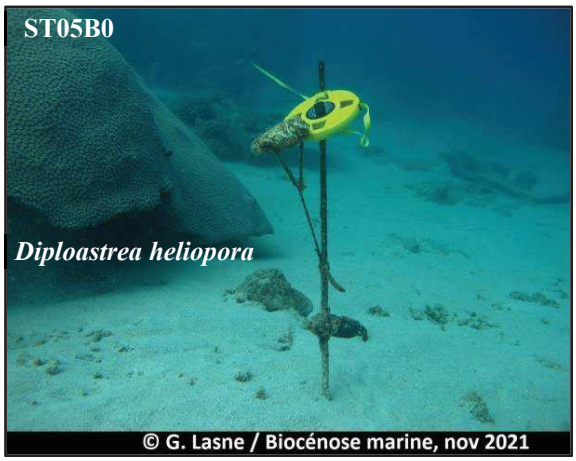


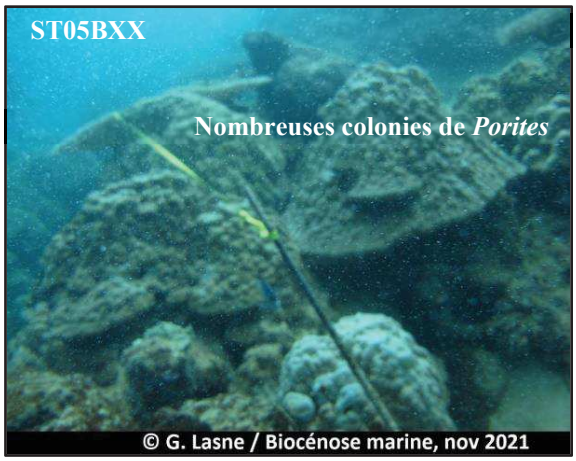
Photographie 12 : Position en surface par rapport au feu signal (ST05)



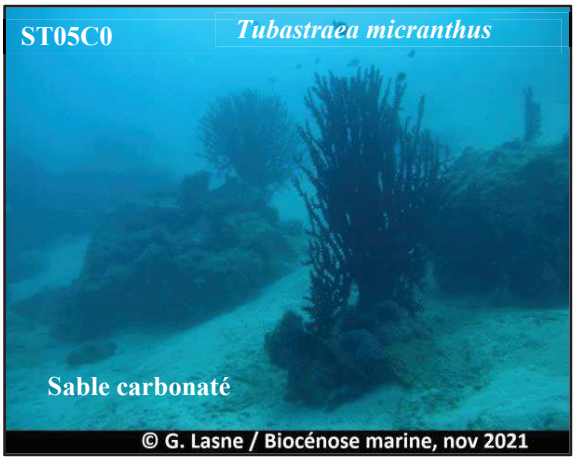


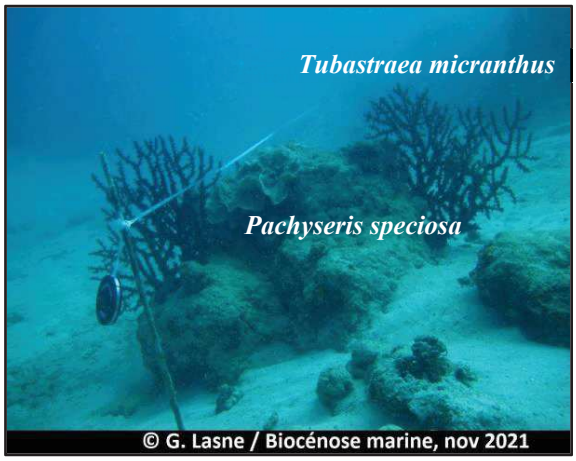
De nombreuses espèces d'holothuries peuvent coloniser ce niveau bathymétrique (variations entre missions)





Le niveau bathymétrique médian est colonisé principalement par des colonies coralliennes massives





Pente sédimentaire de sable carbonaté avec quelques massifs coralliens métriques à plurimétriques colonisés par des colonies coralliennes décimétriques et par *Tubastraea micranthus*

Photographie 13 : Vue d'ensemble des transects (ST05, présente mission)

4.5.1 Le substrat (ST05)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 30 pour le transect A, dans la figure 31 pour le transect B et dans la figure 32 pour le transect C.

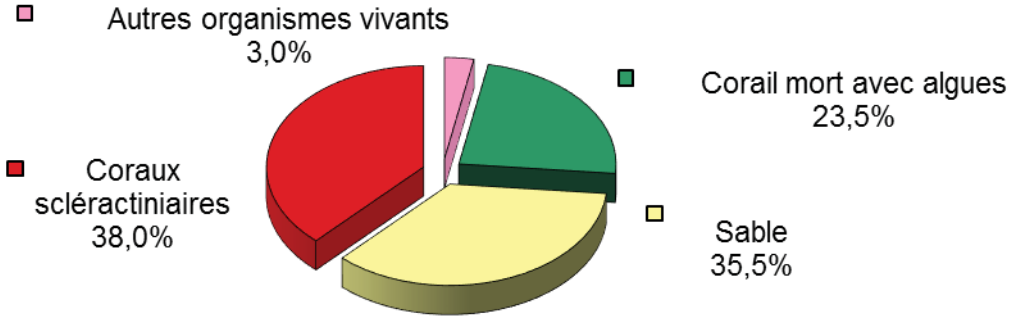


Figure 30 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05A

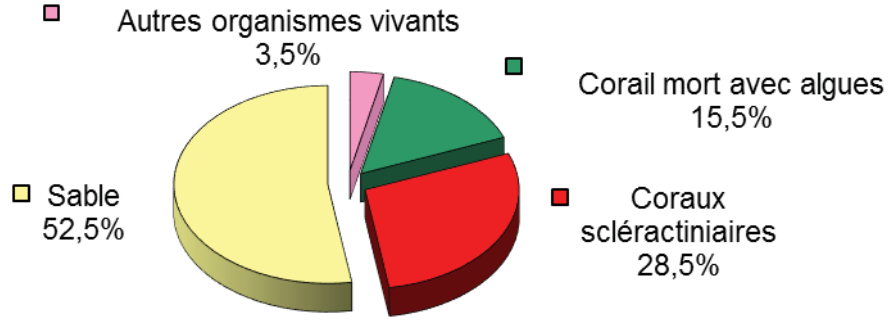


Figure 31 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05B

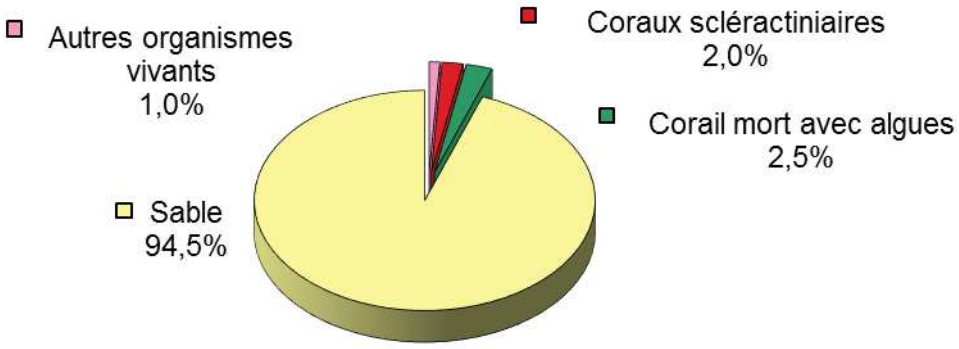


Figure 32 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05C

Le substrat est composé de sable dont la proportion augmente avec la profondeur (35.5%, 52.5% puis 94.5%). Les coraux scléractiniaires ne sont correctement représentés que sur les deux premiers transects (38% et 28.5%, 2ème rang du réseau), contre que 2% au transect C. La moyenne sur la station est de 22.8%, ce qui la maintient au 3ème rang, mais toujours du fait du déclassement des 2 stations historiques de tête.

Le transect C est remarquable par sa quasi absence de vie : il est positionné au-dessus du sable et croise seulement un massif corallien mort (avec turf algal) sur sa fin. Même si à cet étage le substrat est peu colonisé, ce transect n'est cependant pas représentatif de cette zone, où de très beaux *Tubastraea micranthus* peuvent notamment être observés.

Globalement cette station est stable.

4.5.2 Le benthos (ST05)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe n°04.

En novembre 2021, la richesse spécifique de la station Ioro (ST05) est composée de :

- **50 espèces d'invertébrés** dont 15 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (2 taxons), actiniaires (2 taxons), zoanthaires (2 taxons) ; 14 espèces d'échinodermes : holothurides (6 taxons), échinides (3 taxons), astéries (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 9 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- **3 espèces de macrophytes :** algues vertes (3 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

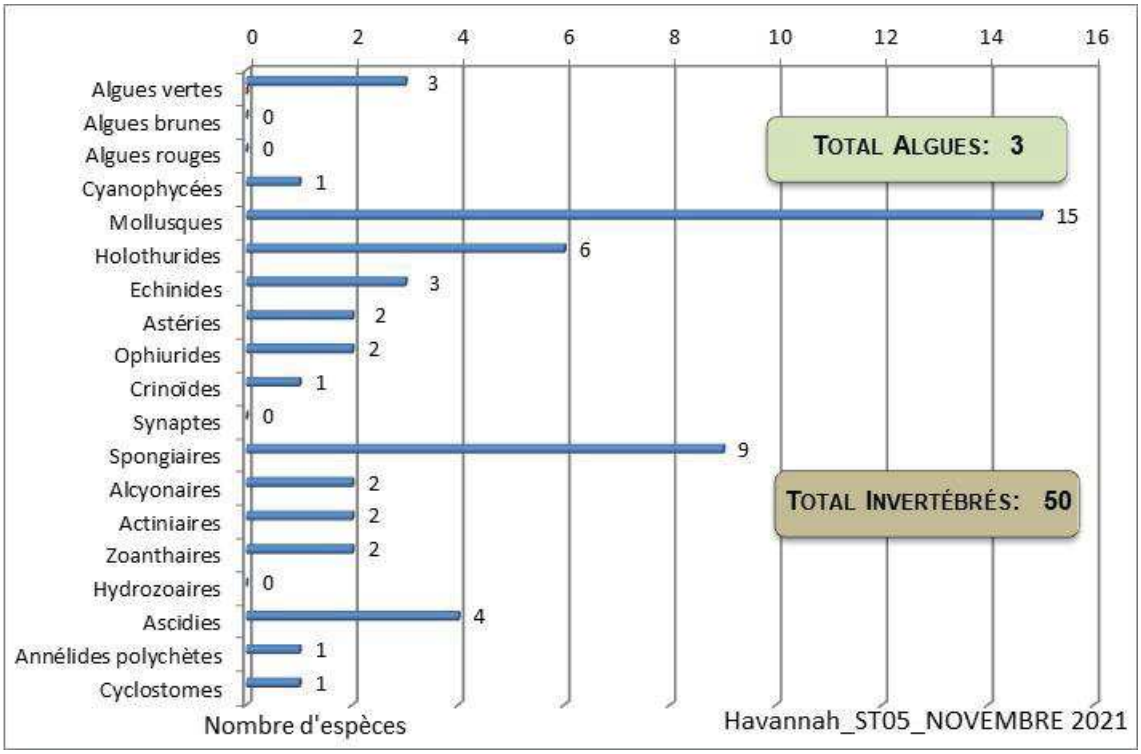


Figure 33 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST05)

4.5.2.1 Benthos Transect 05 A

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST05A est composée de :

- 33 espèces d'invertébrés dont 10 espèces de mollusques ; 4 espèces de cnidaires : zoanthaires (2 taxons), alcyonaires (1 taxon), actiniaires (1 taxon) ; 9 espèces d'échinodermes : échinides (3 taxons), holothurides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), astéries (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies
- 3 espèces de macrophytes : algues vertes (3 taxons)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 43 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST05A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
2 nouvelles espèces d'algues recensées, dont 2 espèces d'algues vertes : •*Neomeris vanbosseae* (A2), •*Halimeda* sp. (A2) ; Une espèce d'algue disparue, l'algue rouge : •*Hypnea spinella* (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
3 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A2) ; ➢ pour les zoanthaires (2 espèces) : •*Palythoa tuberculosa* (A2), •*Zoanthus* sp. (A2).	☑
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Linckia multifora* (A2). Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Echinometrix diadema* (A0/-1).	☑
Mollusques	
3 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (2 espèces) : •*Arca ventricosa* (A2), •*Tridacna squamosa* (A1) ; ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : •*Chromodoris kuniei* (A1). 2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : •*Hyotissa hyotis* (A0/-2) ; ➢ pour les nudibranches (-1 espèce) : •*Chromodoris leopardus* (A0/-1).	4 espèces de mollusques augmentent d'abondance : ➢ pour les bivalves (3 espèces) : •*Septifer bilocularis* (A5/+ 2), •*Pedum spondyloideum* (A3/+ 1), •*Tridacna maxima* (A3/+ 1) ; ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : •*Risbecia tryoni* (A2/+ 1).
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Dysidea herbacea* (A1).	☑
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : •*Polycarpa nigricans* (A0/-2).	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.5.2.2 Benthos Transect 05 B

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST05B est composée de :

- 33 espèces d'invertébrés dont 11 espèces de mollusques ; 3 espèces de cnidaires : alcyonaires (1 taxon), actiniaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 6 espèces d'échinodermes : échinides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), astéries (1 taxon), crinoïdes (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- 1 espèce de cyanobactéries
- aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des macrophytes.

Tableau 44 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST05B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 2 espèces d'algues disparues, dont l'algue rouge : •*Hypnea spinella* (A0/-2) ; et l'algue verte : •*Chlorodesmis fastigiata* (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : •*Phormidium* sp. (A2).	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A2).	☑
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2). 3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les échinides (-1 sp) : •*Echinometrix diadema* (A0/-2) ; ➢ pour les holothurides (-2 espèce) : •*Actinopyga palauensis* (A0/-1), •*Stichopus chloronotus* (A0/-2).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les échinides (1 sp) : •*Diadema setosum* (A2/- 1).
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Drupella cornus* (A2) ; ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : •*Chromodoris kuniei* (A2).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 sp) : •*Septifer bilocularis* (A5/+ 1).
Éponges	
Une espèce d'éponges disparue : •*Dysidea herbacea* (A0/-1).	☑
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : •*Polycarpa clavata* (A0/-1).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A3/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.5.2.3 Benthos Transect 05 C

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST05C est composée de :

- 29 espèces d'invertébrés dont 7 espèces de mollusques ; 2 espèces de cnidaires : alcyonaires (2 taxons) ; 8 espèces d'échinodermes : holothurides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), astéries (1 taxon), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 2 espèces d'ascidies
- aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des macrophytes et des cyanobactéries.

Tableau 45 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST05C)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A2). Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Lobophytum* sp. (A0/-1).	☑
Échinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Nardoa gomophia* (A1) ; ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria whitmaei* (A2). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Echinometrix diadema* (A0/-2) ; ➢ pour les holothurides (-1 sp) : •*Stichopus chloronotus* (A0/-2).	☑
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Coralliophila violacea* (A2).	☑
Éponges	
☑	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •*Cymbastela cantharella* (A1/- 1).
Ascidies	
3 espèces d'ascidies disparues : •*Polycarpa aurita* (A0/-1), •*Polycarpa clavata* (A0/-1), •*Polycarpa nigricans* (A0/-2).	☑
Bryozoaires	
☑	Une espèce de bryozoaires augmente d'abondance : •*Alcyonidium* sp. (A3/+ 1).

4.5.3 Les poissons (ST05)

La liste des espèces observées[9] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 46.

Tableau 46 : Données sur les poissons (ST05)

Banc Ioro ST05		Transect A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Acanthurus blochii*				1	0,01	0,42				0,33	0,00	0,14
Aca	*Ctenochaetus striatus*	2	0,05	1,73	1	0,01	0,27				1,00	0,02	0,66
Aca	*Zebrasoma scopas*	1	0,03	0,50							0,33	0,01	0,17
Can	*Canthigaster valentini*				2	0,02	0,01				0,67	0,01	0,00
Cha	*Chaetodon auriga*				2	0,02	0,07				0,67	0,01	0,02
Cha	*Chaetodon lineolatus*				1	0,01	0,15				0,33	0,00	0,05
Cha	*Chaetodon lunulatus*	4	0,10	0,43							1,33	0,03	0,14
Cha	*Chaetodon plebeius*	2	0,05	0,06							0,67	0,02	0,02
Cha	*Chaetodon ulietensis*				2	0,02	0,11				0,67	0,01	0,04
Cha	*Chaetodon vagabundus*				2	0,02	0,07				0,67	0,01	0,02
Cha	*Heniochus acuminatus*							1	0,01	0,61	0,33	0,00	0,20
Das	*Dasyatis kuhlii*				1	0,01	1,23				0,33	0,00	0,41
Epi	*Epinephelus fasciatus*							1	0,01	0,34	0,33	0,00	0,11
Epi	*Epinephelus merra*	1	0,03	0,50							0,33	0,01	0,17
Epi	*Plectropomus leopardus*				1	0,01	9,85				0,33	0,00	3,28
Lab	*Cheilinus chlorourus*				1	0,01	0,34	1	0,01	0,22	0,67	0,00	0,18
Lab	*Cheilinus trilobatus*	1	0,03	0,26							0,33	0,01	0,09
Lab	*Coris aygula*	1	0,03	4,00							0,33	0,01	1,33
Lab	*Coris gaimard*	1	0,03	0,36							0,33	0,01	0,12
Lab	*Gomphosus varius*	2	0,05	0,13							0,67	0,02	0,04
Lab	*Hemigymnus melapterus*	1	0,03	1,37							0,33	0,01	0,46
Lab	*Labroides dimidiatus*	3	0,08	0,04							1,00	0,03	0,01
Lab	*Thalassoma hardwicke*	5	0,13	0,54							1,67	0,04	0,18
Lab	*Thalassoma lunare*	4	0,10	0,25							1,33	0,03	0,08
Lab	*Thalassoma lutescens*	3	0,08	0,32							1,00	0,03	0,11
Lut	*Lutjanus adetii*							2	0,01	0,84	0,67	0,00	0,28
Mul	*Parupeneus spilurus*							3	0,02	1,54	1,00	0,01	0,51
Nem	*Scolopsis bilineatus*				3	0,02	0,80				1,00	0,01	0,27
Poc	*Centropyge bicolor*				2	0,02	0,02				0,67	0,01	0,01
Pom	*Abudefduf whitleyi*	10	0,25	1,72							3,33	0,08	0,57
Pom	*Amphiprion chrysopterus*	5	0,13	0,16							1,67	0,04	0,05
Pom	*Amphiprion perideraion*	3	0,08	0,10							1,00	0,03	0,03
Pom	*Chromis viridis*	15	0,38	0,06	10	0,08	0,01				8,33	0,15	0,02
Pom	*Chrysiptera rollandi*	2	0,05	0,03							0,67	0,02	0,01
Pom	*Dascyllus aruanus*	6	0,15	0,08	10	0,08	0,04	8	0,05	0,03	8,00	0,09	0,05
Pom	*Dascyllus reticulatus*				15	0,12	0,06	15	0,09	0,05	10,00	0,07	0,04
Pom	*Dascyllus trimaculatus*	5	0,13	0,16	5	0,04	0,10	5	0,03	0,08	5,00	0,06	0,11
Pom	*Pomacentrus coelestis*	5	0,13	0,02							1,67	0,04	0,01
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	3	0,08	0,04	3	0,02	0,01				2,00	0,03	0,02
Sca	*Cetoscarus ocellatus*	1	0,03	10,98							0,33	0,01	3,66
Sca	*Chlorurus sordidus*	3	0,08	2,59							1,00	0,03	0,86
Sca	*Scarus flavipectoralis*							4	0,03	0,67	1,33	0,01	0,22
Sca	*Scarus rubroviolaceus*				1	0,01	2,40				0,33	0,00	0,80
Sig	*Siganus doliatus*	2	0,05	1,00	2	0,02	0,31				1,33	0,02	0,44
Sig	*Siganus vulpinus*	4	0,10	2,00							1,33	0,03	0,67
Total		**95**	**2,38**	**29,42**	**65**	**0,50**	**16,26**	**40**	**0,25**	**4,37**	**66,67**	**1,04**	**16,68**
Biodiversité		**27**			**19**			**9**			**45**		
Indice de Shannon =		5,210											
Equitabilité =		0,868											

[9] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe n°01

Sur l'ensemble des transects de la station, 200 individus appartenant à 45 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.04 poissons/m² pour une biomasse de 16.68 g/m².
86 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 47).

Tableau 47 : Liste des espèces complémentaires (ST05)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus blochii*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Pom	*Amphiprion perideraion*
Aca	*Acanthurus mata*	Lab	*Bodianus axillaris*	Pom	*Chromis atripes*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Chromis margaritifer*
Aca	*Naso lopezi*	Lab	*Cheilinus trilobatus*	Pom	*Chromis nitida*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Coris aygula*	Pom	*Chromis viridis*
Apo	*Apogon aureus*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Apo	*Apogon doederleini*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Bal	*Sufflamen bursa*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Cae	*Pterocaesio marri*	Lab	*Halichoeres hortulanus*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Can	*Canthigaster valentini*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Pomacentrus coelestis*
Cen	*Aeoliscus strigastus*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pri	*Priacanthus hamrur*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Sca	*Cetoscarus ocellatus*
Cha	*Chaetodon ephippium*	Lab	*Thalassoma lunare*	Sca	*Chlorurus bleekeri*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon lineolatus*	Lut	*Lutjanus adetii*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Lut	*Lutjanus fulviflamma*	Sca	*Scarus ghobban*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Mul	*Parupeneus barberinus*	Sca	*Scarus niger*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Mul	*Parupeneus cyclostomus*	Sca	*Scarus rivulatus*
Cha	*Chaetodon vagabundus*	Mul	*Parupeneus spilurus*	Sca	*Scarus rubroviolaceus*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Sca	*Scarus schlegeli*
Das	*Dasyatis kuhlii*	Pin	*Parapercis hexophtalma*	Sca	*Scarus spinus*
Epi	*Epinephelus fasciatus*	Poc	*Centropyge bicolor*	Sig	*Siganus doliatus*
Epi	*Epinephelus merra*	Poc	*Centropyge bispinosa*	Sig	*Siganus vulpinus*
Epi	*Epinephelus ongus*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*	Syn	*Saurida gracilis*
Epi	*Plectropomus leopardus*	Pom	*Abudefduf whitleyi*	Syn	*Synodus variegatus*
Gra	*Diploprion bifasciatum*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*	Zan	*Zanclus cornutus*
Lab	*Anampses femininus*	Pom	*Amphiprion chrysopterus*		

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 48 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 34.

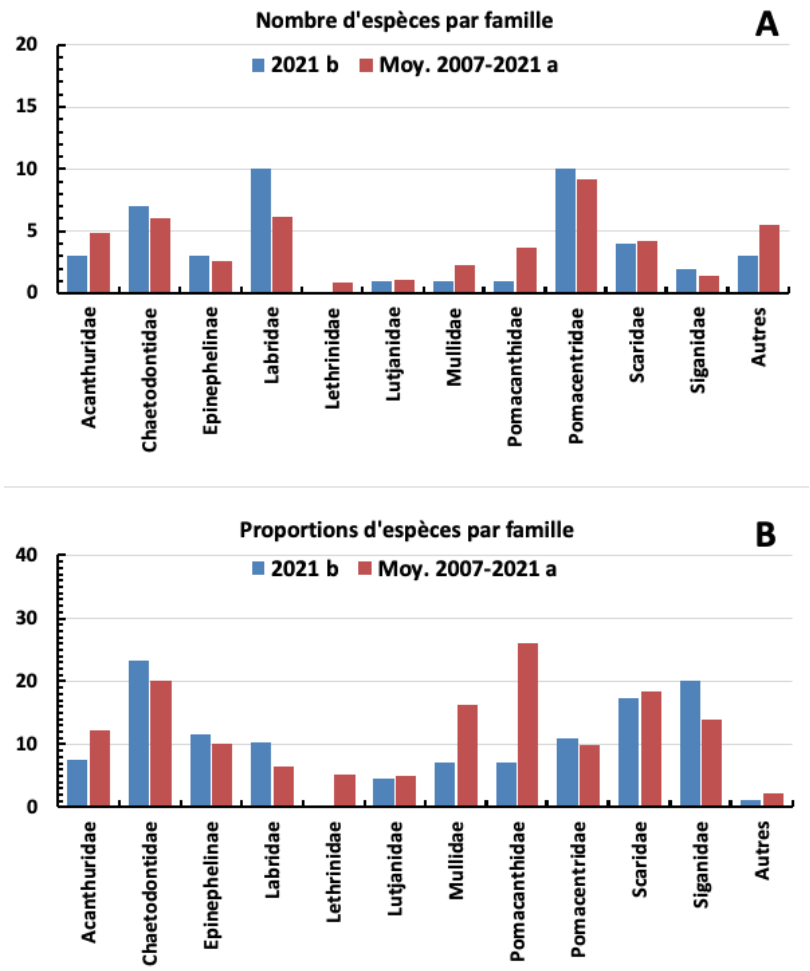


Figure 34 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST05)

L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

Tableau 48 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST05)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		Campagne	Moy.	Campagne	Moy.
Acanthuridae	40	3	4,88	7,50	12,21
Chaetodontidae	30	7	6,04	23,33	20,13
Epinephelinae	26	3	2,62	11,54	10,06
Labridae	97	10	6,19	10,31	6,38
Lethrinidae	16	0	0,85	0,00	5,29
Lutjanidae	22	1	1,12	4,55	5,07
Mullidae	14	1	2,27	7,14	16,21
Pomacanthidae	14	1	3,65	7,14	26,10
Pomacentridae	92	10	9,19	10,87	9,99
Scaridae	23	4	4,23	17,39	18,39
Siganidae	10	2	1,38	20,00	13,85
Autres	257	3	5,50	1,17	2,14
Khi2 obs		**8,6**		**34,0**	
Khi2 tab				**19,17**	

Le récapitulatif des résultats en termes de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 est présenté dans le tableau 49 et la figure 35.

Tableau 49 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST05)

Banc Ioro ST05		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2021 b	Transect A	95,00	2,38	29,42			
	Transect B	65,00	0,50	16,26			
	Transect C	40,00	0,25	4,37			
	Moy. ABC	**66,67**	**1,04**	**16,68**	**45**	**66**	**86**
2021 a	Moy. ABC	123,00	1,10	49,67	64	70	102
2020 B	Moy. ABC	84,67	1,11	46,80	55	58	86
2020 a	Moy. ABC	111,67	1,46	123,30	64	69	99
2019 b	Moy. ABC	118,67	1,76	32,54	48	62	97
2019 a	Moy. ABC	156,67	2,12	167,52	55	69	101
2018 b	Moy. ABC	93,67	0,93	31,12	47	66	94
2018 a	Moy. ABC	126,00	1,58	36,61	56	66	100
2017 b	Moy. ABC	111,00	1,20	23,51	50	74	109
2017 a	Moy. ABC	131,33	0,96	169,61	43	67	94
2016 b	Moy. ABC	91,67	0,72	52,48	53	72	102
2016 a	Moy. ABC	122,67	1,80	126,83	62	74	108
2015 b	Moy. ABC	143,00	1,53	240,79	56	80	109
2015 a	Moy. ABC	115,67	1,19	173,89	63	81	113
2014 b	Moy. ABC	275,33	3,00	415,97	49	63	91
2014 a	Moy. ABC	93,00	1,12	83,80	45	81	114
2013 b	Moy. ABC	71,76	0,94	125,51	44	72	101
2013 a	Moy. ABC	140,33	1,80	130,43	43	87	115
2012 b	Moy. ABC	107,00	1,22	99,73	40	69	96
2012 a	Moy. ABC	76,67	0,87	51,11	36	66	88
2011 b	Moy. ABC	71,00	0,81	41,01	43	59	84
2011 a	Moy. ABC	141,33	1,56	661,47	55	67	94
2010 b	Moy. ABC	100	1,23	37,89	24	50	66
2010 a	Moy. ABC	71,00	2,37	93,78	42	63	79
2009	Moy. ABC	45,50	4,09	315,96	44	56	69
2008	Moy. ABC	57,30	2,02	57,97	30	41	52
2007	Moy. ABC	26,30	0,73	47,65	22	37	50

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i=(X_i–X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 50 et représentation figure 36.

Tableau 50 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	2 144	0,56	20 249	133	129	300
Ecart type	46,30	0,75	142,30	11,55	11,34	17,33
Moyenne	105,98	1,49	127,91	47,04	66,22	92,56
Coef. de Var.	0,43	0,49	1,05	0,25	0,17	0,19

Commentaires :

- Les valeurs des paramètres des effectifs, de la densité et surtout de la biomasse sont très basses.
- Les biodiversités sont proches de leurs moyennes, mais un peu plus basses.
- Les changements qualitatifs de la Bα sont cependant notables (Acanthuridés, Labridés, Lutjanidés,...) mais nombre d'entre eux portent sur des espèces qui ne figurent pas sur la liste DENV (Holocentridés, Pomacentridés).

Comme pour la mission précédente, la structure spécifique du peuplement de cette station, exprimée de façon absolue (cf. § 3.4.3) ne diffère pas de la structure moyenne historique. En revanche, exprimée de façon relative, elle en diffère significativement.

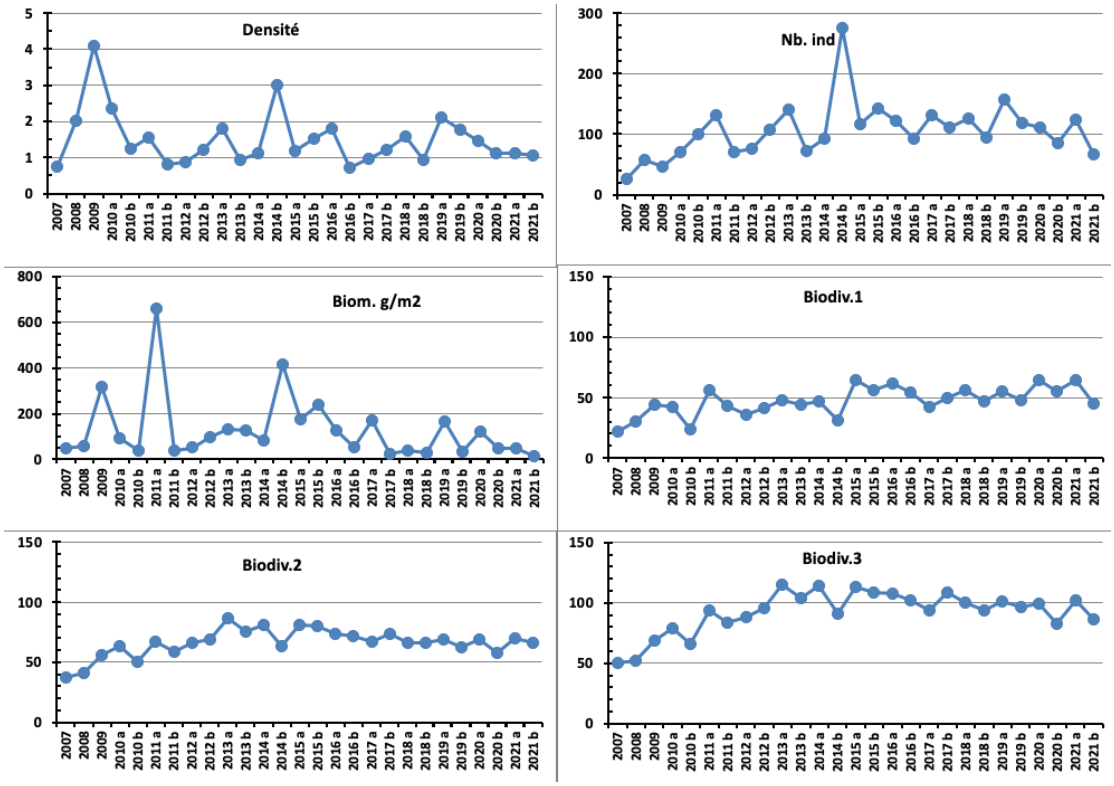


Figure 35 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05)

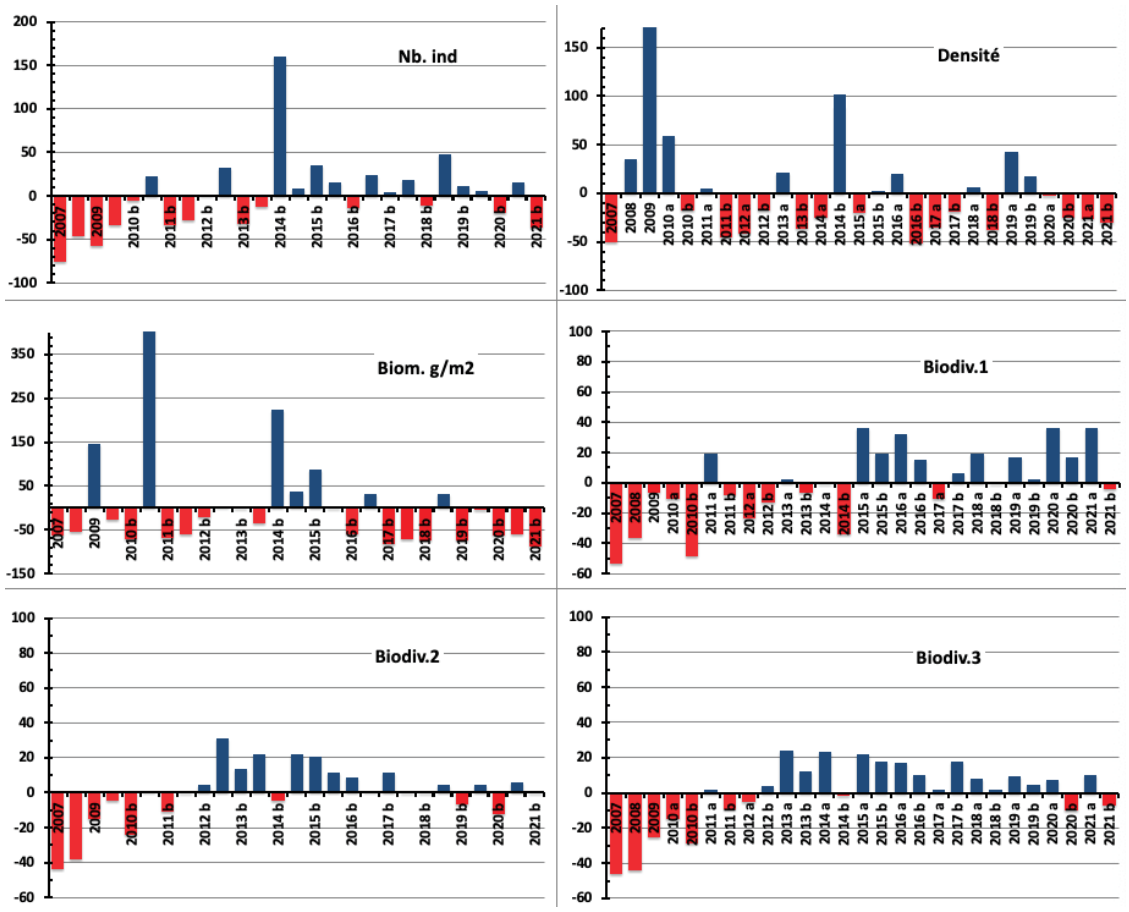


Figure 36 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05)

4.6 Station 06 = Banc Ionontea

Localisation géographique	Au nord-est du banc Ionontea. Le banc Ionontea se situe au milieu du canal de la Havannah. Ce récif est totalement immergé (cf. photographie 14) et subit les forts courants de marée, l'assaut des trains de houle et le ressac. Selon les conditions et l'heure de marée il peut même se former un mascaret. Aucun abri n'est possible.
Nombre transects	3 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés parallèlement à la rupture de pente sous une orientation du sud-ouest vers le nord-est à 9, 15 et 21 mètres de profondeur.
	Le transect A se situe au début de la rupture de pente du récif. Le transect B se trouve au milieu de la pente qui est abrupte. Cette déclivité et les conditions hydrodynamiques intenses ont généré des effondrements de débris et de blocs coralliens (10 cm à 1 m) et retourné des *Acropora* tabulaires. Le transect C se situe en bas de pente. Au-delà, les massifs coralliens sont beaucoup plus espacés et le sable parsemé de débris, représente plus de 70 % du recouvrement.

Description générale

La station est positionnée sur une pente abrupte inclinée entre 40-50° pour les profondeurs de 6 et 20 mètres.
Le banc est recouvert à son sommet principalement par des coraux du genre *Acropora* tabulaires et sub massif *Pocillopora* puis par une algueraie d'algues brunes des genres *Turbinaria* et *Sargassum*. Cette zone est fréquentée par de nombreuses tortues qui viennent se nourrir de ces algues. On note également la présence de deux couloirs d'avalanches avec des débris coralliens où les madrépores sont quasiment inexistants.

Caractéristiques principales

- Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme très important (courant de marée, houle et ressac)
- Dégradation des communautés benthiques sur l'ensemble de la station à cause de l'hydrodynamisme important : arrachement et casse des colonies coralliennes au transect A, puis remobilisation et accumulation de débris et de blocs coralliens pour les autres transects B&C (surtout PAM en 2015) => Présence de couloirs d'effondrement de débris
- Nombreux coraux tabulaires retournés sur l'ensemble de la station (mortalité conséquente par arrachement)
- Présence de grandes colonies de *Porites* massifs à mi pente (B)
- Présence de *Blastomussa wellsi* et *Physogyra lichtensteini* en C
- Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A
- Des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques, à la maladie de la bande blanche et à la prédation de corallivores
- Les spongiaires (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*) se développent relativement bien et colonisent les blocs coralliens et les massifs coralliens
- Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques
- Forte variation de recouvrement de l'algue rouge *Asparagopsis* (saisonnalité)
- Absence de l'algue brune *Lobophora variegata*

- **Présence d'*Acanthaster planci* :** très occasionnelle :
  - Présence en C en septembre 2013 de 1 spécimen et en avril 2019 de 1 juvénile

Variations entre mai et novembre 2021

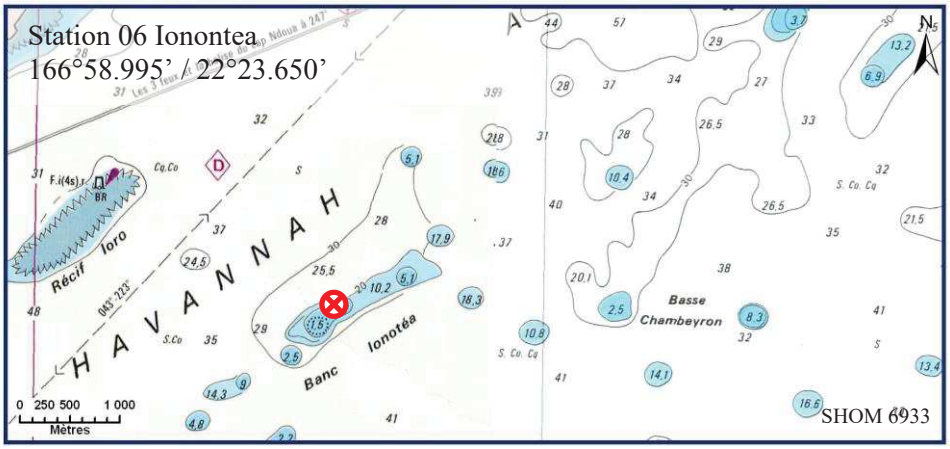
Indicateur Corail :

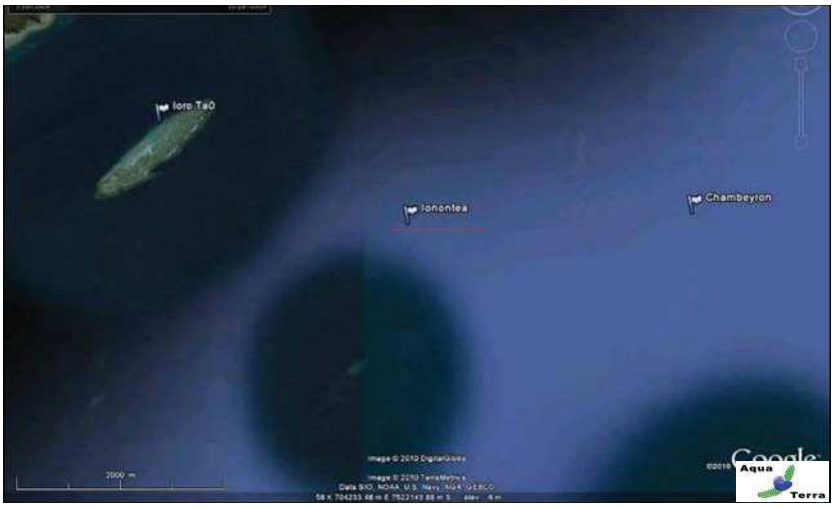
- Le recouvrement corallien est de 39% au transect A (1er rang du réseau, gain d'1 niveau), 27% en B (2ème rang du réseau, perte d'1 niveau) et 9% en C. Diminution en B. La moyenne sur la station est de 25.2% (baisse), ce qui la place au 1er rang, pour la 2nde fois

- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.33% ; Avril 2016 : 0.5% ; Novembre 2016 : 0.15% ; Avril 2017 : 1.07% ; Septembre 2017 : 0.17% ; Mai 2018 : 0.6% ; Novembre 2018 : 0.07% ; Avril 2019 : 0.47% ; Octobre 2019 : 0.3% ;* Mai *2020 : 1.13% ; Octobre 2020 : 0.23% ; Mai 2021 : 1.17% ;* Novembre 2021 : 0.20%
- Lésions coralliennes récentes :
  - Prédation des corallivores *Drupella cornus* : 0.3 m² de coraux blanchis en B
  - Maladies coralliennes : RAS
  - Perturbations mécaniques : les débris coralliens, brisés lors des cyclones du début d'année 2021, se tassent et se stabilisent. Certains reforment des petites colonies coralliennes. Encore 0.6 m² de coraux blanchis (colonies coralliennes retournées)

Autres indicateurs :
- Cyanobactéries : RAS (< niveau 2 en C et absentes en A et B). Elles se développent sur les colonies mortes en place et les débris
- Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens (effondrement de débris)
- Algue brune *Lobophora* : absente et stable
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente en A et forte augmentation en B et C (niveau 0 à 5 et 4)
- *Cliona orientalis* : RAS (< niveau 3 et stable)
- *Cliona jullieni :* RAS (< niveau 2 et stable

Les corallivores :
- *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Drupella cornus* : disparition en A et apparition en B (niveau 2)



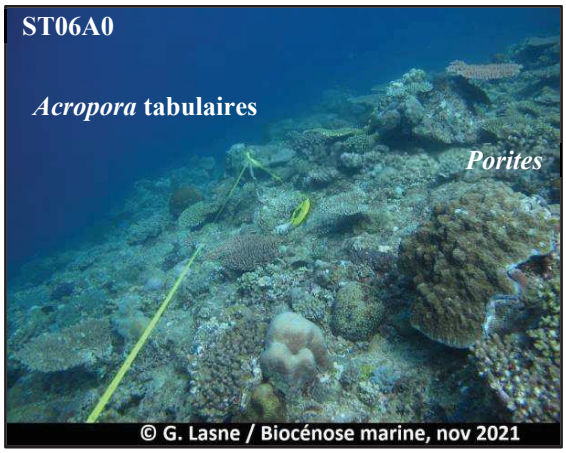


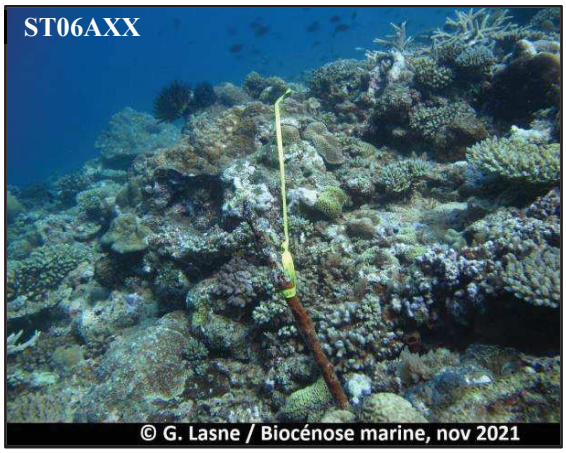
Carte 08 : Localisation de la station 06 (Ionontea)



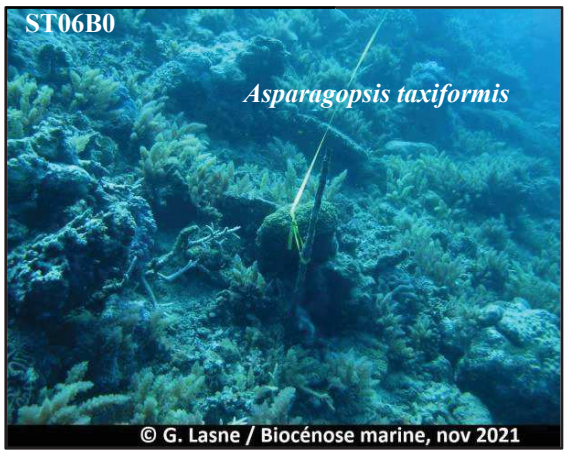


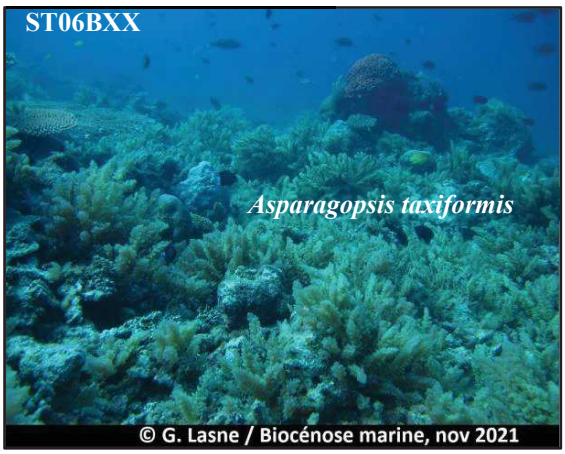
Photographie 14 : Position en surface (ST06)



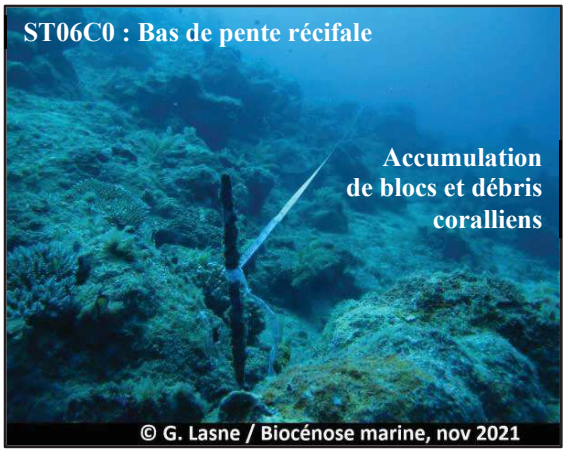


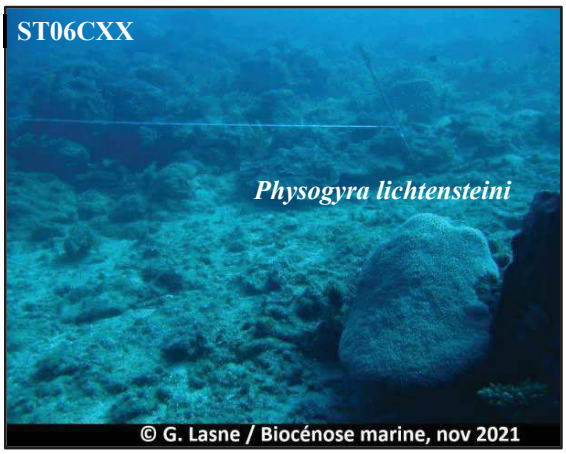
De nombreuses colonies robustes (dont *Acropora* tabulaires) colonisent le niveau bathymétrique supérieur (hydrodynamisme intense) ainsi que des colonies coralliennes retournées (cyclones Lucas et Niran)





De nombreux débris coralliens et colonies mortes ont dévalé la pente par gravité (milieu et bas de pente récifale)





Les cyanobactéries peuvent avoir un recouvrement très important selon les missions (saisonnalité)

Photographie 15 : Vue d'ensemble des transects (ST06, présente mission)

4.6.1 Le substrat (ST06)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 37 pour le transect A, dans la figure 38 pour le transect B et dans la figure 39 pour le transect C.

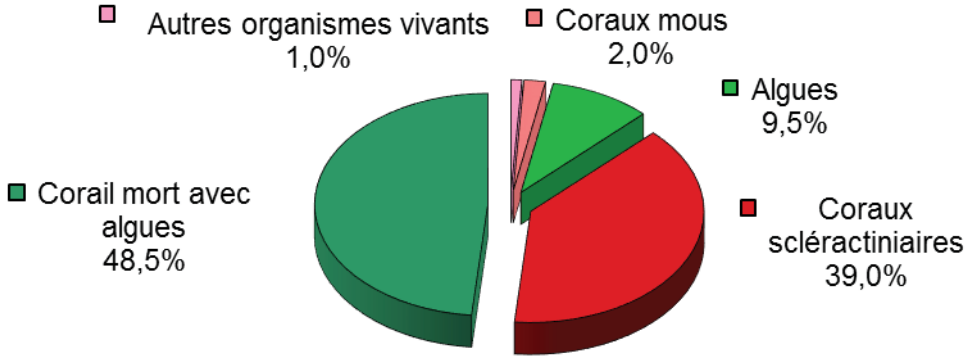


Figure 37 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06A

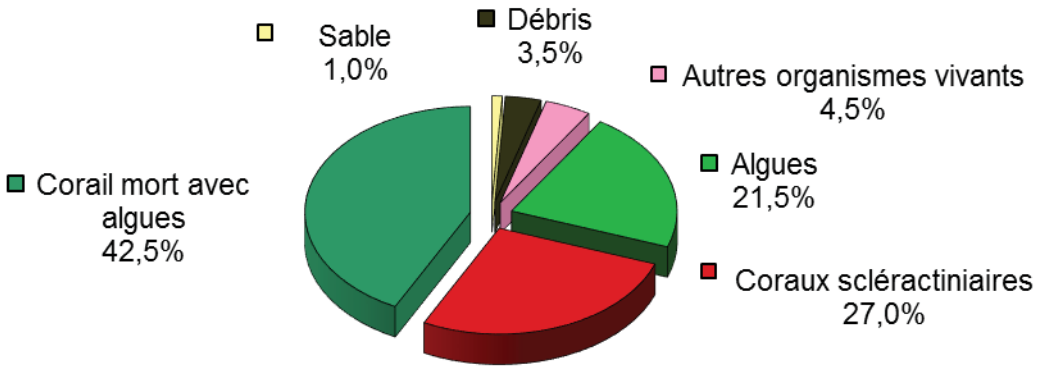


Figure 38 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06B

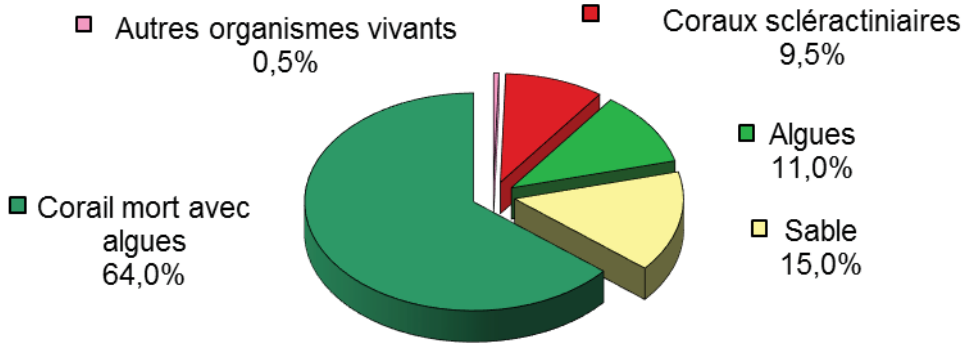


Figure 39 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06C

Le substrat est très recouvert à cette station, notamment de coraux morts anciennement et colonisés par des algues calcaires encroûtantes (avec ainsi 100%, 95.5% et 85 % de substrat biotique aux 3 transects).
Les coraux scléractiniaires sont bien représentés particulièrement sur les 2 transects haut (39% en A – 1er rang du réseau, gain d'1 niveau -, 27% en B – 2ème rang du réseau, perte d'1 niveau car diminution de 10% -, et 9.5% en C).
La moyenne sur la station est de 25.2%, ce qui la place au 1ème rang, pour la 2nde fois (mais cela est dû au déclassement des 2 stations historiques de tête).
A noter : disparition des cyanobactéries en C.

Les trois transects sont globalement stables.

4.6.2 Le benthos (ST06)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe n°04.

En novembre 2021, la richesse spécifique de la station Banc Ionontea (ST06) est composée de :

- **47 espèces d'invertébrés** dont 10 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 14 espèces d'échinodermes : holothurides (6 taxons), astéries (5 taxons), échinides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies
- **7 espèces de macrophytes** : algues vertes (3 taxons), algues brunes (2 taxons), algues rouges (2 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

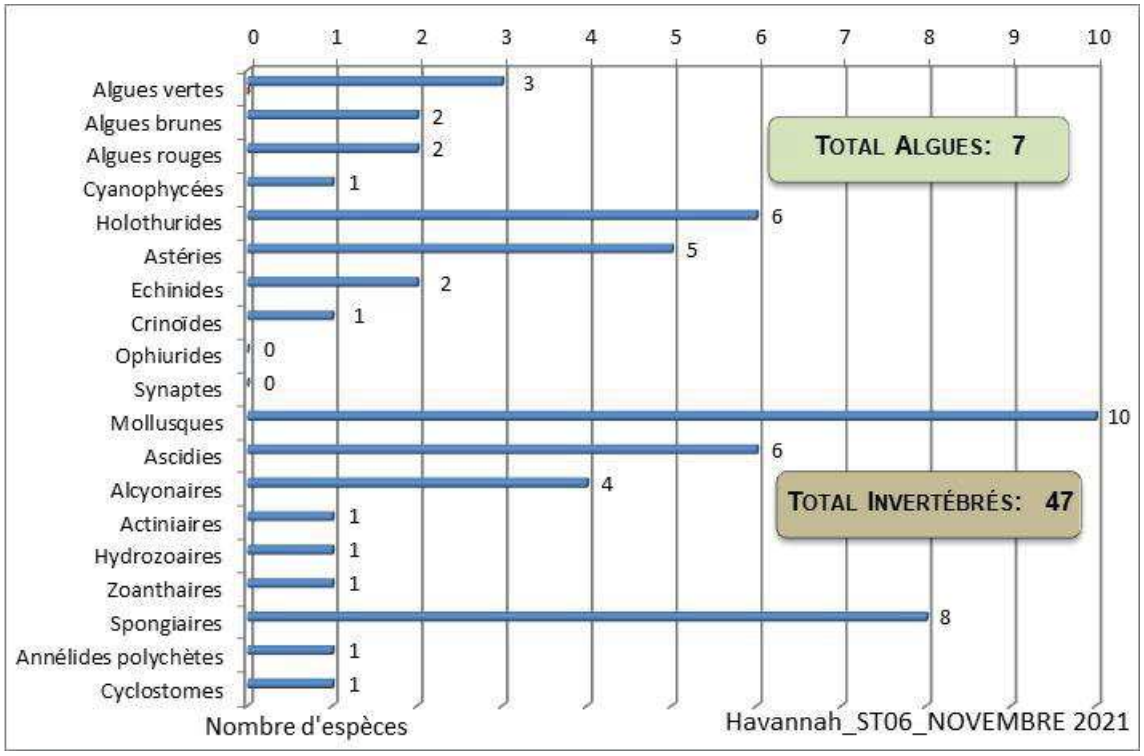


Figure 40 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST06)

4.6.2.1 Benthos Transect 06 A

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST06A est composée de :

- 22 espèces d'invertébrés dont 5 espèces de mollusques ; 3 espèces de cnidaires : alcyonaires (2 taxons), zoanthaires (1 taxon) ; 6 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 2 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des macrophytes et des cyanobactéries.

Tableau 51 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST06A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Une espèce d'algue disparue, l'algue rouge : •*Plocamium armatum* (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une espèce de cyanobactéries disparue : •*Phormidium* sp. (A0/-2).	☑
Cnidaires	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➢ pour les alcyonaires (2 espèces) : •*Lobophytum* sp. (A1), •*Sinularia* sp. (A1). Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A0/-4).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les zoanthaires (1 espèce) : •*Palythoa tuberculosa* (A2/- 1).
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Celerina heffernani* (A1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria whitmaei* (A1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A3/+ 1).
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les gastéropodes (-1 espèce) : •*Drupella cornus* (A0/-2).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 sp) : •*Pedum spondyloideum* (A2/- 1).
Éponges	
Une espèce d'éponges disparue : •*Dysidea herbacea* (A0/-2).	☑
Ascidies	
☑	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : •*Polycarpa cryptocarpa* (A3/+ 1), •*Polycarpa nigricans* (A3/+ 1) 2 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A2/- 1), •*Polycarpa clavata* (A1/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.6.2.2 Benthos Transect 06 B

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST06B est composée de :

- 29 espèces d'invertébrés dont 3 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (3 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 6 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies
- 6 espèces de macrophytes : algues vertes (3 taxons), algues rouges (2 taxons), algues brunes (1 taxon)
- aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau 52 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST06B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
4 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue brune : •*Padina* sp. (A2) ; et 2 espèces d'algues rouges : •*Asparagopsis taxiformis* (A5), •*Trichogloea requienii* (A1) ; et l'algue verte : •*Neomeris vanbosseae* (A2) Une espèce d'algue disparue, l'algue rouge : •*Plocamium armatum* (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une espèce de cyanobactéries disparue : •*Phormidium* sp. (A0/-2).	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Dendronephthya* sp. (A2). Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A0/-2).	2 espèces de cnidaires diminuent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (2 espèces) : •*Lobophytum* sp. (A1/- 1), •*Sinularia* sp. (A1/- 1).
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 espèces) : •*Celerina heffernani* (A1), •*Gomophia egyptiaca* (A1). Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Echinometrix diadema* (A0/-1).	☑
Mollusques	
2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : •*Pedum spondyloideum* (A0/-2) ; ➢ pour les gastéropodes (-1 espèce) : •*Bursa* sp. (A0/-1).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Hyotissa hyotis* (A1/- 1).
Éponges	
2 nouvelles espèces d'éponges recensées : •*Hamigera strongylata* (A2), •*Dysidea herbacea* (A1).	☑
Ascidies	
☑	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : •*Polycarpa cryptocarpa* (A2/+ 1), •*Polycarpa nigricans* (A2/+ 1). Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A1/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.6.2.3 Benthos Transect 06 C

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST06C est composée de :

- 33 espèces d'invertébrés dont 5 espèces de mollusques ; 3 espèces de cnidaires : alcyonaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 12 espèces d'échinodermes : holothurides (6 taxons), astéries (3 taxons), échinides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- 5 espèces de macrophytes : algues brunes (2 taxons), algues vertes (2 taxons), algues rouges (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 53 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST06C)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
3 nouvelles espèces d'algues recensées, dont 2 espèces d'algues brunes : •*Dictyota* sp. (A2), •*Padina* sp. (A2) ; et l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A4). Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➢ pour les hydrozoaires (1 espèce) : •Hydrozoaires ind. (A2) ; ➢ pour les zoanthaires (1 espèce) : •*Palythoa tuberculosa* (A2). 2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-2 espèce) : •*Lobophytum* sp. (A0/-2), •*Sinularia* sp. (A0/-2).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A2/- 1).
Échinodermes	
4 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Diadema setosum* (A2) ; ➢ pour les holothurides (3 espèces) : •*Actinopyga palauensis* (A2), •*Holothuria fuscogilva* (A1), •*Thelenota ananas* (A1).	2 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les holothurides (2 espèces) : •*Holothuria atra* (A2/+ 1), •*Holothuria edulis* (A2/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Linckia multifora* (A1/- 1).
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Pedum spondyloideum* (A2) ; ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : •*Halgerda reticulidia* (A1).	☑
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Cymbastela cantharella* (A2).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •Spongiaires ind. (noire) (A3/+ 1).
Ascidies	
2 espèces d'ascidies disparues : •*Didemnum* sp. (rouge) (A0/-2), •*Polycarpa aurita* (A0/-2).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.6.3 Les poissons (ST06)

La liste des espèces observées[10] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 54.

Tableau 54 : Données sur les poissons (ST06)

Ionontea ST06		Transect A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Acanthurus mata*	4	0,04	1,38	7	0,07	4,73	10	0,04	3,41	7,00	0,05	3,17
Aca	*Acanthurus pyroferus*	1	0,01	0,68							0,33	0,00	0,23
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	2	0,02	0,53							0,67	0,01	0,18
Aca	*Ctenochaetus striatus*	2	0,02	0,40	2	0,02	1,10				1,33	0,01	0,50
Aca	*Zebrasoma veliferum*	1	0,01	0,44							0,33	0,00	0,15
Can	*Canthigaster janthinoptera*	1	0,01	0,01							0,33	0,00	0,00
Cha	*Chaetodon baronessa*							2	0,01	0,06	0,67	0,00	0,02
Cha	*Chaetodon citrinellus*	3	0,03	0,04							1,00	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon ephippium*				2	0,02	0,09				0,67	0,01	0,03
Cha	*Chaetodon kleinii*	2	0,02	0,03							0,67	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon lineolatus*				2	0,02	0,40				0,67	0,01	0,13
Cha	*Chaetodon lunulatus*				3	0,03	0,08				1,00	0,01	0,03
Cha	*Chaetodon mertensii*	2	0,02	0,03							0,67	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon pelewensis*	2	0,02	0,05							0,67	0,01	0,02
Cha	*Chaetodon speculum*	3	0,03	0,04	1	0,01	0,01				1,33	0,01	0,02
Cha	*Chaetodon trifascialis*	4	0,04	0,02							1,33	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon ulietensis*	1	0,01	0,03							0,33	0,00	0,01
Cha	*Chaetodon vagabundus*	1	0,01	0,01							0,33	0,00	0,00
Cha	*Heniochus acuminatus*				1	0,01	0,10				0,33	0,00	0,03
Cha	*Heniochus varius*				2	0,02	0,20				0,67	0,01	0,07
Epi	*Cephalopholis sonnerati*							1	0,00	0,08	0,33	0,00	0,03
Epi	*Epinephelus cyanopodus*				1	0,01	4,50				0,33	0,00	1,50
Epi	*Epinephelus merra*	1	0,01	0,20	1	0,01	0,17				0,67	0,01	0,12
Epi	*Plectropomus laevis*				1	0,01	3,86				0,33	0,00	1,29
Epi	*Plectropomus leopardus*				2	0,01	12,25	3	0,01	16,00	1,67	0,01	9,42
Hae	*Plectorhinchus lessonii*	1	0,01	0,68							0,33	0,00	0,23
Lab	*Bodianus loxozonus*	1	0,01	0,82							0,33	0,00	0,27
Lab	*Cheilinus chlorourus*							1	0,00	0,41	0,33	0,00	0,14
Lab	*Coris aygula*	1	0,01	12,80							0,33	0,00	4,27
Lab	*Coris gaimard*	1	0,01	0,20							0,33	0,00	0,07
Lab	*Gomphosus varius*	2	0,02	0,05							0,67	0,01	0,02
Lab	*Halichoeres hortulanus*	1	0,01	0,20							0,33	0,00	0,07
Lab	*Hemigymnus melapterus*	1	0,01	0,35							0,33	0,00	0,12
Lab	*Thalassoma amblycephalum*	8	0,08	0,20							2,67	0,03	0,07
Lab	*Thalassoma hardwicke*	5	0,05	0,13							1,67	0,02	0,04
Lab	*Thalassoma lunare*	5	0,05	0,06	5	0,05	0,22	5	0,02	0,05	5,00	0,04	0,11
Lab	*Thalassoma lutescens*	3	0,03	0,13							1,00	0,01	0,04
Lut	*Aprion virescens*				3	0,02	5,86	5	0,02	17,86	2,67	0,01	7,91
Lut	*Lutjanus adetii*				10	0,06	10,00	10	0,04	4,86	6,67	0,03	4,95
Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	2	0,02	0,00							0,67	0,01	0,00
Mul	*Parupeneus barberinoides*	1	0,01	0,00							0,33	0,00	0,00
Mul	*Parupeneus indicus*				1	0,01	1,17				0,33	0,00	0,39
Nem	*Scolopsis bilineatus*				2	0,02	1,10				0,67	0,01	0,37
Poc	*Centropyge bicolor*	2	0,02	0,01							0,67	0,01	0,00
Poc	*Centropyge bispinosa*				2	0,02	0,03				0,67	0,01	0,01
Poc	*Centropyge flavissima*	1	0,01	0,03							0,33	0,00	0,01
Poc	*Centropyge tibicen*	2	0,02	0,01	2	0,02	0,01				1,33	0,01	0,01
Poc	*Pomacanthus*							1	0,00	0,89	0,33	0,00	0,30

[10] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe n°01

	semicirculatus												
Poc	*Pomacanthus sexstriatus*							1	0,00	0,77	0,33	0,00	0,26
Pom	*Chromis fumea*							20	0,08	0,05	6,67	0,03	0,02
Pom	*Chrysiptera rollandi*	4	0,04	0,01	4	0,04	0,01	2	0,01	0,00	3,33	0,03	0,00
Pom	*Chrysiptera taupou*	10	0,10	0,02	10	0,10	0,02				6,67	0,07	0,01
Pom	*Dascyllus reticulatus*	15	0,15	0,02	15	0,15	0,02	15	0,06	0,01	15,00	0,12	0,02
Pom	*Dascyllus trimaculatus*				7	0,07	0,04	5	0,02	0,03	4,00	0,03	0,02
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	2	0,02	0,03	4	0,04	0,02	4	0,02	0,01	3,33	0,03	0,02
Sca	*Chlorurus sordidus*	3	0,03	0,31							1,00	0,01	0,10
Sca	*Scarus ghobban*				1	0,01	2,13				0,33	0,00	0,71
Sca	*Scarus niger*	1	0,01	0,55							0,33	0,00	0,18
Sca	*Scarus rubroviolaceus*				1	0,01	3,94				0,33	0,00	1,31
Sig	*Siganus argenteus*	8	0,08	3,52				20	0,08	3,66	9,33	0,05	2,39
Sig	*Siganus corallinus*	2	0,02	0,40				2	0,01	0,12	1,33	0,01	0,17
Sig	*Siganus punctatus*				2	0,02	1,97				0,67	0,01	0,66
Sig	*Siganus vulpinus*	3	0,03	0,31							1,00	0,01	0,10
Total		**115**	**1,15**	**24,68**	**94**	**0,88**	**53,99**	**107**	**0,45**	**48,27**	**105,33**	**0,83**	**42,32**
Biodiversité		**40**			**27**			**17**			**63**		
Indice de Shannon =		4,929											
Equitabilité =		0,825											

Sur l'ensemble des transects de la station, 316 individus appartenant à 63 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.83 poisson/m² pour une biomasse de 42.32 g/m².
109 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 55).

Tableau 55 : Liste des espèces complémentaires (ST06)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus mata*	Epi	*Epinephelus cyanopodus*	Mul	*Parupeneus indicus*
Aca	*Acanthurus pyroferus*	Epi	*Epinephelus merra*	Nem	*Scolopsis bilineatus*
Aca	*Acanthurus xanthopterus*	Epi	*Plectropomus laevis*	Poc	*Centropyge bicolor*
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	Epi	*Plectropomus leopardus*	Poc	*Centropyge bispinosa*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Hae	*Plectorhinchus lessonii*	Poc	*Centropyge flavissima*
Aca	*Naso lituratus*	Hol	*Sargocentron ensifer*	Poc	*Centropyge tibicen*
Aca	*Naso unicornis*	Hol	*Sargocentron rubrum*	Poc	*Genicanthus watanabei*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Hol	*Sargocentron spiniferum*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Anampses femininus*	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*
Apo	*Apogon aureus*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Apo	*Apogon doederleini*	Lab	*Bodianus loxozonus*	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Bodianus perditio*	Pom	*Amphiprion clarkii*
Ble	*Ecsenius bicolor*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Chromis atripes*
Can	*Canthigaster coronata*	Lab	*Coris aygula*	Pom	*Chromis fumea*
Can	*Canthigaster janthinoptera*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Cha	*Chaetodon citrinellus*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Cha	*Chaetodon ephippium*	Lab	*Halichoeres hortulanus*	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*
Cha	*Chaetodon kleinii*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Plectroglyphidodon johnstonianus*
Cha	*Chaetodon lineolatus*	Lab	*Labropsis australis*	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Lab	*Thalassoma amblycephalum*	Pom	*Pomacentrus bankanensis*

Cha	*Chaetodon mertensii*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon ornatissimus*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Pomacentrus simsiang*
Cha	*Chaetodon pelewensis*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon speculum*	Let	*Lethrinus nebulosus*	Sca	*Scarus ghobban*
Cha	*Chaetodon trifascialis*	Let	*Monotaxis grandoculis*	Sca	*Scarus niger*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Lut	*Aphareus furca*	Sca	*Scarus rubroviolaceus*
Cha	*Chaetodon vagabundus*	Lut	*Aprion virescens*	Sca	*Scarus schlegeli*
Cha	*Forcipiger longirostris*	Lut	*Lutjanus adetii*	Sig	*Siganus argenteus*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Lut	*Lutjanus argentimaculatus*	Sig	*Siganus corallinus*
Cha	*Heniochus monoceros*	Lut	*Lutjanus quinquelineatus*	Sig	*Siganus punctatus*
Cha	*Heniochus varius*	Lut	*Lutjanus russellii*	Sig	*Siganus vulpinus*
Cir	*Cirrhitichthys falco*	Lut	*Macolor niger*	Syn	*Synodus variegatus*
Cir	*Paracirrhites arcatus*	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	Zan	*Zanclus cornutus*
Epi	*Cephalopholis sonnerati*	Mul	*Parupeneus barberinoides*		
Epi	*Cephalopholis urodeta*	Mul	*Parupeneus barberinus*		

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 56 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 41.

Tableau 56 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST06)

Familles	**Nb d'espèces vues (zone et période totale)**	**Nb d'espèces**		**Proportions**	
		Campagne	**Moy.**	**Campagne**	**Moy.**
Acanthuridae	40	5	6,85	12,50	17,12
Chaetodontidae	30	14	8,19	46,67	27,31
Epinephelinae	26	5	4,15	19,23	15,98
Labridae	97	11	8,54	11,34	8,80
Lethrinidae	16	0	0,85	0,00	5,29
Lutjanidae	22	2	1,77	9,09	8,04
Mullidae	14	2	1,46	14,29	10,44
Pomacanthidae	14	6	4,23	42,86	30,22
Pomacentridae	92	6	5,81	6,52	6,31
Scaridae	23	4	4,31	17,39	18,73
Siganidae	10	4	1,88	40,00	18,85
Autres	257	4	5,38	1,56	2,10
Khi2 obs		**8,3**		**28,9**	
Khi2 tab					**19,17**

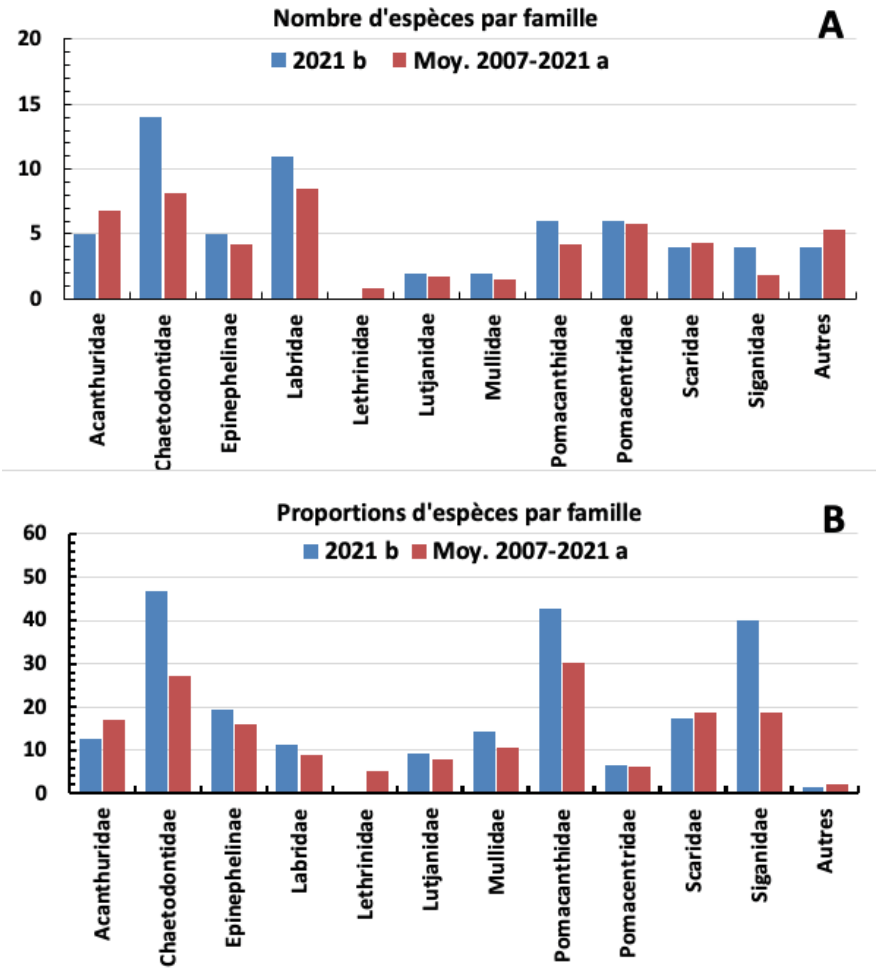


Figure 41 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST06)

L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

Le récapitulatif des résultats en termes de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 est présenté dans le tableau 57 et la figure 42.

Tableau 57 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST06)

Ionontea ST06		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2021 b	Transect A	115,00	1,15	24,68			
	Transect B	94,00	0,88	53,99			
	Transect C	107,00	0,45	48,27			
	Moy. ABC	**105,33**	**0,83**	**42,32**	**63**	**88**	**109**
2021 a	Moy. ABC	172,67	0,73	79,69	70	93	134
2020 b	Moy. ABC	81,67	0,77	29,83	46	69	103
2020 a	Moy. ABC	149,33	1,44	136,18	59	98	134
2019 b	Moy. ABC	129,67	1,43	80,08	58	87	136
2019 a	Moy. ABC	207,67	2,28	645,40	63	100	143
2018 b	Moy. ABC	267,33	4,11	269,22	74	88	123
2018 a	Moy. ABC	218,67	4,23	567,07	73	91	134
2017 b	Moy. ABC	238,00	4,47	667,45	66	88	132
2017 a	Moy. ABC	290,67	3,48	527,28	66	85	125
2016 b	Moy. ABC	184,33	1,84	149,24	53	85	118
2016 a	Moy. ABC	189,67	1,89	150,71	54	87	119
2015 b	Moy. ABC	187,00	2,27	210,72	58	87	112
2015 a	Moy. ABC	270,00	3,00	750,00	48	104	156
2014 b	Moy. ABC	226,00	2,87	622,19	46	81	126
2014 a	Moy. ABC	101,00	1,19	68,63	39	78	113
2013 b	Moy. ABC	190,33	1,98	191,60	55	87	117
2013 a	Moy. ABC	284,00	2,80	760,11	77	97	140
2012 b	Moy. ABC	142,33	1,64	151,8	53	93	125
2012 a	Moy. ABC	142,33	1,64	151,8	42	93	125
2011 b	Moy. ABC	62,33	0,75	76,87	44	88	124
2011 a	Moy. ABC	178,30	2,23	687,67	50	75	102
2010 b	Moy. ABC	190	1,91	92,96	37	58	81
2010 a	Moy. ABC	76,00	2,05	487,76	42	71	94
2009	Moy. ABC	27,00	1,17	226,52	31	33	81
2008	Moy. ABC	43,67	2,99	385,65	40	54	67
2007	Moy. ABC	42,67	2,45	1322,4	44	51	60

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i – X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 58 et représentation figure 43.

Tableau 58 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	5 920,07	1,11	94 770,2	149,0	268,7	529,9
Ecart type	76,94	1,05	307,8	12,2	16,4	23,0
Moyenne	165,63	2,19	368,4	54,5	81,6	116,0
Coef. de Var.	0,46	0,47	0,8	0,2	0,2	0,2

Commentaires :

- Le paramètre de densité est toujours très faible.
- La biomasse est revenue à une valeur très basse.
- Les biodiversités sont à des valeurs moyennes plus.
- La structure spécifique du peuplement est quantitativement similaire à la moyenne historique, mais elle en diffère très significativement lorsqu'elle est exprimée de façon relative.
- La quasi-totalité des familles montre comme d'habitude, des jeux de redistribution spécifique.
  Ce dernier point est en partie à relier à la faible surface des stations, *ie* faible par rapport à la taille des aires de vie de la plupart des espèces.

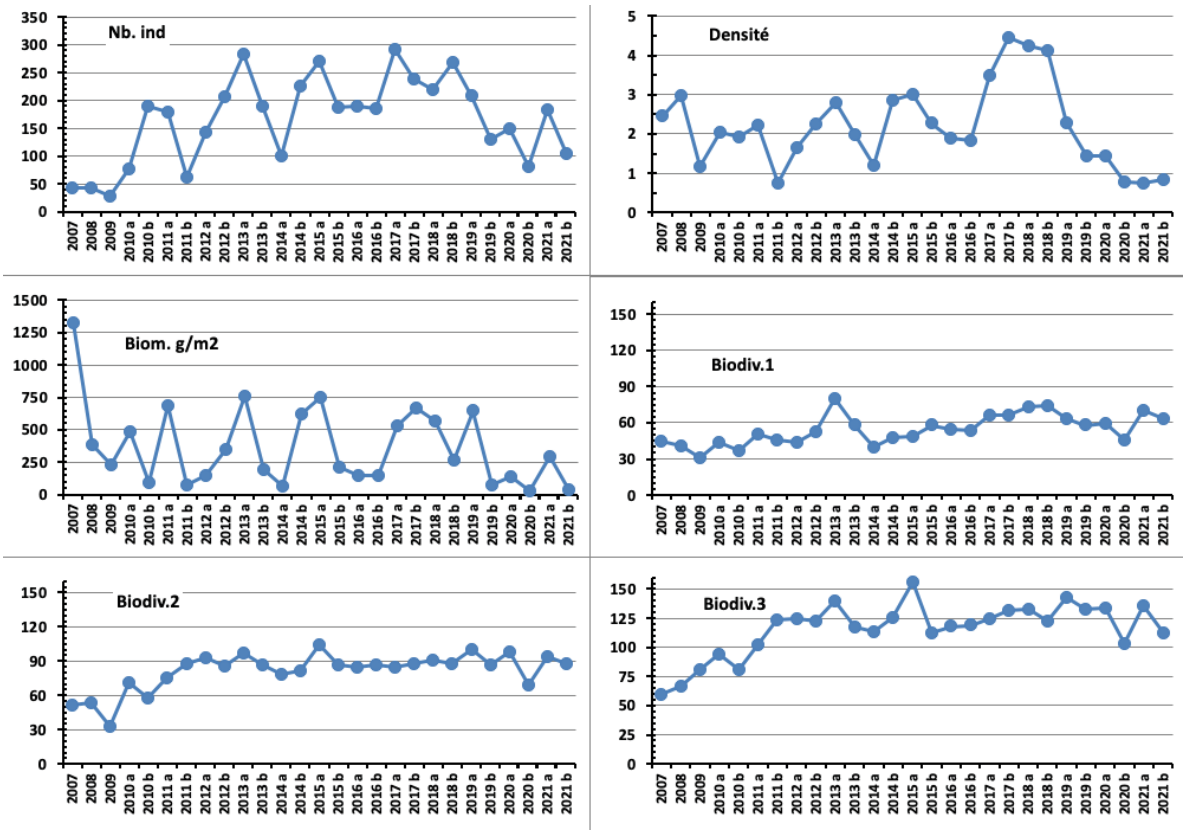


Figure 42 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06)

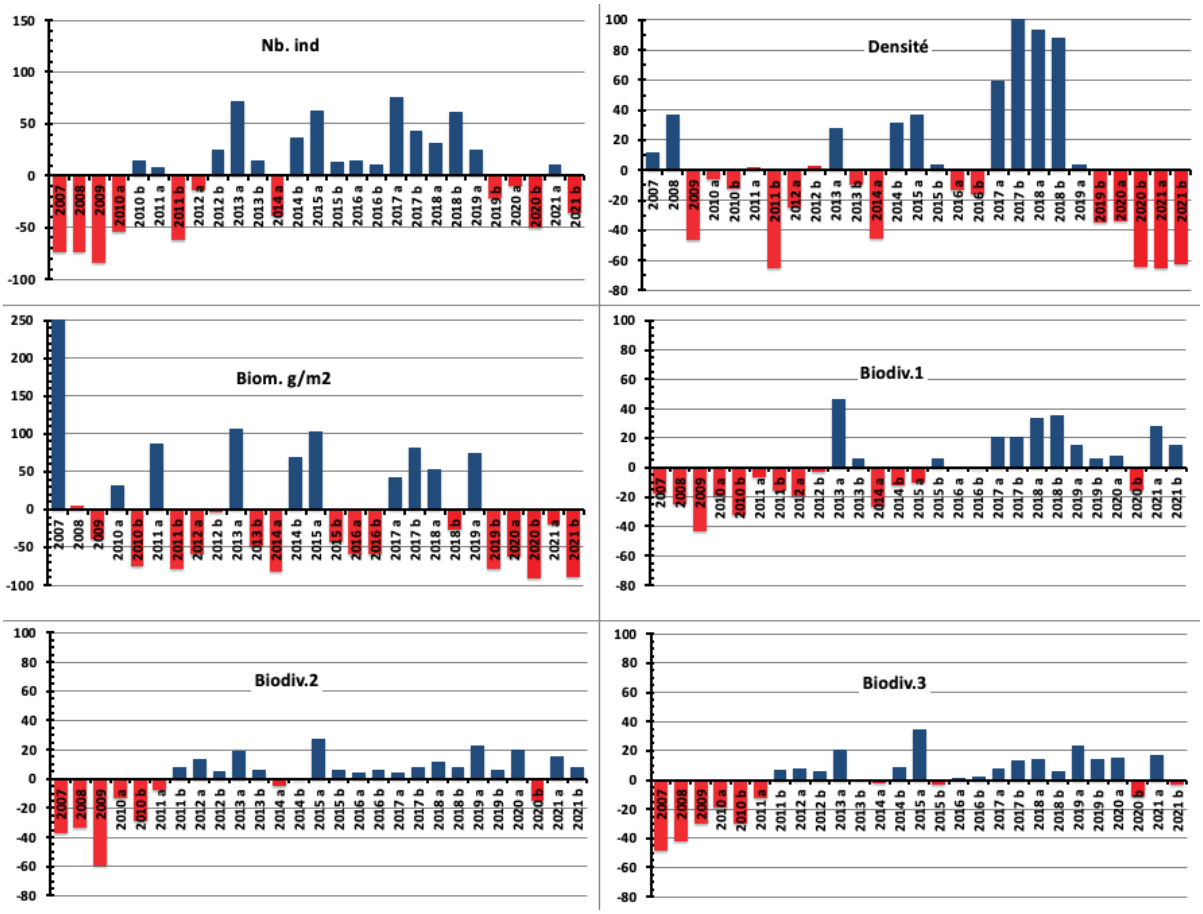


Figure 43 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06)

4.7 Station 07 = Basse Chambeyron

Localisation géographique	Dans la partie ouest du récif ennoyé de Basse Chambeyron. C'est un banc isolé, totalement ennoyé (cf. photographie 16) et qui subit les forts courants de marée, l'assaut des trains de houle et le ressac. Aucun abri n'est possible.
Nombre transects	3 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés aux profondeurs de 7, 17 et 22 mètres, avec une orientation du nord-est vers le sud-ouest.
	Ils se placent depuis la rupture du tombant récifal jusqu'à la pente sédimentaire (zone d'accumulation de débris et de roche). Cette pente est d'environ 40°.

Description générale

Le haut du plateau est soumis à de violents ressacs et courants : la majeure partie du banc est arasée et les quelques scléractiniaires qui s'y maintiennent développent des morphoses robustes.

Sur le dessus du banc (3-5 mètres), les espèces sont adaptées au ressac et sont encore en place. Juste avant la rupture de pente (5 à 7 mètres) on trouve une zone d'*Acropora* branchu (*Acropora* cf. *formosa*) mono spécifique, qui résistait paradoxalement depuis plusieurs années mais qui a été très dégradée lors des événements cycloniques du début d'année 2011. Au-delà de 6-7 mètres, la pente est inclinée à 40°, la zone présente des séquelles de dégradations mécaniques (tempêtes et cyclones) comme l'atteste un nombre conséquent de roches et de débris coralliens de tailles variées. Par le phénomène d'avalanches, les grosses colonies fixées à l'origine vers 6-7 mètres (gros *Acropora* tabulaires, *Porites* massifs, …) ont été arrachées, détruisant les organismes fixés sur leur passage.

Caractéristiques principales

- Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme très important (courant de marée, houle et ressac) et taille relativement petite des colonies. Cependant présence de colonie de taille métrique d'*Acropora* tabulaire en A et de *Porites* massif en C
- Croissance importante des colonies d'*Acropora* tabulaire en A en novembre 2018
- Présence de *Blastomussa wellsi* en B
- Des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques et à la maladie de la bande blanche des missions précédentes
- Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A
- Dégradation des communautés benthiques sur l'ensemble de la station à cause de l'hydrodynamisme important : arrachement et casse des colonies coralliennes au transect A et accumulation de débris et blocs coralliens pour les autres transects B et C
- La station présente de nombreuses zones d'accumulation de débris et de coraux tabulaires retournés (conditions hydrodynamiques exceptionnelles) :
  → Couloirs d'effondrement de part et d'autre des transects
  → Bas de pente récifale (par gravité)
- Les spongiaires (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*) sont relativement bien développées et colonisent les blocs coralliens et les massifs coralliens
- Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (diversité et abondance variables selon les missions)
- Les crinoïdes également privilégient ce type de biotope balayé par les courants de marée
- Forte variation de recouvrement de l'algue rouge *Asparagopsis* (saisonnalité)

Absence de l'algue brune *Lobophora variegata*

Variations entre mai et novembre 2021

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 29% au transect A, 8.5% en B et 4% en C. Diminution aux 3 transects
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.47% ; Avril 2016 : 0.67% ; Novembre 2016 : 0.03% ; Avril 2017 : 0.13% ; Septembre 2017 : 0.43% ; Mai 2018 : 0.5% ; Novembre 2018 : 0% ; Avril 2019 : 0.33% ; Octobre 2019 : 0.5% ; Mai 2020 : 0.93% ; Octobre 2020 : 0.27% ; Mai 2021 : 0.83% ;* Novembre 2021 : 0.90%
- Lésions coralliennes récentes :

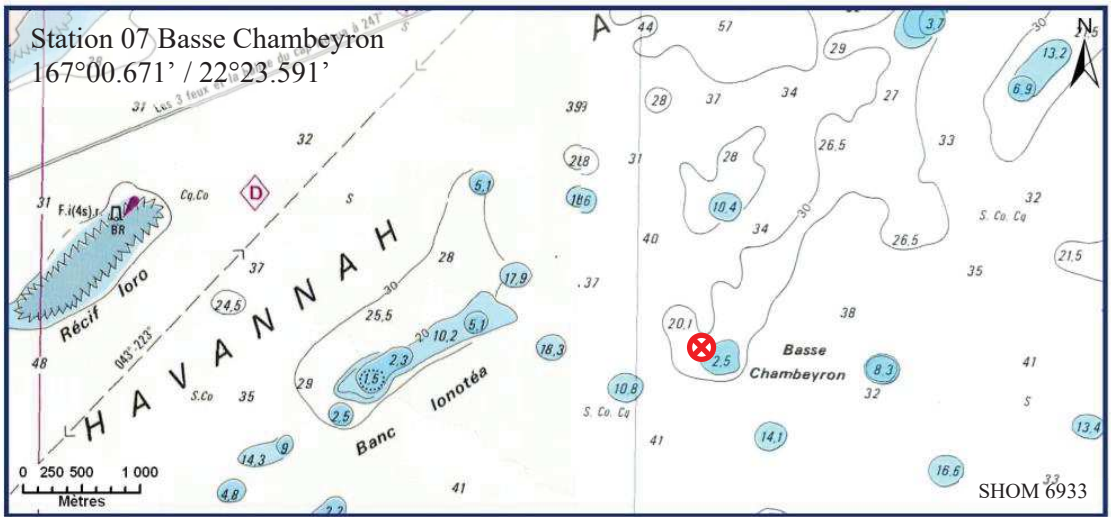
- Maladies coralliennes : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) en A (1.6 m² de coraux blanchis sans polype)
- Perturbations mécaniques : les débris coralliens, brisés lors des cyclones du début d'année 2021, se tassent et se stabilisent. Certains reforment des débris et colonies coralliennes retournés en A et B (respectivement 0.8 et 0.3 m² de coraux blanchis)

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : RAS (< niveau 2 en B et absentes en A et C). Elles se développent sur les colonies mortes en place et les débris
- Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens (effondrement de débris)
- Algue brune *Lobophora* : absente et stable
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente et stable
- *Cliona orientalis* : RAS (< niveau 3 et stable)
- *Cliona jullieni :* stable, absente en A et niveau 2 en B&C

Les corallivores :

- *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Drupella cornus* : absence, stable





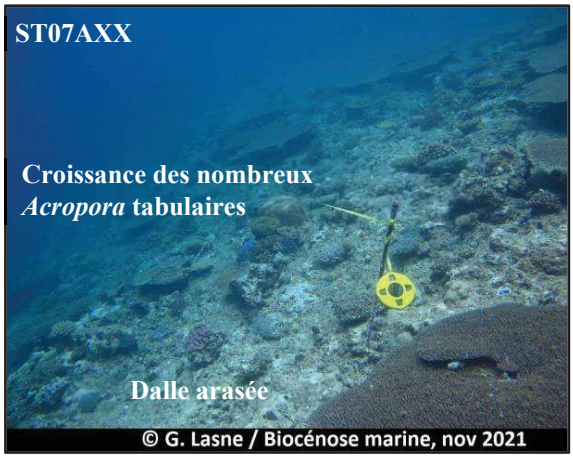
Carte 09 : Localisation de la station 07 (Basse Chambeyron)



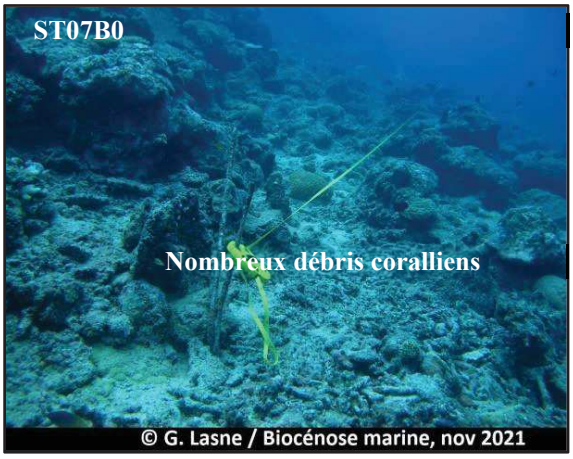


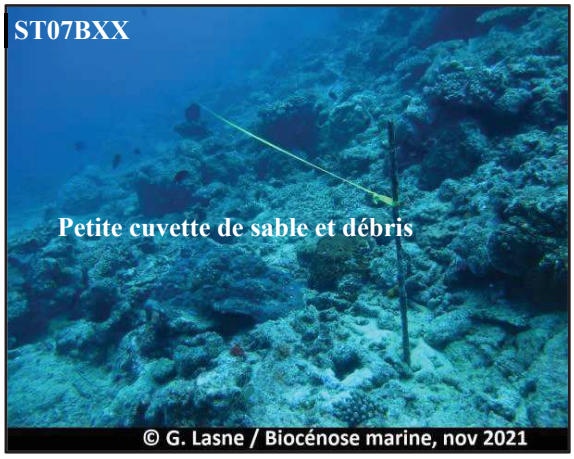
Photographie 16 : Position en surface (ST07)



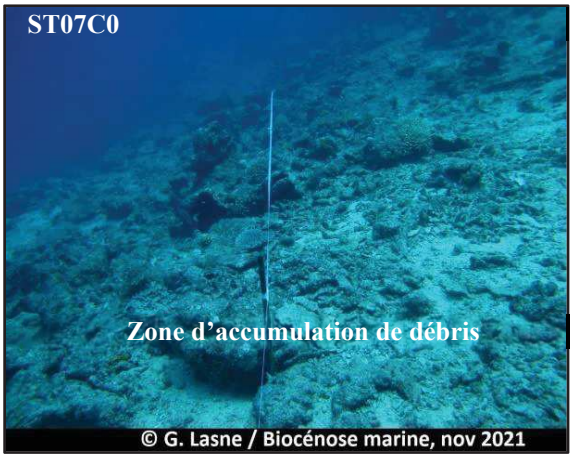


Deux couloirs d'effondrement de débris coralliens se déversent de part et d'autre de la station





De nombreux débris, blocs et colonies coralliennes arrachées et remobilisées ont dévalé la pente





Les cyanobactéries peuvent avoir un recouvrement très important selon les missions (saisonnalité)

Photographie 17 : Vue d'ensemble des transects (ST07, présente mission)

4.7.1 Le substrat (ST07)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 44 pour le transect A, dans la figure 45 pour le transect B et dans la figure 46 pour le transect C.

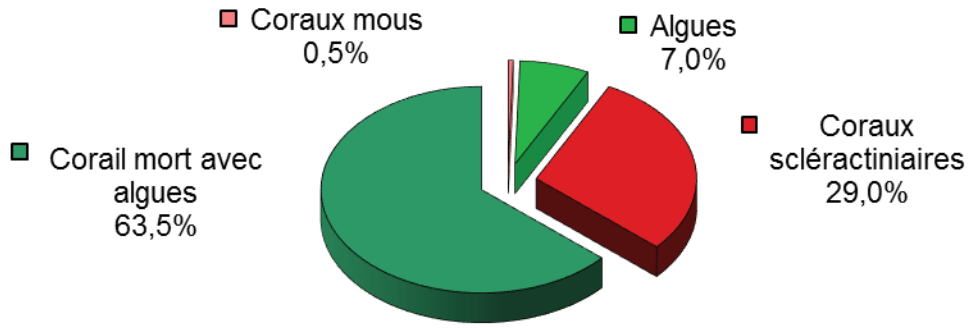


Figure 44 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07A

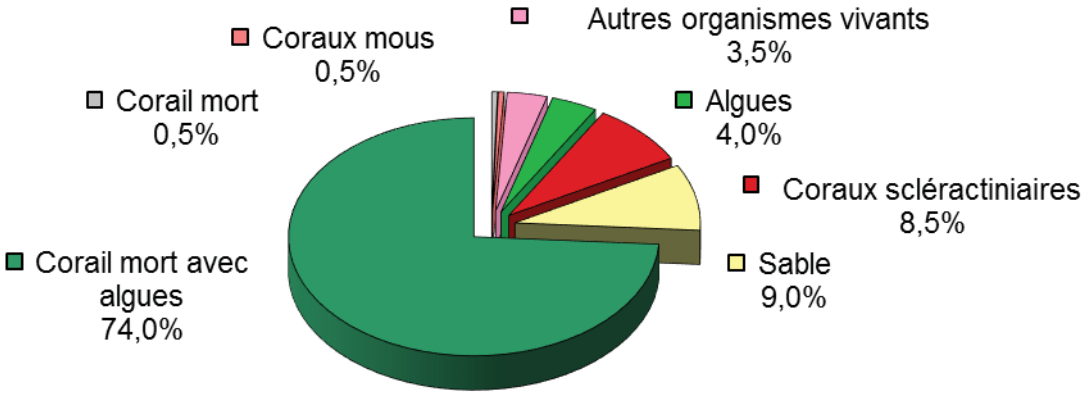


Figure 45 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07B

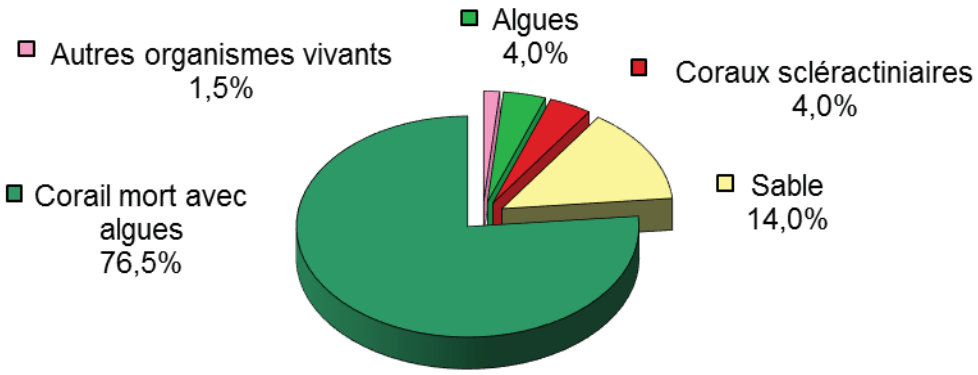


Figure 46 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07C

Cette station a un substrat qui est très biotique (100%, 90.5% et 86%). Cela est dû en partie aux coraux morts - et aux débris, classés alors dans cette catégorie - recouverts d'algues et particulièrement d'algues calcaires encroûtantes, ainsi qu'aux algues en elles-mêmes.
Les coraux scléractiniaires sont bien représentés en A (mais en baisse de 7%) et plus faiblement en dessous (respectivement 29%, 8.5% et 4%).
A noter : 0.5% d'*Acropora* blanc en B.

La station est globalement stable.

4.7.2 Le benthos (ST07)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe n°04.

En novembre 2021, la richesse spécifique de la station Basse Chambeyron (ST07) est composée de :

- **47 espèces d'invertébrés** dont 12 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (5 taxons), zoanthaires (1 taxon) ; 13 espèces d'échinodermes : échinides (4 taxons), holothurides (4 taxons), astéries (3 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 10 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies ;
- **2 espèces de macrophytes** : algues brunes (2 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

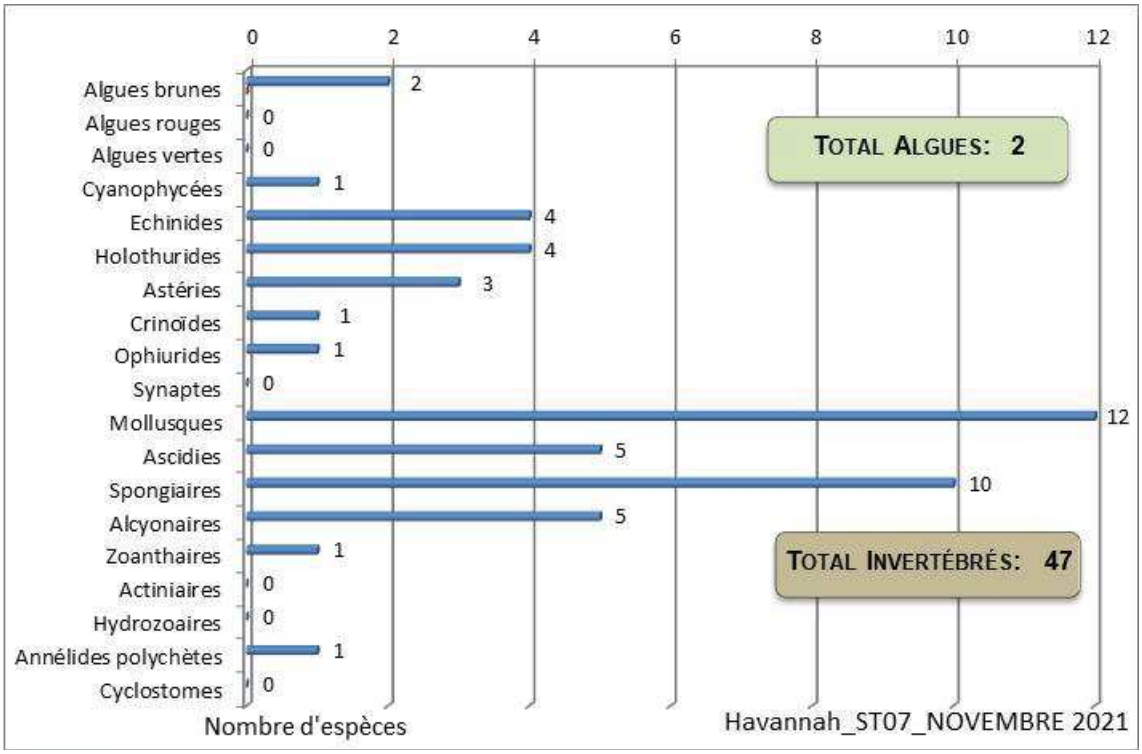


Figure 47 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST07)

4.7.2.1 Benthos Transect 07 A

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST07A est composée de :

- 18 espèces d'invertébrés dont 5 espèces de mollusques ; une espèce de cnidaires ; 6 espèces d'échinodermes : astéries (2 taxons), échinides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 2 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies
- 1 espèce de macrophytes : algues brunes (1 taxon)
- aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau 59 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST07A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue brune : •*Turbinaria ornata* (A2). Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les zoanthaires (1 espèce) :•*Palythoa tuberculosa* (A2).	☑
Échinodermes	
4 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Fromia indica* (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-3 espèce) : •*Actinopyga palauensis* (A0/-1) •*Bohadschia argus* (A0/-1), •*Holothuria edulis* (A0/-1).	☑
Mollusques	
☑	☑
Éponges	
Une espèce d'éponges disparue : •*Dysidea herbacea* (A0/-2).	☑
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Polycarpa aurita* (A3).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : •*Polycarpa cryptocarpa* (A3/+ 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.7.2.2 Benthos Transect 07 B

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST07B est composée de :

- 36 espèces d'invertébrés dont 8 espèces de mollusques ; 4 espèces de cnidaires : alcyonaires (3 taxons), zoanthaires (1 taxon) ; 11 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), échinides (3 taxons), holothurides (3 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- 1 espèce de cyanobactéries
- aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des macroalgues.

Tableau 60 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST07B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➢ pour les alcyonaires (2 sp) : •*Lobophytum* sp. (A1), •*Xenia* sp. (A1). 2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-2 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A0/-2), •*Dendronephthya* sp. (A0/-1).	☑
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Fromia indica* (A1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Actinopyga flammea* (A1). Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les holothurides (-1 espèce) : •*Thelenota ananas* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les échinides (1 sp) : •*Diadema setosum* (A3/+ 2). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Conus miles* (A1).	☑
Éponges	
☑	☑
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Polycarpa aurita* (A2).	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.7.2.3 Benthos Transect 07 C

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST07C est composée de :

- 30 espèces d'invertébrés dont 5 espèces de mollusques ; 3 espèces de cnidaires : alcyonaires (3 taxons) ; 8 espèces d'échinodermes : holothurides (3 taxons), astéries (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- 1 espèce de macrophytes : algues brunes (1 taxon)
- aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau 61 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST07C)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue brune : •*Padina* sp. (A2) Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une espèce de cyanobactéries disparue : •*Phormidium* sp. (A0/-2)	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sinularia* sp. (A2).	☑
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Linckia multifora* (A2) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A2).	2 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les holothurides (2 espèces) : •*Actinopyga palauensis* (A2/+ 1), •*Holothuria atra* (A2/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2/- 1).
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Pteria* sp. (A2) ; ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : •*Phyllidia ocellata* (A1). Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les nudibranches (-1 sp) : •*Phyllidiella pustulosa* (A0/-1)	☑
Éponges	
3 nouvelles espèces d'éponges recensées : •Spongiaires ind. (orange) (A2), •*Leucetta chagosensis* (A2), •*Clathria rugosa* (A2).	☑
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Polycarpa aurita* (A2).	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : •*Polycarpa clavata* (A2/+ 1), •*Polycarpa nigricans* (A3/+ 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.7.3 Les poissons (ST07)

La liste des espèces observées[11] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 62.

Tableau 62 : Données sur les poissons (ST07)

Basse Chambeyron ST07		Transect A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	*Acanthurus blochii*							3	0,03	2,05	1,00	0,01	0,68
Aca	*Acanthurus mata*				20	0,17	19,44	5	0,04	4,09	8,33	0,07	7,84
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	2	0,05	1,73							0,67	0,02	0,58
Aca	*Ctenochaetus striatus*				3	0,03	0,86	2	0,02	0,58	1,67	0,01	0,48
Aca	*Naso brachycentron*				15	0,13	54,88	6	0,05	19,68	7,00	0,06	24,85
Aca	*Naso unicornis*				4	0,03	36,58	1	0,01	7,15	1,67	0,01	14,58
Aca	*Zebrasoma scopas*	1	0,03	0,50	2	0,02	0,17				1,00	0,01	0,22
Aca	*Zebrasoma veliferum*	1	0,03	1,37							0,33	0,01	0,46
Ant	*Pseudanthias pascalus*	7	0,18	0,76							2,33	0,06	0,25
Ant	*Pseudanthias pictilis*	7	0,18	0,44							2,33	0,06	0,15
Ant	*Pseudanthias pleurotaenia*				12	0,10	0,69	15	0,13	0,54	9,00	0,08	0,41
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*				2	0,02	0,01				0,67	0,01	0,00
Can	*Canthigaster valentini*				2	0,02	0,00				0,67	0,01	0,00
Cha	*Chaetodon auriga*							2	0,02	0,07	0,67	0,01	0,02
Cha	*Chaetodon baronessa*				2	0,02	0,04				0,67	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon citrinellus*	3	0,08	0,10							1,00	0,03	0,03
Cha	*Chaetodon kleinii*	2	0,05	0,06				2	0,02	0,04	1,33	0,02	0,04
Cha	*Chaetodon lineolatus*							2	0,02	0,17	0,67	0,01	0,06
Cha	*Chaetodon lunulatus*	3	0,08	0,04	4	0,03	0,04				2,33	0,04	0,03
Cha	*Chaetodon mertensii*							3	0,03	0,03	1,00	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon pelewensis*				3	0,03	0,03				1,00	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon plebeius*	1	0,03	0,03	2	0,02	0,01	1	0,01	0,00	1,33	0,02	0,02
Cha	*Chaetodon trifascialis*	2	0,05	0,06							0,67	0,02	0,02
Cha	*Chaetodon ulietensis*	1	0,03	0,17							0,33	0,01	0,06
Cha	*Chaetodon unimaculatus*	2	0,05	0,22							0,67	0,02	0,07
Cha	*Chaetodon vagabundus*	1	0,03	0,17	2	0,02	0,11				1,00	0,01	0,10
Cha	*Heniochus varius*				2	0,02	0,24	2	0,02	0,91	1,33	0,01	0,39
Epi	*Cephalopholis urodeta*				1	0,01	0,22				0,33	0,00	0,07
Epi	*Epinephelus fasciatus*				1	0,01	0,37				0,33	0,00	0,12
Epi	*Epinephelus maculatus*				1	0,01	1,77				0,33	0,00	0,59
Epi	*Epinephelus merra*	1	0,03	0,50							0,33	0,01	0,17
Epi	*Plectropomus leopardus*				2	0,02	21,33	2	0,02	11,98	1,33	0,01	11,10
Lab	*Bodianus loxozonus*				1	0,01	0,46				0,33	0,00	0,15
Lab	*Bodianus perditio*	1	0,03	0,86				1	0,01	0,97	0,67	0,01	0,61
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	0,03	1,10	1	0,01	0,17				0,67	0,01	0,42
Lab	*Coris gaimard*	1	0,03	0,36				1	0,01	0,12	0,67	0,01	0,16
Lab	*Gomphosus varius*	2	0,05	0,34							0,67	0,02	0,11
Lab	*Halichoeres hortulanus*	1	0,03	0,36							0,33	0,01	0,12
Lab	*Hemigymnus melapterus*	1	0,03	0,86	1	0,01	0,37				0,67	0,01	0,41
Lab	*Labroides dimidiatus*				5	0,04	0,02				1,67	0,01	0,01
Lab	*Thalassoma hardwicke*	8	0,20	1,37							2,67	0,07	0,46
Lab	*Thalassoma lunare*	5	0,13	0,54	4	0,03	0,08	5	0,04	0,10	4,67	0,07	0,24
Lab	*Thalassoma lutescens*	5	0,13	0,69							1,67	0,04	0,23
Lut	*Aprion virescens*							3	0,03	27,44	1,00	0,01	9,15
Lut	*Lutjanus fulvus*				3	0,03	1,37				1,00	0,01	0,46
Mul	*Parupeneus barberinoides*				4	0,03	0,14				1,33	0,01	0,05

[11] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe n°01

Mul	*Parupeneus bifasciatus*	7	0,18	9,60							2,33	0,06	3,20
Mul	*Parupeneus cyclostomus*				7	0,06	6,80				2,33	0,02	2,27
Mul	*Parupeneus indicus*							3	0,03	0,50	1,00	0,01	0,17
Nem	*Scolopsis bilineatus*				2	0,02	0,33				0,67	0,01	0,11
Poc	*Centropyge bicolor*	2	0,05	0,13	2	0,02	0,02	2	0,02	0,01	2,00	0,03	0,05
Poc	*Centropyge bispinosa*	2	0,05	0,06	3	0,03	0,01	2	0,02	0,01	2,33	0,03	0,03
Poc	*Centropyge flavissima*	1	0,03	0,11							0,33	0,01	0,04
Poc	*Centropyge tibicen*	3	0,08	0,04	2	0,02	0,01	2	0,02	0,00	2,33	0,04	0,02
Poc	*Pomacanthus semicirculatus*							1	0,01	2,60	0,33	0,00	0,87
Pom	*Abudefduf whitleyi*	10	0,25	0,63							3,33	0,08	0,21
Pom	*Amphiprion chrysopterus*	3	0,08	0,10							1,00	0,03	0,03
Pom	*Chromis fumea*	20	0,50	0,27	10	0,08	0,01	25	0,21	0,03	18,33	0,26	0,11
Pom	*Chromis viridis*	25	0,63	0,10	15	0,13	0,02				13,33	0,25	0,04
Pom	*Chrysiptera taupou*	10	0,25	0,04	10	0,08	0,01	10	0,08	0,01	10,00	0,14	0,02
Pom	*Dascyllus reticulatus*	15	0,38	0,06	20	0,17	0,03	10	0,08	0,01	15,00	0,21	0,03
Pom	*Neopomacentrus azysron*				30	0,25	0,04				10,00	0,08	0,01
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	3	0,08	0,04	3	0,03	0,01				2,00	0,03	0,02
Pom	*Stegastes aureus*	2	0,05	0,01	2	0,02	0,02				1,33	0,02	0,01
Sca	*Chlorurus sordidus*	3	0,08	1,29	4	0,03	0,49	6	0,05	1,33	4,33	0,05	1,03
Sca	*Scarus chameleon*							1	0,01	0,56	0,33	0,00	0,19
Sca	*Scarus flavipectoralis*	3	0,08	2,00							1,00	0,03	0,67
Sca	*Scarus ghobban*							2	0,02	2,67	0,67	0,01	0,89
Sca	*Scarus schlegeli*							1	0,01	0,97	0,33	0,00	0,32
Sca	*Scarus spinus*							1	0,01	0,68	0,33	0,00	0,23
Sig	*Siganus argenteus*	8	0,20	5,32				12	0,10	6,75	6,67	0,10	4,02
Total		**176**	**4,40**	**32,43**	**209**	**1,74**	**147,24**	**134**	**1,12**	**92,08**	**173,00**	**2,42**	**90,59**
Biodiversité			**39**			**38**			**31**			**71**	
Indice de Shannon =		5,167											
Equitabilité =		0,840											

Sur l'ensemble des transects de la station, 519 individus appartenant à 71 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 2.42 poissons/m² pour une biomasse de 90.59 g/m².
112 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 63).

Tableau 63 : Liste des espèces complémentaires (ST07)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus blochii*	Epi	*Epinephelus cyanopodus*	Nem	*Scolopsis bilineatus*
Aca	*Acanthurus dussumieri*	Epi	*Epinephelus fasciatus*	Pin	*Parapercis millepunctata*
Aca	*Acanthurus mata*	Epi	*Epinephelus maculatus*	Poc	*Centropyge bicolor*
Aca	*Acanthurus pyroferus*	Epi	*Epinephelus merra*	Poc	*Centropyge bispinosa*
Aca	*Acanthurus xanthopterus*	Epi	*Epinephelus ongus*	Poc	*Centropyge flavissima*
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	Epi	*Epinephelus polyphekadion*	Poc	*Centropyge tibicen*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Epi	*Plectropomus laevis*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*
Aca	*Naso brachycentron*	Epi	*Plectropomus leopardus*	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*
Aca	*Naso lopezi*	Epi	*Variola louti*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Aca	*Naso unicornis*	Hol	*Myripristis kuntee*	Pom	*Amblyglyphidodon curacao*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Bodianus loxozonus*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Bodianus perditio*	Pom	*Amphiprion chrysopterus*
Ant	*Pseudanthias pascalus*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Chromis fumea*
Ant	*Pseudanthias pictilis*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Chromis iomelas*
Ant	*Pseudanthias pleurotaenia*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Chromis leucura*

Apo	*Cheilodipterus macrodon*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Chromis viridis*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Halichoeres hortulanus*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Neopomacentrus azysron*
Can	*Canthigaster valentini*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Plectroglyphidodon johnstonianus*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Stethojulis bandanensis*	Pom	*Pomacentrus lepidogenys*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Thalassoma amblycephalum*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon citrinellus*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Pom	*Pomacentrus simsiang*
Cha	*Chaetodon ephippium*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Stegastes aureus*
Cha	*Chaetodon kleinii*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon lineolatus*	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	Sca	*Scarus chameleon*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Lab	*Thalassoma quinquevittatum*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Chaetodon mertensii*	Lut	*Aprion virescens*	Sca	*Scarus forsteni*
Cha	*Chaetodon pelewensis*	Lut	*Lutjanus bohar*	Sca	*Scarus ghobban*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Lut	*Lutjanus fulvus*	Sca	*Scarus oviceps*
Cha	*Chaetodon speculum*	Mic	*Ptereleotris evides*	Sca	*Scarus schlegeli*
Cha	*Chaetodon trifascialis*	Mul	*Parupeneus barberinoides*	Sca	*Scarus spinus*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Mul	*Parupeneus bifasciatus*	Sig	*Siganus argenteus*
Cha	*Chaetodon unimaculatus*	Mul	*Parupeneus ciliatus*	Sig	*Siganus canaliculatus*
Cha	*Chaetodon vagabundus*	Mul	*Parupeneus cyclostomus*	Sig	*Siganus corallinus*
Cha	*Heniochus singularius*	Mul	*Parupeneus indicus*	Syn	*Synodus variegatus*
Cha	*Heniochus varius*	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	Zan	*Zanclus cornutus*
Epi	*Cephalopholis urodeta*				

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 64 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 48.

Tableau 64 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST07)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		Campagne	Moy.	Campagne	Moy.
Acanthuridae	40	8	8,24	20,00	20,60
Chaetodontidae	30	14	7,88	46,67	26,27
Epinephelinae	26	5	5,28	19,23	20,31
Labridae	97	11	8,44	11,34	8,70
Lethrinidae	16	0	0,36	0,00	2,25
Lutjanidae	22	2	1,04	9,09	4,73
Mullidae	14	4	1,88	28,57	13,43
Pomacanthidae	14	5	5,00	35,71	35,71
Pomacentridae	92	9	6,96	9,78	7,57
Scaridae	23	6	4,52	26,09	19,65
Siganidae	10	1	0,88	10,00	8,80
Autres	257	6	2,36	2,33	0,92
Khi2 obs		**7,2**		**23,4**	
Khi2 tab				**19,17**	

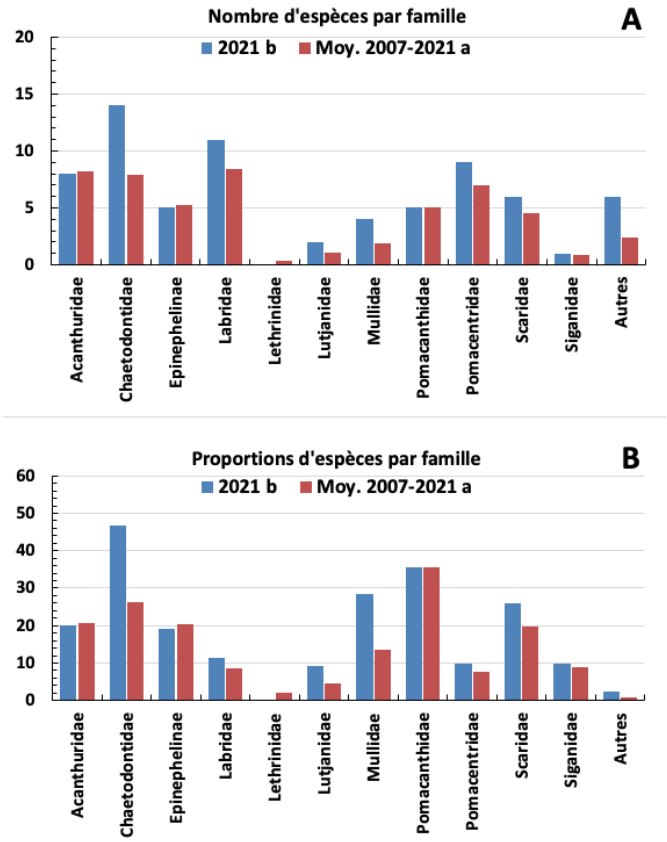


Figure 48 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST07)

L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

Le récapitulatif des résultats en termes de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 est présenté dans le tableau 65 et la figure 49.

Tableau 65 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST07)

Basse Chambeyron ST07		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2021 b	Transect A	176,00	4,40	32,43	39		
	Transect B	209,00	1,74	147,24	38		
	Transect C	134,00	1,12	92,08	31		
	Moy. ABC	**173,00**	**2,42**	**90,59**	**71**	**95**	**112**
2021 a	Moy. ABC	517,00	2,28	228,24	91	93	126
2020 b	Moy. ABC	301,33	3,56	299,19	86	90	123

2020 a	Moy. ABC	201,67	2,65	260,73	78	91	120
2019 b	Moy. ABC	661,67	6,07	1960,11	76	90	118
2019 a	Moy. ABC	370,00	4,79	1163,7	78	82	113
2018 b	Moy. ABC	201,00	3,08	152,94	57	79	110
2018 a*	Moy. ABC	182,21	2,32	257,14	51	68	104
2017 b	Moy. ABC	175,33	2,00	181,46	68	87	121
2017 a	Moy. ABC	202,33	2,91	274,64	66	83	117
2016 b	Moy. ABC	237,67	3,61	281,78	60	83	115
2016 a	Moy. ABC	235,00	3,51	260,25	58	89	120
2015 b	Moy. ABC	337,00	3,65	439,38	66	83	111
2015 a	Moy. ABC	317,00	3,37	358,85	70	83	117
2014 b	Moy. ABC	249,67	3,21	829,04	64	76	114
2014 a	Moy. ABC	156,67	1,82	110,62	43	71	112
2013 b	Moy. ABC	246,33	2,27	207,72	52	63	101
2013 a	Moy. ABC	290,00	2,26	175,08	46	69	114
2012 b	Moy. ABC	120,33	1,24	179,16	53	73	102
2012 a	Moy. ABC	171,30	1,70	113,90	44	77	100
2011 b	Moy. ABC	89,67	1,05	71,29	43	55	91
2011 a	Moy. ABC	155,67	1,62	854,66	55	58	97
2010 b	Moy. ABC	178,00	1,79	103,51	38	61	86
2010 a	Moy. ABC	79,67	2,66	84,96	45	73	113
2009	Moy. ABC	51,00	0,91	57,40	29	30	106
2008	Moy. ABC	85,33	2,73	146,76	44	49	82
2007	Moy. ABC	84,00	1,78	155,24	33	38	56

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i – X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 66 et représentation figure 50.

Tableau 66 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	11 810	1,07	173 067	258	281	229
Ecart type	108,68	1,03	416,01	16,08	16,75	15,12
Moyenne	214,84	2,60	344,35	57,96	73,70	107,48
Coef. de Var.	0,51	0,40	1,21	0,28	0,23	0,14

Commentaires :

- Le « nombre d'individus » et la « densité » sont à des valeurs moyennes.
- La biomasse a une valeur très basse.
- Les biodiversités (biodiversité 1, 2, 3) sont à un bon niveau.
- La structure spécifique par familles, exprimée en valeur absolue, ne diffère pas de la moyenne des structures obtenues sur la période du suivi, en revanche exprimée en valeur relative, elle est très significativement différente.

Les espèces apparues en novembre dernier sont toujours présentes et celles qui avaient disparu comme *Gnathanodon speciosus*, *Chaetodon auriga*, *Forcipiger flavissimus*, *Gymnocranius grandoculis*... n'ont pas réapparu, mais *Chaetodon auriga*, est de nouveau sur le site. L'analyse de la série historique montre que tous ces changements ne sont que des conjonctures.

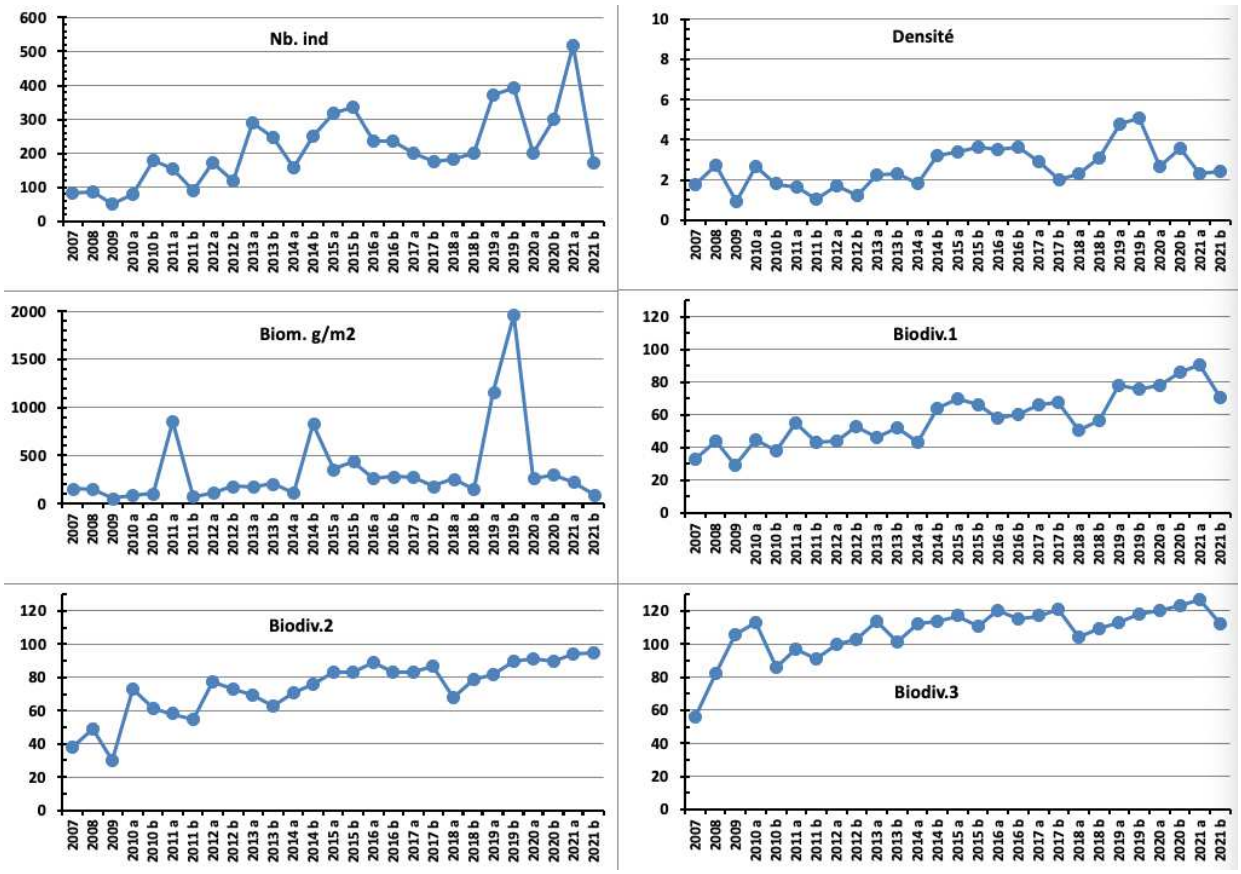


Figure 49 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07)

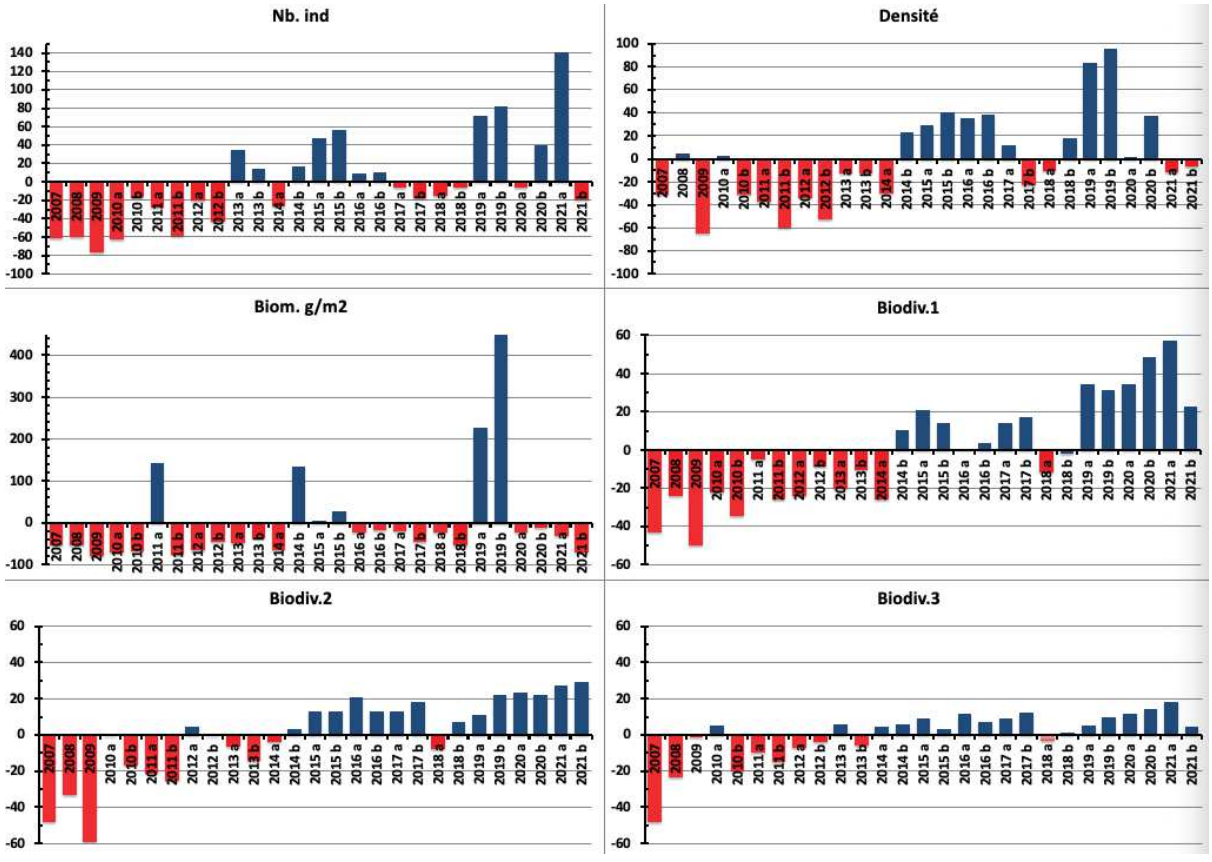


Figure 50 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07)

4.8 Station 08 = Pointe Puka

Localisation géographique	Bordure du récif frangeant de la pointe Puka, au droit d'un gros amas rocheux proéminent sur le rivage, avec une petite tache blanche (photographie 18).
Nombre transects	2 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés perpendiculairement à la pente du récif frangeant à 9 et 12 mètres de profondeur dans un alignement du sud-ouest vers le nord-est.
	Le transect A a été installé au pied de deux éperons et traverse un sillon. Le transect B est éloigné d'une cinquantaine de mètres vers le sud du 1er transect. Il est positionné sur la pente sédimentaire qui est composée de sable et de débris coralliens plus importants par rapport au transect supérieur (rupture de faciès). De grandes colonies de *Porites lobata* de taille pluri métrique permettent de repérer ce transect.

Description générale

La morphologie de cette station est composée de plusieurs éperons séparés par des vallées d'une dizaine de mètres de largeur jusqu'à 9 m de profondeur. Le recouvrement le plus important des madrépores se situe sur les flancs et le dessus des éperons mais la richesse spécifique est moindre. Sur le fond des vallées le sable et les débris dominent mais une multitude d'espèces coralliennes de petites tailles s'épanouissent.

Au-delà du système éperon-sillon, la pente sédimentaire recèle une richesse spécifique corallienne importante. Les colonies sont généralement de taille décimétrique et quelques grandes colonies pluri métrique de *Porites* s'éparpillent sur cette pente douce sédimentaire.
Ensuite sous le niveau bathymétrique de 11-15 mètres de profondeur, la pente sédimentaire est toujours peu inclinée. Elle est composée de sable coquillé et de grosses patates coralliennes dispersées (*Porites lobata* et *Acropora* tabulaire) ainsi que des petites colonies coralliennes adaptées à peu de luminosité et de nombreux blocs coralliens morts, de taille décimétrique.

Cette station subit des dégradations depuis 2011. Les perturbations sont d'ordre sédimentaire, mécanique et dans une moindre mesure bactérien. Du fait de réactions en chaîne, la maladie de la bande blanche, les corallivores et les cyanobactéries ont également décimé de nombreuses colonies d'*Acropora* mortes en place.

Caractéristiques principales

- Cette station est située en bordure du récif frangeant du canal de la Havannah entre les baies de Port Boisé et de Kwé. Ainsi l'influence terrigène est très importante (dépôts de particules fines) mais l'hydrodynamisme peut être également soutenu (houle et ressac)
- Présence de grandes colonies de *Porites lobata* dans la zone (anomalies de croissance en B)
- Présence de *Tubipora musica* en B
- Les spongiaires (*Cliona orientalis* et *C. jullieni*) sont relativement bien développées et colonisent les débris coralliens et les colonies coralliennes encore vivantes (compétition spatiale)

Dégradations importantes de mars 2011 à mai 2018 : accentuées par de nombreuses dépressions tropicales :
- baisse recouvrement et diversité corallienne : mortalité importante, coraux tabulaires retournés et nombreux débris coralliens
- maladies coralliennes affectant un grand nombre d'espèce
- développement des spongiaires *(Cliona)*
- développement des corallivores (*Drupella cornus*)
- développement de turf algal et de cyanobactéries

Les colonies coralliennes malades sont pour la plupart mortes en place en octobre 2014 (maladie de la bande blanche et perte de tissu)
→ Suite à ces épisodes, la richesse corallienne augmente avec la présence de colonies juvéniles. Les nouvelles espèces sont adaptées à la turbidité
→ Les dépôts sédimentaires peuvent être soutenus selon les missions. Ils entrainent des nécroses sur les colonies coralliennes (source particulaire : baie Kwé)

Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A et B

Variations entre mai et novembre 2021

Indicateur Corail :

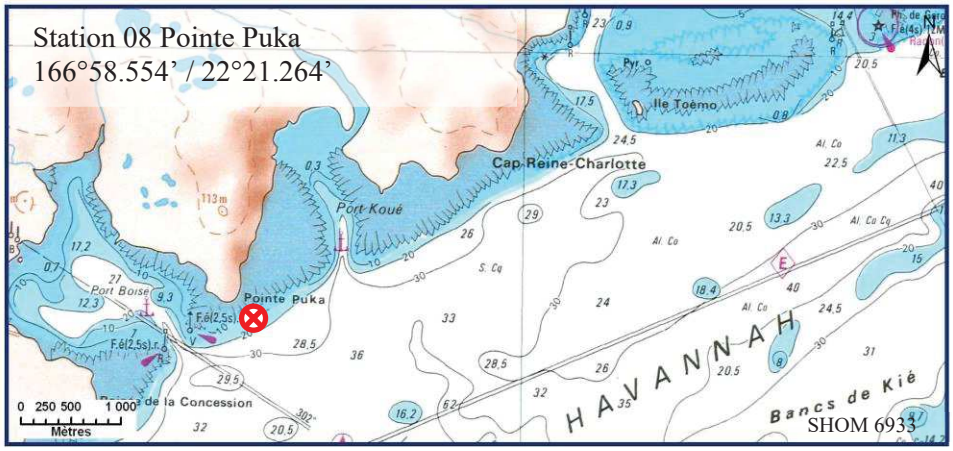
- Le recouvrement corallien est stable, de 33.5% au transect A (rétrogradée du 1er rang du réseau au 3ème) et 3% en B. Diminution en A
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.13% ; Avril 2016 : 1% ; Novembre 2016 : 0.23% ; Avril 2017 : 1.25% ; Septembre 2017 : 1.15% ; Mai 2018 : 0.9% ; Novembre 2018 : 0 % ; Avril 2019 : 0.10% ; Octobre 2019 : 0% ; Mai 2020 : 0.2% ; Octobre 2020 : 0.15% ; Mai 2021 : 0.80% ;* Novembre 2021 : 0.65%
- Lésions coralliennes récentes :
  - Maladies coralliennes : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) en A (1.3 m² de coraux blanchis sans polype). La maladie de la tâche noire (hypermycose endolithique) ne parait pas être une cause de mortalité. Cette lésion persiste sur quelques Fungiidae et colonies encroûtantes (A > B). En B, les anomalies de croissance de la colonie de *Porites* plurimétrique sont toujours importantes mais elles évoluent très peu
  - Perturbations mécaniques : Suite aux évènements dépressionnaires (début 2021) quelques colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat et d'autres sont retournées
  - Perturbations sédimentaires : absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes. Les nécroses sur les colonies coralliennes sont surtout induites par les dépôts sédimentaires précédents et successifs

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : augmentation en A et B (niveau 2/1 à 3/2). Elles se développent sur les colonies mortes en place et débris coralliens
- Le turf algal se développe abondamment sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place
- Algue brune *Lobophora* : absente et stable
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : augmentation en A et B (niveau 0 à 4)
- *Cliona orientalis* : RAS (< niveau 3 et stable)
- *Cliona jullieni :* RAS (< niveau 3 et stable)

Les corallivores :

- *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Drupella cornus* : absence, stable

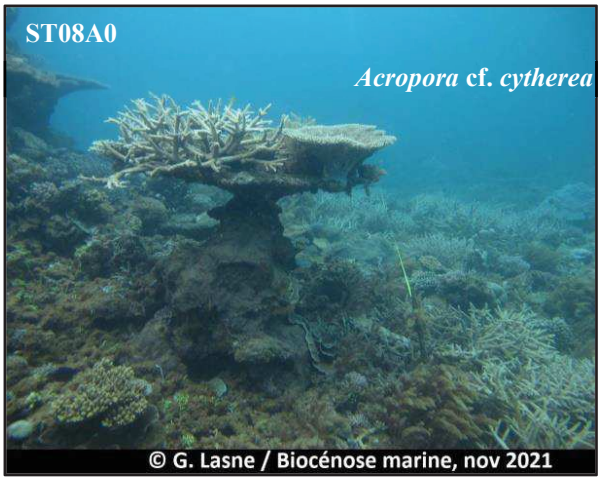


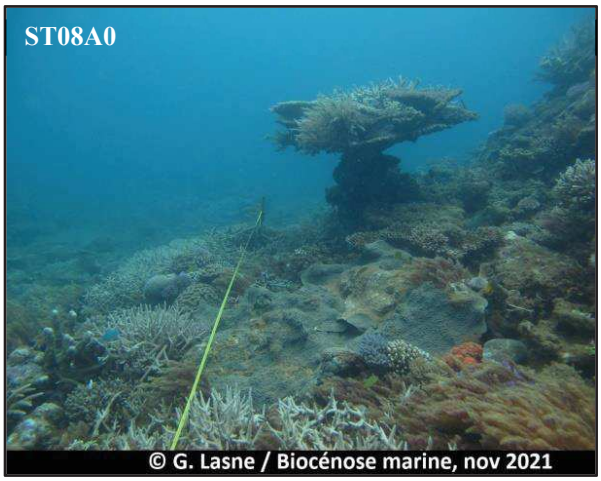


Carte 10 : Localisation de la station 08 (Pointe Puka)

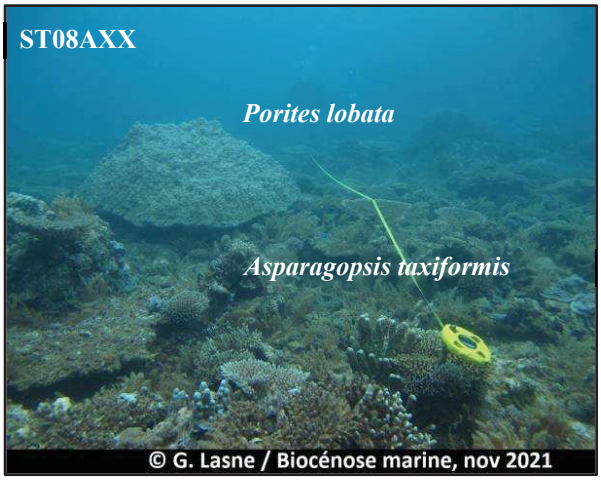


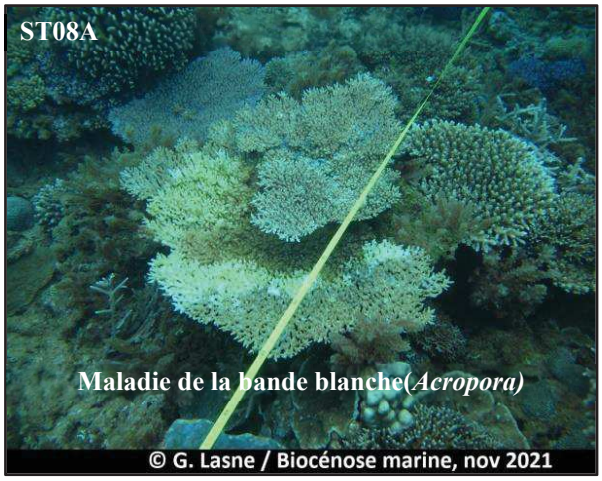
Photographie 18 : Position en surface par rapport à la côte (ST08)

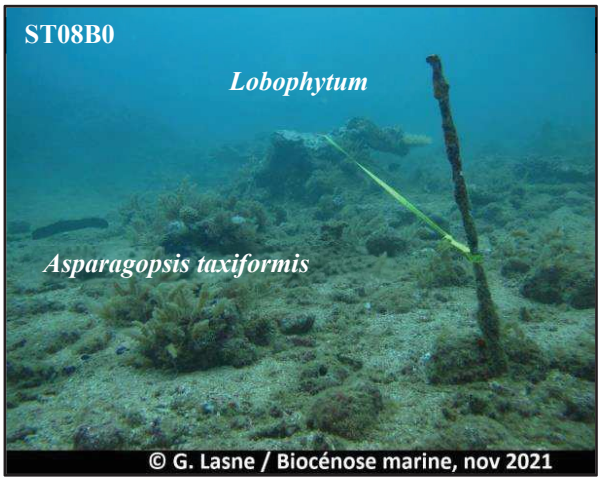


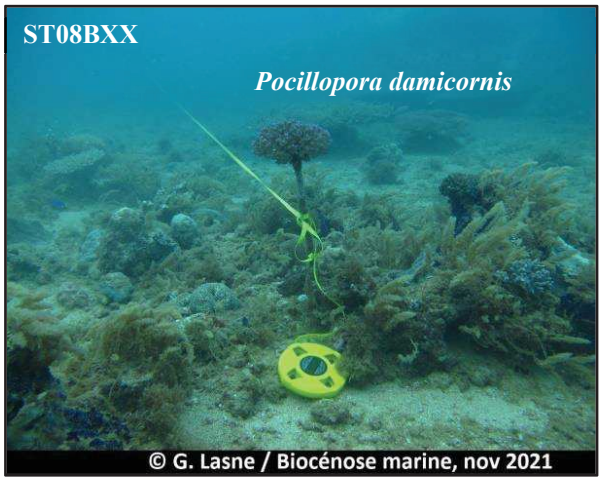


Colonisation des recrues en 2016 - 2017 sur la colonie d'*Acropora* tabulaire morte entre 2013









Fond de sable grossier coquillé à article d'*Halimeda* et débris coralliens

Photographie 19 : Vue d'ensemble des transects (ST08, présente mission)

4.8.1 Le substrat (ST08)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 51 pour le transect A et dans la figure 52 pour le transect B.

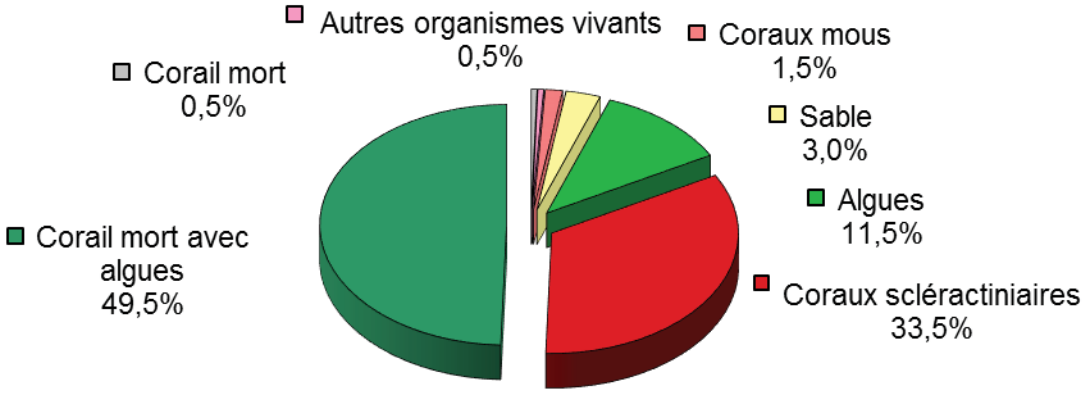


Figure 51 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08A

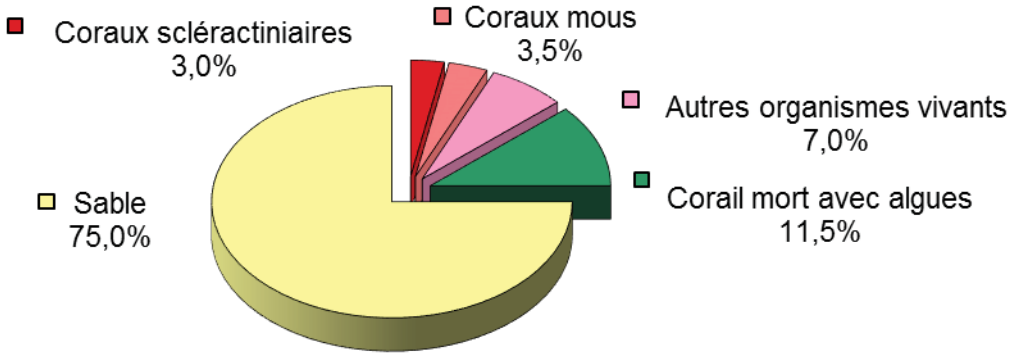


Figure 52 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08B

Le substrat du transect haut est composé d'une large part de coraux morts recouverts d'algues (49.5%) avec un bon taux de coraux scléractiniaires vivants qui a chuté (33.5% *vs* 42.5% *vs* 35.5% *vs* 30%, rétrogradé du 1er rang du réseau au 3ème). Il présente pour cette mission 96.5% de recouvrement biotique.
Au transect B, il y a maintien de la dominance du sable (75%) au détriment de la catégorie « corail mort avec d'algue » (11.5%) ce qui fait que le substrat est majoritairement abiotique. Ce transect ne possède que 3% de coraux scléractiniaires.
A noter : 0.5% d'*Acropora* blanc et 0.5% de cyanobactéries en A.

Hormis les fluctuations cycliques du sable (avec les coraux morts recouverts d'algues), globalement, la station est stable.

4.8.2 Le benthos (ST08)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe n°04.

En novembre 2021, la richesse spécifique de la station Puka (ST08) est composée de :

- **40 espèces d'invertébrés** dont 8 espèces de mollusques ; 8 espèces de cnidaires : alcyonaires (3 taxons), actiniaires (3 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 12 espèces d'échinodermes : astéries (4 taxons), holothurides (3 taxons), échinides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies ;
- **7 espèces de macrophytes** : algues vertes (3 taxons), algues brunes (2 taxons), algues rouges (2 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

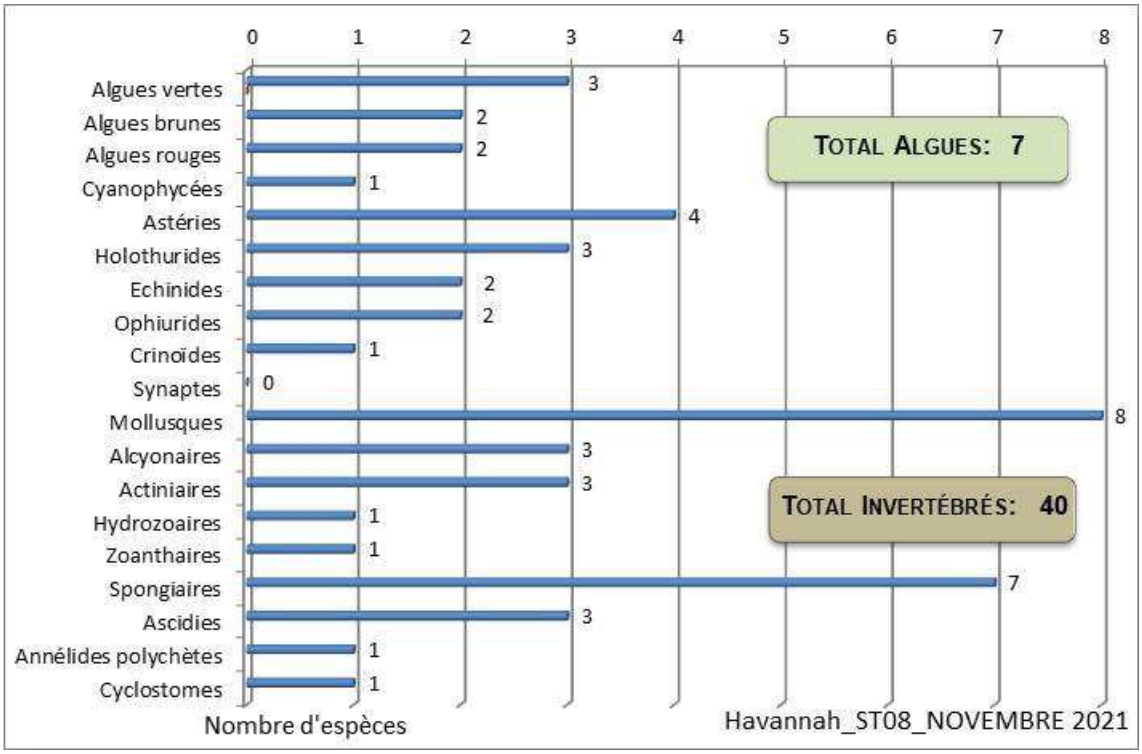


Figure 53 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST08)

4.8.2.1 Benthos Transect 08 A

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST08A est composée de :

- 29 espèces d'invertébrés dont 7 espèces de mollusques ; 4 espèces de cnidaires : alcyonaires (1 taxon), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 9 espèces d'échinodermes : astéries (4 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 4 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies
- 7 espèces de macrophytes : algues vertes (3 taxons), algues brunes (2 taxons), algues rouges (2 taxons)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 67 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST08A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
5 nouvelles espèces d'algues recensées, dont 2 espèces d'algues brunes : •*Dictyota* sp. (A2), •*Padina* sp. (A2) ; et l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A4) ; et 2 espèces d'algues vertes : •*Caulerpa serrulata* (A2), •*Neomeris vanbosseae* (A2) ; Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	Une espèce de cyanobactéries augmente d'abondance : •*Phormidium* sp. (A3/+ 1).
Cnidaires	
3 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-3 espèce) : •*Cladiella* sp. (A0/-2), •*Lobophytum* sp. (A0/-2), •*Sarcophyton* sp. (A0/-2).	☑
Échinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Nardoa gomophia* (A1) ; ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2) ; ➢ pour les holothurides (1 sp) : •*Holothuria fuscopunctata* (A1)	☑
Mollusques	
☑	☑
Éponges	
☑	☑
Ascidies	
☑	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.8.2.2 Benthos Transect 08 B

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST08B est composée de :

- 34 espèces d'invertébrés dont 4 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (3 taxons), actiniaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 11 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), holothurides (3 taxons), échinides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies
- 3 espèces de macrophytes : algues brunes (1 taxon), algues rouges (1 taxon), algues vertes (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 68 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST08B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
3 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue brune : •*Padina* sp. (A2) ; et l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A4) ; et l'algue verte : •*Neomeris vanbosseae* (A2) ; Une espèce d'algue disparue, l'algue rouge : •*Plocamium armatum* (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	Une espèce de cyanobactéries augmente d'abondance : •*Phormidium* sp. (A2/+ 1).
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Cladiella* sp. (A0/-2).	☑
Échinodermes	
6 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 espèces) : •*Gomophia egyptiaca* (A1), •*Linckia multifora* (A1) ; ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2) ; ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Echinostrephus aciculatus* (A1) ; ➢ pour les holothurides (2 espèces) : •*Holothuria fuscopunctata* (A2), •*Thelenota anax* (A1). Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Nardoa gomophia* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Fromia indica* (A2/+ 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : •*Chromodoris kuniei* (A2).	☑
Éponges	
☑	☑
Ascidies	
☑	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A2/- 2).
Bryozoaires	
☑	☑

4.8.3 Les poissons (ST08)

La liste des espèces observées[12] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 69.

Tableau 69 : Données sur les poissons (ST08)

Puka ST08		Transect A			Transect B			Station Moyenne		
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	*Acanthurus blochii*				1	0,01	0,38	0,50	0,00	0,19
Can	*Canthigaster valentini*	2	0,02	0,00				1,00	0,01	0,00
Cha	*Chaetodon baronessa*	2	0,02	0,01				1,00	0,01	0,00
Cha	*Chaetodon bennetti*	2	0,02	0,02				1,00	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon melannotus*	5	0,04	0,01				2,50	0,02	0,00
Cha	*Chaetodon plebeius*				2	0,01	0,01	1,00	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon vagabundus*				2	0,01	0,05	1,00	0,01	0,02
Cha	*Heniochus singularius*	2	0,02	0,15				1,00	0,01	0,08
Epi	*Cephalopholis boenak*				2	0,01	0,08	1,00	0,01	0,04
Epi	*Plectropomus laevis*	1	0,01	2,34				0,50	0,00	1,17
Epi	*Plectropomus leopardus*	3	0,03	19,29	4	0,02	28,44	3,50	0,02	23,87
Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	1	0,01	2,95				0,50	0,00	1,48
Hae	*Plectorhinchus lessonii*				1	0,01	1,35	0,50	0,00	0,68
Lab	*Bodianus loxozonus*				1	0,01	0,06	0,50	0,00	0,03
Lab	*Bodianus perditio*				1	0,01	0,08	0,50	0,00	0,04
Lab	*Gomphosus varius*	3	0,03	0,03				1,50	0,01	0,01
Lab	*Hemigymnus melapterus*				1	0,01	0,04	0,50	0,00	0,02
Lab	*Labroides dimidiatus*				5	0,03	0,02	2,50	0,01	0,01
Lab	*Thalassoma lunare*	4	0,03	0,08				2,00	0,02	0,04
Let	*Gymnocranius euanus*				1	0,01	0,65	0,50	0,00	0,32
Lut	*Lutjanus fulvus*				3	0,02	1,37	1,50	0,01	0,68
Mul	*Parupeneus barberinoides*	3	0,03	0,06				1,50	0,01	0,03
Mul	*Parupeneus spilurus*				4	0,02	0,10	2,00	0,01	0,05
Nem	*Scolopsis bilineatus*	2	0,02	0,15				1,00	0,01	0,08
Poc	*Centropyge bicolor*	3	0,03	0,01	2	0,01	0,01	2,50	0,02	0,01
Poc	*Centropyge tibicen*	2	0,02	0,01				1,00	0,01	0,00
Pom	*Amphiprion chrysopterus*				3	0,02	0,01	1,50	0,01	0,00
Pom	*Amphiprion clarkii*	5	0,04	0,01				2,50	0,02	0,00
Pom	*Chrysiptera rollandi*	4	0,03	0,00	2	0,01	0,00	3,00	0,02	0,00
Pom	*Chrysiptera taupou*	8	0,07	0,01	10	0,06	0,01	9,00	0,06	0,01
Pom	*Dascyllus aruanus*				10	0,06	0,01	5,00	0,03	0,00
Pom	*Dascyllus reticulatus*	15	0,13	0,02	15	0,08	0,01	15,00	0,10	0,02
Pom	*Dascyllus trimaculatus*				5	0,03	0,02	2,50	0,01	0,01
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	2	0,02	0,00				1,00	0,01	0,00
Sca	*Chlorurus sordidus*	4	0,03	0,44				2,00	0,02	0,22
Sca	*Scarus chameleon*				1	0,01	0,15	0,50	0,00	0,07
Sca	*Scarus flavipectoralis*	6	0,05	1,56				3,00	0,03	0,78

[12] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe n°01

Sca	*Scarus niger*				1	0,01	0,89	0,50	0,00	0,44
Sca	*Scarus spinus*				1	0,01	0,65	0,50	0,00	0,32
Sig	*Siganus doliatus*				2	0,01	0,22	1,00	0,01	0,11
Zan	*Zanclus cornutus*				1	0,01	0,11	0,50	0,00	0,06
Total		**79**	**0,66**	**27,15**	**81,00**	**0,45**	**34,69**	**80,00**	**0,55**	**30,92**
Biodiversité		**21**			**25**			**41**		
Indice de Shannon =		4,639								
Equitabilité =		0,866								

Sur l'ensemble des transects de la station, 160 individus appartenant à 41 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.55 poisson/m² pour une biomasse de 30.92 g/m².
101 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 70).

Tableau 70 : Liste des espèces complémentaires (ST08)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus blochii*	Hol	*Sargocentron ensifer*	Poc	*Centropyge bicolor*
Aca	*Acanthurus reversus*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Poc	*Centropyge bispinosa*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Bodianus axillaris*	Poc	*Centropyge tibicen*
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	Lab	*Bodianus diana*	Poc	*Pomacanthus imperator*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Bodianus loxozonus*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Bodianus perditio*	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*
Can	*Canthigaster valentini*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Amphiprion chrysopterus*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Choerodon fasciatus*	Pom	*Amphiprion clarkii*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Cha	*Chaetodon kleinii*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Cha	*Chaetodon melannotus*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Cha	*Chaetodon mertensii*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*
Cha	*Chaetodon speculum*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Pomacentrus adelus*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Lab	*Labropsis australis*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon vagabundus*	Lab	*Novaculichthys taeniourus*	Pom	*Pomacentrus philippinus*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Lab	*Oxycheilinus nigromarginatus*	Pri	*Priacanthus hamrur*
Cha	*Heniochus monoceros*	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	Pri	*Priacanthus hamrur*
Cha	*Heniochus singularius*	Lab	*Stethojulis bandanensis*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Heniochus varius*	Lab	*Thalassoma lunare*	Sca	*Scarus chameleon*
Cir	*Cirrhitichthys falco*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cir	*Paracirrhites forsteri*	Let	*Gymnocranius euanus*	Sca	*Scarus ghobban*
Epi	*Cephalopholis boenak*	Lut	*Lutjanus fulvus*	Sca	*Scarus niger*
Epi	*Epinephelus maculatus*	Lut	*Lutjanus russellii*	Sca	*Scarus rubroviolaceus*
Epi	*Epinephelus merra*	Lut	*Lutjanus vitta*	Sca	*Scarus schlegeli*
Epi	*Plectropomus laevis*	Mic	*Gunnellichthys curiosus*	Sca	*Scarus spinus*
Epi	*Plectropomus leopardus*	Mul	*Parupeneus barberinoides*	Sig	*Siganus corallinus*
Gra	*Diploprion bifasciatum*	Mul	*Parupeneus barberinus*	Sig	*Siganus doliatus*
Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	Mul	*Parupeneus indicus*	Sig	*Siganus puellus*

Hae	*Plectorhinchus lessonii*	Mul	*Parupeneus spilurus*	Syn	*Synodus variegatus*
Hol	*Myripristis kuntee*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Zan	*Zanclus cornutus*
Hol	*Neoniphon sammara*	Ple	*Assessor macneilli*		

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 71 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 54.

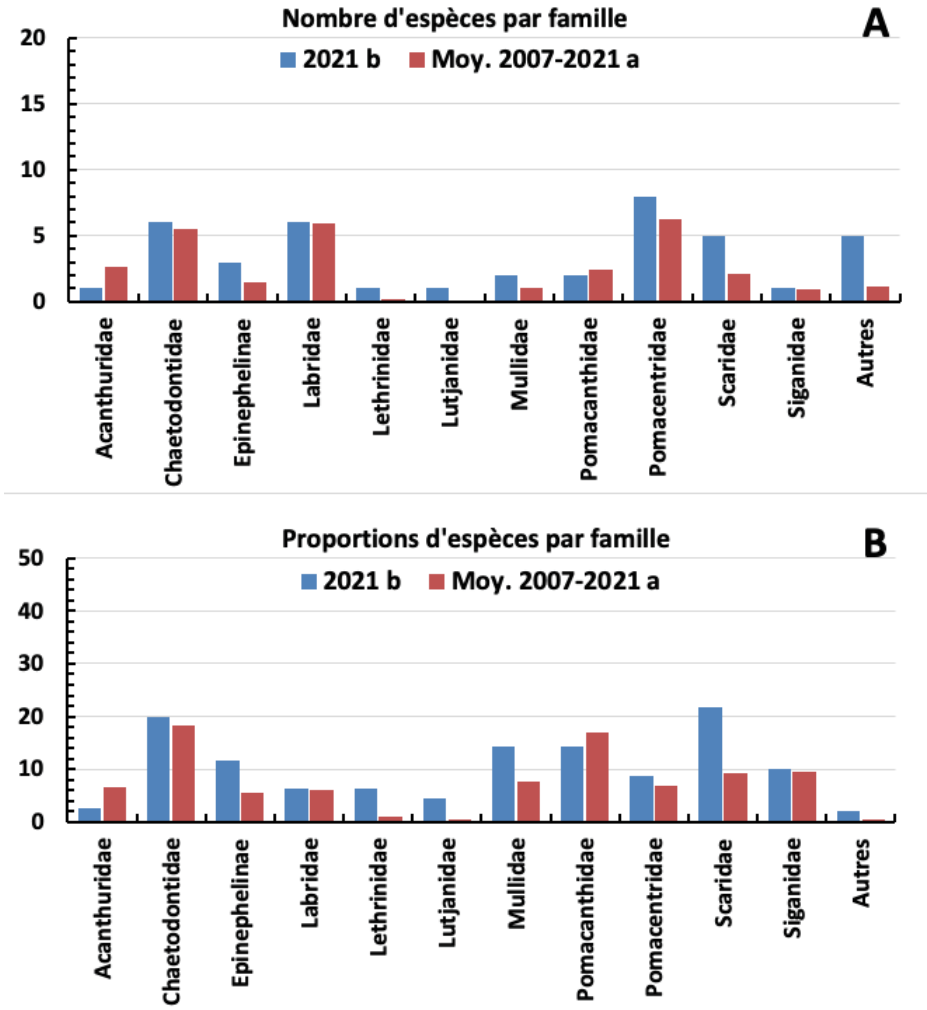


Figure 54 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST08)

L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

Tableau 71 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST08)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		Campagne	Moy.	Campagne	Moy.
Acanthuridae	40	1	2,62	2,50	6,54
Chaetodontidae	30	6	5,46	20,00	18,21
Epinephelinae	26	3	1,42	11,54	5,47
Labridae	97	6	5,92	6,19	6,11
Lethrinidae	16	1	0,15	6,25	0,96
Lutjanidae	22	1	0,08	4,55	0,35

Mullidae	14	2	1,08	14,29	7,69
Pomacanthidae	14	2	2,38	14,29	17,03
Pomacentridae	92	8	6,31	8,70	6,86
Scaridae	23	5	2,12	21,74	9,20
Siganidae	10	1	0,96	10,00	9,62
Autres	257	5	1,15	1,95	0,45
Khi2 obs		**23,3**		**76,1**	
Khi2 tab					**19,17**

Le récapitulatif des résultats en termes de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 est présenté dans le tableau 72 et la figure 55.

Tableau 72 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST08)

Puka ST08		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2021 b	Transect A	79,00	0,66	27,15	21		
	Transect B	81,00	0,45	34,69	25		
	Moy. AB	**80,00**	**0,55**	**30,92**	**41**	**70**	**101**
2021 a	Moy. AB	104,50	1,34	54,80	59	77	104
2020 b	Moy. AB	81,50	0,96	51,10	45	70	104
2020 a	Moy. AB	54	0,45	38,91	34	70	103
2019 b	Moy. AB	119,00	1,14	42,73	35	74	106
2019 a	Moy. AB	81,50	0,47	12,16	32	69	101
2018 b	Moy. AB	61,00	1,79	11,04	30	80	105
2018 a	Moy. AB	93,00	2,16	56,60	39	70	102
2017 b	Moy. AB	40,00	0,78	9,98	31	74	104
2017 a	Moy. AB	61,00	1,15	56,92	31	64	88
2016 b	Moy. AB	89,00	1,68	10,14	30	69	92
2016 a	Moy. AB	82,00	0,94	12,41	33	71	98
2015 b	Moy. AB	99,00	0,99	20,37	31	60	79
2015 a	Moy. AB	109,00	1,17	27,59	38	70	101
2014 b	Moy. AB	71,50	1,40	135,16	29	72	103
2014 a	Moy. AB	58,00	0,47	9,29	26	58	95
2013 b	Moy. AB	47,50	0,64	12,87	28	42	61
2013 a	Moy. AB	78,50	0,68	27,28	26	48	76
2012 b	Moy. AB	50,50	0,63	7,00	23	49	77
2012 a	Moy. AB	77,00	0,70	4,93	26	64	98
2011 b	Moy. AB	85,00	1,30	39,80	33	62	101

2011 a	Moy. AB	87,50	0,68	28,37	26	48	76
2010 b	Moy. AB	31	0,46	11,73	15	32	41
2010 a	Moy. AB	91,50	3,05	57,64	29	51	80
2009	Moy. AB	55,00	3,50	53,22	28	48	66
2008	Moy. AB	45,00	1,84	87,54	30	41	68
2007	Moy. AB	64,50	2,32	67,39	28	31	44

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i=(X_i–X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 73 et représentation figure 56.

Tableau 73 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	510	0,63	917	64	197	365
Ecart type	22,59	0,80	30,29	8,01	14,02	19,10
Moyenne	73,73	1,26	36,42	31,35	60,19	87,42
Coef. de Var.	0,31	0,63	0,83	0,26	0,23	0,22

Commentaires :

- La densité et la biomasse présentent des valeurs moyennes.
- La biodiversité est forte bien qu'elle soit revenue à niveau classique sur les transects (biodiversité 1).
- Le peuplement sur les transects est composé de nombreux juvéniles.
- *Acanthurus reversus* vu en 2018 dans l'énorme massif de *Porites lobata* a été revu au même endroit. Cette espèce décrite par Randall est réputée polynésienne (Iles Marquises). Elle ressemble à *A. olivaceus* avec une tache orangée en arrière de l'œil plus fine que chez cette dernière.

La structure spécifique du peuplement (cf. § 3.4.3) de cette mission diffère très significativement de la structure moyenne historique.

La présence des nombreux et imposants massifs de *Porites* sur la zone, induit la divagation des espèces ce qui explique les changements qualitatifs importants de la Bα.
Et si l'on se penche sur le détail des listes d'espèces observées, on voit par exemple :

a. chez les Scaridés (poissons perroquets) *Scarus rivulatus* est toujours absent et *S. niger* et *S. rubroviolaceus* réapparu en 2020 sont toujours là
b. chez les Siganidae (Picots ou poissons lapins) *Siganus fuscescens* est de nouveau absent alors que *S. corallinus* est revenu
c. chez les Pomacentridae (poissons demoiselles) *Amphiprion perideraion* après une apparition en 2020 a et une disparition en 2020 b n'est toujours pas réapparu, comme les *Chromis* (*leucura* et *viridis*) et *C. margaritifer* n'est plus là non plus. *Plectroglyphidodon lacrymatus* et *Neopomacentrus azysron*, installés en 2019 b sont toujours là
d. chez les Acanthuridae (poissons chirurgiens), 3 espèces, *Acanthurus nigricans*, *Acanthurus pyroferus* et *Naso litteratus* présentes en novembre 2019 sont toujours absentes
e. chez les Chaetodons (poissons papillons) *C. melannotus* et *C. baronnessa* sont toujours là
f. chez les Labres il y avait 19 espèces en 2019 b , 17 en 2020 a, 20 en 2020 b et 21 en 2021 a et 22 cette fois-ci. Ces valeurs sont similaires et si elles peuvent traduire des aléas pour des genres comme *Anampses*, c'est en revanche beaucoup moins probable pour des genres comme *Bodianus* ou *Halichoeres*.

Ces remarques montrent à quel point les renouvellements d'espèces sur une station sont importants et que seul, un petit nombre d'espèces sont véritablement stables à l'échelle spatiale de la station (... mais bien évidemment, tous ces mouvements d'espèces passent inaperçu dès lors que la liste des espèces à prendre en considération ne les inclue pas).

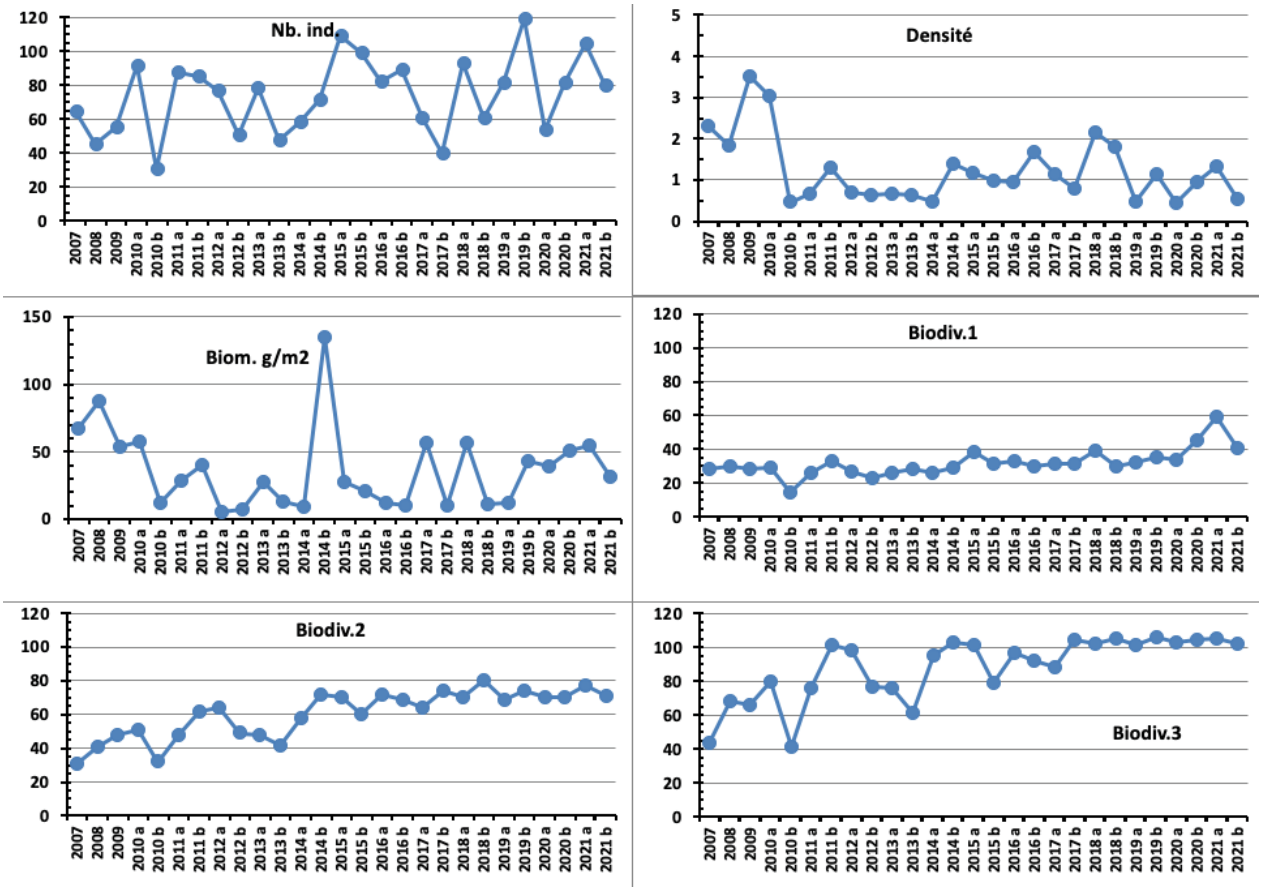


Figure 55 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08)

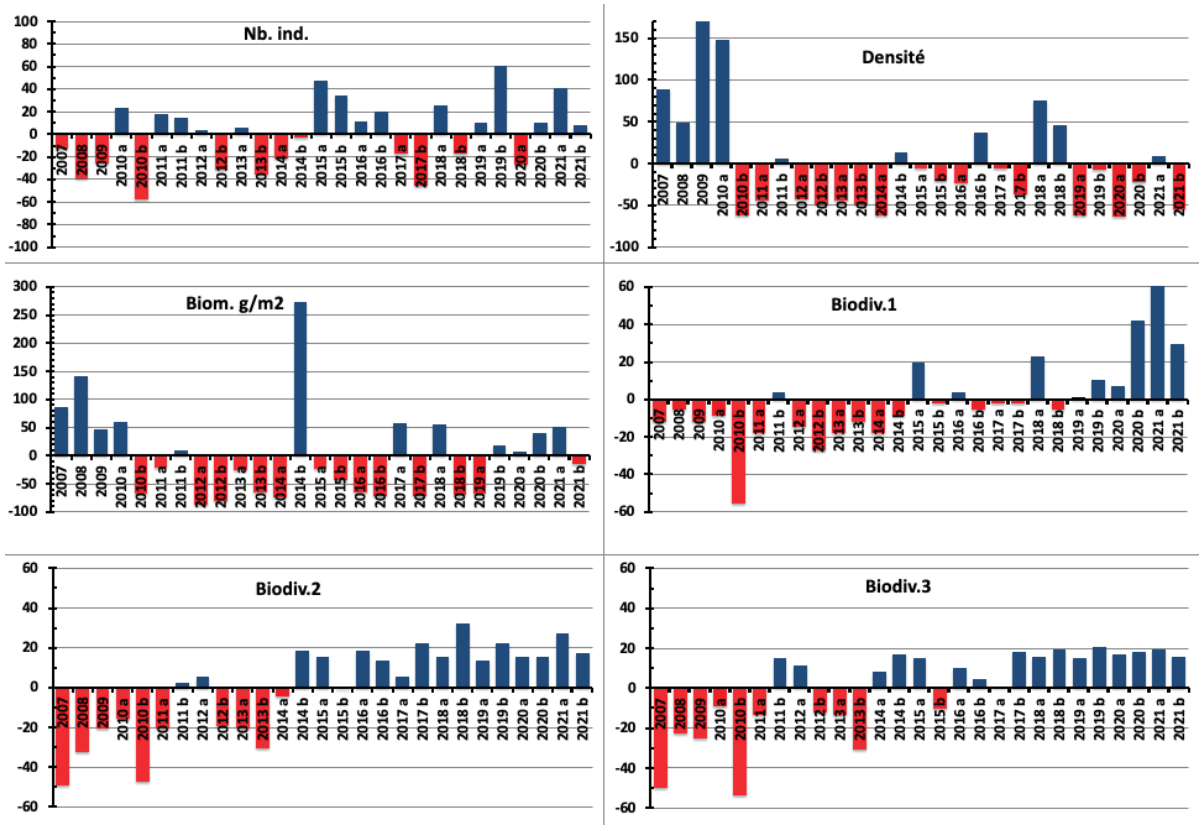


Figure 56 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08)

4.9 Station 09 = Bancs Kié

Localisation géographique	Les bancs Kié sont isolés dans la partie centrale du canal de la Havannah. La station est située au sud du banc le plus ouest, qui est totalement immergé (cf. photographie 20).
Nombre transects	3 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés à partir de la rupture de pente du récif à 7, 17 et 20 mètres de profondeur, avec une direction quasi sud-nord.
	Le transect A est installé au pied d'un petit éperon et se termine au milieu d'un sillon. Au niveau du transect B les courants de marée sont encore conséquents mais le ressac n'a plus d'influence à cette profondeur. Le transect C est situé en bas de pente.

Description générale

La partie haute du banc est à 5 mètres de profondeur. On y retrouve de grandes superficies arasées, des colonies coralliennes robustes puis des algues résistantes au ressac et au courant comme l'espèce *Dictyosphaeria verluysii* qui est omniprésente et fixée à même la dalle puis, dans une moindre mesure, les autres genres *Asparagopsis, Amphiroa* et *Chlorodesmis* (caractérisant un milieu où l'hydrodynamisme est intense).
La pente est relativement abrupte (45°) et recouverte par de nombreux débris coralliens branchus. Seules les plus grosses colonies massives, branchues robustes et foliacées semblent avoir résistées au cyclone « Erica » et à la série de tempêtes et cyclones du début d'année 2011. La majorité des colonies coralliennes est de taille décimétrique.
Cette zone semble être soumise de manière quasi permanente aux très forts courants de marées auxquels se rajoutent de très violents ressacs dus aux houles fréquentes.

Caractéristiques principales

- Les conditions hydrodynamiques sont soutenues durant toute l'année (courant, ressac, houle)
- Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée, houle et ressac) :

- Développement des gorgones depuis avril 2016
- Développement des alcyonaires, macrophytes et ascidies (recouvrement et richesse spécifique élevée)
- Saisonnalité des algues rouges *(Trichogloea requienii* et d'*Asparagopsis taxiformis)*

- La pente récifale est abrupte et la dalle est arasée par les courants de marée et la houle
- Taille majoritairement petite des colonies. Cependant présence d'une colonie de taille métrique de *Turbinaria stellulata* en B
- Des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques, à la maladie de la bande blanche et à la prédation de corallivores
- Le développement des coraux est restreint par la contrainte hydrodynamique.
  De nombreuses colonies coralliennes ont été retournées par les agents hydrodynamiques sur l'ensemble de la station lors de la dépression Fréda (début d'année 2013) et le passage plus ou moins éloigné du cyclone Pam. Ces colonies désolidarisées de leur substrat, dévalent progressivement la pente récifale
- Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A
- Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) (diversité et abondance)
- Les crinoïdes affectionnent ce milieu balayé par les courants de marée

Variations entre mai et novembre 2021

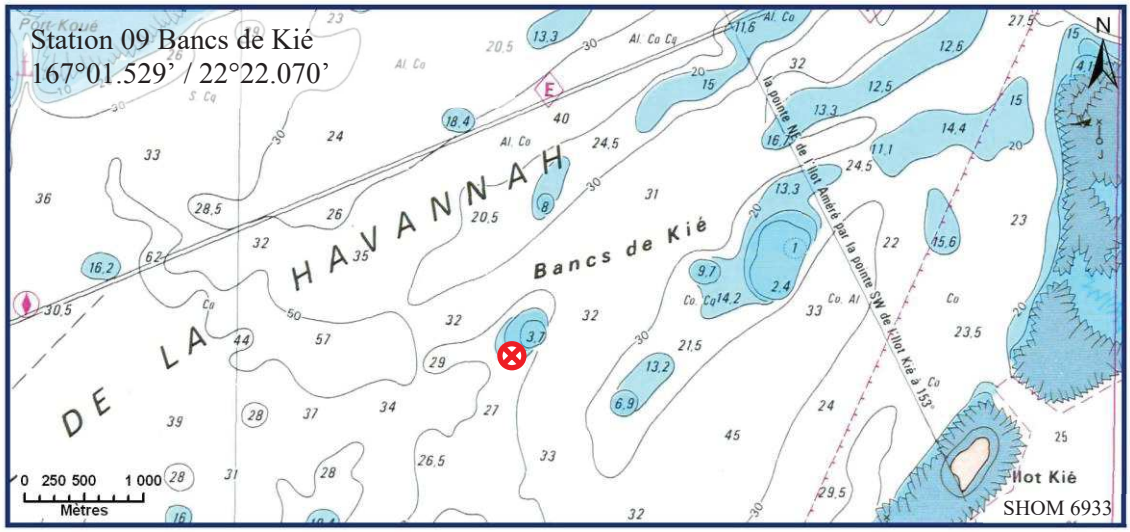
Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 24% au transect A, 16% en B et 17% en C. Légère augmentation en A et diminution en C
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.1% ; Avril 2016 : 0.27% ; Novembre 2016 : 0.27% ; Avril 2017 : 1.1% ; Septembre 2017 : 0.2% ; Mai 2018 : 0.63% ; Novembre 2018 : 0.63% ; Avril 2019 : 0.10% ; Octobre 2019 : 0.73% ; Mai 2020 : 0.5% ; Octobre 2020 : 0.10% ; Mai 2021 : 1.07% ;* Novembre 2021 : 0.17%
- Lésions coralliennes récentes :
  - Maladies coralliennes : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) en B (0.5 m² de coraux blanchis sans polype)

- Perturbations mécaniques : les débris coralliens, brisés lors des cyclones du début d'année 2021, se tassent et se stabilisent. Certains reforment des petites colonies coralliennes

Autres indicateurs :
- Cyanobactéries : disparition
- Le turf algal se développe sur les débris coralliens et la dalle
- Algue brune *Lobophora* : absente et stable
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : augmentation aux 3 transects (respectivement niveaux 2, 3 et 3)
- *Cliona orientalis* : stable en A et B (niveau 2) et augmentation en C (niveau 2/3)
- *Cliona jullieni :* stable (niveau 2)

Les corallivores :
- *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Drupella cornus* : absence, stable



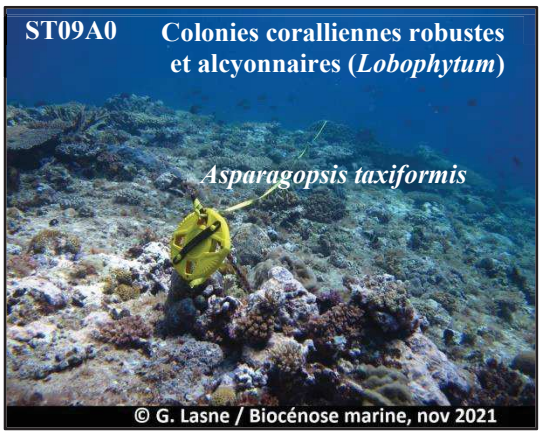


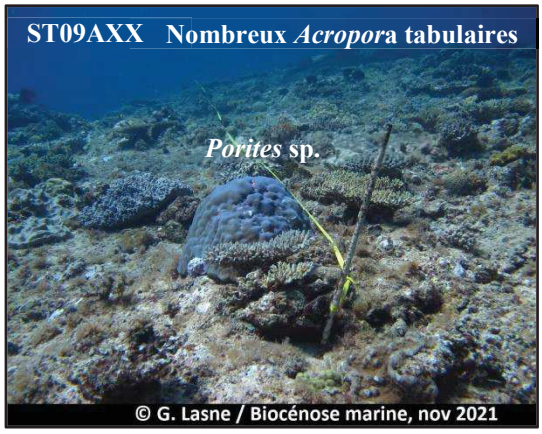
Carte 11 : Localisation de la station 09 (Bancs Kié)





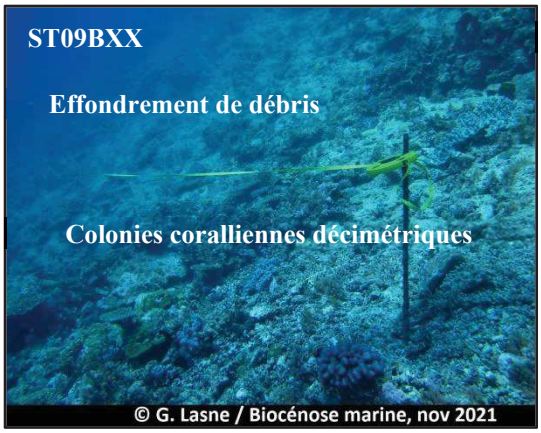
Photographie 20 : Position en surface (ST09)



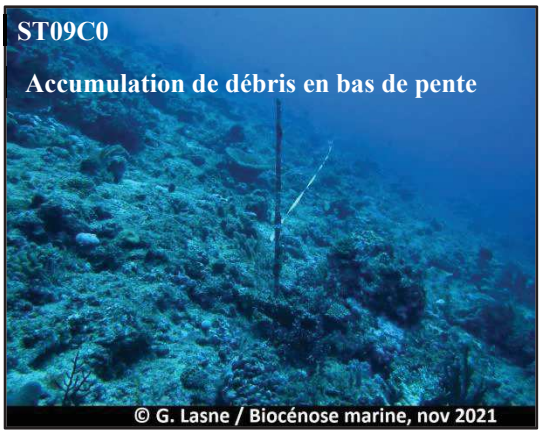


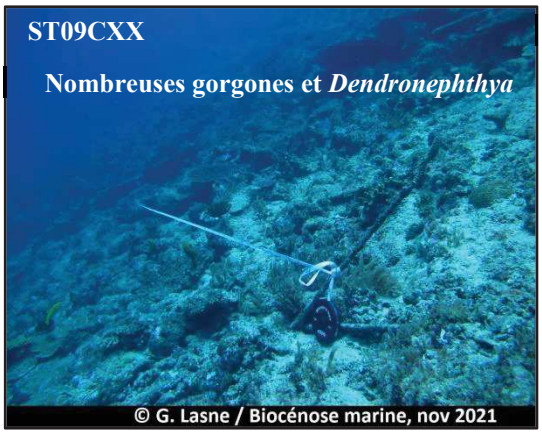
Les macrophytes sont diversifiées et abondantes sur toute la station





Les biocénoses benthiques sont robustes et adaptées aux conditions hydrodynamiques intenses toute l'année





La pente récifale a subi des effondrements de débris et de colonies plus en amont

Photographie 21 : Vue d'ensemble des transects (ST09, présente mission)

4.9.1 Le substrat (ST09)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 57 pour le transect A, dans la figure 58 pour le transect B et dans la figure 59 pour le transect C.

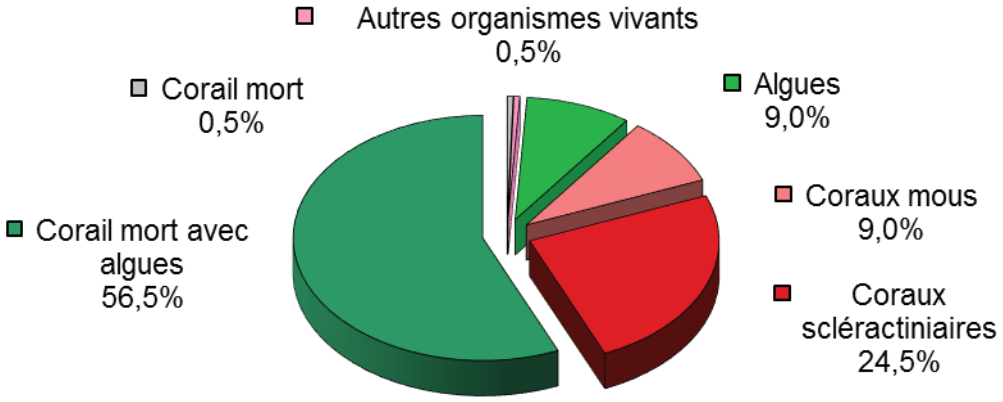


Figure 57 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09A

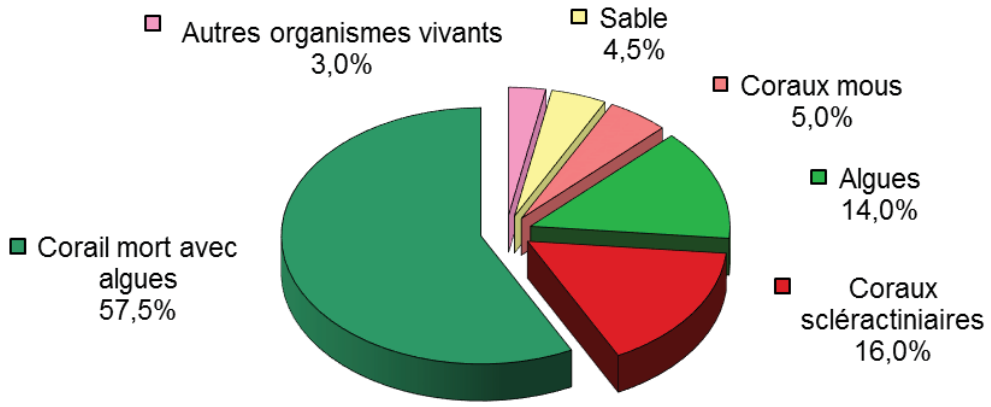


Figure 58 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09B

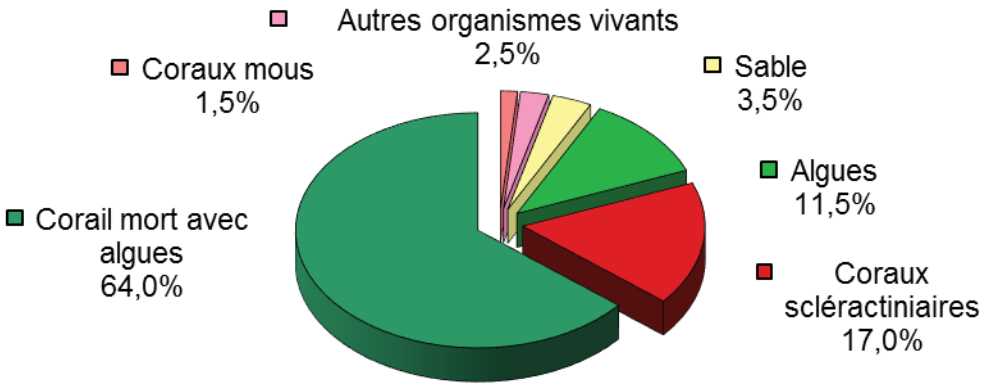


Figure 59 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09C

A cette station, le substrat est majoritairement composé de coraux morts encroûtés par une multitude d'organismes vivants (dont des algues calcaires) (respectivement 56.5%, 57.5%, 64%) : de ce fait, cette station est remarquable par sa couverture biotique, respectivement : 99.5%, 95.5% et 96.5%, le complément étant surtout du fait des algues. Les coraux scléractiniaires sont moyennement représentés avec respectivement 24.5%, 16% et 17%.
A noter : 0.5% de non *Acropora* blanc en A.

Globalement, la station est stable.

4.9.2 Le benthos (ST09)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe n°04.

En novembre 2021, la richesse spécifique de la station Bancs Kié (ST09) est composée de :

- **61 espèces d'invertébrés** dont 14 espèces de mollusques ; 15 espèces de cnidaires : alcyonaires (10 taxons), actiniaires (3 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 11 espèces d'échinodermes : échinides (5 taxons), astéries (4 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 11 espèces d'ascidies
- **9 espèces de macrophytes** : algues vertes (6 taxons), algues rouges (3 taxons)
- **aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.**

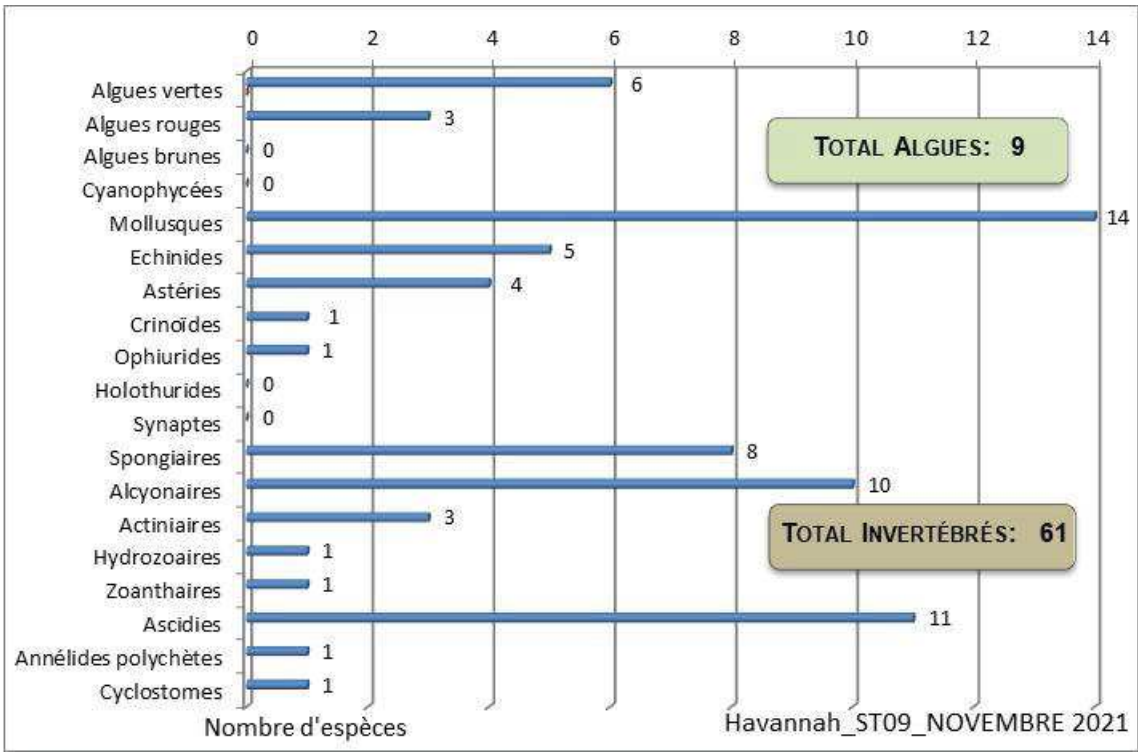


Figure 60 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST09)

4.9.2.1 Benthos Transect 09 A

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST09A est composée de :

- 35 espèces d'invertébrés dont 9 espèces de mollusques ; 5 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), zoanthaires (1 taxon) ; 8 espèces d'échinodermes : astéries (4 taxons), échinides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- 6 espèces de macrophytes : algues rouges (3 taxons), algues vertes (3 taxons)
- aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries

Tableau 74 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST09A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
3 nouvelles espèces d'algues recensées, dont 2 espèces d'algues rouges : •*Asparagopsis taxiformis* (A2), •*Trichogloea requienii* (A2) ; et l'algue verte : •*Codium* sp. (A2) ; Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une espèce de cyanobactéries disparue :• *Phormidium* sp. (A0/-1).	☑
Cnidaires	
☑	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 sp) : •*Sinularia* sp. (A3/+ 1).
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Nardoa gomophia* (A1).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Conus capitaneus* (A1).	2 espèces de mollusques augmentent d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Tridacna maxima* (A2/+ 1) ; ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Coralliophila violacea* (A3/+ 1).
Éponges	
3 nouvelles espèces d'éponges recensées : •Spongiaires ind. (noire) (A3), •*Leucetta chagosensis* (A2), •*Spheciospongia vagabunda* (A2).	☑
Ascidies	
3 nouvelles espèces d'ascidies recensées : •*Didemnum molle* (A2), • Encroûtante sp. (violet, blanc) (A2), •*Polycarpa aurita* (A2).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : •*Polycarpa cryptocarpa* (A5/+ 2). Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A3/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.9.2.2 Benthos Transect 09 B

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST09B est composée de :

- 51 espèces d'invertébrés dont 11 espèces de mollusques ; 11 espèces de cnidaires : alcyonaires (7 taxons), actiniaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 10 espèces d'échinodermes : astéries (4 taxons), échinides (4 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 9 espèces d'ascidies
- 6 espèces de macrophytes : algues rouges (3 taxons), algues vertes (3 taxons)
- aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau 75 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST09B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
3 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue rouge : •*Trichogloea requienii* (A2) ; et 2 espèces d'algues vertes : •*Codium* sp. (2spp.) (A3) ; 2 espèces d'algues disparues, dont 2 espèces d'algues rouges : •*Plocamium armatum* (A0/-2), •*Peyssonnelia* sp. (A0/-2).	Une espèce d'algue recensée : l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A3/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une espèce de cyanobactéries disparue : •*Phormidium* sp. (A0/-2).	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Cladiella* sp. (A2). Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Lobophytum* sp. (A0/-2).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Dendronephthya* sp. (A2/- 2).
Échinodermes	
☑	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Diadema savignyi* (A2/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2/- 1).
Mollusques	
4 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Isognomon isognomon* (A2) ; ➢ pour les gastéropodes (3 espèces) : •*Lambis lambis* (A2), •*Strombus latissimus* (A1), •*Astraea rhodostoma* (A1).	☑
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Spheciospongia vagabunda* (A2).	2 espèces d'éponges augmentent d'abondance : •*Cymbastela cantharella* (A2/+ 1), •Spongiaires ind. (noire) (A3/+ 1).
Ascidies	
3 nouvelles espèces d'ascidies recensées : • Encroûtante sp. (verte) (A2), • Encroûtante sp. (violet, blanc) (A2), •*Polycarpa aurita* (A3). Une espèce d'ascidies disparue : •*Polycarpa nigricans* (A0/-3).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa clavata* (A1/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.9.2.3 Benthos Transect 09 C

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST09C est composée de :

- 42 espèces d'invertébrés dont 5 espèces de mollusques ; 12 espèces de cnidaires : alcyonaires (9 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 8 espèces d'échinodermes : échinides (4 taxons), astéries (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 8 espèces d'ascidies
- 6 espèces de macrophytes : algues rouges (3 taxons), algues vertes (3 taxons)
- aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau 76 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST09C)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
2 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue rouge : •*Trichogloea requienii* (A2) ; et l'algue verte : •*Codium* sp. (2spp./+1spp.) (A3) ; Aucune espèce d'algues n'a disparue.	3 espèces d'algues augmentent, dont l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A3/+ 1) ; et 2 espèces d'algues vertes : •*Codium* sp. (2spp., A3/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Cladiella* sp. (A3). Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Lobophytum* sp. (A0/-2).	4 espèces de cnidaires augmentent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (3 espèces) : •*Sarcophyton* sp. (A4/+ 2), •*Sinularia* sp. (A4/+ 1), •*Xenia* sp. (A3/+ 1) ; ➢ pour les zoanthaires (1 espèce) : •*Palythoa tuberculosa* (A3/+ 1). Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Dendronephthya* sp. (A3/- 1).
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 espèces) : •*Fromia indica* (A2), •*Linckia multifora* (A3).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Astraea rhodostoma* (A1).	☑
Éponges	
☑	2 espèces d'éponges augmentent d'abondance : •*Cliona orientalis* (A3/+ 1), •Spongiaires ind. (noire) (A3/+ 1).
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : •*Didemnum* sp. (violet) (A2), •*Polycarpa aurita* (A3). 2 espèces d'ascidies disparues : •*Didemnum* sp. (jaune) (A0/-2), •*Polycarpa nigricans* (A0/-3).	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.9.3 Les poissons (ST09)

La liste des espèces observées[13] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 77.

Tableau 77 : Données sur les poissons (ST09)

Bancs Kié ST09		Transect A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Acanthurus blochii*							2	0,02	10,92	0,67	0,01	3,64
Aca	*Acanthurus dussumieri*							1	0,01	8,44	0,33	0,00	2,81
Aca	*Acanthurus mata*	5	0,05	2,74	10	0,06	3,05				5,00	0,04	1,93
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*				2	0,01	0,61				0,67	0,00	0,20
Aca	*Ctenochaetus striatus*				1	0,01	0,24				0,33	0,00	0,08
Aca	*Naso unicornis*							1	0,01	12,35	0,33	0,00	4,12
Aca	*Zebrasoma scopas*	2	0,02	0,40	2	0,01	0,38				1,33	0,01	0,26
Ant	*Pseudanthias hypselosoma*							10	0,08	0,21	3,33	0,03	0,07
Ant	*Pseudanthias pleurotaenia*	10	0,10	0,43	10	0,06	0,24	10	0,08	0,21	10,00	0,08	0,29
Ant	*Pseud. squamipinnis*	10	0,10	0,43							3,33	0,03	0,14
Cha	*Chaetodon auriga*				2	0,01	0,03				0,67	0,00	0,01
Cha	*Chaetodon bennetti*				2	0,01	0,03				0,67	0,00	0,01
Cha	*Chaetodon citrinellus*	3	0,03	0,04							1,00	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon kleinii*	2	0,02	0,03				2	0,02	0,00	1,33	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon mertensii*	2	0,02	0,03							0,67	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon pelewensis*	2	0,02	0,09							0,67	0,01	0,03
Cha	*Chaetodon plebeius*	3	0,03	0,02	1	0,01	0,01				1,33	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon speculum*				2	0,01	0,01				0,67	0,00	0,00
Cha	*Heniochus acuminatus*	1	0,01	0,35							0,33	0,00	0,12
Cha	*Heniochus varius*				1	0,01	0,89				0,33	0,00	0,30
Epi	*Cephalopholis urodeta*	1	0,01	0,10	2	0,01	0,22				1,00	0,01	0,11
Epi	*Plectropomus leopardus*				3	0,02	14,29				1,00	0,01	4,76
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	0,01	0,15	1	0,01	0,11				0,67	0,01	0,09
Lab	*Gomphosus varius*	4	0,04	0,27							1,33	0,01	0,09
Lab	*Thalassoma lunare*	5	0,05	0,22	4	0,02	0,06	3	0,03	0,06	4,00	0,03	0,11
Lab	*Thalassoma lutescens*	5	0,05	0,22							1,67	0,02	0,07
Mul	*Parupeneus multifasciatus*	3	0,03	1,04							1,00	0,01	0,35
Nem	*Scolopsis bilineatus*	1	0,01	0,44	2	0,01	0,22	1	0,01	0,22	1,33	0,01	0,29
Poc	*Centropyge bicolor*	2	0,02	0,01	2	0,01	0,01	2	0,02	0,02	2,00	0,02	0,01
Poc	*Centropyge bispinosa*	1	0,01	0,00	3	0,02	0,01	3	0,03	0,03	2,33	0,02	0,01
Poc	*Centropyge tibicen*	1	0,01	0,00	2	0,01	0,00	3	0,03	0,01	2,00	0,02	0,01
Pom	*Chromis fumea*				20	0,11	0,02	15	0,13	0,02	11,67	0,08	0,01
Pom	*Chrysiptera rollandi*				4	0,02	0,01				1,33	0,01	0,00
Pom	*Chrysiptera taupou*	13	0,13	0,02	8	0,04	0,02	10	0,08	0,01	10,33	0,09	0,02
Pom	*Dascyllus reticulatus*	15	0,15	0,02	10	0,06	0,03	12	0,10	0,02	12,33	0,10	0,02
Pom	*Dascyllus trimaculatus*	6	0,06	0,03	5	0,03	0,04	5	0,04	0,02	5,33	0,04	0,03
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	2	0,02	0,01							0,67	0,01	0,00
Pom	*Stegastes aureus*	2	0,02	0,05							0,67	0,01	0,02
Pom	*Stegastes gascoynei*							1	0,01	0,00	0,33	0,00	0,00
Sca	*Chlorurus sordidus*	1	0,01	0,15	4	0,02	0,23	3	0,03	0,17	2,67	0,02	0,18
Sca	*Scarus forsteni*				1	0,01	0,65				0,33	0,00	0,22
Sca	*Scarus psittacus*				1	0,01	1,18				0,33	0,00	0,39
Sig	*Siganus argenteus*	12	0,12	4,15							4,00	0,04	1,38
Total		**115**	**1,15**	**11,42**	**105**	**0,58**	**22,59**	**84**	**0,70**	**32,73**	**101,33**	**0,81**	**22,25**
Biodiversité		**27**			**26**			**17**			**43**		
Indice de Shannon =		4,559											
Equitabilité =		0,840											

Sur l'ensemble des transects de la station, 304 individus appartenant à 43 espèces différentes ont pu être observés.

[13] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe n°01

Ils représentent une densité de 0.81 poisson/m² pour une biomasse de 22.25 g/m².
85 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 78).

Tableau 78 : Liste des espèces complémentaires (ST09)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus blochii*	Epi	*Cromileptes altivelis*	Pom	*Amblyglyphidodon aureus*
Aca	*Acanthurus dussumieri*	Epi	*Plectropomus leopardus*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Aca	*Acanthurus mata*	Epi	*Variola louti*	Pom	*Amphiprion chrysopterus*
Aca	*Acanthurus olivaceus*	Lab	*Anampses femininus*	Pom	*Chromis fumea*
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Pom	*Chromis iomelas*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Chromis leucura*
Aca	*Naso unicornis*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Chromis viridis*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Ant	*Pseudanthias cooperi*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Ant	*Pseudanthias hypselosoma*	Lab	*Labropsis australis*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Ant	*Pseudanthias pleurotaenia*	Lab	*Oxycheilinus celebicus*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Ant	*Pseudanthias squamipinnis*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Plectroglyphidodon dickii*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*
Cha	*Chaetodon auriga*	Let	*Lethrinus miniatus*	Pom	*Pomacentrus lepidogenys*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lut	*Lutjanus bohar*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon citrinellus*	Lut	*Lutjanus fulvus*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Cha	*Chaetodon kleinii*	Mic	*Pervagor aspricaudus*	Pom	*Pomacentrus simsiang*
Cha	*Chaetodon melannotus*	Mul	*Parupeneus barberinus*	Pom	*Stegastes aureus*
Cha	*Chaetodon mertensii*	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	Pom	*Stegastes gascoynei*
Cha	*Chaetodon pelewensis*	Nem	*Pentapodus aureofasciatus*	Sca	*Chlorurus microrhinos*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon speculum*	Pin	*Parapercis hexophtalma*	Sca	*Scarus forsteni*
Cha	*Chaetodon trifascialis*	Poc	*Centropyge bicolor*	Sca	*Scarus ghobban*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Poc	*Centropyge bispinosa*	Sca	*Scarus psittacus*
Cha	*Heniochus varius*	Poc	*Centropyge flavissima*	Sca	*Scarus schlegeli*
Cir	*Cirrhitichthys falco*	Poc	*Centropyge tibicen*	Sig	Siganus argenteus
Epi	*Cephalopholis boenak*	Poc	*Genicanthus watanabei*	Syn	Synodus variegatus
Epi	*Cephalopholis urodeta*				

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 79 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 61.

Tableau 79 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST09)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		Campagne	Moy.	Campagne	Moy.
Acanthuridae	40	7	5,96	17,50	14,90
Chaetodontidae	30	10	7,54	33,33	25,13
Epinephelinae	26	2	2,85	7,69	10,95
Labridae	97	4	8,08	4,12	8,33
Lethrinidae	16	0	0,08	0,00	0,48

Lutjanidae	22	0	0,35	0,00	1,57
Mullidae	14	1	1,35	7,14	9,62
Pomacanthidae	14	3	4,54	21,43	32,42
Pomacentridae	92	8	5,92	8,70	6,44
Scaridae	23	3	3,50	13,04	15,22
Siganidae	10	1	0,77	10,00	7,69
Autres	257	4	5,96	1,56	2,32
Khi2 obs		**6,1**		**15,0**	
Khi2 tab					**19,7**

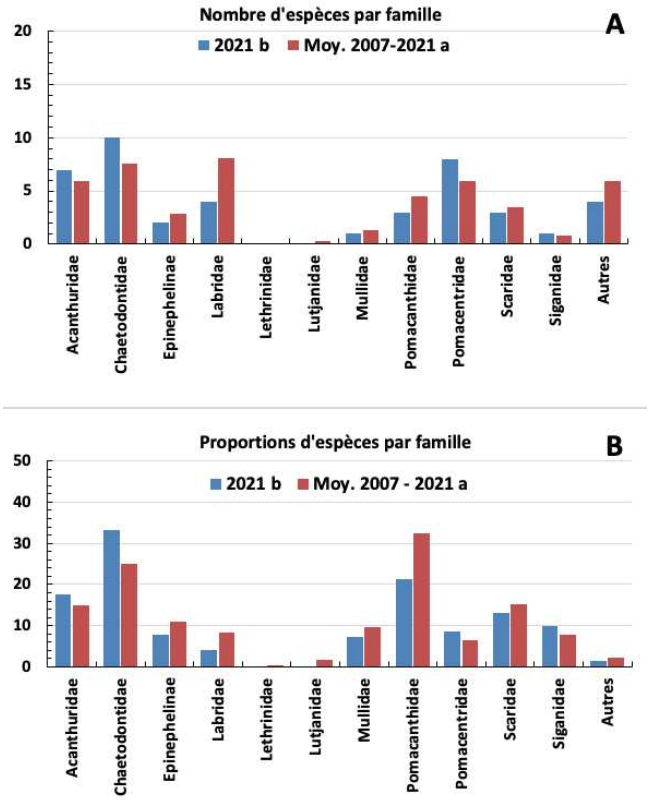


Figure 61 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST09)

L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

Le récapitulatif des résultats en termes de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 est présenté dans le tableau 80 et la figure 62.

Tableau 80 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST09)

Peuplement de poissons ST09 – Bancs Kié	Liste DENV		Toutes espèces
	Transect TLV	Station	Station

		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2021 b	Transect A	115,00	1,15	11,42	27		
	Transect B	105,00	0,58	22,59	26		
	Transect C	84,00	0,70	32,73	17		
	Moy. ABC	**101,33**	**0,81**	**22,25**	**43**	**64**	**85**
2021 a	Moy. ABC	150,67	0,98	39,31	53	67	116
2020 b	Moy. ABC	116,33	1,22	26,54	49	56	78
2020 a	Moy. ABC	141,67	1,42	54,97	57	71	99
2019 b	Moy. ABC	130,33	1,69	20,00	50	72	102
2019 a	Moy. ABC	217,67	3,18	117,79	55	81	114
2018 b	Moy. ABC	151,00	1,88	13,76	51	71	96
2018 a	Moy. ABC	203,67	5,09	218,00	68	83	121
2017 b	Moy. ABC	174,33	2,42	64,47	64	86	116
2017 a	Moy. ABC	188	2,35	39,59	52	77	114
2016 b	Moy. ABC	212,00	2,65	29,76	46	83	119
2016 a	Moy. ABC	209,00	2,64	75,42	49	82	117
2015 b	Moy. ABC	183,33	1,95	149,23	50	84	113
2015 a	Moy. ABC	230,67	1,65	158,28	62	81	118
2014 b	Moy. ABC	208,00	3,20	376,55	52	72	117
2014 a	Moy. ABC	115,33	1,44	108,69	39	68	113
2013 b	Moy. ABC	161,33	1,71	79,14	47	70	98
2013 a	Moy. ABC	244,00	3,04	40,63	43	82	98
2012 b	Moy. ABC	157,67	1,96	99,48	37	66	95
2012 a	Moy. ABC	176,67	2,18	96,25	45	75	100
2011 b	Moy. ABC	117,00	1,42	118,86	48	66	91
2011 a	Moy. ABC	154,00	1,81	593,06	43	58	89
2010 b	Moy. ABC	133	1,35	10,62	28	53	75
2010 a	Moy. ABC	61,33	1,66	303,36	34	43	66
2009	Moy. ABC	22	4,01	62,69	35	58	60
2008	Moy. ABC	208,67	4,21	273,92	32	50	62
2007	Moy. ABC	145,33	4,13	607,71	36	48	55

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i - X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 81 et représentation figure 63.

Tableau 81 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	2 740	1,19	25 973	97	151	405
Ecart type	52,35	1,09	161,16	9,84	12,28	20,13
Moyenne	159,61	2,29	140,69	47,00	69,22	97,19
Coef. de Var.	0,33	0,48	1,15	0,21	0,18	0,21

Commentaires :

- La densité et la biomasse présentent toujours des valeurs très faibles.
- Les paramètres de biodiversité présentent des valeurs moyennes. La biodiversité 3 reprend la tendance à la baisse qu'elle a amorcé fin 2018.

Quantitativement, la structure du peuplement de cette campagne, exprimée par famille, n'est pas significativement différente de la structure moyenne de la série historique (cf. § 3.4.3).

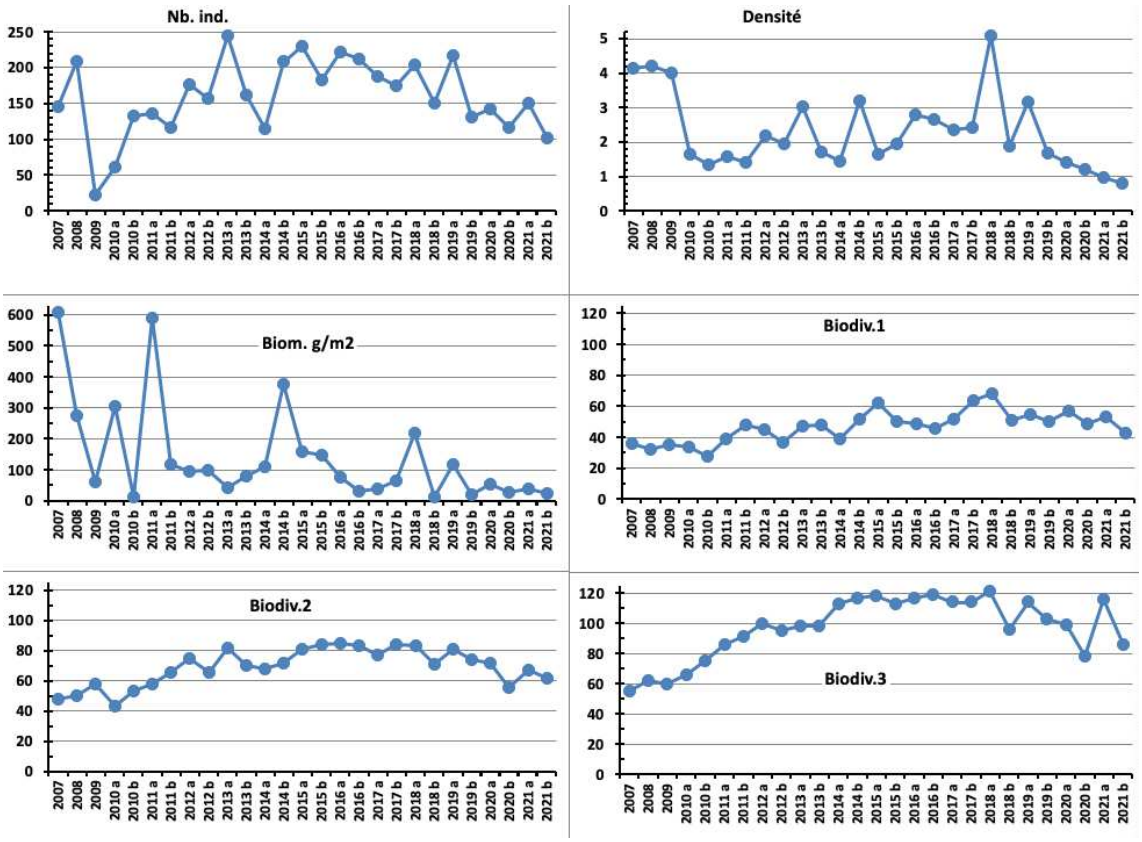


Figure 62 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09)

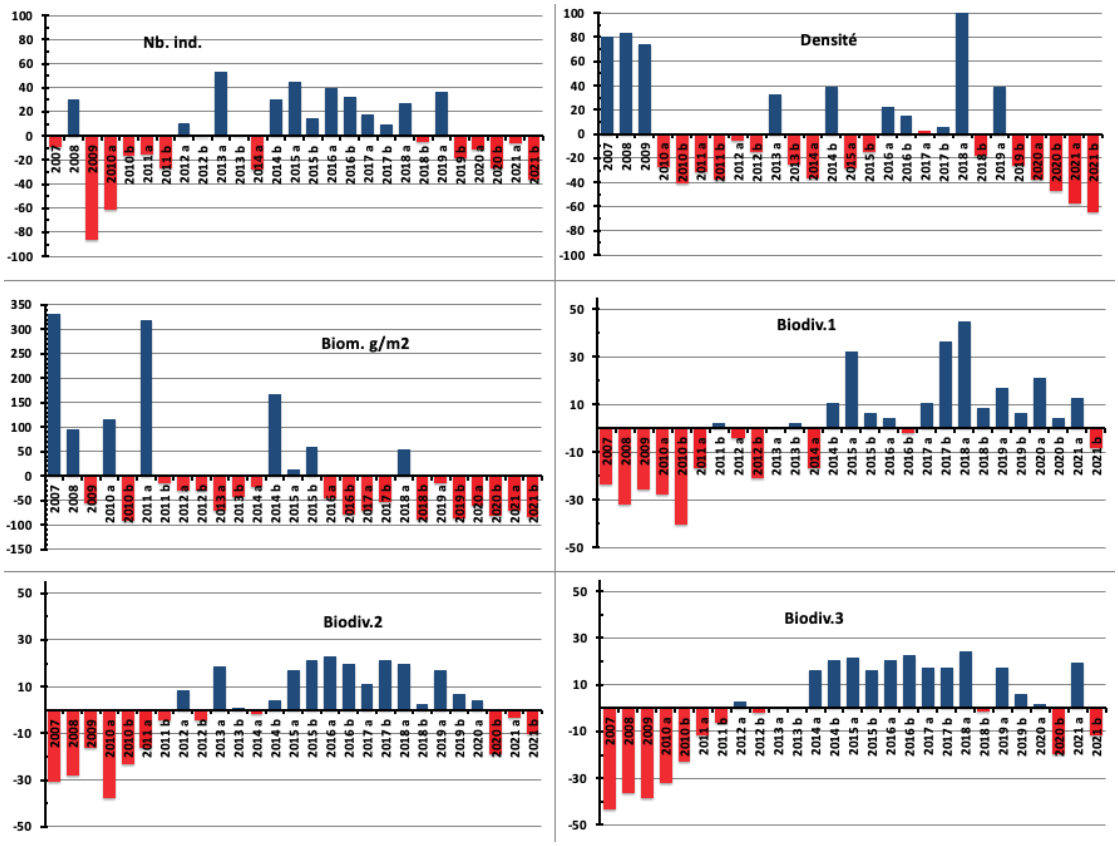


Figure 63 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09)

4.10 Station 10 = Ilot Kié

Localisation géographique	Partie nord-ouest de l'îlot Kié (photographie 22). Un piquet placé sur un éperon à 3 m de profondeur permet de la repérer facilement depuis la surface à la nage.
Nombre transects	3 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés sur le front récifal du récif frangeant de l'îlot à 10, 16 et 21 mètres de profondeur dans un alignement du nord-est vers le sud-ouest.
	Le transect A est disposé perpendiculairement à la pente du récif frangeant au pied d'un éperon et d'un sillon. Le transect B est installé 5 ou 6 m avant la fin de la pente récifale. Il s'agit d'une pente entre 10 et 22 m de profondeur inclinée à 40-45°. Le transect C se situe à la rupture entre le bas du tombant récifal et le début de la pente sédimentaire. C'est une zone d'accumulation de débris et de blocs coralliens provenant du récif. La pente sédimentaire a une inclinaison douce. Cette dernière est composée de sable coquillé et de débris coralliens qui deviennent de moins en moins abondants en fonction de l'éloignement du récif. Quelques grands massifs se répartissent à proximité du tombant récifal mais leur recouvrement en organismes benthiques est faible.

Description générale

Elle est abritée des alizés et le rhéodynamisme est important. De nombreuses dégradations ont été constatées suite aux évènements cycloniques du début d'année 2011. Cependant, la station du récif frangeant de l'îlot Kié (transects A & B) est caractérisée par la plus grande richesse spécifique corallienne et le plus important taux de recouvrement corallien des 12 stations étudiées.
La zone présente une alternance d'éperons et de sillons, atteignant 8 à 10 mètres de profondeur. Les sillons sont relativement étroits (environ 5 à 6 m) et les éperons plus larges (10 à 15 m).

L'îlot Kié est situé dans le canal de la Havannah dans la réserve intégrale Yves Merlet. Il faut demander une dérogation à la Province Sud avant de pouvoir étudier cette station. Tout accès et tout passage de navire ou d'embarcation est interdit, *a fortiori* la récolte, la pêche ou la cueillette de tout minéral, animal ou végétal.

Caractéristiques principales

- La richesse spécifique et le recouvrement des coraux, jusqu'à la mission d'octobre 2020, étaient très élevés sur les niveaux bathymétriques supérieur et médian ; Le transect A était au 1er rang de tous les transects du réseau, ainsi que la station dans son ensemble
- Dégradation des communautés benthiques sur l'ensemble de la station lors des évènements dépressionnaires du début d'année 2011, 2013, 2015 et particulièrement en 2021, où le niveau bathymétrique supérieur (A) a été très endommagé par les cyclones Niran et Lucas (colonies et blocs coralliens retournés, nombreuses zones d'accumulation de débris)
- Des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques, à la maladie de la bande blanche, à la prédation de corallivores et aux variations des paramètres de l'environnement (t°C, S‰, UV)
- Présence d'espèces rares de coraux : *Gardineroseris planulata* et *Podabacia crustacea*
- Abondance des genres coralliens *Acropora*, *Goniopora* et *Alveopora*
- Une espèce d'*Alveopora* paraît très sensible aux variations de l'environnement (température, salinité, UV) : plusieurs colonies sont blanchies régulièrement, pour tous les transects. Cela ne semble pas avoir d'incidence sur sa vitalité car elle réintègre des zooxanthelles lors des missions suivantes
- Perturbations importantes régulières du corallivore *Drupella cornus* sur les colonies coralliennes depuis avril 2014
- Selon les missions un dépôt d'origine carbonatée (qui peut entrainer de l'abrasion sur les colonies coralliennes) est présent sur quelques colonies mais ce dernier est remobilisé rapidement par les courants de marée
- Les crinoïdes sont relativement abondantes aux transects A et B
- Développement faible de l'algue brune *Lobophora variegata.* Elle colonise quelques colonies d'*Acropora* branchus
- Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques

- **Présence d'*Acanthaster planci* :** exceptionnelle :

1 spécimen en B pour cette mission

Variations entre mai et novembre 2021

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 19% au transect A, 33% en B (1er rang du réseau) et 7% en C. Diminution en A

-Blanchissement corallien (% moyen de la surface totale observée par station) : *Octobre 2015 : 0.87% ; Avril 2016 : 1.2% ; Novembre 2016 : 0.53% ; Avril 2017 : n.a ; Septembre 2017 : n.a ; Mai 2018 : n.a ; Novembre 2018 : n.a ; Avril 2019 : n.a ; Octobre 2019 : n.a ; Mai 2020 : 2.4% ; Octobre 2020 : 0.27% ; Mai 2021 : 0.30% ;* Novembre 2021 : 0.43%

- Lésions coralliennes récentes :
  - Maladies coralliennes : RAS pour cette mission
  - Perturbations sédimentaires : les sédiments carbonatés peuvent entrainer de l'abrasion sur les colonies coralliennes
  - Perturbations mécaniques : les débris coralliens, brisés lors des cyclones du début d'année 2021, se tassent et se stabilisent. Certains reforment des petites colonies coralliennes

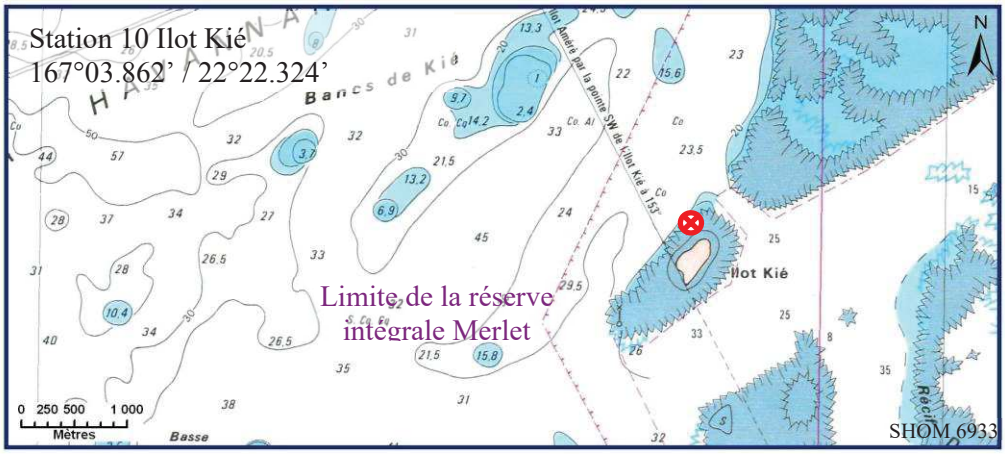
Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : RAS (< niveau 2). Elles se développent sur les colonies coralliennes mortes en place et les débris coralliens
- Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place au fur et à mesure de leur dégradation
- Algue brune *Lobophora* : stable (absente en A et C et niveau 2en B)
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : augmentation en A et C (niveau 0 à 4 et 2), stable en B. Le développement est saisonnier mais le recouvrement n'a jamais été très important pour cette station
- *Cliona orientalis* : stable (niveau 2)
- *Cliona jullieni* : augmentation en A (niveau 0 à 2) et stable en B et C (niveau 2)

Les corallivores :

- *Acanthaster planci* : présence d'un spécimen en B (1.3 m² de coraux blanchis)
- *Culcita novaeguineae* : absence, stable

-*Drupella cornus* : augmentation en B (niveau 0 à 2) (0 m² de coraux blanchis)



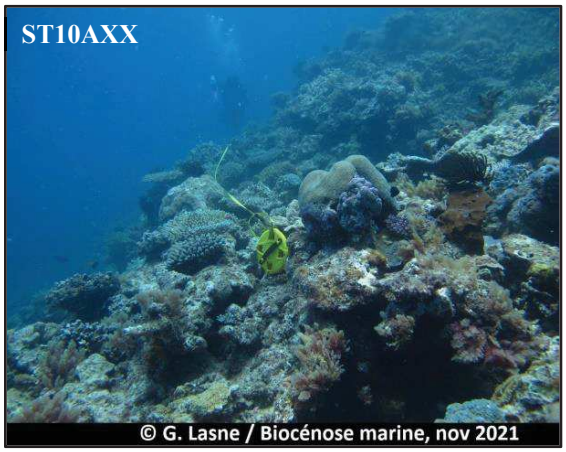


Carte 12 : Localisation de la station 10 (Ilot Kié)

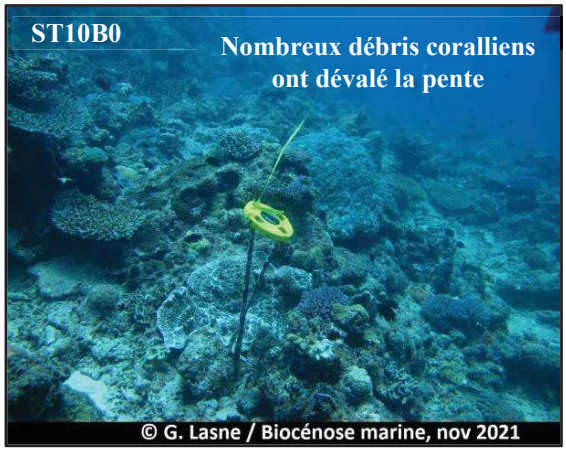


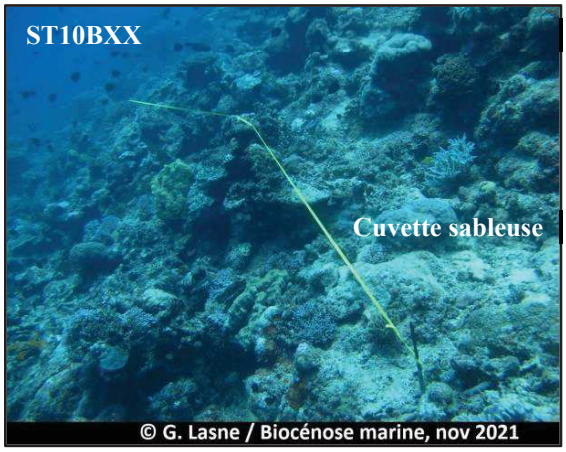
Photographie 22 : Position en surface (ST10)



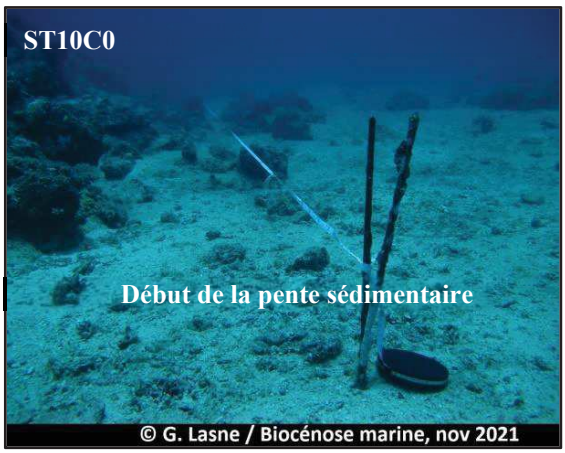


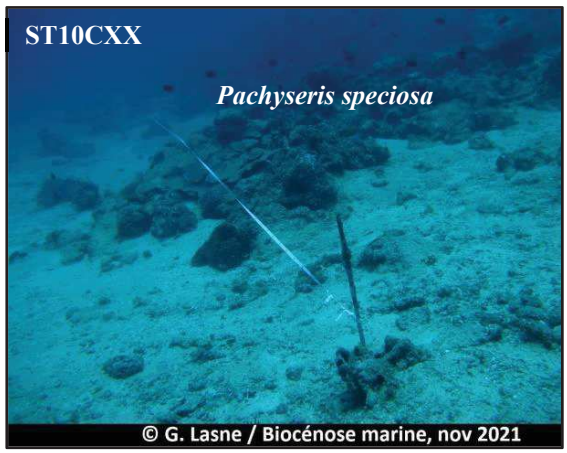
Le niveau bathymétrique supérieur a subi d'énorme dégradations mécaniques induites par les cyclones Lucas et Niran en début 2021





Pour cette mission, les colonies d'*Alveopora* sp. ne sont pas blanchies pour l'ensemble des niveaux bathymétriques (phénomène de blanchissement périodique est observé pour cette espèce (saisonnalité))





Bas de tombant composé de sable carbonaté coquillé avec quelques débris coralliens

Photographie 23 : Vue d'ensemble des transects (ST10, présente mission)

4.10.1 Le substrat (ST10)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 64 pour le transect A, dans la figure 65 pour le transect B et dans la figure 66 pour le transect C.

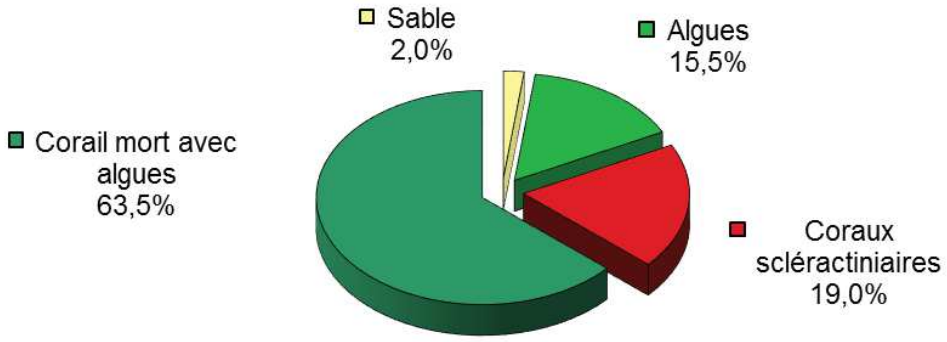


Figure 64 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST10A

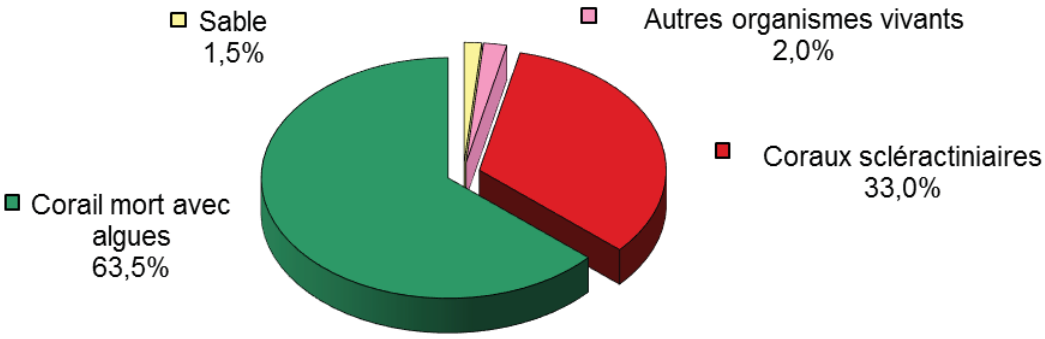


Figure 65 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST10B

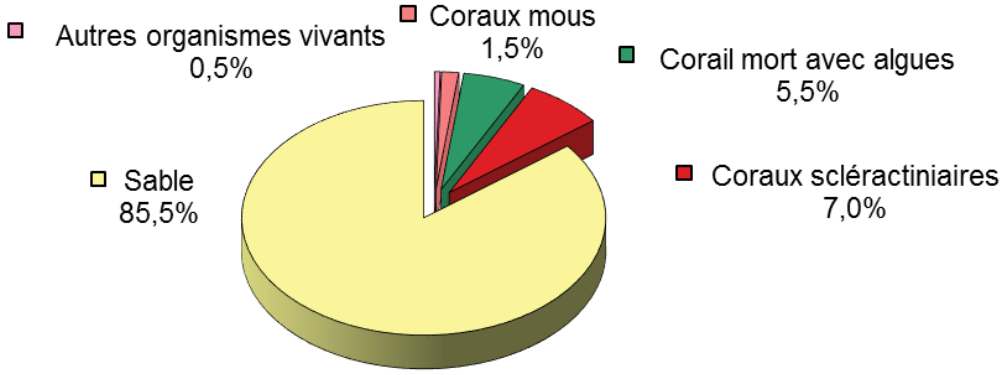


Figure 66 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST10C

Cette station était remarquable par sa couverture en coraux scléractiniaires qui représentait 73.5% du substrat sur le transect A en octobre 2020. C'était le taux le plus élevé du réseau de suivi, tous transects confondus. Pour cette mission, il n'est plus de de 19%. En effet, tout le niveau bathymétrique supérieur a subi de grosses dégradations mécaniques en début d'année : les coraux ont été cassés et « roulés » plus bas, avec la création de couloirs d'effondrements et de zones d'accumulation de débris. Le taux reste stable en B (33%, 1er rang).
La catégorie « Corail mort avec algues » est bien représentée (63.5%) et contribue au fait que ces deux transects soient recouverts à 98% et 98.5% de substrat biotique.
Le substrat du transect C est constitué essentiellement de sable (85.5%) et les coraux scléractiniaires n'y sont plus présents qu'à 7%. La moyenne sur la station chute donc à 19.7% (*vs* 22.7% *vs* 38.8%), ce qui la rétrograde au 4ème rang du réseau de suivi.
A noter : disparition des cyanobactéries en A et B.

Si les transects B et C sont stables, le niveau supérieur a été fortement dégradé par des détériorations mécaniques, conséquences des cyclones (Lucas et Niran notamment) du début d'année 2021.

4.10.2 Le benthos (ST10)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe n°04.

En novembre 2021, la richesse spécifique de la station Ilot Kié (ST10) est composée de :

- **53 espèces d'invertébrés** dont 13 espèces de mollusques ; 11 espèces de cnidaires : alcyonaires (5 taxons), actiniaires (4 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 14 espèces d'échinodermes : astéries (5 taxons), holothurides (5 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies ;
- **7 espèces de macrophytes** : algues brunes (3 taxons), algues rouges (2 taxons), algues vertes (2 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

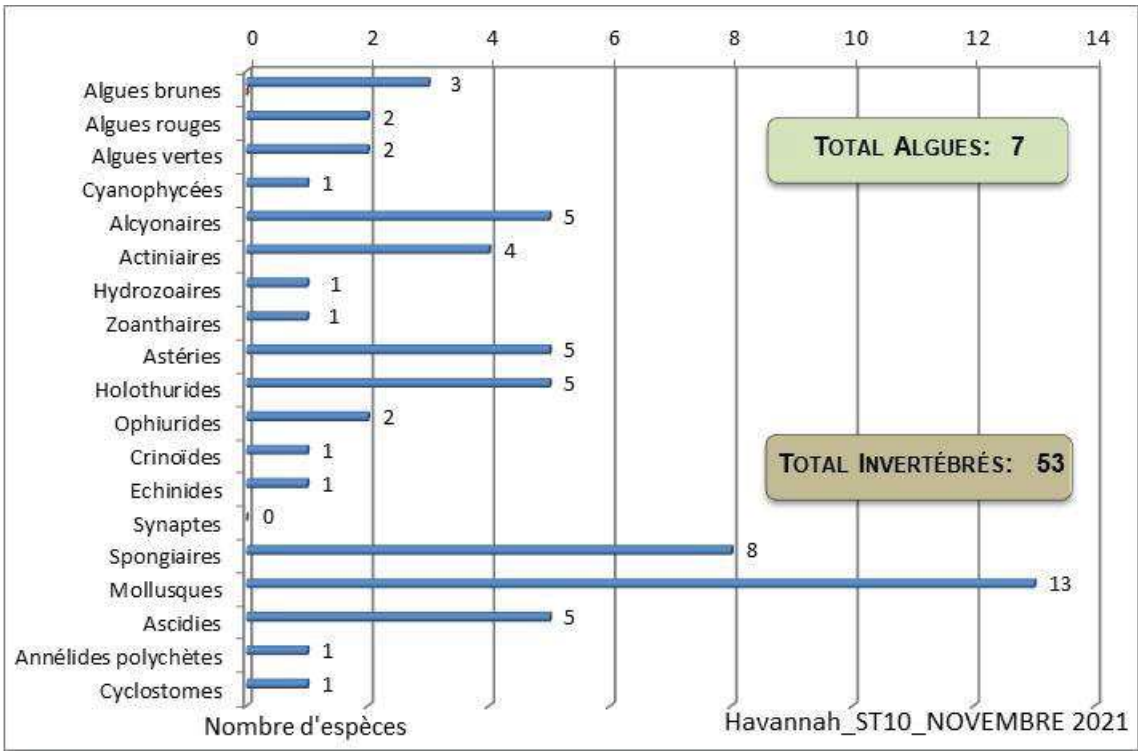


Figure 67 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST10)

4.10.2.1 Benthos Transect 10 A

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST10A est composée de :

- 27 espèces d'invertébrés dont 4 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), actiniaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 6 espèces d'échinodermes : astéries (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- 4 espèces de macrophytes : algues rouges (2 taxons), algues brunes (1 taxon), algues vertes (1 taxon)
- 1espèce de cyanobactéries.

Tableau 82 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST10A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
2 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue brune : •*Dictyota* sp. (A3) ; et l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A4). Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Une espèce d'algue diminue, l'algue verte : •*Chlorodesmis fastigiata* (A1/- 1).
Cyanobactéries	
☑	Une espèce de cyanobactéries diminue d'abondance : •*Phormidium* sp. (A2/- 1).
Cnidaires	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Xenia* sp. (A2) ; ➢ pour les zoanthaires (1 espèce) : •*Palythoa tuberculosa* (A2).	☑
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Linckia multifora* (A1) ; ➢ pour les ophiurides (1 espèce) : •*Ophiomastix caryophyllata* (A2).	☑
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Pedum spondyloideum* (A2). Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : •*Hyotissa* sp. (A0/-2).	☑
Éponges	
3 nouvelles espèces d'éponges recensées : •*Cliona jullieni* (A2), •Spongiaires ind. (noire) (A2), •*Spheciospongia vagabunda* (A2).	☑
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Polycarpa nigricans* (A2).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A3/+ 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.10.2.2 Benthos Transect 10 B

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST10B est composée de :

- 43 espèces d'invertébrés dont 13 espèces de mollusques ; 5 espèces de cnidaires : actiniaires (3 taxons), alcyonaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon) ; 11 espèces d'échinodermes : holothurides (4 taxons), astéries (3 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- 4 espèces de macrophytes : algues rouges (2 taxons), algues brunes (1 taxon), algues vertes (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 83 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST10B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A2). Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les actiniaires (1 sp) : •*Cryptodendrum adhaesivum* (A1). 7 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-6 espèce) : •*Cladiella* sp. (A0/-2), •*klyxum* sp. (A0/-2), •*Sarcophyton* sp. (A0/-2), •*Sinularia* sp. (A0/-2), •*Nephthea* sp. (A0/-2), •*Xenia* sp. (A0/-2) ; ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •*Palythoa tuberculosa* (A0/-2).	☑
Échinodermes	
4 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (3 espèces) : •*Acanthaster solaris* (A1), •*Fromia indica* (A1), •*Linckia multifora* (A2) ; ➢ pour les ophiurides (1 sp) : •*Ophiomastix caryophyllata* (A2).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria fuscopunctata* (A2/+ 1). 2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2/- 1) ; ➢ pour les holothurides (1 sp) : •*Holothuria edulis* (A1/- 1)
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les gastéropodes (2 espèces) : •*Drupella cornus* (A2), •*Lambis scorpius* (A1).	☑
Éponges	
☑	☑
Ascidies	
☑	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.10.2.3 Benthos Transect 10 C

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST10C est composée de :

- 35 espèces d'invertébrés dont 5 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (5 taxons), zoanthaires (1 taxon) ; 11 espèces d'échinodermes : holothurides (4 taxons), astéries (3 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- 2 espèces de macrophytes : algues brunes (1 taxon), algues rouges (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 84 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST10C)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue brune : •*Padina* sp. (A2). Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A2).	☑
Échinodermes	
7 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (3 espèces) : •*Celerina heffernani* (A1), •*Fromia indica* (A1), •*Linckia multifora* (A1) ; ➢ pour les holothurides (3 espèces) : •*Actinopyga palauensis* (A1), •*Holothuria edulis* (A1), •*Thelenota anax* (A1) ; ➢ pour les ophiurides (1 espèce) : •*Ophiomastix caryophyllata* (A2).	☑
Mollusques	
☑	☑
Éponges	
☑	☑
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : •*Didemnum* sp. (blanche) (A2), •*Polycarpa aurita* (A2).	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.10.3 Les poissons (ST10)

La liste des espèces observées[14] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 85.

Tableau 85 : Données sur les poissons (ST10)

Ilot Kié ST10		Transect A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Acanthurus mata*				6	0,05	2,20	6	0,04	1,65	4,00	0,03	1,28
Aca	*Acanthurus nigricans*							2	0,01	0,74	0,67	0,00	0,25
Aca	*Acanthurus pyroferus*				1	0,01	0,84				0,33	0,00	0,28
Aca	*Naso brachycentron*							5	0,02	12,27	1,67	0,01	4,09
Aca	*Zebrasoma veliferum*	1	0,01	0,14				1	0,01	0,22	0,67	0,00	0,12
Ant	*Pseudanthias cooperi*							8	0,05	0,06	2,67	0,02	0,02
Ant	*Pseudanthias pascalus*							8	0,04	0,05	2,67	0,01	0,02
Ant	*Pseudanthias squamipinnis*							8	0,04	0,05	2,67	0,01	0,02
Cha	*Chaetodon kleinii*	2	0,01	0,01							0,67	0,00	0,00
Cha	*Chaetodon lunulatus*	2	0,01	0,02							0,67	0,00	0,01
Cha	*Chaetodon mertensii*							2	0,01	0,01	0,67	0,00	0,00
Cha	*Chaetodon ulietensis*	1	0,01	0,01							0,33	0,00	0,00
Cha	*Heniochus monoceros*				2	0,02	0,33				0,67	0,01	0,11
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*				1	0,01	4,39				0,33	0,00	1,46
Epi	*Cephalopholis miniata*							2	0,01	0,43	0,67	0,00	0,14
Epi	*Epinephelus fasciatus*							2	0,01	0,33	0,67	0,00	0,11
Epi	*Epinephelus maculatus*							1	0,01	1,95	0,33	0,00	0,65
Epi	*Epinephelus merra*	1	0,01	0,07							0,33	0,00	0,02
Epi	*Plectropomus leopardus*				2	0,01	18,29	3	0,02	27,34	1,67	0,01	15,21
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	0,01	0,10	1	0,01	0,29				0,67	0,01	0,13
Lab	*Cheilinus trilobatus*				1	0,01	0,22				0,33	0,00	0,07
Lab	*Cheilinus undulatus*	1	0,01	3,86							0,33	0,00	1,29
Lab	*Coris aygula*	1	0,01	4,50							0,33	0,00	1,50
Lab	*Coris gaimard*				1	0,01	0,12				0,33	0,00	0,04
Lab	*Gomphosus varius*	3	0,02	0,01							1,00	0,01	0,00
Lab	*Halichoeres hortulanus*	1	0,01	0,12	1	0,01	0,29				0,67	0,01	0,14
Lab	*Hemigymnus melapterus*	1	0,01	0,17							0,33	0,00	0,06
Lab	*Labroides dimidiatus*	4	0,03	0,00				2	0,01	0,00	2,00	0,01	0,00
Lab	*Thalassoma lunare*	5	0,04	0,09				5	0,02	0,03	3,33	0,02	0,04
Lab	*Thalassoma lutescens*	5	0,04	0,07				5	0,03	0,03	3,33	0,02	0,03
Let	*Gymnocranius eaneus*							1	0,01	0,61	0,33	0,00	0,20
Let	*Monotaxis grandoculis*				1	0,01	1,77	2	0,01	2,66	1,00	0,01	1,48
Lut	*Aprion virescens*							3	0,02	19,20	1,00	0,01	6,40
Lut	*Lutjanus quinquelineatus*	7	0,05	1,00							2,33	0,02	0,33
Mul	*Parupeneus cyclostomus*	3	0,02	2,11							1,00	0,01	0,70
Mul	*Parupeneus indicus*				2	0,02	1,94				0,67	0,01	0,65
Nem	*Scolopsis bilineatus*				1	0,01	0,37	1	0,01	0,09	0,67	0,00	0,15
Poc	*Centropyge bicolor*	2	0,01	0,00	2	0,02	0,01	2	0,01	0,01	2,00	0,01	0,01
Poc	*Centropyge flavissima*							2	0,01	0,01	0,67	0,00	0,00
Pom	*Abudefduf whitleyi*	7	0,05	0,22	10	0,08	0,21				5,67	0,04	0,14
Pom	*Chromis fumea*	20	0,14	0,02							6,67	0,05	0,01
Pom	*Chromis viridis*				20	0,17	0,03				6,67	0,06	0,01
Pom	*Chrysiptera rollandi*	3	0,02	0,00	3	0,03	0,01	5	0,04	0,01	3,67	0,03	0,01
Pom	*Dascyllus aruanus*	10	0,07	0,01				10	0,06	0,01	6,67	0,04	0,01
Pom	*Dascyllus reticulatus*	15	0,11	0,02	10	0,08	0,01	15	0,05	0,01	13,33	0,08	0,01
Pom	*Dascyllus trimaculatus*	5	0,04	0,05	5	0,04	0,02				3,33	0,03	0,02
Pom	*Neoglyphidodon azysron*	20	0,14	0,01							6,67	0,05	0,00
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	2	0,01	0,00	3	0,03	0,01	3	0,02	0,01	2,67	0,02	0,01

[14] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe n°01

Sca	*Chlorurus microrhinos*							3	0,03	21,44	1,00	0,01	7,15
Sca	*Hipposcarus longiceps*	5	0,03	1,69							1,67	0,01	0,56
Sca	*Scarus forsteni*				1	0,01	0,43				0,33	0,00	0,14
Total		**128**	**0,90**	**14,29**	**74**	**0,62**	**31,79**	**107**	**0,58**	**89,22**	**103,00**	**0,70**	**45,10**
Biodiversité		**26**			**20**			**26**			**51**		
Indice de Shannon =		4,905											
Equitabilité =		0,865											

Sur l'ensemble des transects de la station, 309 individus appartenant à 51 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.70 poisson/m² pour une biomasse de 45.10 g/m².
118 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 86).

Tableau 86 : Liste des espèces complémentaires (ST10)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus achilles*	Hae	*Plectorhinchus lessonii*	Mul	*Parupeneus indicus*
Aca	*Acanthurus albipectoralis*	Hol	*Myripristis murdjan*	Mul	*Parupeneus multifasciatus*
Aca	*Acanthurus blochii*	Hol	*Neoniphon sammara*	Nem	*Scolopsis bilineatus*
Aca	*Acanthurus dussumieri*	Hol	*Sargocentron spiniferum*	Poc	*Centropyge bicolor*
Aca	*Acanthurus mata*	Kyp	*Kyphosus cinerascens*	Poc	*Centropyge bispinosa*
Aca	*Acanthurus nigricans*	Lab	*Anampses femininus*	Poc	*Centropyge flavissima*
Aca	*Acanthurus pyroferus*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Poc	*Centropyge tibicen*
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	Lab	*Bodianus loxozonus*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Lab	*Bodianus perditio*	Pom	*Abudefduf sexfasciatus*
Aca	*Naso brachycentron*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Aca	*Naso lituratus*	Lab	*Cheilinus trilobatus*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Aca	*Naso lopezi*	Lab	*Cheilinus undulatus*	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*
Aca	*Naso tonganus*	Lab	*Choerodon anchorago*	Pom	*Amphiprion chrysopterus*
Aca	*Naso unicornis*	Lab	*Coris aygula*	Pom	*Amphiprion clarkii*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Amphiprion perideraion*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Chromis fumea*
Ant	*Pseudanthias cooperi*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Chromis iomelas*
Ant	*Pseudanthias pascalus*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Chromis leucura*
Ant	*Pseudanthias squamipinnis*	Lab	*Halichoeres hortulanus*	Pom	*Chromis viridis*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Halichoeres margaritaceus*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Cha	*Chaetodon kleinii*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Lab	*Halichoeres trimaculatus*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Cha	*Chaetodon mertensii*	Lab	*Hemigymnus fasciatus*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Cha	*Forcipiger flavissimus*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Neoglyphidodon azysron*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Lab	*Labropsis australis*	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*
Cha	*Heniochus chrysostomus*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Pom	*Plectroglyphidodon dickii*
Cha	*Heniochus monoceros*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Plectroglyphidodon johnstonianus*
Cir	*Cirrhitichthys falco*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cir	*Paracirrhites forsteri*	Let	*Gymnocranius eaneus*	Sca	*Chlorurus microrhinos*
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	Let	*Monotaxis grandoculis*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Epi	*Cephalopholis miniata*	Lut	*Aprion virescens*	Sca	*Hipposcarus longiceps*
Epi	*Epinephelus cyanopodus*	Lut	*Lutjanus fulviflamma*	Sca	*Scarus forsteni*

Epi	*Epinephelus fasciatus*	Lut	*Lutjanus fulvus*	Sig	*Siganus canaliculatus*
Epi	*Epinephelus maculatus*	Lut	*Lutjanus kasmira*	Sig	*Siganus corallinus*
Epi	*Epinephelus merra*	Lut	*Lutjanus quinquelineatus*	Sig	*Siganus vulpinus*
Epi	*Plectropomus leopardus*	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	Syn	*Saurida gracilis*
Epi	*Variola louti*	Mul	*Parupeneus crassilabris*	Syn	*Synodus variegatus*
Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	Mul	*Parupeneus cyclostomus*	Zan	*Zanclus cornutus*
Hae	*Plectorhinchus gibbosus*				

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007, avec la coupure 2017-2019) est donné dans le tableau 87 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 68.

Tableau 87 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST10)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		Campagne	Moy.	Campagne	Moy.
Acanthuridae	40	5	7,05	12,50	17,61
Chaetodontidae	30	5	6,81	16,67	22,69
Epinephelinae	26	6	5,92	23,08	22,76
Labridae	97	11	6,77	11,34	6,98
Lethrinidae	16	2	1,66	12,50	10,39
Lutjanidae	22	2	0,96	9,09	4,37
Mullidae	14	2	1,35	14,29	9,63
Pomacanthidae	14	2	3,53	14,29	25,23
Pomacentridae	92	9	9,46	9,78	10,28
Scaridae	23	3	4,11	13,04	17,85
Siganidae	10	0	0,73	0,00	7,29
Autres	257	4	8,12	1,56	3,16
Khi2 obs		**9,4**		**28,9**	
Khi2 tab				**19,7**	

Le récapitulatif des résultats en termes de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 est présenté dans le tableau 88 et la figure 69.

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i - X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 89 et représentation figure 70.

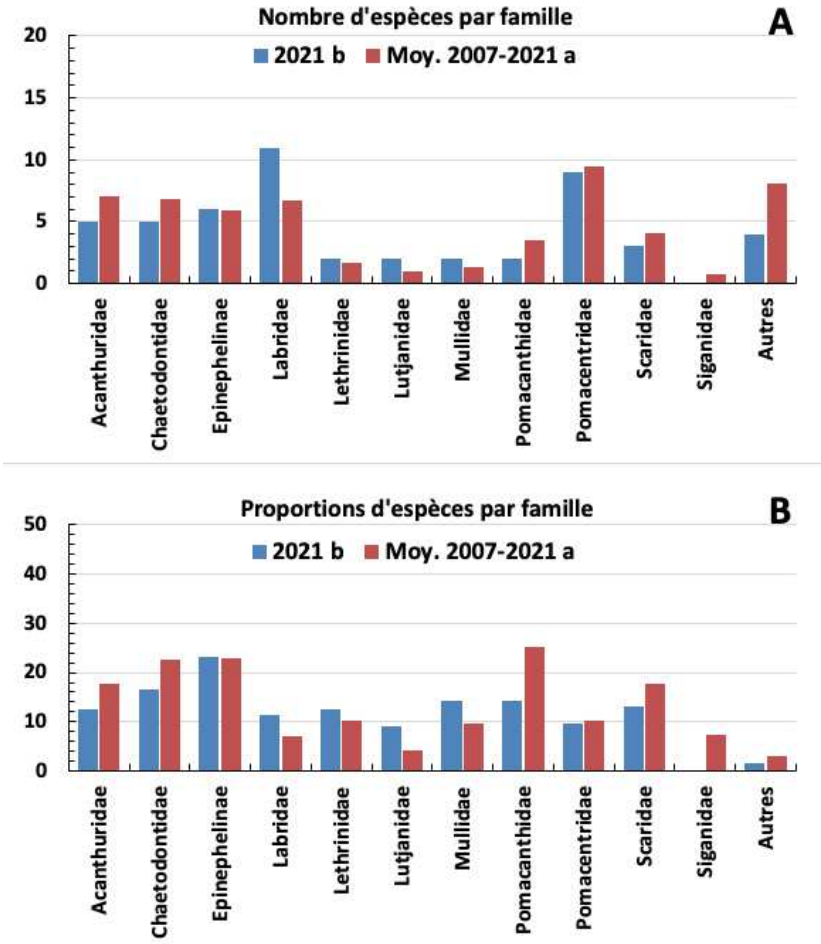


Figure 68 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST10)

L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

Tableau 88 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST10)

Peuplement de poissons ST10 – Ilot Kié		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. Ind.	Densité	Biom. g/m^2	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2021 b	Transect A	128,00	0,90	14,29	26		
	Transect B	74,00	0,62	31,79	20		
	Transect C	107,00	0,58	89,22	26		
	Moy. ABC	**103,00**	**0,70**	**45,10**	**51**	**96**	**118**
2021 a	Moy. ABC	140,33	1,03	98,16	66	114	162
2020 b	Moy. ABC	196,67	2,66	120,83	73	93	144
2020 a	Moy. ABC	186,0	2,42	284,78	71	107	153
Moyenne pour 2017-2019		*338,2*	*4,5*	*395,1*	*56*	*95*	*136*
2016 b	Moy. ABC	410,00	4,95	155,75	64	112	152
2016 a	Moy. ABC	198,67	3,24	219,07	57	101	147
2015 b	Moy. ABC	350,00	3,61	435,32	55	106	149
2015 a	Moy. ABC	563,67	5,44	795,17	67	101	139
2014 b	Moy. ABC	187,00	2,56	324,95	54	105	152

2014 a	Moy. ABC	165,00	2,01	213,58	51	103	155
2013 b	Moy. ABC	441,67	3,49	1794,95	54	106	148
2013 a	Moy. ABC	725,00	7,23	259,09	57	85	153
2012 b	Moy. ABC	319,70	3,90	220,10	53	90	134
2012 a	Moy. ABC	457,00	4,93	125,40	52	102	146
2011 b	Moy. ABC	289,00	3,48	357,27	58	90	145
2011 a	Moy. ABC	461,67	5,47	1014,91	59	96	131
2010 b	Moy. ABC	384,00	3,46	576,45	67	78	113
2010 a	Moy. ABC	109,33	2,94	298,40	52	107	167
2009	Moy. ABC	120,00	8,30	291,10	49	92	116
2008	Moy. ABC	534,33	9,37	451,97	37	64	71
2007	Moy. ABC	353,00	5,57	881,82	46	65	84

Tableau 89 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST10)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	22 325	3,86	53 482	59	149	449
Ecart type	149,42	1,96	231,26	7,70	12,21	21,18
Moyenne	316,95	4,20	361,00	56,53	95,17	136,89
Coef. de Var.	0,47	0,47	0,64	0,14	0,13	0,15

Commentaires :

- La densité et la biomasse présentent des valeurs encore plus faibles qu'en 2020 b.
- La biodiversité est passée en dessous de la moyenne sur la série historique.

Quantitativement, la structure du peuplement de cette mission, diffère significativement de la structure moyenne historique (cf. § 3.4.3), et cela, quel que soit son expression.

La biodiversité γ (298 espèces) de cette station ne diffère pas sensiblement de celles des autres stations qui ne sont pas en réserve, mais la série historique des observations montre que le renouvellement des taxons y est plus faible, ce qui se répercute sur la biodiversité instantanée (Bα) qui parait donc plus importante.
Du fait de la protection, il est habituel lors de chaque mission de voir 45 à 55 % du total possible (Bγ).

Mais cette fois-ci le peuplement, vu sous tous ses aspects, est extrêmement médiocre. Il semble accuser avec un certain retard le passage des cyclones de début d'année, dont les ravages ont été spectaculaires, au point que le relief et la couverture corallienne ont profondément changé.
Le transect A n'est plus dominé par une falaise où les saumonées par exemple foisonnaient, mais par une pente douce sur plusieurs dizaines de mètres. Les coraux branchus où se tenaient nombre d'espèces de Pomacentridés ont disparu, etc.

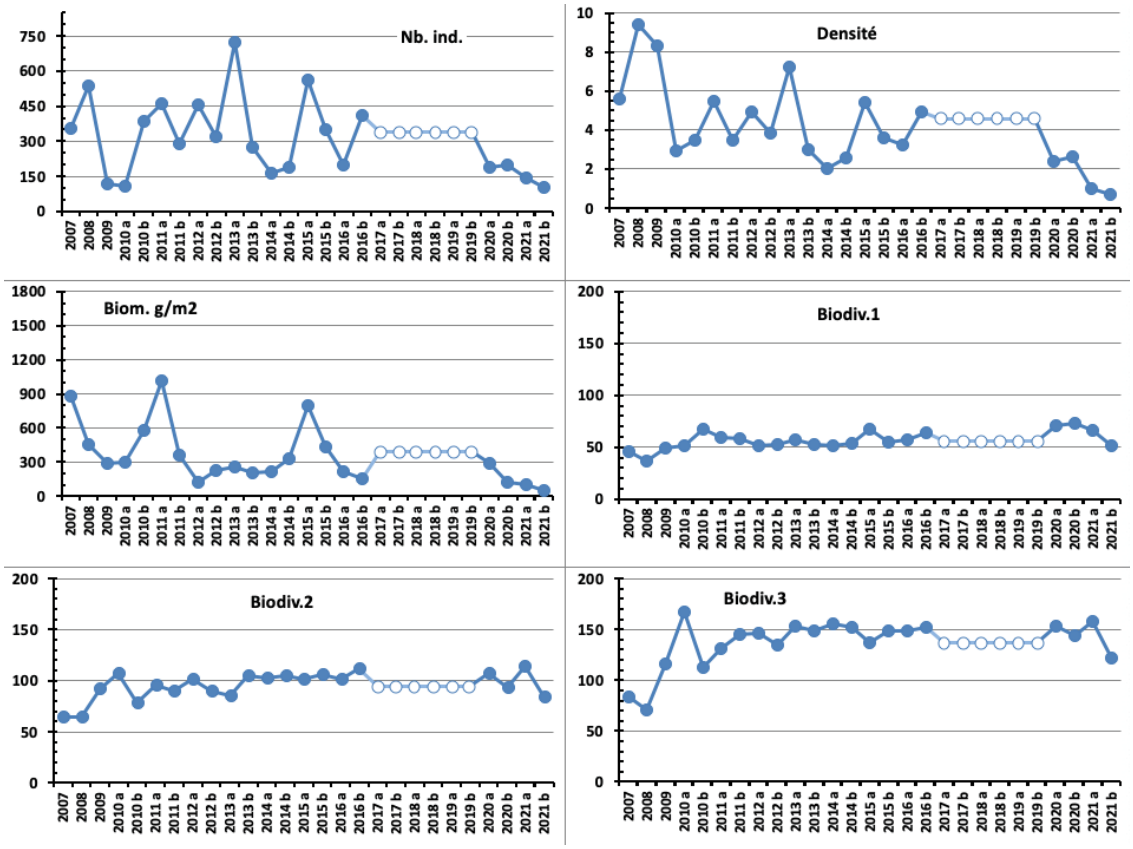


Figure 69 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST10)

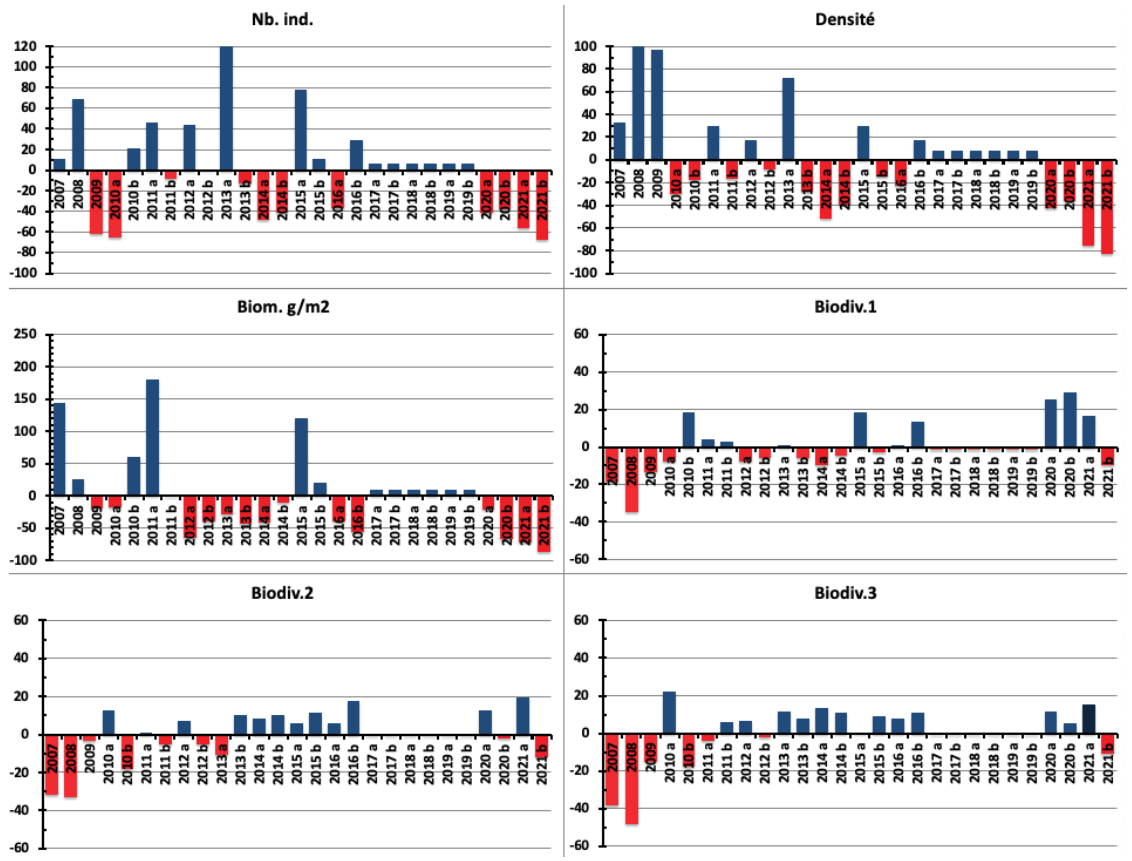


Figure 70 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST10)

4.11 Station 11 = Récif Toémo

Localisation géographique	A l'ouest de la passe du récif de Toémo, parallèlement au récif. Elle est repérable de la surface grâce à l'alignement d'un talweg sur la falaise du rivage avec le pic au sommet de la colline (photographie 24).
Nombre transects	3 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés à 6, 11 et 20 mètres de profondeur, avec un alignement du nord-est vers le sud-ouest.
	Le transect A est positionné au sommet du récif : il se situe en amont de la pente et proche du bourrelet de débris coralliens. Un *Platygyra daedalea* d'un mètre de diamètre permet de repérer la fin du transect. Le transect B est positionné sur la pente récifale. De nombreux débris et massifs coralliens ont dévalé la pente, détruisant une grande partie des communautés coralliennes. Cet événement a certainement comme origine le cyclone Erica (mars 2003). Toutefois de petites colonies coralliennes recolonisent ces débris. Le transect C se situe à la rupture entre le bas du tombant récifal et le début de la pente sédimentaire. C'est une zone d'accumulation de débris et de blocs coralliens provenant du récif (dégradation des fortes houles et des cyclones).

Description générale

Le récif de Toémo est un récif intermédiaire de lagon, situé au nord-ouest du canal de la Havannah, à proximité de la grande passe de Goro. Sa position géographique et les conditions hydrodynamiques soutenues permettent d'assimiler ce récif à une pente externe proche d'une passe.

Le sommet du récif est riche en coraux encroûtants, branchus et tabulaires (*Acropora, Pocillopora, Isopora, Seriatopora, Galaxea* et *Montipora*). Un bourrelet composé de débris coralliens se démarque juste avant la cassure de la pente. Ce dernier est assez pentu (40°) et recouvert par endroits par de nombreux éboulis et des massifs coralliens retournés (coraux tabulaires et massifs). La majorité des débris coralliens finissent leur course en bas de pente.

La pente sédimentaire à une inclinaison douce, cette dernière est composée de sable coquillé et de débris coralliens qui deviennent de moins en moins abondants en fonction de l'éloignement du récif. Quelques grands massifs se répartissent à proximité du tombant récifal mais leur recouvrement en organismes benthiques est fragmentaire.

Caractéristiques principales

- Les conditions hydrodynamiques sont soutenues durant toute l'année (courant, ressac, houle). De nombreux débris et colonies coralliennes ne sont plus fixés sur le substrat suite aux évènements dépressionnaires. Le courant de marée est puissant
- Ce récif a subi des dégradations durant les évènements cycloniques du début d'année 2011 (Vania-Zelia), le cyclone de janvier 2013 (Fréda) et dans une moindre mesure le cyclone Pam en mars 2015 et Winston en février 2016, et dernièrement avec les cyclones Lucas et Niran en 2021
  → Dégradations des communautés benthiques d'ordre mécanique sur l'ensemble de la station à cause de l'hydrodynamisme important : arrachement et casse des colonies coralliennes au transect A et accumulation de débris et de blocs coralliens pour les autres transects B et C
- Des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques, à la maladie de la bande blanche et à la prédation de corallivores
- Les scléractiniaires développent des morphologies robustes
- La richesse spécifique des coraux est relativement élevée pour les niveaux bathymétriques supérieurs (B < A)
- Jusqu'à la mission d'octobre 2020, le recouvrement corallien était important en A (2ème rang du réseau, ainsi que la station dans son ensemble)
- La maladie de la bande blanche peut se développer sur les *Acropora* spp. (tabulaire) pour les niveaux bathymétriques A et B
- Saisonnalité des macrophytes : les algues rouges (particulièrement *Asparagopsis*) présentent un développement

saisonnier qui peut être très important sur l'ensemble de la station
- Les ascidies sont variées et abondantes
- Les spongiaires sont relativement abondantes (*Cliona*)
- Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques

Variations entre mai et novembre 2021

Indicateur Corail :

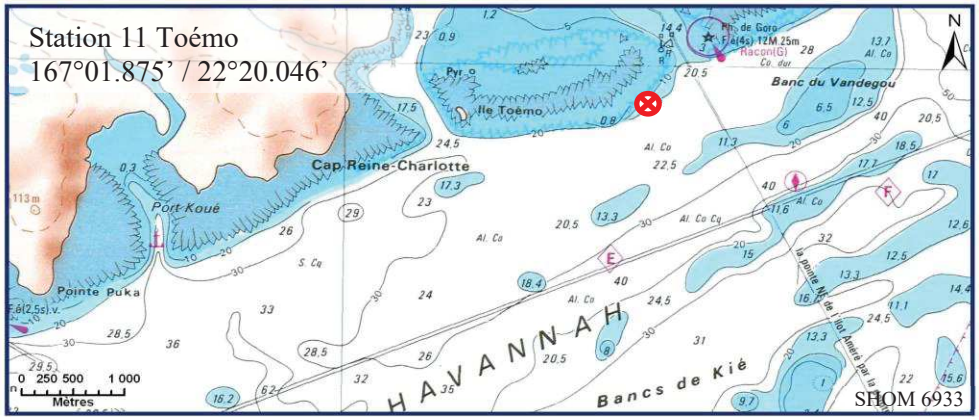
- Le recouvrement corallien est stable, de 31.5% au transect A, 22% en B et 11% en C. Stable. La moyenne sur la station est de 21.5% (*vs* 21.2%), ce qui la place au 3ème rang du réseau
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.4% ; Avril 2016 : 0.57% ; Novembre 2016 : 0.2% ; Avril 2017 : 0.1% ; Septembre 2017 : 0.1%* ; *Mai 2018 : 0.4% ; Novembre 2018 : 0% ; Avril 2019 : 0% ; Octobre 2019 : 0.43% ; Mai 2020 : 1.9% ; Octobre 2020 : 0% ; Mai 2021 : 0.90% ;* Novembre 2021 : 0.27%
- Lésions coralliennes récentes :
  - Prédation des corallivores *Drupella cornus* : 0.6 m² et 0.2 m² de coraux blanchis (transects A et B)
  - Maladies coralliennes : RAS pour cette mission
  - Perturbations mécaniques : les débris coralliens, brisés lors des cyclones du début d'année 2021, se tassent et se stabilisent. Certains reforment des petites colonies coralliennes

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : stable (niveau 2). Elles se développent sur les colonies coralliennes mortes en place et les débris coralliens
- Le turf algal se développe sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place, particulièrement en B & C
- Algue brune *Lobophora :* absente et stable
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : réapparition : recouvrement important aux 3 transects (niveau 0 à 3/5/4)
- *Cliona orientalis* : stable aux 3 transects (niveau 2)
- *Cliona jullieni :* stable aux 3 transects (niveau 2)

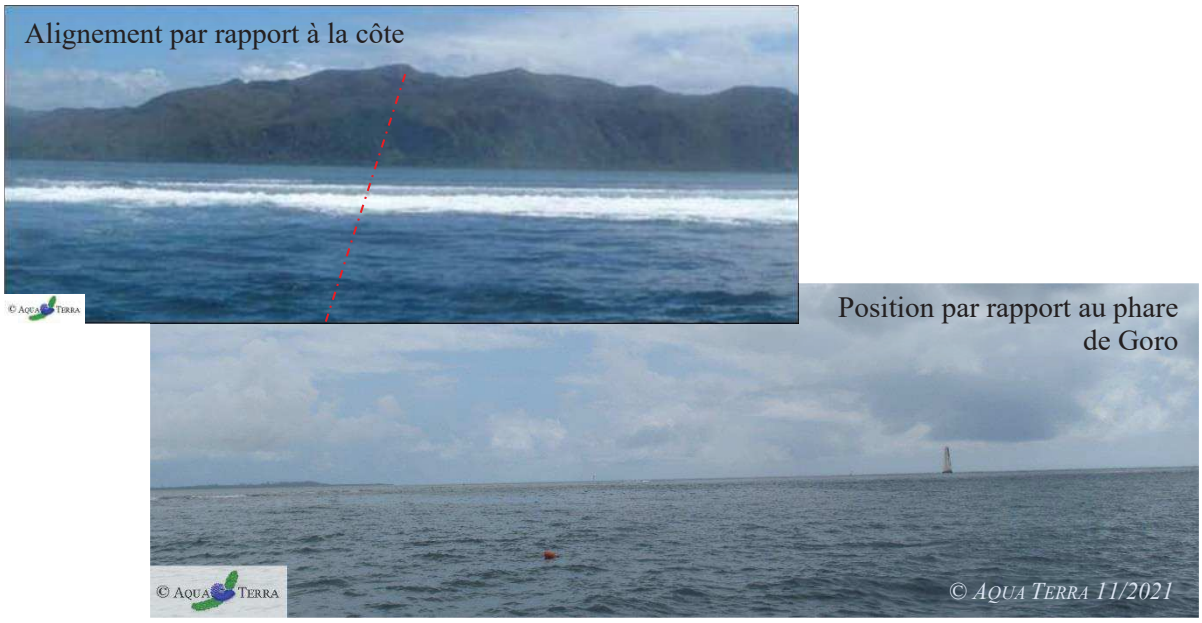
Les corallivores :

- *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Drupella cornus* : stable (niveau 2) en A et B

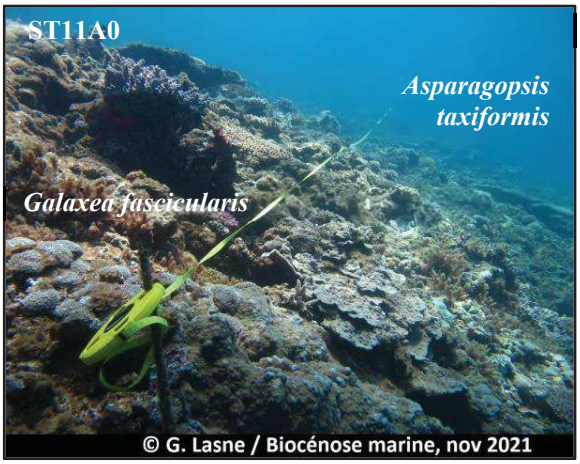


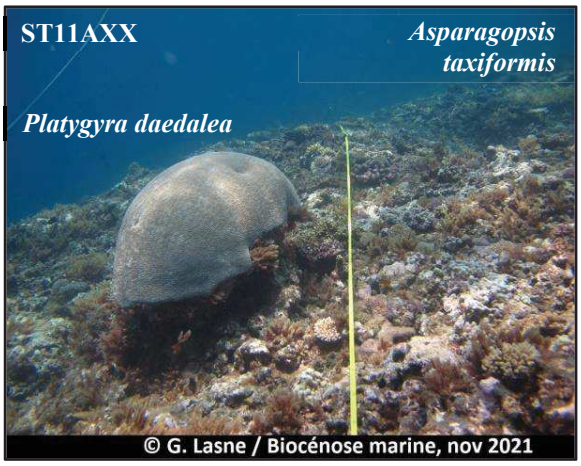


Carte 13 : Localisation de la station 11 (Toémo)

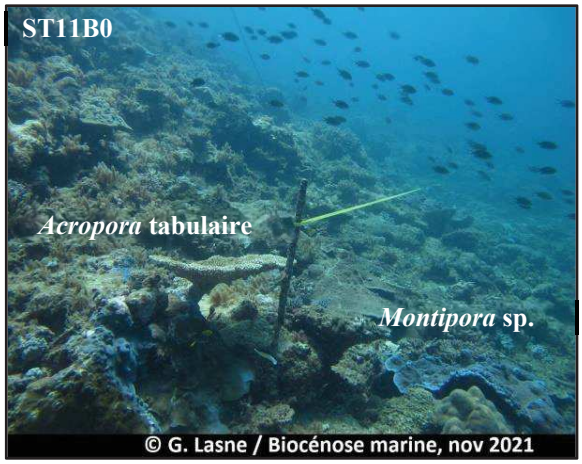


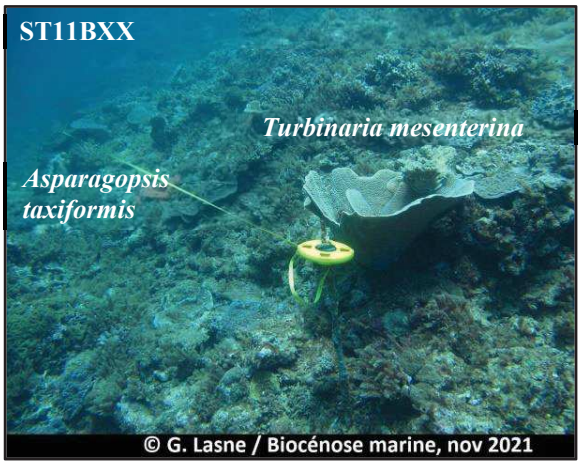
Photographie 24 : Position en surface par rapport à la côte (ST11)



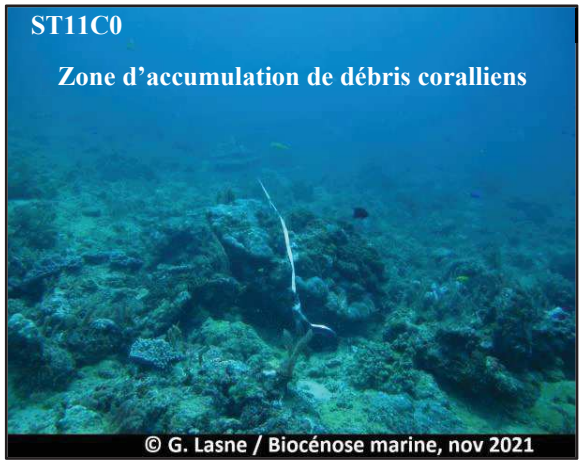


Les parties haute et médiane du récif sont diversifiées et composées de colonies coralliennes robustes Elles ont subi des dégradations mécaniques induites par les cyclones Lucas et Niran (début 2021)





***Asparagopsis* (algue rouge) se développe de manière saisonnière et le turf algal de manière pérenne sur les nombreux débris et les colonies coralliennes mortes en place**





Accumulation de blocs et débris coralliens en bas de pente récifale

Photographie 25 : Vue d'ensemble des transects (ST11, présente mission)

4.11.1 Le substrat (ST11)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 71 pour le transect A, dans la figure 72 pour le transect B et dans la figure 73 pour le transect C.

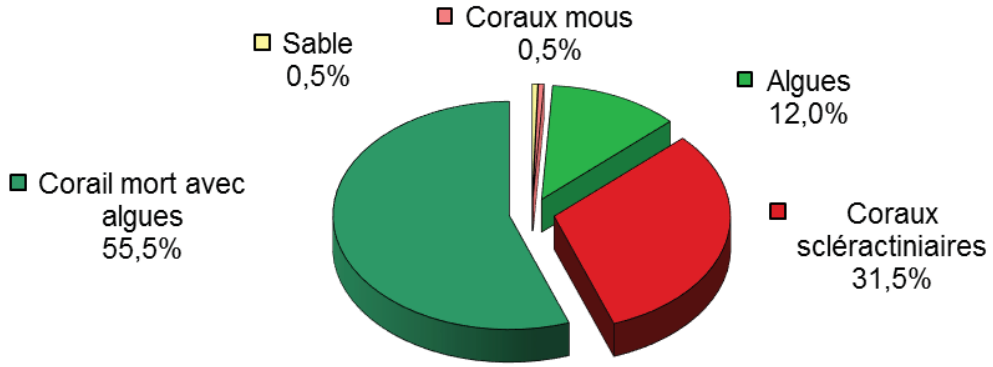


Figure 71 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11A

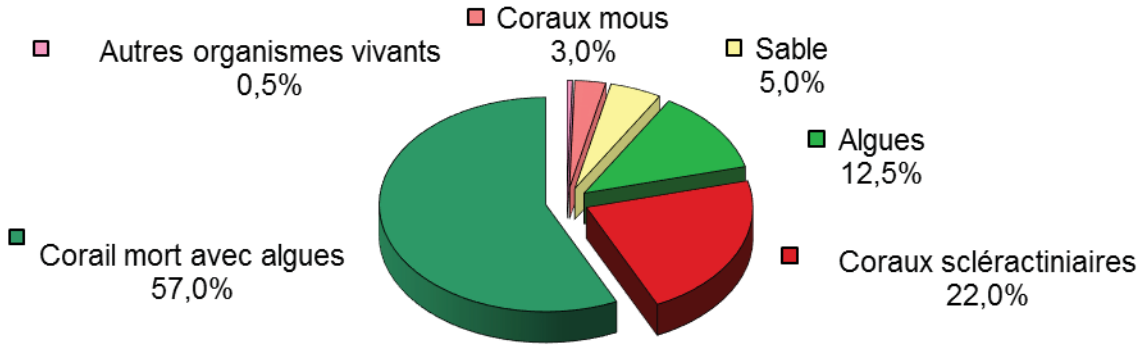


Figure 72 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11B

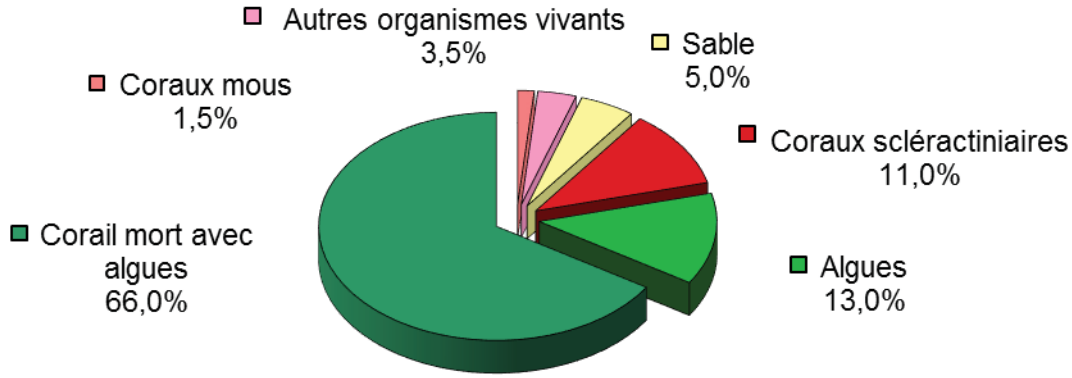


Figure 73 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11C

Cette station possède, parmi les plus forts recouvrements biotiques : 99.5%, 95% et 95% respectivement du haut vers le bas. Cela est dû essentiellement à la classe « coraux morts avec algues » qui est dominante.
Les coraux scléractiniaires y sont aussi moyennement représentés, surtout sur les 2 premiers transects (31.5% et 22%) mais sont stables par rapport à la baisse de la mission précédente).
La moyenne sur la station est de 21.5% ce qui la maintient au 3ème rang.
A noter : disparitions des cyanobactéries et de coraux blanchis (en A et B).

La station, et particulièrement les transects A et B, a été fortement dégradée par des détériorations mécaniques, conséquences des cyclones (Lucas et Niran notamment) du début d'année 2021.

4.11.2 Le benthos (ST11)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe n°04.

En novembre 2021, la richesse spécifique de la station Récif Toémo (ST11) est composée de :

- **49 espèces d'invertébrés** dont 9 espèces de mollusques ; 10 espèces de cnidaires : alcyonaires (7 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 12 espèces d'échinodermes : astéries (6 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon) ; 9 espèces d'éponges ; 7 espèces d'ascidies
- **7 espèces de macrophytes** : algues vertes (4 taxons), algues rouges (3 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

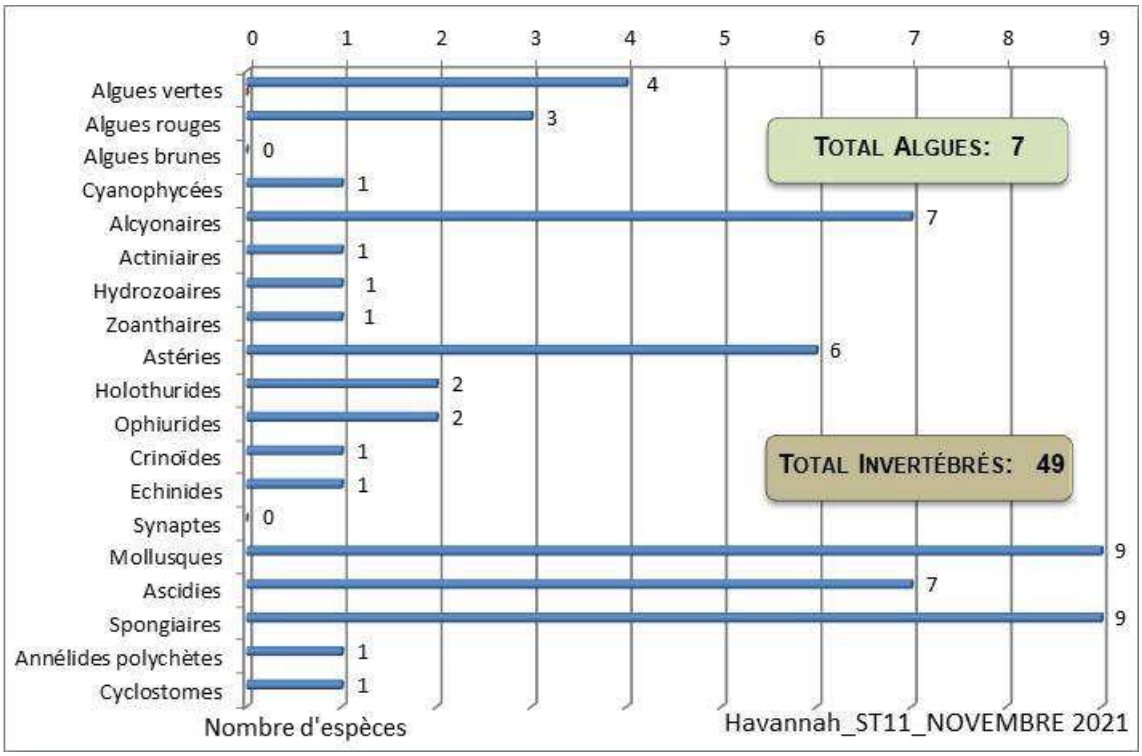


Figure 74 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST11)

4.11.2.1 Benthos Transect 11 A

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST11A est composée de :

- 27 espèces d'invertébrés dont 5 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (6 taxons), zoanthaires (1 taxon) ; 6 espèces d'échinodermes : astéries (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 3 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- 5 espèces de macrophytes : algues rouges (3 taxons), algues vertes (2 taxons)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 90 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST10A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
5 nouvelles espèces d'algues recensées, dont 3 espèces d'algues rouges : •*Asparagopsis taxiformis* (A3), •*Amphiroa* sp. (A2), •*Trichogloea requienii* (A2) ; et 2 espèces d'algues vertes : •*Caulerpa* sp. (A2), •*Neomeris vanbosseae* (A2) ; Une espèce d'algue disparue, l'algue rouge : •*Plocamium armatum* (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	Une espèce de cyanobactéries diminue d'abondance : •*Phormidium* sp. (A2/- 1).
Cnidaires	
☑	☑
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Thelenota ananas* (A1).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les astéries (1 sp) : •*Linckia multifora* (A1/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : •*Phyllidiella pustulosa* (A2).	☑
Éponges	
☑	☑
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Polycarpa aurita* (A2).	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : •*Polycarpa cryptocarpa* (A4/+ 2), •*Polycarpa nigricans* (A4/+ 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.11.2.2 Benthos Transect 11 B

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST11B est composée de :

- 38 espèces d'invertébrés dont 8 espèces de mollusques ; 9 espèces de cnidaires : alcyonaires (6 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 8 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- 6 espèces de macrophytes : algues rouges (3 taxons), algues vertes (3 taxons)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 91 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST10B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
4 nouvelles espèces d'algues recensées, dont 2 espèces d'algues rouges : •*Asparagopsis taxiformis* (A5), •*Trichogloea requienii* (A2) ; et 2 espèces d'algues vertes : •*Neomeris vanbosseae* (A2), •*Chlorodesmis fastigiata* (A2) ; Une espèce d'algue disparue, l'algue rouge : •*Plocamium armatum* (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
☑	2 espèces de cnidaires augmentent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (2 espèces) : •*Lobophytum* sp. (A3/+ 1), •*Sinularia* sp. (A3/+ 1). Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 sp) : •*Sarcophyton* sp. (A2/- 1).
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Gomophia egyptiaca* (A1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A2). Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Diadema setosum* (A0/-1).	☑
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Drupella cornus* (A2).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Hyotissa hyotis* (A1/- 1).
Éponges	
☑	2 espèces d'éponges diminuent d'abondance : •*Cliona jullieni* (A2/- 1), •*Cliona orientalis* (A2/- 1).
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : •*Clavelina detorta* (A2), •*Polycarpa aurita* (A3).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : •*Polycarpa cryptocarpa* (A3/+ 1). Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.11.2.3 Benthos Transect 11 C

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST11C est composée de :

- 37 espèces d'invertébrés dont 4 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 9 espèces d'échinodermes : astéries (4 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 9 espèces d'éponges ; 7 espèces d'ascidies
- 4 espèces de macrophytes : algues rouges (2 taxons), algues vertes (2 taxons)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 92 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST10C)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
4 nouvelles espèces d'algues recensées, dont 2 espèces d'algues rouges : •*Asparagopsis taxiformis* (A4), •*Trichogloea requienii* (A2) ; et 2 espèces d'algues vertes : •*Neomeris vanbosseae* (A2), •*Chlorodesmis fastigiata* (A1) ; Une espèce d'algue disparue, l'algue rouge : •*Plocamium armatum* (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
☑	☑
Échinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 espèces) : •*Gomophia watsoni* (A1), •*Nardoa gomophia* (A1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A2). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les échinides (-2 espèce) : •*Diadema setosum* (A0/-2), •*Echinometrix diadema* (A0/-1).	☑
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Coralliophila violacea* (A2). Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les nudibranches (-1 sp) : •*Phyllidiella pustulosa* (A0/-1).	☑
Éponges	
2 nouvelles espèces d'éponges recensées : •Spongiaires ind. (noire) (A2), •*Leucetta chagosensis* (A1).	2 espèces d'éponges augmentent d'abondance : •*Cymbastela cantharella* (A2/+ 1), •Spongiaires ind. (orange) (A2/+ 1).
Ascidies	
☑	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A3/+ 1). Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.11.3 Les poissons (ST11)

La liste des espèces observées[15] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 93.

Tableau 93 : Données sur les poissons (ST11)

Récif Toémo ST11		Transect A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Acanthurus blochii*				1	0,01	0,39				0,33	0,00	0,13
Aca	*Acanthurus lineatus*	5	0,06	2,75							1,67	0,02	0,92
Aca	*Acanthurus mata*				10	0,07	2,47				3,33	0,02	0,82
Aca	*Naso unicornis*				2	0,01	14,22				0,67	0,00	4,74
Aca	*Zebrasoma veliferum*				1	0,01	0,10				0,33	0,00	0,03
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*							1	0,01	0,00	0,33	0,00	0,00
Can	*Canthigaster valentini*							1	0,01	0,00	0,33	0,00	0,00
Cha	*Chaetodon auriga*	2	0,03	0,11							0,67	0,01	0,04
Cha	*Chaetodon bennetti*	2	0,03	0,06							0,67	0,01	0,02
Cha	*Chaetodon citrinellus*	3	0,04	0,02							1,00	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon ephippium*	2	0,03	0,03							0,67	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon kleinii*	3	0,04	0,02							1,00	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon lunulatus*	3	0,04	0,02							1,00	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon mertensii*	1	0,01	0,01	3	0,02	0,01				1,33	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon pelewensis*				2	0,01	0,01	2	0,01	0,01	1,33	0,01	0,00
Cha	*Chaetodon plebeius*	1	0,01	0,00							0,33	0,00	0,00
Cha	*Chaetodon speculum*	2	0,03	0,01							0,67	0,01	0,00
Cha	*Chaetodon trifascialis*	2	0,03	0,03							0,67	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon vagabundus*	1	0,01	0,03							0,33	0,00	0,01
Cha	*Coradion altivelis*	2	0,03	0,06							0,67	0,01	0,02
Cha	*Forcipiger longirostris*							2	0,01	0,01	0,67	0,00	0,00
Cha	*Heniochus acuminatus*	1	0,01	0,25							0,33	0,00	0,08
Cha	*Heniochus chrysostomus*							2	0,01	0,11	0,67	0,00	0,04
Cha	*Heniochus varius*	2	0,03	0,36							0,67	0,01	0,12
Epi	*Cephalopholis urodeta*	3	0,04	0,26							1,00	0,01	0,09
Epi	*Epinephelus fasciatus*				2	0,01	0,10				0,67	0,00	0,03
Epi	*Epinephelus maculatus*				2	0,01	0,78				0,67	0,00	0,26
Epi	*Epinephelus merra*	1	0,01	0,09							0,33	0,00	0,03
Epi	*Plectropomus leopardus*				1	0,01	6,59	3	0,02	21,33	1,33	0,01	9,31
Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*				1	0,01	3,00				0,33	0,00	1,00
Hae	*Plectorhinchus lessonii*				1	0,01	1,74				0,33	0,00	0,58
Lab	*Bodianus loxozonus*							1	0,01	0,06	0,33	0,00	0,02
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	0,01	0,13				1	0,01	0,08	0,67	0,01	0,07
Lab	*Cheilinus undulatus*							1	0,01	1,74	0,33	0,00	0,58
Lab	*Coris gaimard*	1	0,01	0,05							0,33	0,00	0,02
Lab	*Gomphosus varius*	4	0,05	0,06							1,33	0,02	0,02
Lab	*Hemigymnus melapterus*	1	0,01	0,13							0,33	0,00	0,04
Lab	*Labroides bicolor*	2	0,03	0,03							0,67	0,01	0,01
Lab	*Labroides dimidiatus*	5	0,06	0,03	5	0,04	0,02				3,33	0,03	0,02
Lab	*Thalassoma amblycephalum*	20	0,25	0,14	10	0,07	0,09				10,00	0,11	0,08
Lab	*Thalassoma hardwicke*	5	0,06	0,03	5	0,04	0,05				3,33	0,03	0,03
Lab	*Thalassoma lunare*	6	0,08	0,04	5	0,04	0,02	5	0,03	0,07	5,33	0,05	0,04
Lab	*Thalassoma lutescens*	4	0,05	0,03	5	0,04	0,01				3,00	0,03	0,01
Mic	*Ptereleotris evides*							8	0,04	0,01	2,67	0,01	0,00
Mul	*Parupeneus crassilabris*	4	0,05	1,73							1,33	0,02	0,58
Nem	*Scolopsis bilineatus*	2	0,03	0,50	1	0,01	0,10	2	0,01	0,11	1,67	0,01	0,24

[15] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe n°01

Poc	*Centropyge bicolor*	3	0,04	0,05	2	0,01	0,01	3	0,02	0,02	2,67	0,02	0,03
Poc	*Centropyge bispinosa*				2	0,01	0,00	3	0,02	0,02	1,67	0,01	0,01
Poc	*Centropyge flavissima*	1	0,01	0,01							0,33	0,00	0,00
Poc	*Centropyge tibicen*				3	0,02	0,01	2	0,01	0,01	1,67	0,01	0,01
Poc	*Pomacanthus imperator*							1	0,01	0,15	0,33	0,00	0,05
Poc	*Pomacanthus semicirculatus*							1	0,01	0,11	0,33	0,00	0,04
Pom	*Abudefduf whitleyi*	20	0,25	1,72	10	0,07	0,49				10,00	0,11	0,74
Pom	*Amphiprion clarkii*				4	0,03	0,02	4	0,02	0,01	2,67	0,02	0,01
Pom	*Chromis fumea*				10	0,07	0,01	5	0,03	0,00	5,00	0,03	0,01
Pom	*Chrysiptera rollandi*	3	0,04	0,01	2	0,01	0,00	2	0,01	0,00	2,33	0,02	0,00
Pom	*Chrysiptera taupou*				5	0,04	0,01	8	0,04	0,01	4,33	0,03	0,00
Pom	*Dascyllus reticulatus*	10	0,13	0,02	15	0,11	0,02	12	0,07	0,01	12,33	0,10	0,02
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	2	0,03	0,01	3	0,02	0,00	2	0,01	0,01	2,33	0,02	0,01
Sca	*Chlorurus sordidus*	3	0,04	1,00	3	0,02	0,43				2,00	0,02	0,48
Sca	*Scarus niger*	1	0,01	2,00				1	0,01	3,00	0,67	0,01	1,67
Sca	*Scarus rubroviolaceus*	1	0,01	10,72							0,33	0,00	3,57
Sca	*Scarus schlegeli*				1	0,01	2,44				0,33	0,00	0,81
Sig	*Siganus canaliculatus*				10	0,01	0,30				3,33	0,00	0,10
Total		**135**	**1,69**	**22,55**	**127**	**0,82**	**33,45**	**73**	**0,41**	**26,87**	**111,67**	**0,97**	**27,62**
Biodiversité		**38**			**30**			**24**			**64**		
Indice de Shannon =		5,344											
Equitabilité =		0,866											

Sur l'ensemble des transects de la station, 334 individus appartenant à 64 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.97 poisson/m² pour une biomasse de 27.62 g/m².
106 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 94).

Tableau 94 : Liste des espèces complémentaires (ST11)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus blochii*	*Ech*	*Echeneis naucrates*	*Pin*	*Parapercis australis*
Aca	*Acanthurus lineatus*	*Epi*	*Cephalopholis urodeta*	*Pin*	*Parapercis hexophtalma*
Aca	*Acanthurus mata*	*Epi*	*Epinephelus fasciatus*	*Ple*	*Assessor macneilli*
Aca	*Acanthurus olivaceus*	*Epi*	*Epinephelus maculatus*	*Poc*	*Centropyge bicolor*
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	*Epi*	*Epinephelus merra*	*Poc*	*Centropyge bispinosa*
Aca	*Naso unicornis*	*Epi*	*Plectropomus laevis*	*Poc*	*Centropyge flavissima*
Aca	*Zebrasoma scopas*	*Epi*	*Plectropomus leopardus*	*Poc*	*Centropyge tibicen*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	*Fis*	*Fistularia commersonii*	*Poc*	*Pomacanthus imperator*
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	*Gra*	*Diploprion bifasciatum*	*Poc*	*Pomacanthus semicirculatus*
Aul	*Aulostomus chinensis*	*Hae*	*Plectorhinchus chaetodonoides*	*Pom*	*Abudefduf whitleyi*
Bal	*Sufflamen bursa*	*Hae*	*Plectorhinchus lessonii*	*Pom*	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	*Hol*	*Neoniphon sammara*	*Pom*	*Amphiprion clarkii*
Can	*Canthigaster valentini*	*Lab*	*Anampses caeruleopunctatus*	*Pom*	*Chromis fumea*
Cha	*Chaetodon auriga*	*Lab*	*Anampses femininus*	*Pom*	*Chromis leucura*
Cha	*Chaetodon baronessa*	*Lab*	*Bodianus axillaris*	*Pom*	*Chrysiptera rollandi*
Cha	*Chaetodon bennetti*	*Lab*	*Bodianus loxozonus*	*Pom*	*Chrysiptera taupou*
Cha	*Chaetodon citrinellus*	*Lab*	*Cheilinus chlorourus*	*Pom*	*Dascyllus reticulatus*
Cha	*Chaetodon ephippium*	*Lab*	*Cheilinus undulatus*	*Pom*	*Neoglyphidodon nigroris*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	*Lab*	*Coris gaimard*	*Pom*	*Plectroglyphidodon dickii*
Cha	*Chaetodon kleinii*	*Lab*	*Gomphosus varius*	*Pom*	*Plectroglyphidodon johnstonianus*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	*Lab*	*Halichoeres prosopeion*	*Pom*	*Plectroglyphidodon lacrymatus*

Cha	*Chaetodon melannotus*	*Lab*	*Hemigymnus melapterus*	*Pom*	*Pomacentrus lepidogenys*
Cha	*Chaetodon mertensii*	*Lab*	*Labroides bicolor*	*Pom*	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon ornatissimus*	*Lab*	*Labroides dimidiatus*	*Pom*	*Pomacentrus nagasakiensis*
Cha	*Chaetodon pelewensis*	*Lab*	*Macropharyngodon meleagris*	*Pom*	*Pomacentrus simsiang*
Cha	*Chaetodon plebeius*	*Lab*	*Stethojulis bandanensis*	*Pri*	*Priacanthus hamrur*
Cha	*Chaetodon speculum*	*Lab*	*Thalassoma amblycephalum*	*Sca*	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon trifascialis*	*Lab*	*Thalassoma hardwicke*	*Sca*	*Scarus ghobban*
Cha	*Chaetodon vagabundus*	*Lab*	*Thalassoma lunare*	*Sca*	*Scarus niger*
Cha	*Coradion altivelis*	*Lab*	*Thalassoma lutescens*	*Sca*	*Scarus rubroviolaceus*
Cha	*Forcipiger longirostris*	*Mic*	*Gunnellichthys curiosus*	*Sca*	*Scarus schlegeli*
Cha	*Heniochus acuminatus*	*Mic*	*Ptereleotris evides*	*Sig*	*Siganus canaliculatus*
Cha	*Heniochus chrysostomus*	*Mul*	*Parupeneus crassilabris*	*Sig*	*Siganus doliatus*
Cha	*Heniochus varius*	*Nem*	*Scolopsis bilineatus*	*Sig*	*Siganus vulpinus*
Cir	*Cirrhitichthys falco*	*Ost*	*Ostracion cubicus*	*Syn*	*Synodus variegatus*
Cir	*Paracirrhites forsteri*				

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 95 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 75.

Tableau 95 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST11)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		Campagne	Moy.	Campagne	Moy.
Acanthuridae	40	5	6,42	12,50	16,06
Chaetodontidae	30	15	9,58	50,00	31,92
Epinephelinae	26	5	2,19	19,23	8,43
Labridae	97	12	9,54	12,37	9,83
Lethrinidae	16	0	0,04	0,00	0,24
Lutjanidae	22	0	0,08	0,00	0,35
Mullidae	14	1	1,92	7,14	13,74
Pomacanthidae	14	6	3,96	42,86	28,30
Pomacentridae	92	7	6,04	7,61	6,56
Scaridae	23	4	4,58	17,39	19,90
Siganidae	10	1	0,92	10,00	9,23
Autres	257	8	5,04	3,11	1,96
Khi2 obs		**6,9**		**71,6**	
Khi2 tab				**19,17**	

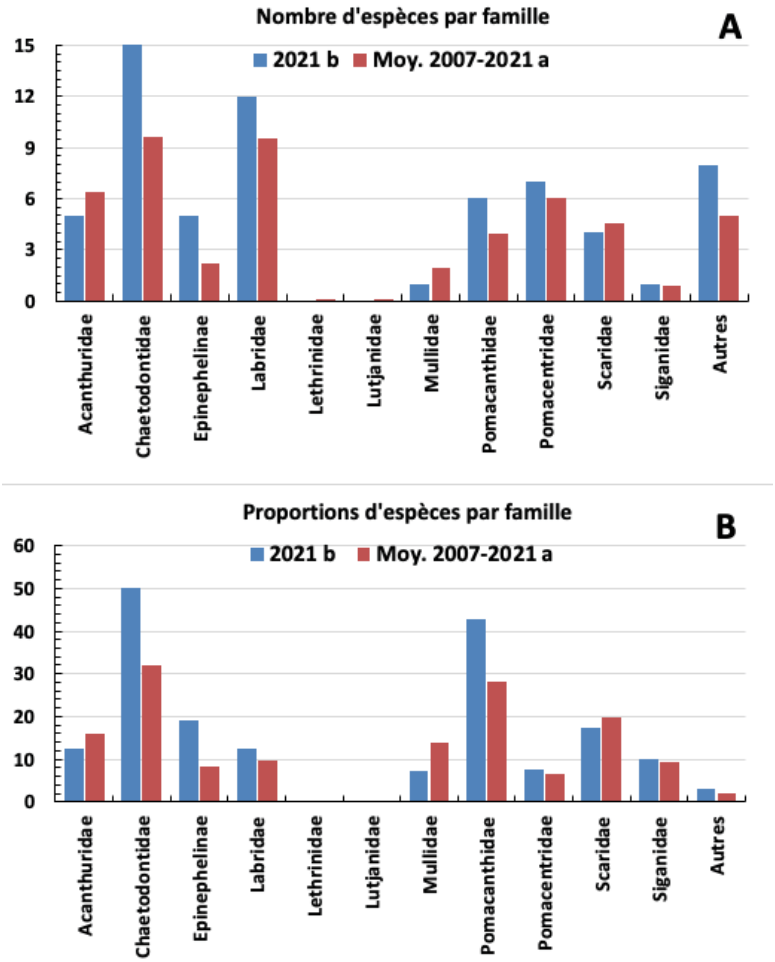


Figure 75 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST11)

L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

Le récapitulatif des résultats en termes de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 est présenté dans le tableau 96 et la figure 76.

Tableau 96 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST11)

Récif Toémo ST11		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2021 b	Transect A	135,00	1,69	22,55	38		
	Transect B	127,00	0,82	33,45	30		
	Transect C	73,00	0,41	26,87	24		
	Moy. ABC	**111,67**	**0,97**	**27,62**	**64**	**76**	**106**
2021 a	Moy. ABC	178,00	0,79	64,93	72	90	132
2020 b	Moy. ABC	109,33	1,09	49,52	52	98	144
2020 a	Moy. ABC	142,67	1,69	86,92	56	73	104
2019 b	Moy. ABC	206,00	1,59	134,05	70	93	127
2019 a	Moy. ABC	201,00	2,00	116,86	70	87	124
2018 b	Moy. ABC	178,00	1,66	40,10	56	84	117
2018 a	Moy. ABC	196,67	1,68	129,74	72	90	141
2017 b	Moy. ABC	150,67	2,26	51,02	51	79	110
2017 a	Moy. ABC	215,33	1,84	19,50	53	77	111
2016 b	Moy. ABC	155,33	1,15	31,08	45	92	122
2016 a	Moy. ABC	166,00	1,67	121,78	57	79	111
2015 b	Moy. ABC	183,00	1,78	57,17	59	81	109
2015 a	Moy. ABC	184,67	1,64	134,53	68	80	107
2014 b	Moy. ABC	100,00	1,27	73,96	51	74	105
2014 a	Moy. ABC	95,00	1,08	44,99	49	68	98
2013 b	Moy. ABC	140,33	1,64	52,11	37	54	94
2013 a	Moy. ABC	110,00	1,35	60,53	42	55	92
2012 b	Moy. ABC	97,33	1,27	108,09	43	70	110
2012 a	Moy. ABC	122,33	1,70	114,66	45	85	116
2011 b	Moy. ABC	74	0,90	38,56	48	67	109
2011 a	Moy. ABC	129,33	2,50	188,39	50	79	116
2010 b	Moy. ABC	180	1,59	75,10	44	61	88
2010 a	Moy. ABC	93,33	1,86	75,42	42	65	95
2009	Moy. ABC	74,67	3,12	79,63	31	50	74
2008	Moy. ABC	111,33	1,90	61,85	39	57	71
2007[16]	Moy. ABC	123,67	1,64	174,47	28	37	53

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i=(X_i-X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 97 et représentation figure 77.

Tableau 97 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	1 792	0,25	1 981	142,87	220,95	417,27
Ecart type	42,34	0,50	44,51	11,95	14,86	20,43
Moyenne	141,83	1,62	81,95	51,89	74,11	106,96
Coef. de Var.	0,30	0,31	0,54	0,23	0,20	0,19

[16] Les données 2007 ont été reprises en éliminant les espèces qui ne figurent pas sur cette liste car le rapport 2007 ne tient pas compte de la liste DENV sur le TLV.

Commentaires :

Cette station est proche de la passe du lagon de Goro et de la crête récifale de son récif barrière.
Elle reçoit sans protection et avec une incidence oblique d'une part, les houles océaniques de sud-sst, et d'autre part les vagues d'alizé. Ces phénomènes induisent un courant de « transfert littoral » violent parallèle à la crête et sensible jusqu'à la profondeur du transect B. Par ailleurs, à marée descendante, cette station est à la confluence du courant de sortie du lagon de Goro et du courant de vidange vers l'océan du canal de la Havannah. Ce système génère des gyres violents et imprévisibles et s'additionne d'un mascaret en surface dès que le vent avoisinne ou dépasse 15 nds.

Cet hydrodynamisme déjà décrit dans certains rapports précédents, influe sur la sécurité et sur la prise de données quelles qu'elles soient.
L'abondance sur les transects et surtout sur le transect A fluctue avec l'hydrodynamisme en fonction de :

- la hauteur des houles (celles-ci ont toujours la même orientation SE)
- l'importance des vagues et leur orientation, donc le sens et la force du vent
- et la marée et non seulement du fait des courants et du marnage, mais également de l'heure par rapport aux étales, puisque de nombreuses espèces (d'Acanthuridés, de Siganidés, etc.) aiment à être près du déferlement, lequel bien évidemment, change de position en fonction de la hauteur de la mer.

Lors de cette mission l'hydrodynamisme été, exceptionnelllement, très faible et le peuplement ichtyologique était dispersé.

Ainsi :

- La densité et la biomasse sont très faibles.
- Les biodiversités 1, 2 et 3 sont normales.

La série historique montre des structures de peuplement changeantes d'une mission à l'autre comme sur toutes les stations du canal de la Havannah.

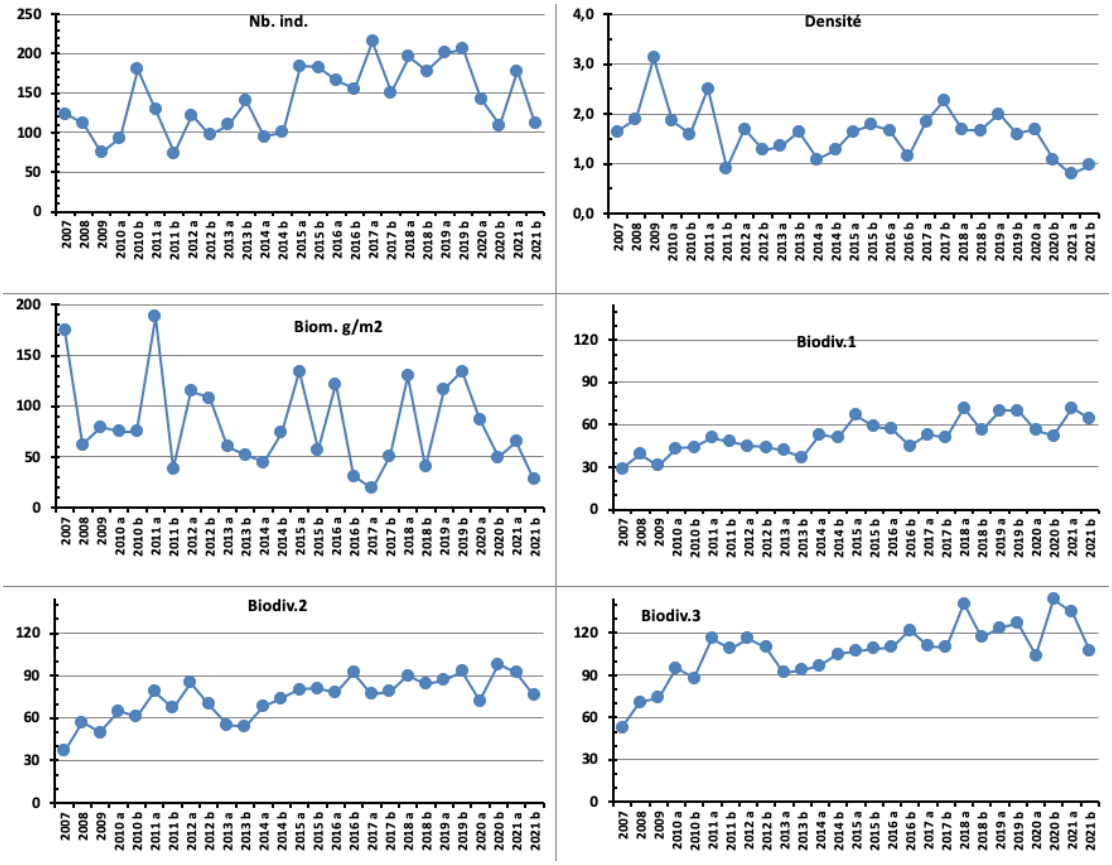


Figure 76 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11)

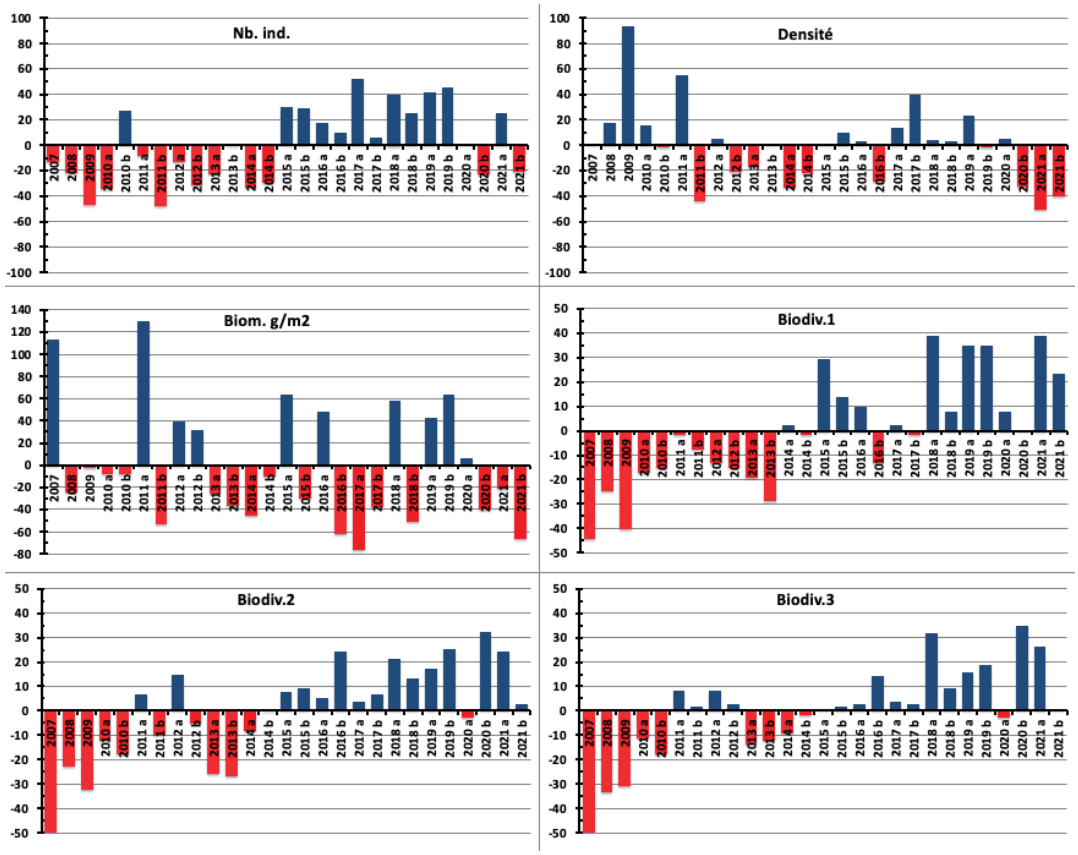


Figure 77 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11)

4.12 Station 12 = Ilot Ugo

Localisation géographique	Partie nord de la façade ouest du récif frangeant sous le vent de l'îlot Ugo.
Nombre transects	2 transects.
Description transects	Ils ont été positionnés à 5 et 13 mètres de profondeur, perpendiculairement à la pente du récif frangeant dans un alignement du nord-est vers le sud-ouest.
	Il n'y a que 2 transects car sous 14 m de profondeur, les constructions coralliennes deviennent de plus en plus restreintes (gros blocs rocheux et débris coralliens qui ont dévalés la pente). Puis, vers 17 m de profondeur, la pente sédimentaire, composée de sable et inclinée à 35°, peut être colonisée principalement par une grande variété d'holothuries (*Holothuria fuscopunctata, Bohadschia argus, Stichopus stichopus, S. variegatus, Thelenota ananas*). Ces dernières s'éparpillent à travers le substrat meuble et les quelques débris. Un transect à 20 m n'aurait donc pas été pertinent en termes de suivi (recouvrement biotique très faible et recouvrement corallien proche de nul). Le transect A est installé dans le haut du tombant récifal. Il est composé par de grandes colonies plurimétriques de *Porites*, d'*Acropora* branchus et *Lobophyllia corymbosa*. Cette dernière est disloquée et une partie s'est effondrée sur le niveau inférieur. Le reste des colonies coralliennes sont de taille décimétrique et les débris coralliens sont très nombreux. Deux grands couloirs d'effondrement traversent la pente récifale jusqu'au pied du 2ème transect. Ces derniers sont parsemés par de multiples espèces de Fungiidae. Le niveau bathymétrique du transect B se caractérise par un recouvrement important de débris, de blocs coralliens sur du sable coquillé, avec un couloir d'effondrement sous le début du transect. Un massif corallien du genre *Goniopora* de taille pluri métrique s'étale sur les débris coralliens. Les autres colonies de madrépores sont de taille décimétrique et sont dispersées de manière éparse.

Description générale

Ce récif est soumis aux courants de marées et subi sur sa façade sud-est l'assaut des vagues dues aux alizés, alors que sa façade nord et nord-ouest est plus protégée.
La station est positionnée sur le front récifal du récif frangeant. Le platier récifal est large, arasé et peu colonisé par les coraux.

Le haut du tombant récifal est structuré en marches d'escalier délimitées par de grandes colonies de *Porites* sp.. Ce niveau bathymétrique est bien colonisé par les scléractiniaires de tailles hétérogènes (décimétrique à plurimétrique). Les massifs coralliens de forme massive se développent particulièrement en haut de récif jusqu'à mi pente, laissant la place au fur et à mesure aux coraux branchus. Cependant, la structure récifale présente deux couloirs d'effondrement avec par place de grandes accumulations de débris et de blocs coralliens. Ces derniers sont recouverts principalement par des corallines. De très nombreux Fungiidae (coraux libres) sont éparpillés et enchevêtrés à travers cette structure mouvante.

Caractéristiques principales

- Les conditions hydrodynamiques peuvent être importantes : de grands couloirs d'effondrement composés de débris sont disposés de part et d'autres de la station et ils deviennent de plus en plus large au gré des périodes dépressionnaires. Il y a aussi accumulation importante de débris (sous les transects et en périphérie de la station) qui sont régulièrement remobilisés par la houle
- Le niveau bathymétrique supérieur (A) a été très endommagé par les cyclones Niran et Lucas (début 2021) : colonies et blocs coralliens retournés, nombreuses zones d'accumulation de débris
- Des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques, à la maladie de la bande blanche et à la prédation de corallivore
- Croissance de grandes colonies de *Porites* sp., *Lobophyllia corymbosa* et de grands massifs de *Goniopora* sp. et *Acropora* spp.
- Le reste des colonies coralliennes sont de taille décimétrique à métrique (turn over important)
- Grande diversité et abondance des coraux libres (famille Fungiidae) qui affectionnent particulièrement ce substrat détritique (couloir d'effondrement de débris)

- Des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques, à la maladie de la bande blanche et à la prédation de corallivores
- Sédimentation importante de particules fines carbonatées en bas du tombant (début de pente sédimentaire)
- Recouvrement très important de *Sarcophyton* (alcyonaires)
- Recouvrement algal très faible
- Les spongiaires (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*) sont relativement bien développées et colonisent les massifs et les blocs coralliens

- **Présence d'*Acanthaster planci* :** très occasionnelle :

→ Présence de 1 spécimen en mai et novembre 2018 en A
→ Présence de 2 spécimens en avril 2019 en A
→ **Absence depuis octobre 2019**

Variations entre mai et novembre 2021

Indicateur Corail :

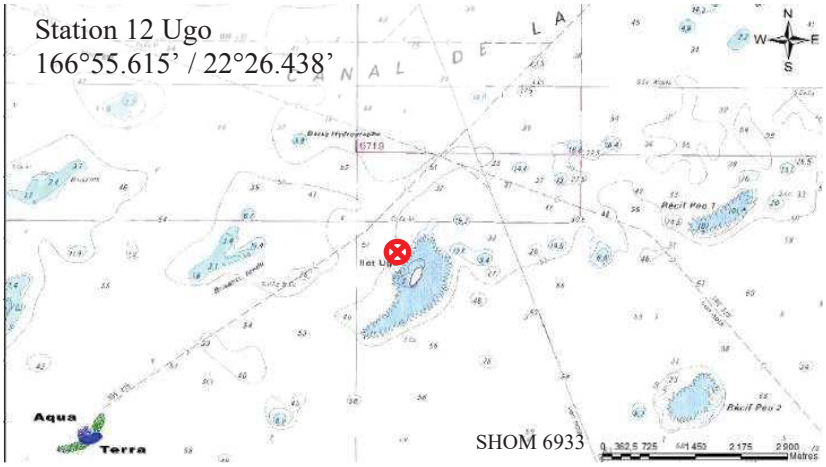
- Le recouvrement corallien est stable, de 18% au transect A et 19% en B. Stable
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.5% ; Avril 2016 : 0.25% ; Novembre 2016 : 0.5% ; Avril 2017 : 0.2% ; Septembre 2017 : 1.35% ; Mai 2018 : 0.75% ; Novembre 2018 : 0.40% ; Avril 2019 : 1.25 % ; Octobre 2019 : 0.9% ; Mai 2020 : 0.35% ; Octobre 2020 : 0.35% ; Mai 2021 : 0.55% ;* Novembre 2021 : 0%
- Lésions coralliennes récentes :
  - Prédation des corallivores *Drupella cornus* et *Chicoreus brunneus* : RAS pour cette mission
  - Maladies coralliennes : RAS pour cette mission
  - Perturbations mécaniques : les débris coralliens, brisés lors des cyclones du début d'année 2021, se tassent et se stabilisent. Certains reforment des petites colonies coralliennes

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : stable (2). Elles se développent sur les débris coralliens remobilisés dans les couloirs d'effondrements
- Le turf algal se développe abondamment sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place au fur et à mesure de leur dégradation
- Algue brune *Lobophora* : disparition (niveau 2 à 0)
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente, stable
- *Cliona orientalis* : stable en A (niveau 3) et augmentation en B (niveau 2 à 3)
- *Cliona jullieni :* diminution A (niveau 3/2) et stable en B (niveau 2)

Les corallivores :

- *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Drupella cornus* et *Chicoreus brunneus* : absence, stable

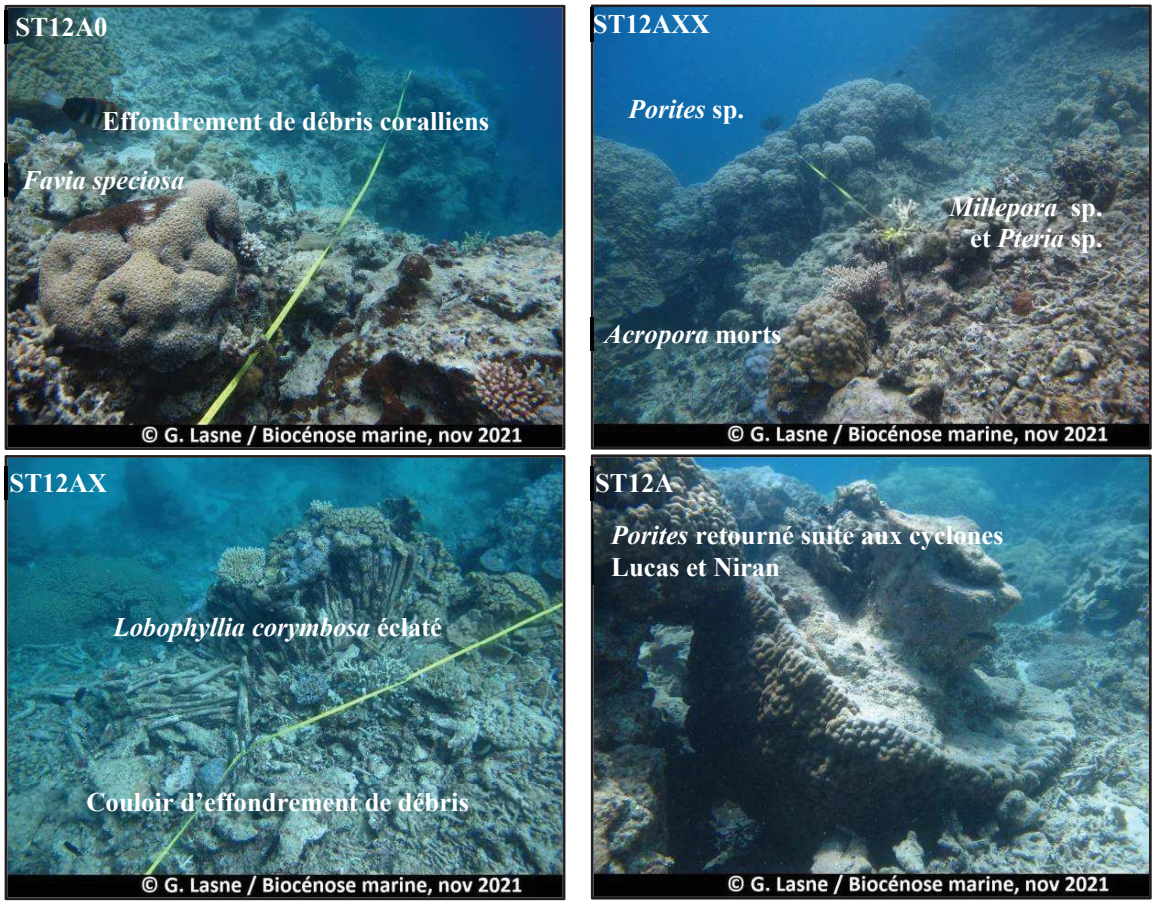




Carte 14 : Localisation de la station 12 (Ilot Ugo)



Photographie 26 : Position en surface par rapport à la côte (ST12)



De nombreuses colonies coralliennes sont fragmentées et retournées depuis le passage des cyclones Lucas et Niran
Ces niveaux bathymétriques ont également subi des proliférations de corallivores (*Drupella cornus* et *Acanthaster planci*) lors des missions précédentes



Les débris coralliens forment des couloirs d'effondrement depuis le haut du récif jusqu'à la pente sédimentaire

Photographie 27 : Vue d'ensemble des transects (ST12, présente mission)

4.12.1 Le substrat (ST12)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la figure 78 pour le transect A et dans la figure 79 pour le transect B.

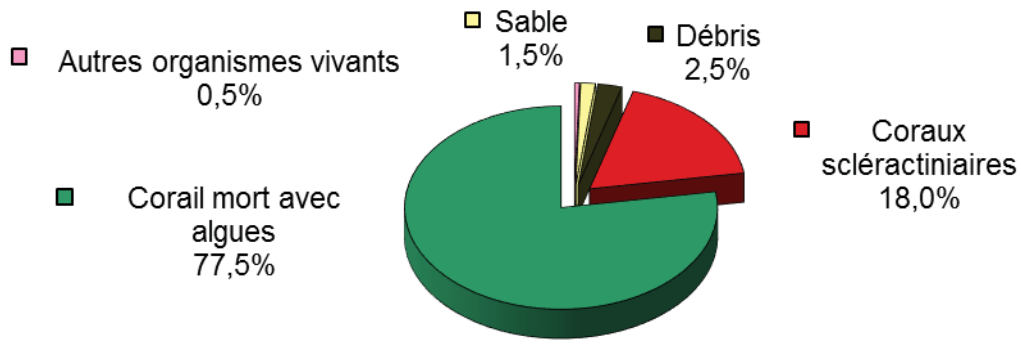


Figure 78 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12A

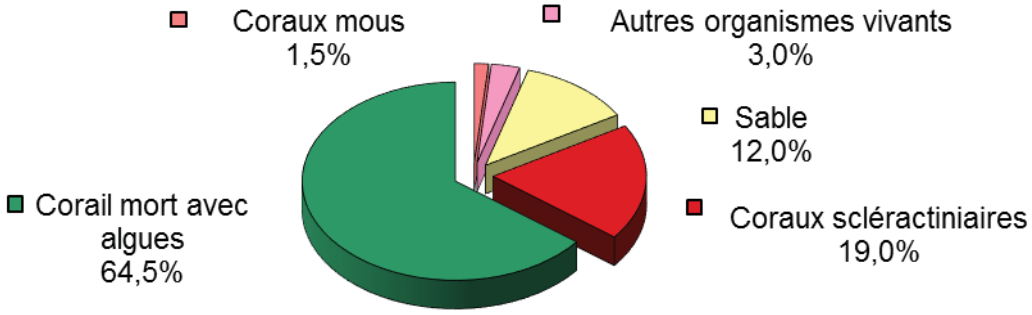


Figure 79 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12B

Les coraux scléractiniaires étaient plutôt bien représentés avec 34% en A (octobre 2020), mais ici aussi ce niveau bathymétrique a été fortement impacté par les cyclones (dont Lucas et Niran) de début d'année 2021. Ainsi il n'est plus que de 18%.
Le reste du substrat fait une large part aux coraux morts recouverts d'algues (77.5%).
Le transect B reste stable avec 19% de coraux scléractiniaires. Il y a un peu plus de coraux morts recouverts d'algues (64.5% *vs* 55.5%) au détriment du sable. Certainement des colonies mortes et débris qui ont déroulés de plus haut. Ainsi, le recouvrement est majoritairement biotique pour chaque transect (96% et 88%).

Si le transect B est stable, le niveau supérieur a été fortement dégradé par des détériorations mécaniques (couloirs d'effondrement et accumulation de débris), conséquences des cyclones (Lucas et Niran notamment) du début d'année 2021.

4.12.2 Le benthos (ST12)

La liste des taxons cibles (cf. § 3.2.3) échantillonnés sur cette station et la liste complète des résultats bruts sont données en annexe n°04.

En novembre 2021, la richesse spécifique de la station Ugo (ST12) est composée de :

- **38 espèces d'invertébrés** dont 13 espèces de mollusques ; 3 espèces de cnidaires : alcyonaires (1 taxon), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon) ; 9 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), échinides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- **1 espèce de cyanobactéries**
- **aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des macrophytes.**

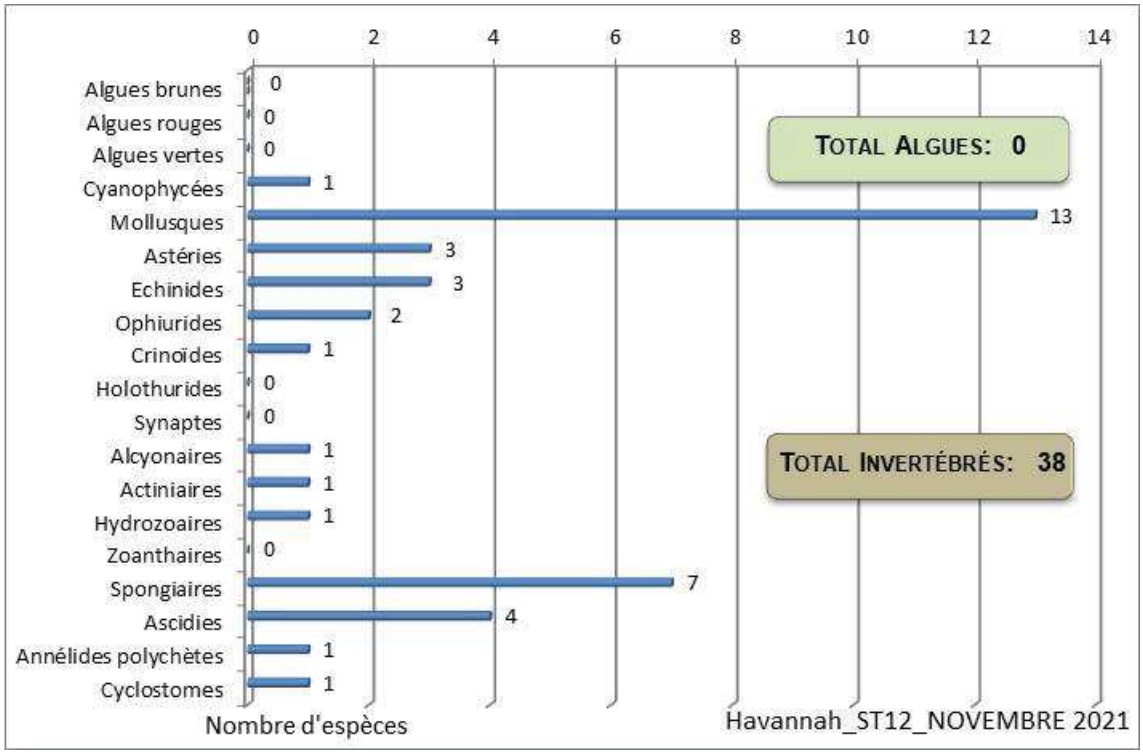


Figure 80 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST12)

4.12.2.1 Benthos Transect 12 A

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST12A est composée de :

- 25 espèces d'invertébrés dont 9 espèces de mollusques ; 3 espèces de cnidaires : alcyonaires (1 taxon), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon) ; 6 espèces d'échinodermes : échinides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 3 espèces d'éponges ; 2 espèces d'ascidies
- 1 espèce de cyanobactéries
- aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des macrophytes.

Tableau 98 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST12A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 3 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : •*Lobophora* sp. (A0/-2) ; et 2 espèces d'algues vertes : •*Halimeda* sp. (A0/-2), •*Chlorodesmis fastigiata* (A0/-1).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
4 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-2 espèce) : •*Sinularia dura* (A0/-2), •*Sinularia* sp. (A0/-2) ; ➢ pour les actiniaires (-1 espèce) : •*Discosoma rhodostoma* (A0/-2) ; ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •*Palythoa tuberculosa* (A0/-1).	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A3/+ 1).
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Echinometrix diadema* (A2)	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les échinides (1 sp) :•*Diadema setosum* (A3/+ 2)
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les nudibranches (-1 espèce) : •*Phyllidiella pustulosa* (A0/-1).	2 espèces de mollusques augmentent d'abondance : ➢ pour les bivalves (2 espèces) : •*Septifer bilocularis* (A5/+ 2), •*Pedum spondyloideum* (A3/+ 1). Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Spondylus* sp. (A2/- 1).
Éponges	
3 espèces d'éponges disparues : •Spongiaires ind. (noire) (A0/-2), •Spongiaires ind. (orange) (A0/-1), •*Clathria rugosa* (A0/-1).	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •*Cliona jullieni* (A2/- 1).
Ascidies	
☑	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.12.2.2 Benthos Transect 12 B

En novembre 2021, la richesse spécifique du transect ST12B est composée de :

- 33 espèces d'invertébrés dont 11 espèces de mollusques ; 2 espèces de cnidaires : alcyonaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon) ; 8 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), échinides (3 taxons), ophiurides (2 taxons) ; 7 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies
- 1 espèce de cyanobactéries
- aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des macrophytes.

Tableau 99 : Variations entre mai et novembre 2021 : Les biocénoses (ST12B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 2 espèces d'algues disparues, dont 2 espèces d'algues brunes : •*Lobophora* sp. (A0/-2), •*Padina* sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
3 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-2 espèce) : •*Lobophytum* sp. (A0/-2), •*Sinularia* sp. (A0/-2) ; ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •*Palythoa tuberculosa* (A0/-1).	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A5/+ 1).
Échinodermes	
4 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (3 espèces) : •*Celerina heffernani* (A1), •*Fromia monilis* (A1), •*Nardoa gomophia* (A1) ; ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Echinometrix diadema* (A1). Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les crinoïdes (-1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A0/-2).	☑
Mollusques	
5 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (2 espèces) : •*Arca ventricosa* (A2), •*Septifer bilocularis* (A2) ; ➢ pour les gastéropodes (2 espèces) : •*Tectus pyramis* (A1), •*Astraea rhodostoma* (A2) ; ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : •*Cheilidonura inornata* (A1).	☑
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Spheciospongia vagabunda* (A2). Une espèce d'éponges disparue : •*Cymbastela cantharella* (A0/-1).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •*Cliona orientalis* (A3/+ 1). Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •*Clathria rugosa* (A1/- 1).
Ascidies	
☑	2 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A1/- 1), •*Polycarpa cryptocarpa* (A1/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.12.3 Les poissons (ST12)

La liste des espèces observées[17] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 100.

Tableau 100 : Données sur les poissons (ST12)

Ugo ST12		Transect A			Transect B			Station Moyenne		
Fam	**Espèces**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**	**Nb**	**Dens**	**Biom**
Aca	*Zebrasoma veliferum*				1	0,01	0,15	0,50	0,01	0,07
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*				2	0,02	0,00	1,00	0,01	0,00
Cae	*Caesio caerulaurea*	10	0,10	1,46				5,00	0,05	0,73
Cae	*Pterocaesio marri*	10	0,10	1,46				5,00	0,05	0,73
Cha	*Chaetodon baronessa*	2	0,02	0,14	2	0,02	0,09	2,00	0,02	0,11
Cha	*Chaetodon ephippium*	2	0,02	0,09				1,00	0,01	0,04
Cha	*Chaetodon flavirostris*	3	0,03	0,13				1,50	0,02	0,06
Cha	*Chaetodon melannotus*				3	0,03	0,04	1,50	0,02	0,02
Cha	*Chaetodon speculum*				2	0,02	0,03	1,00	0,01	0,01
Cha	*Forcipiger longirostris*	1	0,01	0,01				0,50	0,01	0,01
Epi	*Cephalopholis boenak*	1	0,01	0,03	1	0,01	0,10	1,00	0,01	0,06
Epi	*Plectropomus leopardus*				1	0,01	5,40	0,50	0,01	2,70
Hae	*Plectorhinchus lessonii*	1	0,01	0,20				0,50	0,01	0,10
Lab	*Bodianus loxozonus*				1	0,01	1,17	0,50	0,01	0,58
Lab	*Cheilinus trilobatus*				1	0,01	0,82	0,50	0,01	0,41
Lab	*Coris gaimard*				1	0,01	0,07	0,50	0,01	0,03
Lab	*Thalassoma lunare*				5	0,05	0,13	2,50	0,03	0,06
Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	2	0,02	0,00				1,00	0,01	0,00
Mul	*Parupeneus spilurus*	3	0,03	0,31				1,50	0,02	0,15
Poc	*Centropyge bicolor*				3	0,03	0,04	1,50	0,02	0,02
Poc	*Centropyge bispinosa*				3	0,03	0,02	1,50	0,02	0,01
Pom	*Abudefduf sexfasciatus*	8	0,08	0,35				4,00	0,04	0,17
Pom	*Abudefduf whitleyi*	8	0,08	0,35	10	0,10	0,69	9,00	0,09	0,52
Pom	*Chrysiptera rollandi*	2	0,02	0,01	2	0,02	0,01	2,00	0,02	0,01
Pom	*Chrysiptera taupou*	5	0,05	0,03				2,50	0,03	0,01
Pom	*Dascyllus aruanus*	8	0,08	0,01	6	0,06	0,01	7,00	0,07	0,01
Pom	*Dascyllus reticulatus*	13	0,13	0,02	10	0,10	0,02	11,50	0,12	0,02
Pom	*Pomacentrus aurifrons*	15	0,15	0,02				7,50	0,08	0,01
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	2	0,02	0,01	2	0,02	0,01	2,00	0,02	0,01
Sca	*Chlorurus sordidus*	3	0,03	1,04				1,50	0,02	0,52
Sca	*Scarus flavipectoralis*	4	0,04	2,70				2,00	0,02	1,35
Sca	*Scarus niger*	1	0,01	0,68				0,50	0,01	0,34
Sig	*Siganus doliatus*				2	0,02	0,09	1,00	0,01	0,04
Sig	*Siganus vulpinus*	2	0,02	0,14				1,00	0,01	0,07
Total		**106**	**1,06**	**9,16**	**58**	**0,58**	**8,86**	**82**	**0,82**	**9,01**
Biodiversité		**22**			**19**			**34**		
Indice de Shannon =		4,436								

[17] Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe n°01

Equitabilité =	0,872

Sur l'ensemble des transects de la station, 164 individus appartenant à 34 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.82 poisson/m² pour une biomasse de 9.01 g/m².
69 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 101).

Tableau 101 : Liste des espèces complémentaires (ST12)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Bodianus diana*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Bodianus loxozonus*	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Chromis atripes*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Cheilinus fasciatus*	Pom	*Chromis fumea*
Cae	*Caesio caerulaurea*	Lab	*Cheilinus trilobatus*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Cae	*Pterocaesio digramma*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Cae	*Pterocaesio marri*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Cha	*Chaetodon ephippium*	Lab	*Labropsis australis*	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Pomacentrus aurifrons*
Cha	*Chaetodon lineolatus*	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon melannotus*	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Cha	*Chaetodon speculum*	Mul	*Parupeneus spilurus*	Pom	*Pomacentrus simsiang*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Forcipiger longirostris*	Pin	*Parapercis millepunctata*	Sca	*Scarus chameleon*
Cha	*Heniochus varius*	Pin	*Parapercis xanthozona*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cir	*Paracirrhites forsteri*	Ple	*Assessor macneilli*	Sca	*Scarus forsteni*
Epi	*Cephalopholis boenak*	Poc	*Centropyge bicolor*	Sca	*Scarus ghobban*
Epi	*Epinephelus ongus*	Poc	*Centropyge bispinosa*	Sca	*Scarus niger*
Epi	*Plectropomus leopardus*	Poc	*Centropyge tibicen*	Sig	*Siganus doliatus*
Gra	*Diploprion bifasciatum*	Poc	*Pygoplites diacanthus*	Sig	*Siganus puellus*
Hae	*Plectorhinchus lessonii*	Pom	*Abudefduf sexfasciatus*	Sig	*Siganus vulpinus*

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 102 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 81.

Tableau 102 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST12)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		Campagne	Moy.	Campagne	Moy.
Acanthuridae	40	1	2,71	2,50	6,77
Chaetodontidae	30	6	3,96	20,00	13,19
Epinephelinae	26	2	2,08	7,69	8,01
Labridae	97	4	3,63	4,12	3,74
Lethrinidae	16	0	0,04	0,00	0,26
Lutjanidae	22	0	0,13	0,00	0,57
Mullidae	14	1	0,71	7,14	5,06
Pomacanthidae	14	2	3,29	14,29	23,51
Pomacentridae	92	8	7,83	8,70	8,51

Scaridae	23	5	2,75	21,74	11,96
Siganidae	10	2	0,79	20,00	7,92
Autres	257	3	4,08	1,17	1,59
Khi2 obs		**10,1**		**29,38**	
Khi2 tab					**19,7**

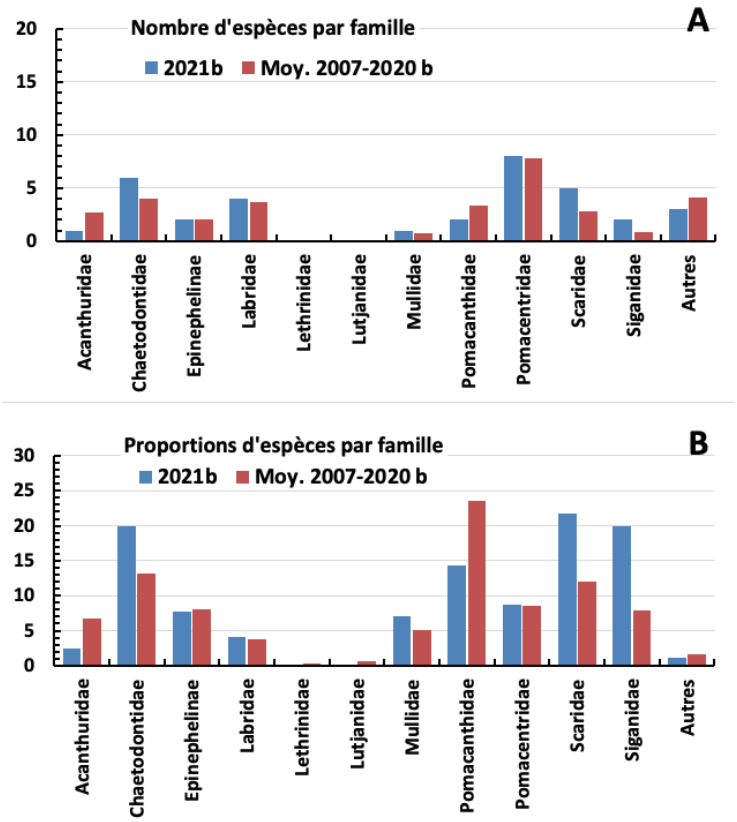


Figure 81 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST12)

L'histogramme A compare pour une famille les effectifs vus lors de cette mission avec la moyenne et l'histogramme B compare les proportions de cet effectif vu par rapport à l'effectif total d'espèces vu pour cette même famille, sur la zone sud depuis les premières missions

Le récapitulatif des résultats en termes de :

- d'abondance (nombre d'individus, transects/liste restreinte),
- de densité (en poisson/m², transects/liste restreinte),
- de biomasse (en g/m², transects/liste restreinte),
- de biodiversité 1 (espèces observées sur les transects et de la liste restreinte),
- de biodiversité 2 (espèces observées sur la station (transects + complémentaires) et de la liste restreinte),
- de biodiversité 3 (toutes les espèces observées sur la station (transects + complémentaires / liste non restreinte)),

pour toutes les campagnes depuis 2007 est présenté dans le tableau 103 et la figure 82.

Tableau 103 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST12)

Ugo ST12		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2021 a	Transect A	106,00	1,06	9,16	22		

	Transect B	58,00	0,58	8,86	19		
	Moy. ABC	**82,00**	**0,82**	**9,01**	**34**	**51**	**69**
2021 a	Moy. ABC	101,00	1,01	17,87	36	57	76
2020 b	Moy. AB	116,50	1,79	38,28	39	53	76
2020 a	Moy. AB	118,50	2,29	38,77	40	55	83
2019 b	Moy. AB	276,00	3,96	186,90	30	52	84
2019 a	Moy. AB	131,00	2,54	16,68	34	59	91
2018 b	Moy. AB	129,00	2,15	75,42	39	64	93
2018 a	Moy. AB	109,50	1,94	15,30	33	65	87
2017 b	Moy. AB	96,00	1,50	10,70	38	51	82
2017 a	Moy. AB	151,00	2,82	20,19	31	60	87
2016 b	Moy. AB	101,50	1,44	6,93	36	59	88
2016 a	Moy. AB	204,00	2,59	42,45	28	52	80
2015 b	Moy. AB	269,00	2,34	191,45	26	57	87
2015 a	Moy. AB	171,00	2,15	46,44	30	60	91
2014 b	Moy. AB	139,00	1,54	189,24	28	52	94
2014 a	Moy. AB	90,50	1,13	71,86	28	55	91
2013 b	Moy. AB	147,00	2,13	94,55	37	58	82
2013 a	Moy. AB	115,50	1,60	57,85	35	52	86
2012 b	Moy. AB	122,50	1,46	49,33	32	48	81
2012 a	Moy. AB	114	1,40	326,70	32	46	75
2011 b	Moy. AB	48,00	0,60	14,42	25	48	80
2011 a	Moy. AB	115,50	2,36	79,86	30	43	81
2010 b	Moy. AB	108	1,44	13,93	18	28	50
2010 a	Moy. AB	93,00	3,01	63,58	41	58	90
2009	Moy. AB	100,50	3,49	73,03	23	40	70
2008	Moy. AB	*140,74*	*2,07*	*77,69*	*32,28*	*54,20*	*81,04*
2007	Moy. AB	*140,74*	*2,07*	*77,69*	*32,28*	*54,20*	*81,04*

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i – X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 104 et représentation figure 83.

Tableau 104 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST12)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	8 095	0,87	6 116	30	59	82
Ecart type	89,97	0,93	78,20	5,49	7,69	9,07
Moyenne	141,04	2,08	67,04	32,26	52,95	82,22
Coef. de Var.	0,64	0,45	1,17	0,17	0,15	0,11

Commentaires :

- La densité et la biomasse présentent toujours des valeurs très en dessous de la moyenne.
- La biodiversité 1 et 3 présente une valeur moyenne, la biodiversité 3 est faible.

Quantitativement, la structure spécifique du peuplement (cf. § 3.4.3) de cette mission exprimée relativement au peuplement du canal canal diffère significativement de la structure moyenne historique.
C'est essentiellement l'abondance des espèces de Pomacentridae, Scaridae, Siganidae et Chaetodontidae qui explique ce résultat.

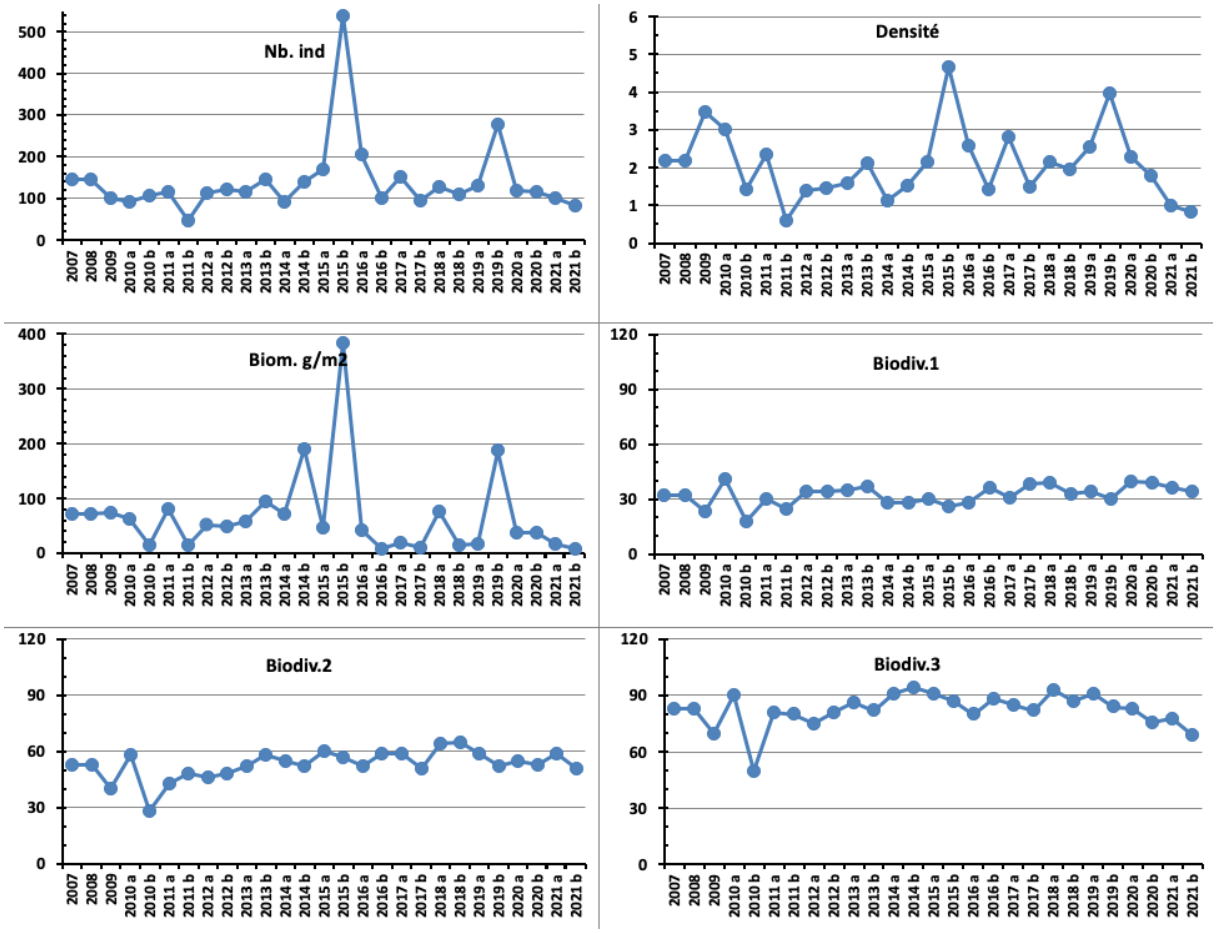


Figure 82 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12)

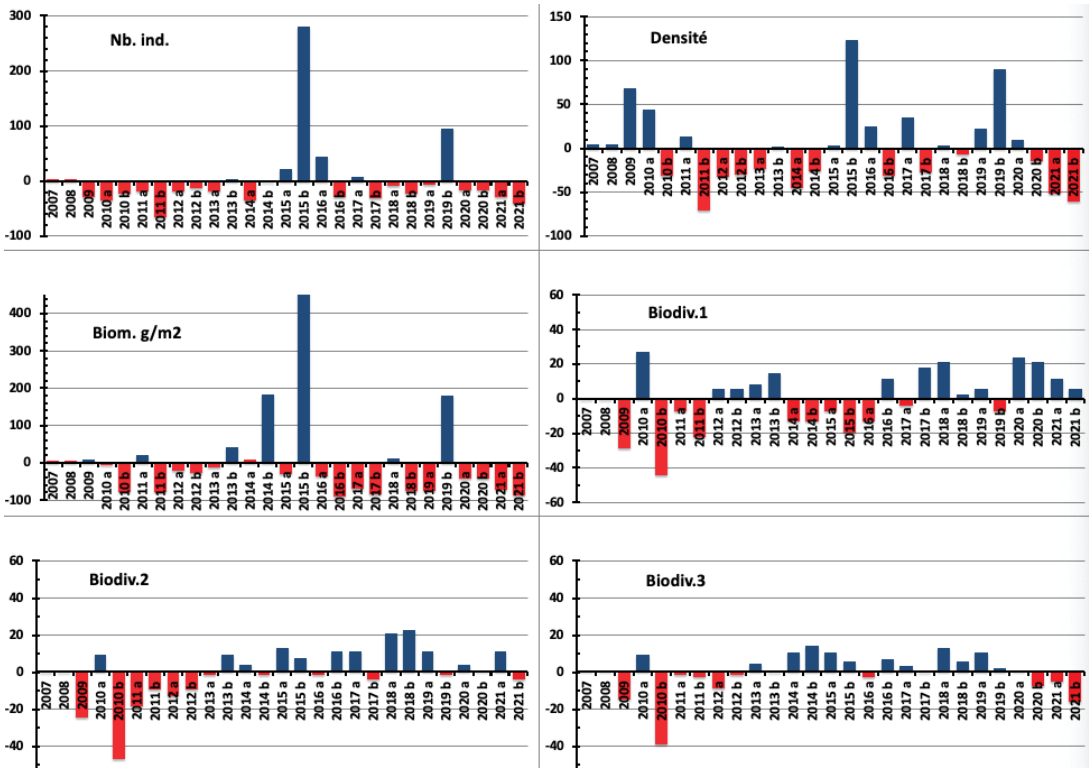


Figure 83 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12)

5 Résultats généraux / Synthèse

La carte 15 et la carte 16 présentent la synthèse des résultats bruts pour cette mission à chaque station, à savoir :

- pour le substrat : le pourcentage de recouvrement de 3 composantes clés : la partie abiotique et les coraux puis le reste (c'est-à-dire, les macrophytes, invertébrés, autres coraux, etc. regroupés sous « macrophytes & invertébrés »), ces deux groupes formant la partie biotique,
- pour les communautés benthiques : la richesse taxonomique (nombre d'espèces) des 2 groupes clés : les macrophytes et les invertébrés,
- pour la faune ichtyologique : la diversité spécifique (nombre d'espèces observées, liste restreinte), la densité (nb. individus/m²) et la biomasse (g/m²).

Les résultats bruts de chaque thème sont détaillés par ailleurs ci-dessous.

5.1 Substrat

Les pourcentages de recouvrement du substrat, pour toutes les catégories, sont présentés dans le tableau 146 (en annexe n°03, résultats par transect pour toutes les stations).

Le tableau 147 (annexe n°03) et la figure 84 ci-dessous, récapitulent les pourcentages de couverture du substrat aux différents transects de chaque station pour :

- la partie biotique, qui est divisée en deux groupes : les coraux scléractiniaires et le reste (c'est-à-dire, les macrophytes, invertébrés, autres coraux, etc. regroupés sous « macrophytes & invertébrés »),
- la partie abiotique.

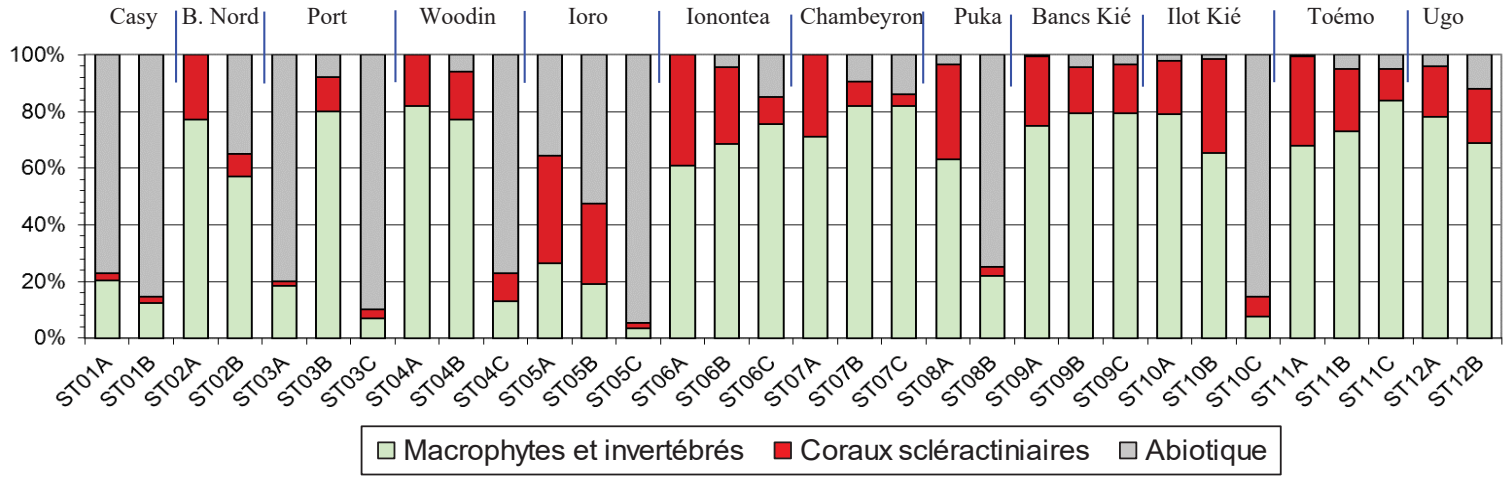


Figure 84 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat partie biotique/abiotique

Analyse par site :

Les stations situées en **baie de Prony et canal Woodin** (à l'exception notable des transects ST02A, ST03B et ST04A&B) ont globalement un substrat à majorité abiotique (près de 74% en moyenne).

La résilience, observée après les dégradations du début d'année 2016, à partir de 2017, s'est maintenue. Malheureusement, la prolifération des *Acanthasters* à la station 04 (Woodin) à partir de 2018 a provoqué une baisse du taux de recouvrement corallien de 33% au transect A et 22% au transect B sur la période de 4 missions. La reprise lors des 2 missions précédentes (+ 5% en octobre 2020 en A et +3% en mai 2021 en B) se confirme avec respectivement +4.5% et 4%.

La moyenne du taux de recouvrement corallien en baie de Prony et canal Woodin continue à remonter légèrement (9.7% *vs* 9.35%).

Les stations (et les transects dans chaque station) dans le **canal de la Havannah** sont très diversifiés. Il ressort cependant une dominance du substrat biotique (excepté pour le transect C de la station ST05 qui est installé sur une

pente sédimentaire composée principalement de sable coquillé et pour le transect ST10C, ainsi que le transect ST08B). Ainsi, l'abiotique représente 22.5% en moyenne du recouvrement, soit 77.5% de biotique. La moyenne du taux de recouvrement corallien dans le canal de la Havannah continue de chuter : 23.2% *vs* 25.5% *vs* 30.5%, Cela est dû aux conséquences des dégradations mécaniques qui ont eu lieu sur les niveaux bathymétriques supérieurs lors des cyclones (notamment Lucas et Niran) de début d'année 2021.

Analyse par station :

C'est le transect A de la station ST06 (Ionontea) qui présente le plus fort taux de recouvrement corallien scléractiniaire (39%) suivi par celui de la station ST05 (Ioro) (38%) puis de la station ST08 (Puka) (33.5%). A l'échelle de la station (tous transects confondus), l'ordre est légèrement différent, la ST11 qui est à la 3ème place, la ST10 (îlot Kié) reculant d'un rang. Les moyennes sont respectivement : 25.2%, 22.8%, 21.5% et 19.7%.
La station la plus pauvre est toujours la ST01 (Casy) avec seulement 2.5% de scléractiniaires au transect A et 2% en B.

Les variations de recouvrement sur la globalité de la zone d'étude sont à une échelle infime en général et après les perturbations enregistrées en 2016, les stations avaient retrouvé une certaine stabilité avec un retour progressif aux valeurs antérieures (résilience).

Cependant, **avec les dégradations mécaniques engendrées par les cyclones de début d'année 2021, les niveaux bathymétriques supérieurs de plusieurs stations ont été endommagés.**
Cela était particulièrement vrai pour (**observations de mai 2021**) :

- la station ST10 (îlot Kié) avec un recul de 47% du recouvrement corallien en A
- la station ST11 (Toémo) : -38% en A et -10% en B
- la station ST12 (Ugo) avec -15.5% en A.

Pour cette mission, si les stations ST11 et ST12 semblent stabilisées, des baisses du recouvrement corallien – moindres- ont pu être mesurées sur :

- la ST10 (îlot Kié) : -7.5% en A

mais aussi sur :

- la ST02 (Creek baie nord) : - 6.5% en A
- la ST04 (Woodin) : -5% en C
- la ST06 (Ionontea) : -10% en B
- la ST07 (Basse Chambeyron) : -7.5% en A et -5% en B
- la ST08 (Puka) : -9% en A.

Les hausses sont moins fréquentes et plus basses (peu significatives) :

- ST03 (Port) : +5% en B
- ST04 (Woodin) : +4.5% et 4% en A et B
- ST09 (Bancs Kié) : +3% en A.

Tous les transects les plus profonds ont un taux de recouvrement biotique significativement plus bas que sur les transects supérieurs.

5.2 Benthos

Les résultats bruts (listing et abondance) du dénombrement du benthos, sont présentés en annexe n°04 (résultats par transect pour toutes les stations).

5.2.1 Biodiversité du benthos : généralités

5.2.1.1 Les contraintes en termes de potentiel « indicateur » et « réactivité »

Afin d'évaluer les dégradations éventuelles de la zone sous l'influence potentielle du projet Vale Nouvelle-Calédonie, une étude sur la biodiversité et l'abondance des biocénoses benthiques est réalisée sur 11 à 12 stations réparties en baie de Prony, canal Woodin et canal de la Havannah.
Cette étude doit permettre :

1) D'évaluer la variabilité naturelle et la vulnérabilité : la diversité et l'abondance renseignent sur la vulnérabilité du site et l'adaptation des espèces aux différents biotopes. L'ensemble des espèces benthiques est suivi car tous les taxons peuvent selon le contexte devenir une espèce invasive ;
2) D'effectuer une synthèse comparative de l'état des stations et de leur évolution dans le temps et l'espace : la comparaison des données dans le temps, permet d'évaluer la variabilité naturelle (saisonnalité, turn over, évènements exceptionnels) et d'appréhender de potentielles perturbations anthropiques ;
3) De suivre dans le temps les effets potentiels des activités industrielles de Vale Nouvelle-Calédonie : l'objectif principal est d'évaluer les effets potentiels des activités industrielles de Vale Nouvelle-Calédonie et de tirer une sonnette d'alarme, le plus rapidement possible dans le cas de perturbations anthropiques.

Pour ce faire, l'ensemble des biocénoses benthiques (fixes et mobiles) sont inventoriées depuis 2007 et plusieurs **indicateurs** particulièrement suivis :
Certaines espèces dites « **espèces cibles** » permettent selon leur variation abondance d'évaluer l'état de santé du milieu. En effet, la présence des invertébrés mobiles (astéries, échinides, holothuries, mollusques…), est un indicateur du fonctionnement de l'écosystème. Cependant, l'absence ou la diminution d'abondance des invertébrés mobiles d'une mission à une autre n'est pas un indicateur de dégradation environnementale. Leur absence peut être momentanée et n'est pas synonyme de dégradation ou de mortalité car leur mobilité leur permet de migrer du couloir d'inventaire pour rechercher de la nourriture ou un abri …
Les observations **d'organismes morts** permettent de donner une alerte mais elles sont peu fréquentes car ils sont rapidement consommés dans la chaine alimentaire.
Les proliférations d'espèces corallivores sont bien entendu un indicateur du dérèglement de l'écosystème mais cette manifestation n'est pas forcément la source initiale des perturbations.
Les espèces exogènes et les espèces envahissantes sont également recherchées quelle que soit l'embranchement.
Quelques espèces mobiles (particulièrement les corallivores pour les gastéropodes et les astéries) ont été sélectionnées comme espèces cibles et caractérisent si leur abondance est excessive des perturbations récifales (Gastéropodes : *Drupella cornus, Coralliophila violacea ;* Astéries : *Acanthaster planci, Culcita novaeguineae,* Spongiaires : *Cliona orientalis* et *C. jullieni ;* Cyanobactéries...). Mais encore une fois, tous les taxons peuvent selon le contexte devenir une espèce invasive (espèce envahissante exogène).

Ce suivi est donc un **suivi à long terme : l'étude des biocénoses benthiques mobiles doit être appréhendée sur plusieurs périodes de suivi ou de manière complémentaire suite à une dégradation de l'habitat (étude des coraux).**
Cependant, l**a variabilité saisonnière des macrophytes** est importante et chaque groupe algal a un rythme de développement spécifique durant l'année. De ce fait, la périodicité d'échantillonnage semestrielle des relevés de suivi biologique n'est pas adaptée aux cycles de développement des macrophytes car les valeurs maximales et minimales de diversité et de recouvrement ne sont pas forcément prises en compte. Les proliférations de macroalgues dans les écosystèmes littoraux des zones tropicales et subtropicales sont une menace sérieuse pour la diversité biologique de ces milieux. Typiquement une croissance excessive des algues est le résultat d'une variété insuffisante d'animaux consommateurs d'algues et/ou de nutriments excessifs. L'apport important de matière en suspension peut être un facteur de perturbation.

Il est alors important de considérer, pour chaque groupe biologique, le potentiel ***« indicateur »*** mais également le potentiel ***« réactivité »*** pour émettre des conclusions de l'évaluation de l'état de santé d'un récif le plus rapidement

possible.

En considérant cette notion de variabilité saisonnière des macrophytes et de mobilité de certaines espèces d'invertébrés (particulièrement les échinodermes et les mollusques), il est très important de s'attacher aux variations d'abondance et de richesse spécifique des organismes fixés et présentant des variations épisodiques relativement faibles : alcyonaires, cliones et plus particulièrement les coraux scléractiniaires.

En effet, **les coraux** ont un rôle clé dans le maintien de la biodiversité du récif (habitat et source de nourriture). Par ailleurs, ils ont de nombreux avantages pour les suivis environnementaux :

- Pour les études comparatives : la majorité des coraux sont sessiles ce qui entraîne une fiabilité dans la comparaison de données ;
- Lors de suivi à court terme : ce sont des "Sentinelles avancées" car ils sont sensibles aux variations des conditions environnementales pour détecter les effets des perturbations, qu'elles soient d'origine anthropique ou naturelle (analyse du recrutement, mortalité, blanchissement, maladies coralliennes) ;
- Lors de suivi à long terme : les coraux ont une longévité particulièrement élevée, ce qui permet d'intégrer des conditions environnementales sur de longues périodes de temps

Dans ce contexte l'étude des coraux répond de manière incontestable à tous les questionnements sur l'état de santé des récifs. Et les informations sur les invertébrés, les espèces cibles et les macrophytes viennent confirmer les hypothèses.

Cependant, le cahier des charges imposé par la DENV ne prend pas en compte cet indicateur. Malgré cela, ce compartiment clé a été étudié depuis le début (2007) sur décision volontaire du Client. Malheureusement, des contraintes économiques ont fait que le budget alloué aux suivis environnementaux a été diminué et donc depuis 2017, il n'a été appliqué que les demandes réglementaires : les coraux n'ont donc pas été inventoriés pour cette mission.

5.2.1.2 Les contraintes naturelles de la zone d'étude

Les biocénoses benthiques se sont adaptées aux conditions environnementales par la sélection d'espèces colonisant les milieux fortement agités pour le canal de la Havannah (houle, ressac et courants de marée) et le canal Woodin (principalement courants de marée) et pour les milieux calmes en baie de Prony (dessalure des eaux de surface et sédimentation importante).

Les assemblages des biocénoses marines de ces trois sites sont donc différents et chacun est en équilibre avec les paramètres physico-chimiques du milieu. Malgré l'adaptation des espèces aux paramètres environnementaux de chaque biotope, des évènements exceptionnels (climatiques, dépressionnaires et activités anthropiques) font généralement dépasser les seuils de tolérance de survie pour les espèces les plus sensibles.

De manière générale, les récifs étudiés dans les niveaux supérieurs et médians ont une diversité élevée. Pourtant ces niveaux bathymétriques sont perturbés par les agents hydrodynamiques, par les anomalies de salinité de surface, par les panaches turbides et les évènements exceptionnels (naturel ou anthropique).

La biodiversité est plus faible pour les niveaux bathymétriques les plus profonds. Cela s'expliquant entre autre par la sédimentation, l'effondrement et l'accumulation de débris par gravité et par la baisse de la pénétration de la lumière dans l'eau en fonction de la profondeur. Ce dernier phénomène entraîne une diminution de la photosynthèse, principalement pour les coraux scléractiniaires hermatypiques et les macrophytes qui représentent les habitats principaux de la faune récifale.

Dans le canal de la Havannah et le canal Woodin, les principales dégradations sont d'origine mécanique : nombreux débris, mortalité importante et blanchissement corallien induit par les effondrements. Malgré les courants de marée conséquents dans le canal Woodin, les dégradations mécaniques sont moindres que dans le canal de la Havannah car les récifs sont moins exposés au ressac et à la houle.

Dans la baie de Prony (milieu calme et protégé), les principales dégradations sont originaires d'une dessalure des eaux de surface (colonies blanchies encore en place, mortalité importante pour les niveaux bathymétriques supérieurs des récifs frangeants à proximité des embouchures des creeks et des rivières et des résurgences d'eau douce). La sédimentation influe surtout sur les niveaux bathymétriques inférieurs où les particules sédimentaires ne sont plus remobilisées.

Une synthèse des principaux événements climatiques qui ont pu influencer les biocénoses lors de cette période d'étude est présentée § 7.1.

5.2.1.3 Les contraintes anthropiques de la zone d'étude

Les activités anthropiques, dans la baie de Prony, le canal de la Havannah et le canal Woodin, sont susceptibles d'interagir sur la mobilisation des particules terrigène et sédimentaires (activités minière et portuaire ainsi que le trafic maritime).
L'exploitation des latérites nickélifères de Nouvelle-Calédonie a conduit Vale Nouvelle-Calédonie à mettre en place un procédé de solubilisation du minerai par voie acide produisant des effluents. Le rejet est réalisé à partir d'un émissaire marin d'une longueur de 21 km et composé à son extrémité d'un diffuseur de 1 km. Ce rejet se fait dans le canal de la Havannah, milieu relativement profond, où les courants semblent suffisamment importants pour assurer la dispersion des effluents industriels. Cette pression sur le milieu marin a nécessité de développer des études et un programme intégré ayant pour objectifs de définir avec précision les états de référence biologique et physico-chimique, de comprendre le comportement géochimique de l'effluent avec le milieu naturel, de prédire ses effets biologiques et de modéliser les phénomènes de dispersion.
La mise en place d'un réseau de surveillance permet actuellement de conduire un suivi environnemental du milieu marin d'un point de vue physico-chimique, écotoxicologique et biologique (l'étude des communautés récifales étant l'objet d'une partie de ce rapport).
De plus, l'installation de l'usine d'acide en amont du Creek baie nord peut être une source de perturbations à l'embouchure du creek et en périphérie (accident de la fuite du 1 avril 2009). L'activité de cette usine peut également augmenter le débit d'eau douce du creek et de ce fait, perturber les communautés récifales (blanchissement corallien par dessalure des eaux de surface).

Les sites potentiellement impactés par le projet minier, sont : le canal de la Havannah (rejet d'effluents et apports en particules), la baie du Prony (en Rade nord : influences des installations portuaires et industrielles), la baie Kwé (par la rivière Kwé qui capte les eaux des bassins versants sur lesquels la mine est en activité).

5.2.2 Répartition des 4 groupes biotiques par transect

Les tableaux en annexe n°04 et la figure 85 ci-dessous, récapitulent la richesse spécifique par niveau bathymétrique (le nombre de taxa aux différents transects) de chaque station pour le benthos.
Ce dernier a été réparti en 4 grands groupes :

- les coraux scléractiniaires
- les autres coraux durs (millépores, antipathaires, stolonifères, gorgones)
- les macrophytes
- les invertébrés (hors coraux durs).

Entre 2007 et 2016, les 4 grands groupes ont été étudiés.
Depuis 2017 et pour cette mission, seuls les 2 groupes suivants sont présentés :

- les invertébrés (hors coraux durs)
- les macrophytes.

La richesse spécifique des invertébrés est comprise entre 15 à 51 taxa par transect pour l'ensemble de la zone (avec une moyenne de 31.7 taxa par transect *vs* 29.2 pour la mission précédente).
La richesse spécifique des macrophytes est comprise entre 0 à 8 taxa par transect pour l'ensemble de la zone (avec une moyenne de 3.5 taxa par transect *vs* 2.2 pour la mission précédente).

De manière générale, la biodiversité est plus faible pour les niveaux bathymétriques les plus profonds. Cela s'expliquant entre autres par la baisse de la pénétration de la lumière dans l'eau par rapport à la profondeur. Ce phénomène entraîne une diminution de la photosynthèse, principalement pour les coraux scléractiniaires hermatypiques et les macrophytes qui représentent les habitats principaux de la faune récifale.

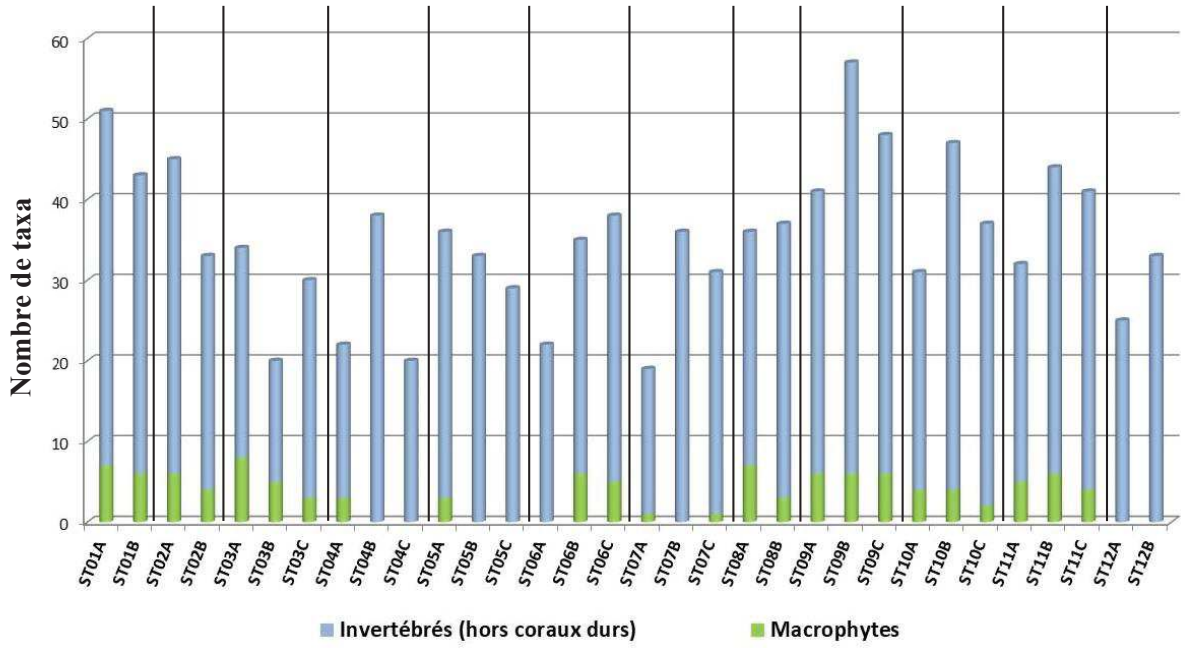


Figure 85 : Richesse taxonomique du benthos dans 2 groupes clés

5.2.3 Composition spécifique par site

Les biocénoses benthiques se sont adaptées aux conditions environnementales par la sélection d'espèces colonisant les milieux agités (canal de la Havannah et canal Woodin) et les milieux calmes et turbides (baie de Prony). Les macrophytes, spongiaires et alcyonaires sont en compétition spatiale avec les coraux scléractiniaires pour toutes les stations sauf en ST04 (Woodin) où le recouvrement biotique est particulièrement représenté par les coraux (les autres groupes sont très minoritaires). Ces observations rentrent dans le cycle naturel. Cependant, l'évolution de ces groupes biotiques est à surveiller au regard des perturbations potentielles dans cette zone (perturbations d'origine anthropique et/ou d'origine naturelle exceptionnelle).

Le degré d'exposition des habitats à l'hydrodynamisme conduit à distinguer les milieux de mode battu du mode calme. L'agitation de l'eau crée des forces variant en fonction de son intensité (courants de marées, de houle et ressac). De ce fait, les organismes sont sélectionnés sur les récifs du canal de la Havannah et du canal Woodin par leur capacité à résister aux forces d'arrachement. La zone de balancement des marées et de vagues constitue l'étage supérieur du système récifal.
D'autre part, la baie de Prony est un regroupement de rades (Grande Rade, Rade du Nord et Rade de l'Est), qui constitue une baie semi-fermée qui est particulièrement protégée des agents hydrodynamiques. De nombreux creeks et rivières se déversent dans cette baie charriant des particules sédimentaires (apports conséquents). Les organismes sont sélectionnés sur ces récifs par leur capacité à résister aux dépôts sédimentaires, à la diminution de la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau et par endroit à la dessalure des eaux de surface.

5.2.3.1 Assemblage spécifique du benthos dans le canal de la Havannah

En novembre 2021, la richesse spécifique du site Havannah est composée de :

- **108 espèces d'invertébrés** dont 35 espèces de mollusques ; 20 espèces de cnidaires : alcyonaires (10 taxons), actiniaires (7 taxons), zoanthaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon) ; 27 espèces d'échinodermes : holothurides (11 taxons), astéries (8 taxons), échinides (5 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 12 espèces d'éponges ; 12 espèces d'ascidies
- **17 espèces de macrophytes** : algues vertes (9 taxons), algues brunes (4 taxons), algues rouges (4 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

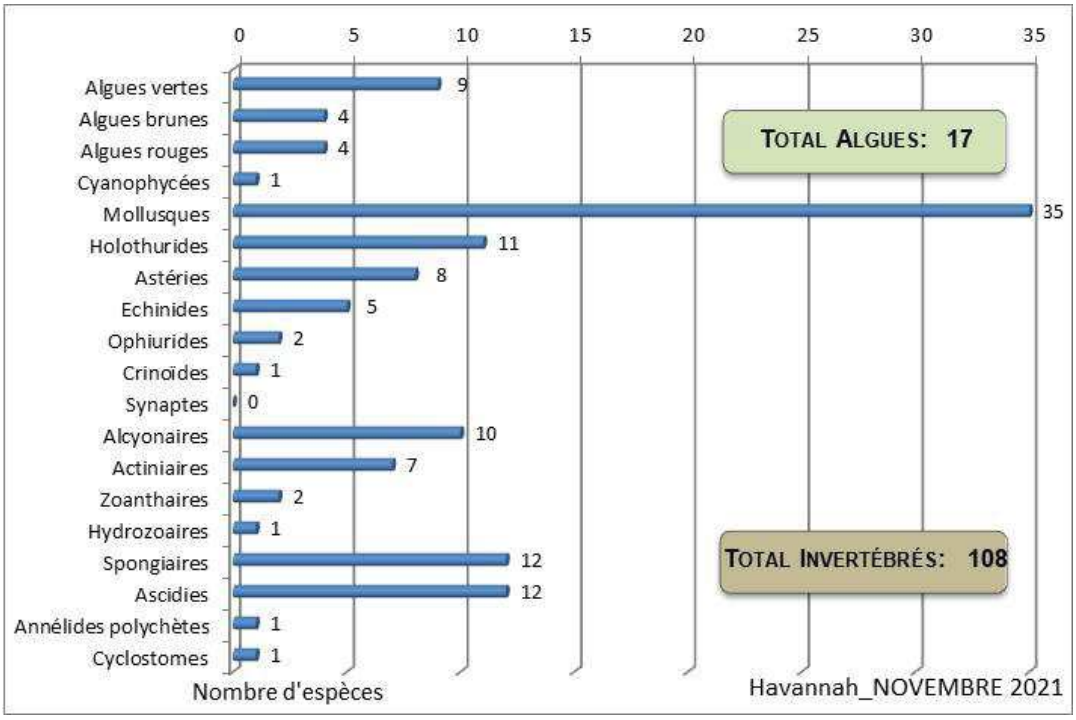


Figure 86 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal de la Havannah

5.2.3.2 Assemblage spécifique du benthos dans le canal Woodin

En novembre 2021, la richesse spécifique du site Woodin est composée de :

- **41 espèces d'invertébrés** dont 7 espèces de mollusques ; 4 espèces de cnidaires : alcyonaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 12 espèces d'échinodermes : astéries (6 taxons), échinides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 10 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies
- **3 espèces de macrophytes** : algues vertes (3 taxons)
- **Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.**

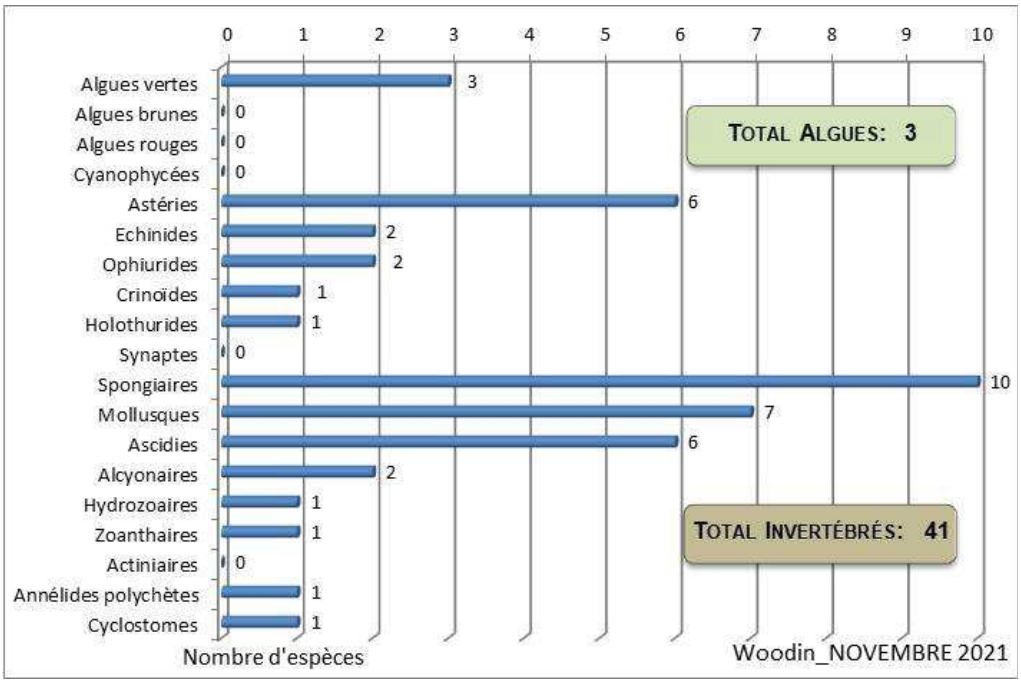


Figure 87 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal Woodin

5.2.3.3 Assemblage spécifique du benthos dans la baie de Prony

En novembre 2021, la richesse spécifique du site Prony est composée de :

- **69 espèces d'invertébrés** dont 15 espèces de mollusques ; 15 espèces de cnidaires : alcyonaires (10 taxons), zoanthaires (3 taxons), actiniaires (2 taxons) ; 20 espèces d'échinodermes : astéries (7 taxons), holothurides (5 taxons), échinides (4 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), synaptes (1 taxon) ; 12 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- **12 espèces de macrophytes :** algues vertes (6 taxons), algues brunes (4 taxons), algues rouges (2 taxons)
- **2 espèces de cyanobactéries.**

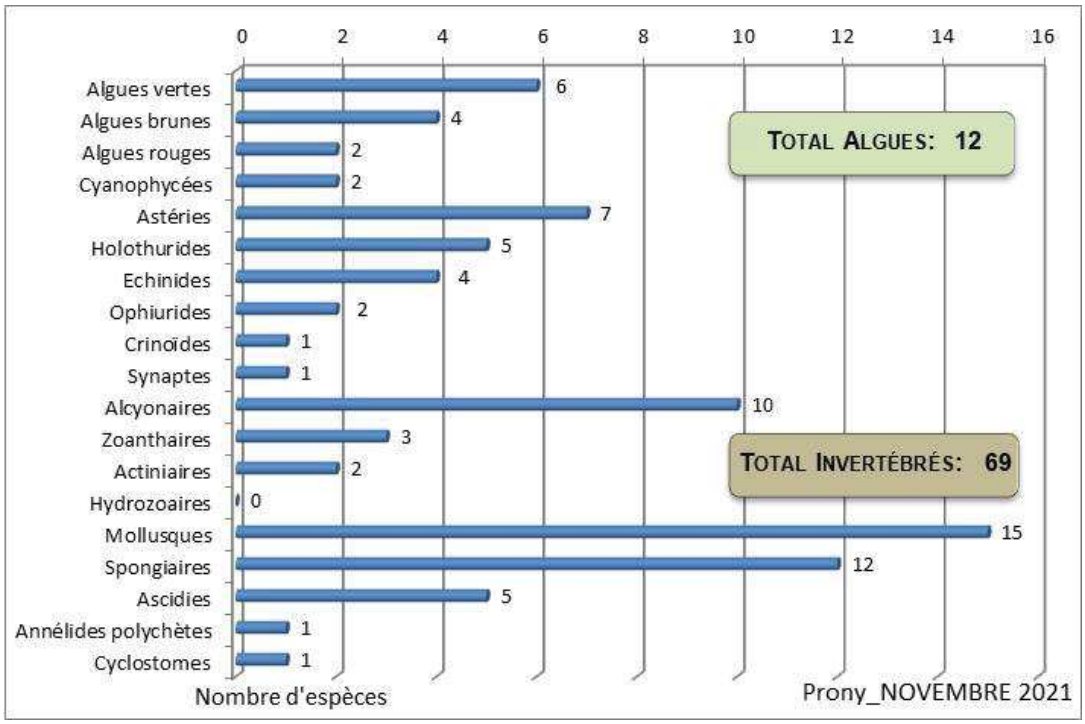


Figure 88 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour la baie de Prony

5.2.4 Répartition spatiale de la diversité benthique

La biodiversité de chaque site est dépendante des conditions du milieu mais également du nombre de stations échantillonnées car les espèces se répartissent à travers le récif (ainsi le nombre potentiel d'espèces recensées augmente généralement avec la surface prospectée).
Le plan d'échantillonnage est très disparate dans la zone d'étude car 8 stations sont étudiées dans le canal de la Havannah, 3 stations dans la baie de Prony et une station seulement dans le canal Woodin.

5.2.4.1 La biodiversité des invertébrés

La liste complète des invertébrés comprend les sous-groupes suivants : alcyonaires, spongiaires, mollusques, ascidies, échinodermes (astéries, crinoïdes, échinides, holothurides, ophiurides, synaptes), actiniaires, zoanthaires, hydrozoaires et bryozoaires.

L'assemblage spécifique est composé principalement par les mollusques, les alcyonaires, les spongiaires et les échinodermes (astéries, holothuries, échinides). Les ascidies sont également très diversifiées dans le canal de la Havannah. Ces assemblages sont décrits précisément dans les § 4.x.2 précédents.

Cette diversité des invertébrés est contrastée dans la zone d'étude :

Selon les sites : Havannah : 108 taxons, Prony : 69 taxons et Woodin : 41.

Selon les stations : 38 à 61 espèces ont été dénombrées (respectivement ST03 et ST09).

Selon les transects : 15 à 51 espèces ont été dénombrées (respectivement ST03B et ST09B).

Pour cette mission, la diversité moyenne sur tous les sites (baie de Prony, canal Woodin et canal de la Havannah) par transect est de **30 (+/- 7.93) taxons**.
La station ST09 a la richesse spécifique la plus importante pour les invertébrés (avec 35, 51 et 42 espèces respectivement pour les transects A, B et C soit 61 espèces au total pour la station).
Il est à noter que les organismes mobiles présents dans les pourtours des stations ne sont pas comptabilisés car ils ne sont pas localisés dans les couloirs de comptage.

5.2.4.2 La biodiversité des macrophytes

Les macrophytes ont un assemblage spécifique composé par les algues rouges, vertes et brunes.

Ces assemblages sont décrits précisément dans les § 4.x.2 précédents. **Cette diversité des macrophytes est contrastée dans la zone d'étude.**

Selon les sites : Havannah : 17 taxons, Prony : 12 taxons et Woodin : 3 taxons.

Selon les stations : 0 à 9 espèces ont été dénombrées (respectivement ST12 et ST03 = ST09).

Selon les transects : 0 à 7 espèces ont été dénombrées (respectivement ST04BC=ST05BC=ST06A=ST07B=ST12AB et ST01A=ST08A=ST09B).

Pour cette mission, la moyenne du nombre d'espèce de macrophytes par transect pour l'ensemble de la zone (baie de Prony, canal Woodin et canal de la Havannah) est **de 3.47 (+/- 2.60) taxons.**

Aucune espèce de macrophytes identifiable *in situ* n'a été comptabilisée pour les transects ST04BC, ST05BC, ST06A, ST07B et ST12AB.
La station ST09 a une richesse spécifique très réduite par rapport à d'habitude : 9 espèces de macrophytes comparé aux 17 espèces recensées lors de l'avant dernière mission.

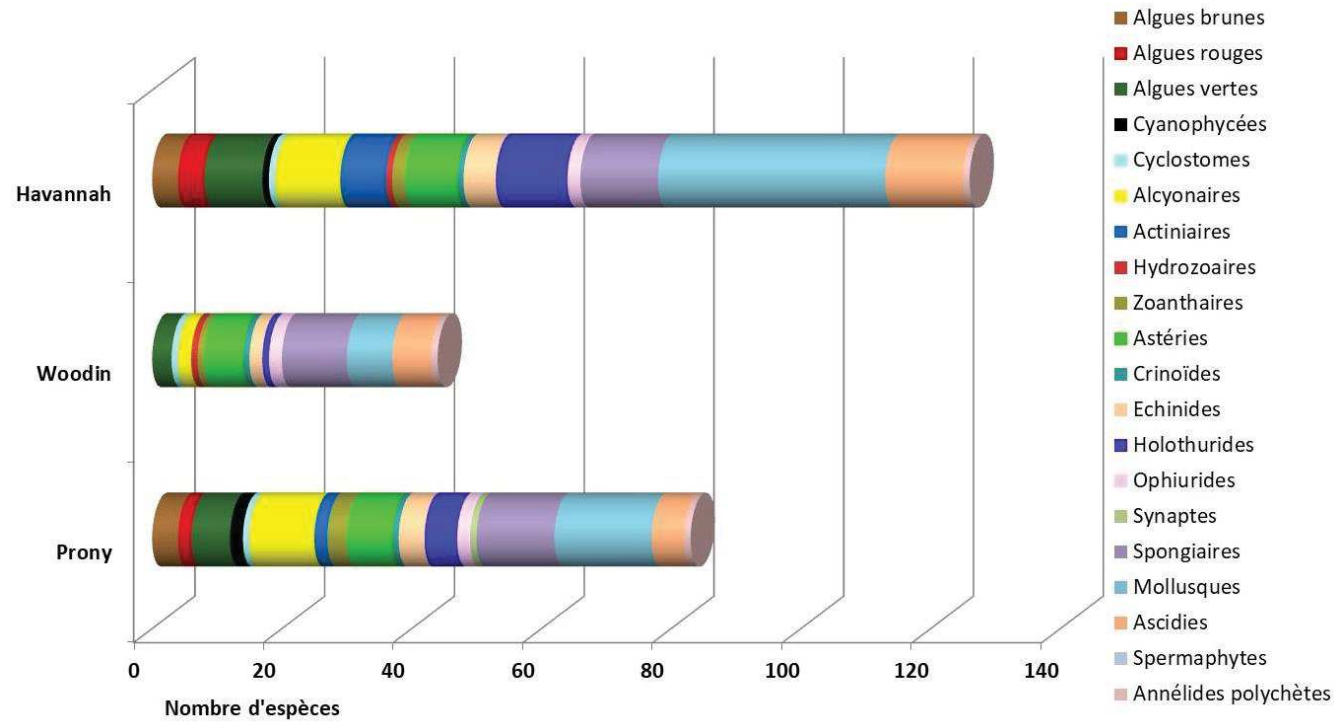


Figure 89 : Assemblage des invertébrés (hors coraux durs) et des macrophytes par groupe pour les trois sites

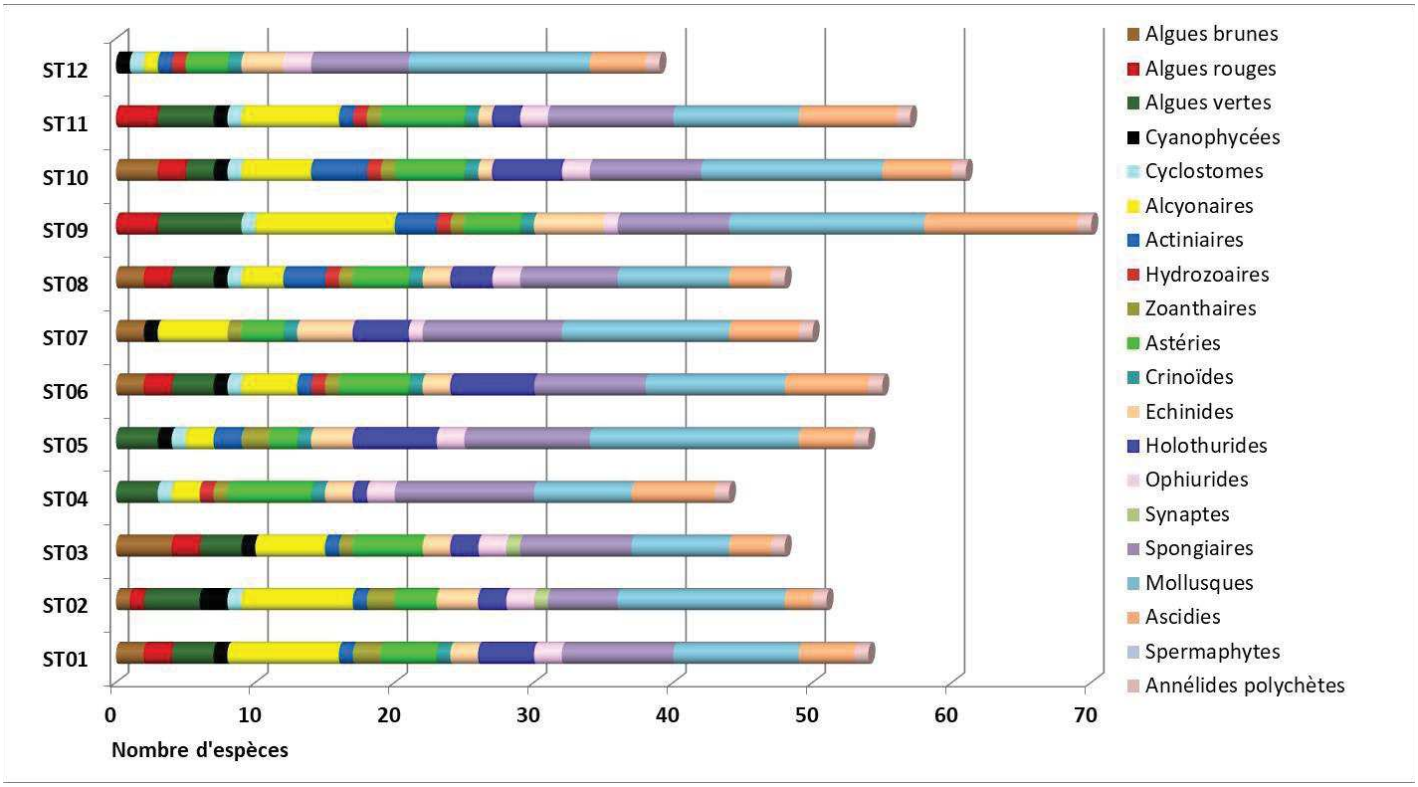


Figure 90 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques selon les groupes par station*

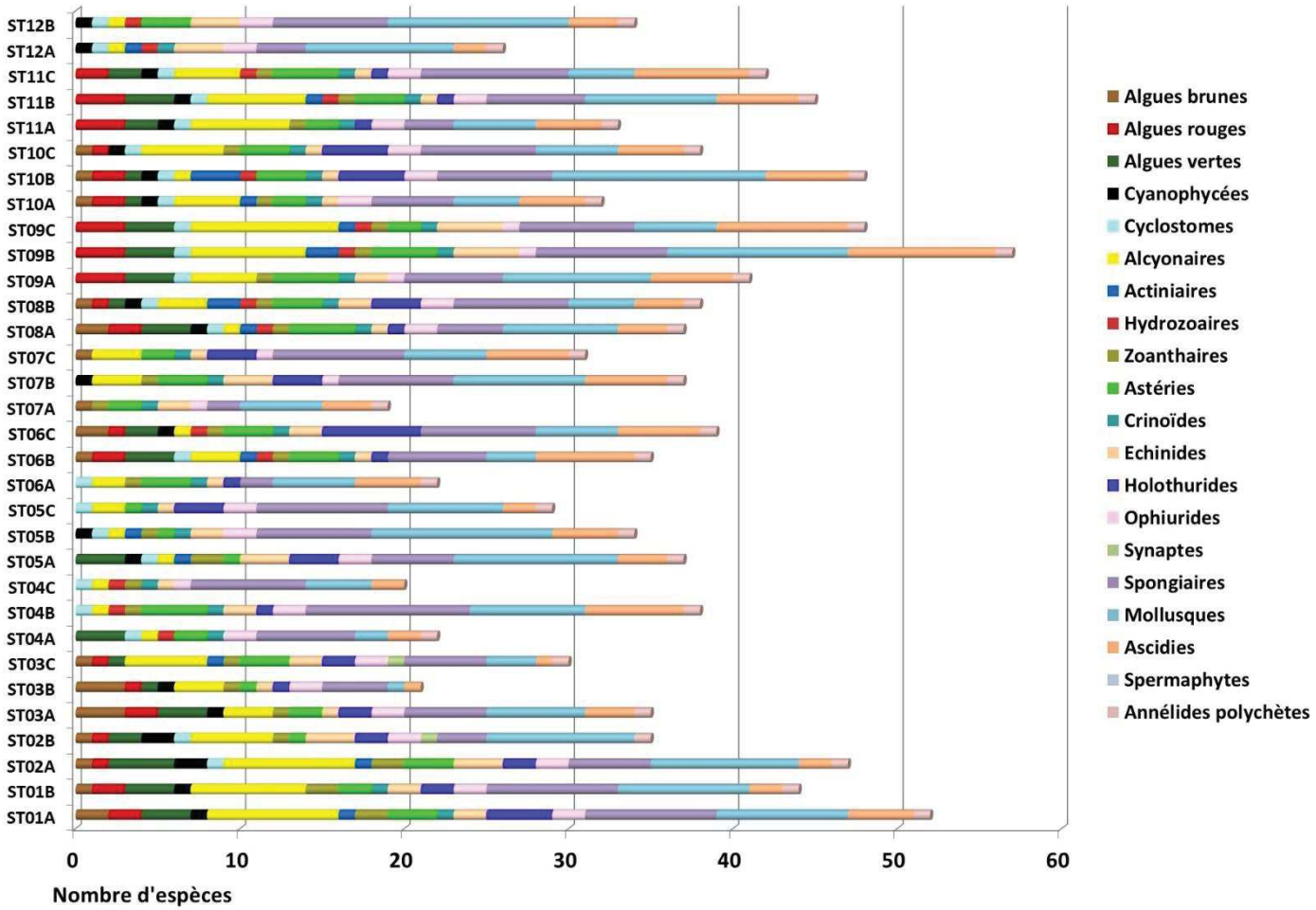


Figure 91 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques selon les groupes par transect*

5.3 Ichtyologie

Les paramètres biologiques globaux concernant les stations sont présentés dans le tableau 105 et de la figure 92 à la figure 94 (rappel : liste restreinte, cf. § 6.3).

Tableau 105 : Récapitulatif des paramètres biologiques pour l'ichtyofaune

		Stations	Nb	Dens	Biom	Biod.1	Biod.2	Biod.3	Ish	Eq
Baie de PRONY	ST01	ILOT CASY	56	0,6	6,14	23	29	43	3,534	0,781
	ST02	CREEK BAIE NORD	24,5	0,28	0,8	12	33	43	2,897	0,808
	ST03	PORT	23	0,26	0,46	15	32	45	3,101	0,794
		Variances (σ^2)	347,25	0,04	10,14	32,33	9,33	1	0,11	0
		Ecart types (σ)	18,63	0,19	3,18	5,69	3,06	1	0,33	0,01
		Moyennes (μ)	34,5	0,38	2,47	16,67	31,33	44	3,18	0,79
		Coef. de Var(σ/μ)	0,54	0,5	1,29	0,34	0,1	0,02	0,1	0,02
		Int. de Conf. 95%	21,52	0,22	3,68	6,57	3,53	1,15	0,38	0,02
Canal de la HAVANNAH	ST04	WOODIN	163	2,39	44,44	52	77	110	4,834	0,844
	ST05	IORO	66,67	1,04	16,68	45	66	86	4,6	0,838
	ST06	IONONTEA	105,33	0,83	42,32	63	88	109	4,929	0,825
	ST07	B. CHAMBEYRON	173	2,42	90,59	71	95	112	5,167	0,84
	ST08	PUKA	80	0,55	30,92	41	70	101	4,639	0,866
	ST09	BANCS KIE	101,33	0,81	22,25	43	64	85	4,559	0,84
	ST10	ILOT KIE	103	0,7	45,1	51	96	118	4,905	0,865
	ST11	TOEMO	111,67	0,97	27,62	64	76	106	5,16	0,86
	ST12	UGO	82	0,82	9,01	34	51	69	4,436	0,872
		Variances (σ^2)	1311	0,51	570	150,25	187,19	284,03	0,07	0
		Ecart types (σ)	36,21	0,71	23,87	12,26	13,68	16,85	0,26	0,02
		Moyennes (μ)	109,56	1,17	36,55	51,67	74,22	100,56	4,8	0,85
		Coef. de Var(σ/μ)	0,33	0,61	0,65	0,24	0,18	0,17	0,05	0,02
		Int. de Conf. 95%	24,14	0,48	15,91	8,17	9,12	11,24	0,17	0,01

***Nb** : nombre moyen de poissons sur un transect ; **Dens**. : Densité (Nb/m²) moyenne sur la station ; **Biom**. : Biomasse (g/m²) moyenne sur la station ; **Biod.1** : Espèces de la liste du Cahier des charges présentes sur les transects ; **Biod.2** : Espèces de la liste du Cahier des charges présentes sur la station ; **Biod.3** : Toutes espèces présentes sur la station ; **Ish** : Indice de Shannon ; **Eq** : Indice d'2quitabilité ; **Int. de Conf**. : Intervalle de confiance de la moyenne au risque $\alpha = 0,025$.*

Pour cette mission, ce sont les 3 stations de la baie de Prony qui présentent les plus faibles chiffres pour tous les paramètres : ST01 (Casy) pour l'équitabilité et les Biodiversités 2 et 3, ST02 (Creek baie nord) pour la richesse spécifique et l'indice de Shannon et ST03 (Port) pour le nombre d'individus, la densité et biomasse.

Pour cette mission, la station ST07 (Basse Chambeyron) présente les meilleurs taux pour tous les paramètres, à l'exception de l'équitabilité (ST12, Ugo) et la Biodiversité 3 (ST10, îlot Kié).

Sur toute la zone d'étude, en considérant la biodiversité 1 (cahier des charges de la DENV avec la liste restreinte, sur les transects), ce sont 151 espèces réparties en 21 familles qui sont retenues, sur les 278 réellement observées (réparties en 38 familles) (soit la biodiversité 3).

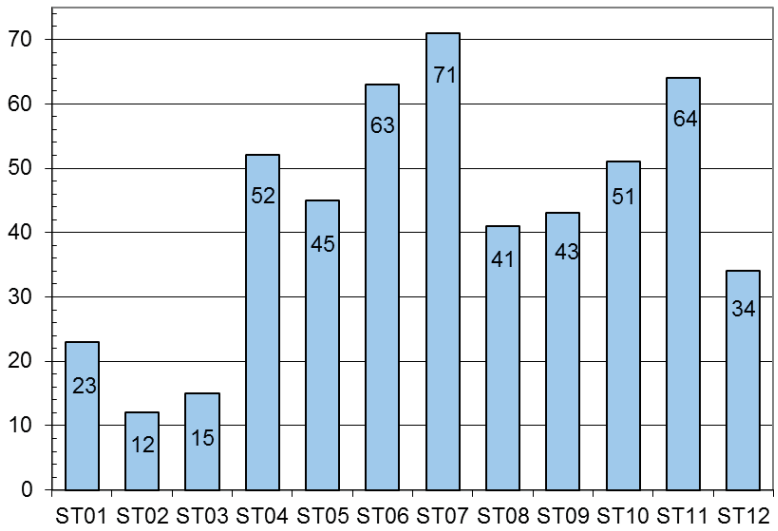


Figure 92 : Richesse spécifique de l'ichtyofaune par station

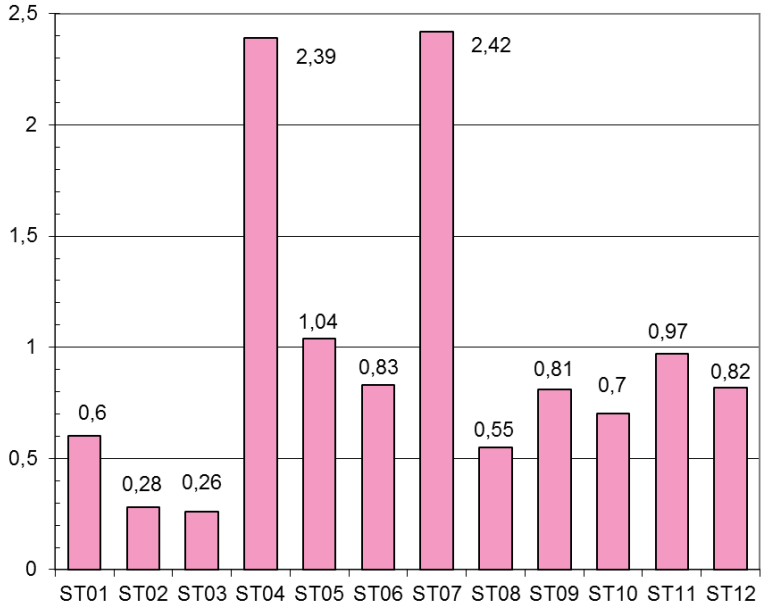


Figure 93 : Densité (nb ind/m²) de l'ichtyofaune par station

ST01	Casy
ST02	Creek baie nord
ST03	Port
ST04	Woodin
ST05	Ioro
ST06	Ionontea
ST07	Chambeyron
ST08	Puka
ST09	Bancs Kié
ST10	Ilot Kié
ST11	Toémo
ST12	Ugo

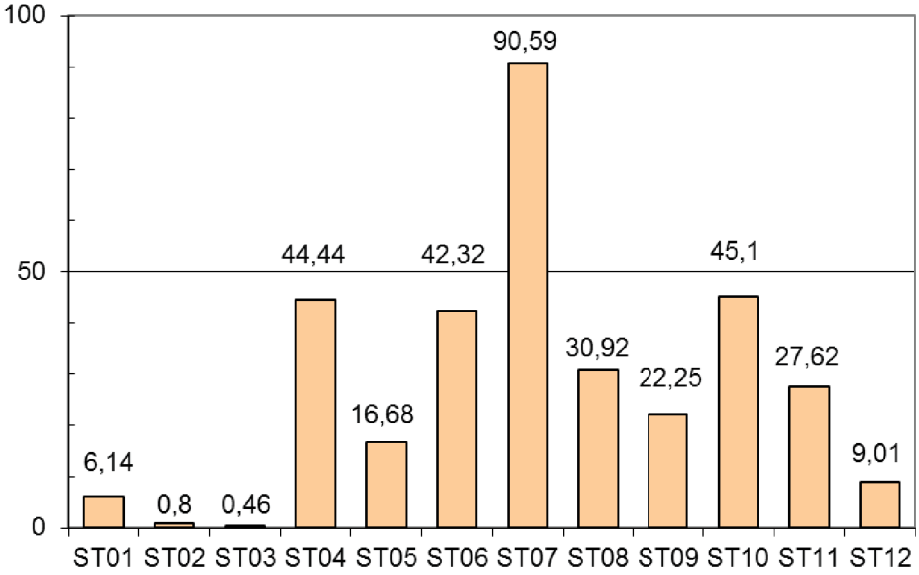


Figure 94 : Biomasse (g/m²) de l'ichtyofaune par station

5.4 Espèces exogènes / espèces invasives / envahissantes

5.4.1 Définitions

L'introduction d'espèce exogène est préoccupante car **tous les taxons peuvent selon le contexte devenir une espèce invasive** (espèce envahissante exogène)**. Les espèces invasives peuvent réguler leur croissance et s'étendre dans leur nouvel habitat en causant des perturbations dans les communautés biologiques locales.**

Espèce exogène **(espèce exotique ou espèce non indigène ou espèce allochtone)** ***:*** Se dit d'une espèce qui provient d'un autre pays, d'une autre région du monde, qui n'est pas native de l'endroit.

Espèce indigène (ou espèce native ou espèce autochtone) : Qualifie la nature d'une espèce particulière native d'une région particulière ; se dit d'un organisme ou d'une espèce qui est naturellement originaire (indigène, autochtone) d'un environnement ou d'une région. Son contraire est espèce non indigène ou espèce exogène ou espèce allochtone.

La notion écologique d'espèce invasive et d'espèce envahissante est récente : Pour la comprendre, il faut savoir que les équilibres entre espèces au sein des écosystèmes, à l'échelle de temps humaine au moins, sont relativement bien établis. Sans intervention humaine, les phénomènes d'extension brutale de l'aire de répartition d'une espèce sont extrêmement rares. Les besoins des sociétés humaines conduisent à l'exploitation plus ou moins intense des écosystèmes et affectent la biodiversité.
Les auteurs ne sont pas encore d'accord sur l'emploi et la définition exacte des deux termes « espèce envahissante ou invasive », ce dernier mot étant en plus un anglicisme.
Cependant, pour plus de clarté, nous arrêterons dans le présent rapport les définitions suivantes :

Espèce invasive : Une espèce invasive ou espèce envahissante exogène ou espèce exotique envahissante (EEE) est une espèce non native de la zone concernée (introduite) et qui devient un agent de perturbation nuisible à la biodiversité autochtone des écosystèmes naturels ou semi-naturels parmi lesquels elle s'est établie.
Les espèces invasives peuvent réguler leur croissance et s'étendre dans leur nouvel habitat en causant des perturbations dans leur communauté biologique locale. Tous les taxons peuvent selon le contexte devenir une espèce invasive.

Espèce envahissante : espèce indigène dont le potentiel de reproduction est important et qui lors d'un développement excessif (dû à des facteurs x) pourra alors déséquilibrer son milieu.

Il faut donc bien faire la différence entre une espèce invasive (exogène à la base) et envahissante (indigène), même si les 2 phénomènes sont à surveiller du fait de leurs conséquences néfastes sur l'environnement.

5.4.2 Espèces exogènes / invasives

Les activités minières et industrielles de la société Vale Nouvelle-Calédonie génèrent un haut niveau de risque d'introduction, d'installation et de diffusion d'espèces exogènes notamment par l'importance du trafic de marchandises (en particulier via le port de Prony) et par les nombreuses voies de pénétration ouvertes dans les milieux naturels.

Au vu de l'étendue de la zone géographique (baie de Prony, canal Woodin et canal de la Havannah), de la complexité et la multiplicité des habitats présents et à la diversité importante des taxons potentiels, nos observations sur les stations d'étude biologique sont mineures et seraient à préciser et renforcer avec un plan d'échantillonnage et une méthodologie plus adaptés à la problématique des espèces exogènes, si celle-ci venait à être identifiée par les administrations compétentes.
Cependant, au cours des différentes plongées, au fur et à mesure de la détermination des espèces rencontrées, quel que soit l'embranchement, nous essayons de détecter la présence d'espèces exogènes, invasives ou non.

A ce jour aucune nouvelle espèce exogène n'a été répertoriée dans les stations de suivi biologique de la zone d'étude.
Il n'y a pas, au vu de la taille de notre échantillon, de phénomène d'invasion actuellement.

5.4.3 Espèces envahissantes

Par rapport aux taxons (indigènes) qui sont observés durant ces suivis, **l'abondance des espèces indigènes et les variations de leur recouvrement durant l'année (depuis le début du suivi), ne présentent pas, de manière permanente, d'anomalie caractéristique d'espèce envahissante** qui pourrait nuire à l'environnement.
Cependant, des proliférations ponctuelles sont observées, notamment pour les macroalgues et les corallivores.

5.4.3.1 Les macroalgues

Ainsi, une attention particulière doit être portée sur l'évolution du recouvrement de deux genres de **macrophytes** (***Asparagopsis*** et ***Lobophora)***. En effet, les proliférations de macroalgues dans les écosystèmes littoraux des zones tropicales et subtropicales sont une menace sérieuse pour la diversité biologique de ces milieux. Des investigations complémentaires seraient à mettre en place avec un pas de temps plus court (trimestriel) et une méthodologie adaptée (quadras) afin d'évaluer leur potentielle nuisance sur l'environnement ainsi que leur développement dans le temps et dans l'espace. Leurs évolutions sont détaillées au § 6.2.2.3.2.

L'algue rouge du genre *Asparagopsis* présente un développement saisonnier très important (particulièrement durant la fin de l'hiver austral et le début de l'été austral : mission septembre/octobre), dans les zones caractérisées par un hydrodynamisme intense du canal de la Havannah. Du fait de sa prolifération, cette algue rouge pourrait entraîner des perturbations non négligeables sur les coraux durant cette période (compétition spatiale non négligeable).
Il faut noter qu'à contrario, cette algue ne se développe presque pas en baie de Prony et dans le canal Woodin.

L'algue brune du genre *Lobophora* est également à surveiller avec une grande attention car elle constitue un compétiteur spatial important pour les coraux. En effet, il s'avère que le genre *Lobophora* se développe abondamment et de manière permanente en baie de Prony. Pour l'instant son développement est régulier et non prolifique mais si les conditions environnementales venaient à évoluer (principalement augmentation de la turbidité), ce genre pourrait ainsi se développer à la défaveur des coraux puis étouffer une grande partie des récifs.
A ce stade, le genre *Lobophora*, pourrait avoir des caractéristiques d'une espèce envahissante.

5.4.3.2 Les corallivores

Par ailleurs, globalement, depuis le début du suivi biologique, ***Acanthaster planci*** est présente de manière très occasionnelle, mais **des proliférations ont été recensées les dernières années (2017-2019) en station ST01, ST02, ST03 et ST04 (baie de Prony et canal Woodin).**
L'évolution de ce corallivore est détaillée au § 6.2.2.3.4.

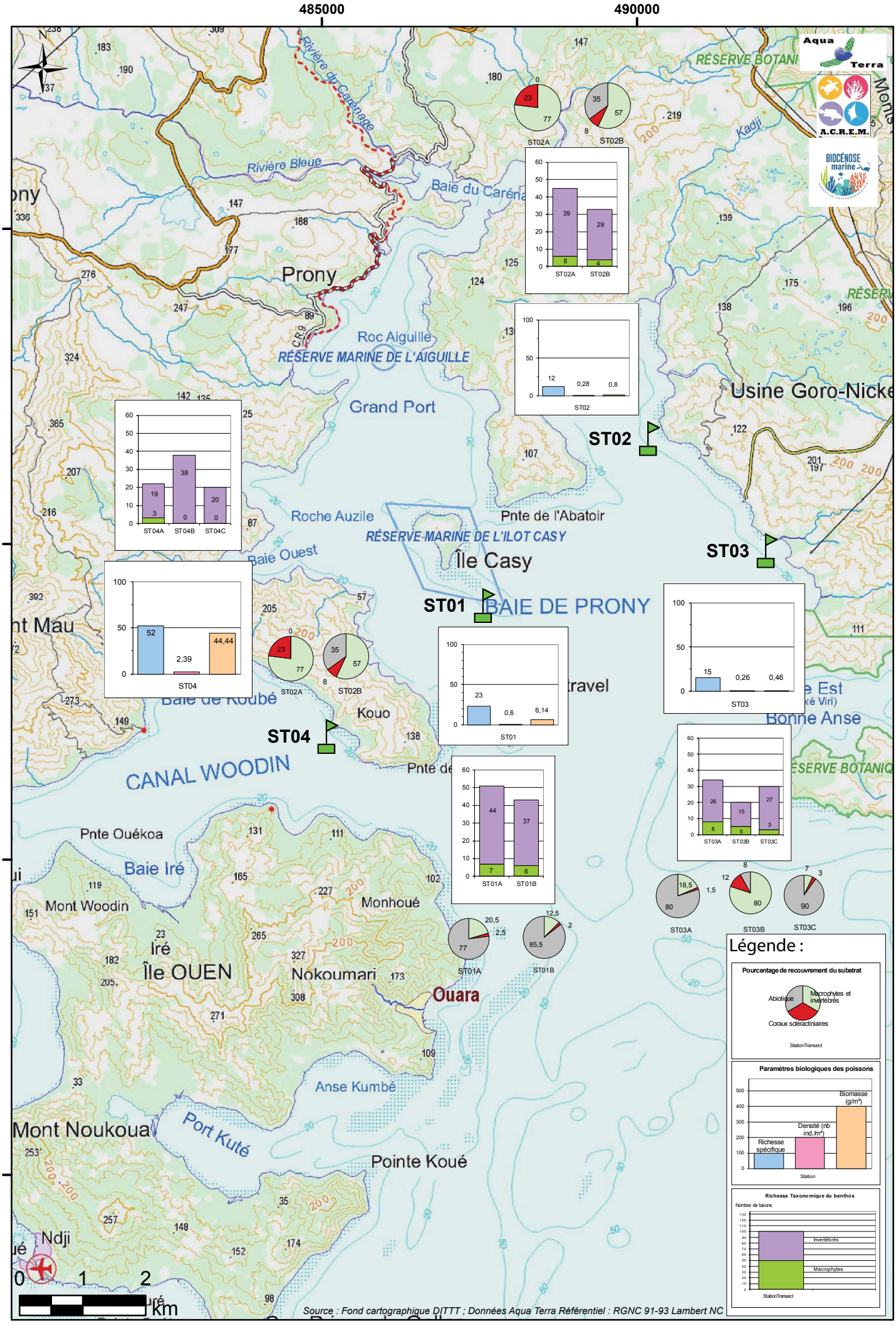
La 1ère alerte concernait la **ST01 (Casy)** où sur 3 missions successives (avril 2017 à mai 2018) le transect A présentait une prolifération d'*Acanthaster planci* (12, 13 et 7 spécimens / 100 m²). Lors du suivi de novembre 2016 un seul spécimen avait été observé, comme en novembre 2018, en avril 2019 et en mai 2020. RAS pour les 2 dernières missions.

La 2ème alerte concernait la **ST04 (Woodin)** où en novembre 2018, 51 spécimens (sur 300 m², mais essentiellement sur le transect médian) avaient été observés. Les colonies attaquées (blanchies et mortes en place) étaient des *Acropora* tabulaires. La présence c'était réduite en avril 2019 avec respectivement 2 et 1 spécimens aux transects supérieurs et 3 et 2 spécimens en octobre 2019. RAS pour les 3 dernières missions.

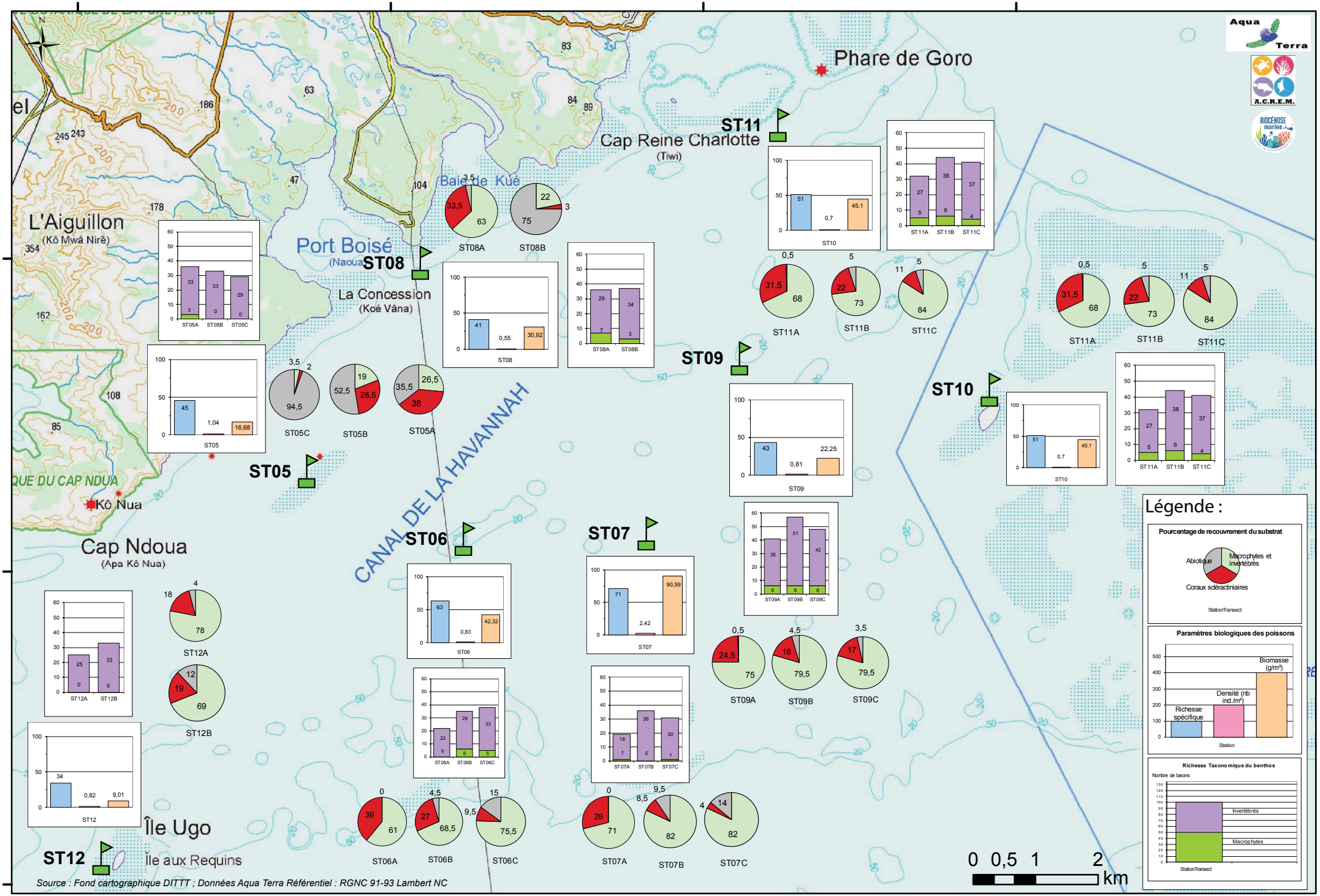
La 3ème alerte, et la 4ème dans sa continuité, concernaient les stations **ST02** (5 et 2 spécimens en avril 2019 puis 3 et 5 en octobre 2019) et **ST03** (1, 16 et 1 spécimens en avril 2019 puis 2*1 en octobre 2019).

Leurs perturbations sur les coraux sont importantes dans ces anciennes zones de prolifération. Les colonies blanchies et mortes en place concernent préférentiellement les *Acropora* branchus et tabulaires mais quand la prolifération a perduré la mortalité corallienne touche un plus grand nombre d'espèces.
De plus, ces proliférations affaiblissent le développement des coraux par rapport à la lutte spatiale contre les algues ce qui crée une conjoncture très défavorable à certaines stations, comme en ST02 et ST03, où les macroalgues sont particulièrement développées.

Ces trois genres sont actuellement suivis avec attention à chaque campagne.



Carte n°15 : Résultats généraux pour le suivi biologique du milieu marin, campagne de novembre 2021
Ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station de la baie de Prony - canal Woodin



Carte n°15 : Résultats généraux pour le suivi biologique du milieu marin, campagne de novembre 2021 - Ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station pour le canal de la Havannah

6 Comparaison avec les données historiques

6.1 Substrat

Pour suivre une évolution globale, les résultats (en pourcentage de recouvrement) du biotique (en deux groupes : les coraux scléractiniaires et les autres organismes vivants, rangés sous le terme de « macrophytes et invertébrés ») et des fonds abiotiques sont comparés entre la mission actuelle et la précédente (cf. tableau 117).
Selon plusieurs études [R64, R46], le LIT est une méthode présentant des variations moyennes de l'ordre de 20%, y compris pour un même opérateur.
Par ailleurs, pour les études à des fins de gestion (et non de recherche), les résultats d'enquête ne nécessitent qu'une précision de 20% et les efforts pour parvenir à une plus grande précision sont considérés par certains auteurs/chercheurs comme « une perte de temps et d'argent » [R69].
Pour ces raisons et les différences dans les conditions d'exécution des différentes campagnes, seule la marge supérieure à 20% de fluctuation est conservée comme indicateur significatif.

Rappel des résultats des comparaisons pour les missions précédentes :
En avril 2016 (*vs* octobre 2015), globalement, il y avait très peu de variations, avec toutefois une exception marquée pour les transects supérieurs des stations ST02 (Creek baie nord) et ST04 (Woodin), où une baisse significative dans le recouvrement par les coraux scléractiniaires avait été mesurée (- 21% et - 23.5%).
Le phénomène de blanchissement (conséquence d'une anomalie positive de température de l'eau, cf. § 7.1) qui a touché la Nouvelle-Calédonie en début d'année 2016 avait été particulièrement enregistré ici.

En novembre 2016 (*vs* avril 2016), de façon globale les stations étaient stables, y compris pour ce qui est du recouvrement en scléractiniaires, sur les 2 transects particulièrement touchés en début d'année (ST02A et ST04A) (+1% pour chacun). Par contre le transect B de la ST02 voyait son recouvrement en coraux diminuer de 14.5%. Il fallait aussi noter -7.5% pour le transect haut (A) de ST08 (Puka). A contrario, le recouvrement corallien en ST07A (Basse Chambeyron) augmentait de 7%.
Les baisses de cette mission étaient les suites à long terme du phénomène de blanchissement du début d'année 2016. L'état de santé de la majorité des stations était cependant stable voire en légère augmentation par rapport à la mission précédente (avril 2016), ce qui laissait supposer que les dégradations étaient terminées et que le récif allait progressivement se rétablir (résilience), en l'absence d'un autre stress.

En avril 2017 (*vs* novembre 2016), il y avait comme régulièrement des inversions dans les taux biotique / abiotique dues à des changements dans le recouvrement du couple vase - « corail mort avec algues » pour certaines stations, mais une tendance générale à la stabilité. Pour ce qui est du recouvrement en scléractiniaires, les 2 stations touchées 1 an auparavant, voyaient l'enregistrement d'une bonne croissance globalement. Ainsi, la moyenne des variations du recouvrement en scléractiniaires par rapport à la mission précédente était un gain de 1.7%. Cela contrebalançait les pertes enregistrées en 2016 (-1.4% en avril et -0.6% en novembre) et prouvait la résilience des récifs de la zone d'étude.

En septembre 2017 :
Par rapport à la mission précédente (avril 2017), globalement les stations étaient stables : il n'y avait même (1ère fois depuis le début du suivi) aucune variation significative (≥ 20%).
Pour ce qui est du recouvrement en scléractiniaires, les variations se situaient entre -7% pour le transect A de la ST01 (Casy) - baisse due à la prolifération des *Acanthaster planci* - et +12% au transect A de la ST11 (Toémo). En moyenne, c'est un gain qui était enregistré (+1.86%).
L'analyse de ces résultats avec ceux de la campagne d'octobre 2015 est intéressante puisque les dernières grandes dégradations enregistrées l'avaient été en début 2016. La mission d'octobre 2015 devient ainsi la dernière référence pour un état de santé global bon.
A part deux inversions cycliques (couple sable / « corail mort avec algues » en ST04C et ST08B), il n'y avait pas de différence significative (> 20%). Ainsi les taux de cette mission rejoignaient bien les moyennes observées avant les dégradations enregistrées en 2016 (résilience globale du récif).
Cependant, il faut noter que 2 transects avaient des taux de recouvrement en scléractiniaires beaucoup plus bas :

- En ST02A (-20% en septembre 2017 *vs* octobre 2015) : ce transect ne s'était pas « remis » du blanchissement de début 2016 et les coraux atteints étaient morts.
- En ST01A (-11.5% en septembre 2017 *vs* octobre 2015) : cette dégradation avait une autre cause. Elle était

récente (de l'année 2017) et était due à une attaque massive (prolifération) des *Acanthaster planci* sur la station.

En mai 2018 : (*vs* septembre 2017), il y avait, comme régulièrement, des inversions dans les taux biotique / abiotique dues à des changements dans le recouvrement du couple vase - « corail mort avec algues » pour certaines stations (augmentation de la vase en ST02B et diminution en ST03A), mais une tendance générale à la stabilité. Pour ce qui était du recouvrement en scléractiniaires, la moyenne des variations du recouvrement en scléractiniaires par rapport à la mission précédente était une perte de 0,65%.

En novembre 2018 : (*vs* mai), il y avait, comme régulièrement, des inversions dans les taux biotique / abiotique dues à des changements dans le recouvrement du couple vase - « corail mort avec algues » pour une seule station (diminution de la vase en ST02B), et donc une tendance générale à la stabilité. Pour ce qui était du recouvrement en scléractiniaires, la moyenne des variations par rapport à la mission précédente était un gain de 2.4%, avec 2 stations qui voient leurs coraux en pleine croissance / recrutement (en défaveur du compartiment « macrophytes et invertébrés ») :

- le transect A de la ST02 (Creek baie nord) : + 22% (soit un taux à 47.5% comme en octobre 2015)
- le transect A de la ST11 (Toémo) : +24%.

Il faut à contrario signaler que le transect B de la ST04 (Woodin) perd 16.5% dans son recouvrement en scléractiniaires (au profit du compartiment abiotique : débris et sable). Il y avait en effet une attaque massive d'*Acanthaster planci* avec en conséquence, en plus, un effondrement de certaines colonies mortes.

En avril 2019 : par rapport à la mission précédente, globalement les stations étaient stables : il n'y avait ainsi (2ème fois depuis le début du suivi) aucune variation significative (≥ 20%).
Il y avait, cependant comme régulièrement, des modifications dans l'équilibre des taux biotique / abiotique dues à des changements, légers cette campagne-ci, dans le recouvrement du couple vase ou sable - « corail mort avec algues » : diminution du sable en ST04C (-12.5%) et augmentation en ST07B (+14%).
Pour ce qui est des coraux, la moyenne des variations du recouvrement en scléractiniaires par rapport à la mission précédente était une baisse de 1.72%. Ce recul étant essentiellement dû à la ST04 (Woodin) qui perdait à nouveau 8% dans son recouvrement en scléractiniaires au transect B et 17.5% au transect A. C'étaient les conséquences de la prolifération des *Acanthaster planci*.

En octobre 2019 : par rapport à la mission précédente, globalement les stations étaient stables : il n'y avait ainsi qu'une variation significative : c'était l'inversion entre la proportion de sable (disparition : - 58.5%) pour l'augmentation du « corail mort avec algues » (+ 57.5%) au transect B de la ST08 (Puka). Ce type de phénomène est cyclique (ainsi les taux rejoignent ici par exemple ceux de la campagne de novembre 2016).
Pour ce qui est des coraux, la moyenne des variations du recouvrement en scléractiniaires par rapport à la mission précédente était encore une baisse, de 1.64%. Ce recul était toujours dû à la ST04 (Woodin) qui perdait à nouveau 12.5% dans son recouvrement en scléractiniaires au transect A, mais aussi pour une plus grande partie à une forte dégradation de la station 02 (Creek baie nord) avec -12% et – 17% de recouvrement corallien sur ses 2 transects. Ces dégradations étaient les conséquences de la prolifération des *Acanthaster planci*.

En mai 2020, par rapport à la mission précédente, globalement les stations étaient stables : il n'y avait ainsi que 2 variations significatives :

- une inversion entre la proportion de sable (disparition : - 27%) pour l'augmentation du « corail mort avec algues » (+ 32.5%) pour le transect B de la ST07 (Chambeyron). Ce type de phénomène est cyclique (ainsi les taux rejoignaient ici par exemple ceux de la campagne d'avril 2017)
- la très forte augmentation du recouvrement en coraux scléractiniaires au transect A de la ST10 (Ilot Kié) avec +31%. Attention cependant : cette évolution était calculée par rapport à novembre 2016 (soit 6 missions sans observations, plus de 3 ans).

Pour ce qui est des coraux, la moyenne des variations du recouvrement en scléractiniaires par rapport à la mission précédente était en hausse de 0.4%. Cependant, cette hausse était due à la réintégration de la ST10 dans le réseau de suivi, car elle possède les taux les plus élevés. Le même calcul en l'écartant montrait encore un recul de 0.29%, qui cette fois était dû essentiellement à la ST09 (Bancs Kié) qui perdait 10.5% dans son recouvrement en scléractiniaires au transect A (mais cela rejoignait les résultats de mai 2018). Ces dégradations n'avaient pas de cause apparente à part être les conséquences éventuelles de phénomènes hydrodynamiques.

En octobre 2020, par rapport à la mission précédente, globalement les stations étaient stables : il n'y avait ainsi

aucune variation significative.
Pour ce qui est des coraux, la moyenne des variations du recouvrement en scléractiniaires par rapport à la mission précédente était en hausse de 0.6%, ce qui tendait à valider la résilience et la reprise de croissance des coraux suite aux proliférations des *Acanthaster*.
Cependant, cette hausse était à nuancer car elle e était st influencée par l'augmentation enregistrée au transect C de la ST04 (Woodin) (+15.5%) qui était due à l'effondrement des grandes colonies de *Tubastraea micranthus* sous le transect.
Malgré tout, en enlevant ce transect du calcul, la variation restait cependant une augmentation, très légère (+0.1%).

En mai 2021, par rapport à la mission précédente, la majorité des stations étaient stables, à part pour 3 où il y avait des variations significatives :

- une inversion entre la proportion de sable (augmentation : - 57.5%) au détriment du « corail mort avec algues » - 57%) pour le transect B de la ST08 (Puka). Ce type de phénomène est cyclique (ainsi les taux étaient ici identiques à ceux de la campagne d'avril 2019)
- la très forte diminution du recouvrement en coraux scléractiniaires au transect A de la ST10 (îlot Kié : avec -47%), aux transects A et B de la ST11 (Toémo : -38% et -10%) et, dans une moindre mesure au transect A de la ST12 (Ugo : -15.5%).

De ce fait, la moyenne des variations du recouvrement en scléractiniaires par rapport à la mission précédente était en baisse de près de 3%.
Ces dégradations étaient dues aux perturbations mécaniques engendrées par les cyclones (dont Lucas et Niran) de début d'année. Ces impacts étant localisés et temporaires, une reprise était donc possible.

<u>Pour cette mission :</u>
Par rapport à la mission précédente, la majorité des stations est stable, et aucune variation significative (> +/-20%) n'est enregistrée.
Les changements les plus importants mesurés sur le recouvrement corallien sont :

- un gain de 5% pour le transect B de la station ST03 (Port)
- une perte de 10% pour le transect B de la station ST06 (Ionontea).

La moyenne des variations du recouvrement en scléractiniaires par rapport à la mission précédente est encore en baisse de près de 1.3% (16.8% *vs* 18% en mai 2021 *vs* 21% en octobre 2020), ce qui la place parmi les résultats les plus bas : au 21ème rang (sur 27 missions).
Ces dégradations sont dues aux suites des perturbations mécaniques engendrées par les cyclones (Lucas et Niran) de début d'année 2021. Ces impacts étant localisés et temporaires, une reprise est toujours possible.

6.2 Benthos

6.2.1 Variation de la biodiversité α dans le temps

La biodiversité α est étudiée car c'est un paramètre biologique fort qui caractérise une station.
Les résultats obtenus de biodiversité α sur le peuplement benthique (invertébrés hors coraux durs et macrophytes) sont présentés pour chaque groupe en deux temps :

- 1/ les données de cette présente mission sont comparées directement avec les données de la mission précédente,
- 2/ l'ensemble des résultats comparables des missions précédentes est soumis à deux tests statistiques.

Les deux analyses statistiques proposées sont : Anovar et le test de Friedman.

ANOVAR (comparaisons temporelles) : La prise en considération de l'ensemble des transects et stations de la zone donne une série statistique exploitable permet une analyse temporelle. Toutefois, la puissance de cette analyse est lourdement entravée 1) par l'amélioration du protocole au fur et à mesure des missions et 2) par un choix de stations très hétérogènes : baie de Prony contre canal Woodin et canal de la Havannah, et même au sein du canal de la Havannah, des stations sur des bancs à fort courant, des stations exposées aux alizés et d'autres au contraire protégées et donc à plus faible hydrodynamisme.

Test de Friedman : Le test de Friedman a sans doute dans le cas présent plus d'intérêt que celui de Kruskal & Wallis. Ce test, appelé *«test en blocs aléatoires complets* », a pour préalable d'ordonner les résultats des différents traitements à l'intérieur de chaque bloc préétablis.
Ici, sera considéré que les « traitements » sont les conditions environnementales propres à chacune des années de la série historique et que les « blocs » sont les stations qui sont chaque année réévaluée, et dans ce cas, ce sera une analyse en colonnes,

$$\chi^2_{obs} = 12/pq(p+1).\sum Y_i^2 - 3q(p+1)$$

p et q désignant respectivement le nombre d'années (donc de colonnes) et le nombre de transects (donc de lignes). Le degré de liberté ddl = p-1

L'hypothèse (H_0) du test est de s'assurer que les variations observées d'année en année au niveau de chacune des stations sont bien aléatoires et donc pour chacune, le fruit du hasard et non qu'il existerait au cours du temps, une tendance globale à la hausse ou à la baisse des valeurs des paramètres choisis pour caractériser ces stations.

Il n'est pas concevable de prendre les différents niveaux bathymétriques comme réplicats pour une station du fait de leur grande hétérogénéité liée à la profondeur justement. Les données quantitatives par transect sont donc obtenues sans réplicat : il n'y a donc pas d'intervalle de confiance pour les niveaux bathymétriques.
→ Les stations ne peuvent être comparées individuellement, ni entre elles, ni d'une année sur l'autre.
Seule la considération de l'ensemble des transects de la zone comme une série statistique permet le calcul d'un intervalle de confiance. Avec ce subterfuge la comparaison temporelle de la zone (et uniquement temporelle) peut alors être faite. Toutefois, la puissance de cette analyse est lourdement entravée par l'hétérogénéité des stations et les fortes variances que cette hétérogénéité entraîne.

Nota Bene :

- La **station Ugo** (ST12) n'a pas été échantillonnée pour les missions de 2007 et 2008. Lorsque les résultats de Biodiversité α des missions de 2007 et 2008 sont introduits dans les tests, ces valeurs correspondent à la moyenne des missions suivantes.
- Il en est de même pour la **station ST10 (Ilot Kié)**, qui n'a pas été échantillonnée de 2017 à 2019 : les données manquantes pour cette période, ont été remplacées par la moyenne des années précédentes.
- Par ailleurs, les premières années (2007 et 2008), l'augmentation de diversité des **coraux** est corrélée à la régénération du récif (résilience) mais aussi à une amélioration du protocole (jusqu'en juin 2009). Par la suite, le protocole n'a plus évolué, l'enregistrement indique seulement la croissance naturelle du récif.

  NB : Depuis la mission d'avril 2017 : les coraux (scléractiniaires et autres) (non demandés dans le cahier des charges) ne sont plus étudiés.
- De même, pour les **invertébrés** : au fur et à mesure des missions le protocole d'échantillonnage des biocénoses benthiques a été amélioré :
  - En octobre 2008 avec l'inventaire supplémentaire des actiniaires et des ascidies ;
  - En octobre 2011 avec l'inventaire plus détaillé des mollusques (gastéropodes, bivalves et nudibranches) et des ophiures (présence/absence). Le protocole d'échantillonnage est inchangé depuis ce suivi.
- A contrario, le protocole n'a jamais évolué pour les **macrophytes** : les valeurs des biodiversités α des macrophytes sont donc comparables entre toutes les missions.

6.2.1.1 Pour les invertébrés

6.2.1.1.1 Généralités

La richesse spécifique des invertébrés est un indicateur pour évaluer l'état de santé des récifs mais les informations sont à interpréter avec une grande précaution et généralement sur une échelle de temps plus grande que celles acquises pour les coraux scléractiniaires (indicateur le plus performant). De plus, contrairement aux coraux, les mêmes individus sont très rarement observés d'une mission à l'autre (grande mobilité et turn over des invertébrés).
En effet, les variations de mobilités des invertébrés (particulièrement : échinides, astéries, holothuries, gastéropodes et nudibranches) sont très importantes naturellement. Les espèces mobiles sont constamment à la recherche de nourriture et lorsque les conditions environnementales sont défavorables, elles ont la capacité de se déplacer vers un milieu moins perturbé. Leur absence n'est pas forcément un indicateur de perturbation et leur abondance ou présence n'est pas non plus un indicateur de bon état de santé. Il faut généralement que les perturbations soient majeures pour que le signal soit perceptible ou alors retrouver des individus ou des tests morts pour déterminer une perturbation.

Les évènements hydrodynamiques (cyclone, dépression, tempête) et climatiques (Enso), la prédation, la disponibilité en nourriture et la grande mobilité des organismes benthiques sont principalement à l'origine de variation de diversité et d'abondance d'une mission à l'autre, surtout lorsque ces évènements deviennent extrêmes.
Lors des évènements dépressionnaires, les invertébrés sont balayés, arrachés du substrat et/ou ils se déplacent vers des zones moins perturbées (plus en profondeur). Ces perturbations subies par les récifs génèrent aussi une remobilisation du matériel corallien et sédimentaire (colonies, débris, sédiments) et par la suite le développement de cyanobactéries et de turf algal. Ces éléments remobilisés et mis à disposition sont une source de nourriture non négligeable pour les invertébrés.

D'autre part, il apparait également qu'un nombre important d'invertébrés mobiles se protègent et se cachent sous les débris, des anfractuosités ou dans le sédiment (mollusques, astéries, ophiures, crustacés…) ainsi ils ne peuvent pas être comptabilisés dans les inventaires.

6.2.1.1.2 Depuis la dernière mission

La liste des invertébrés demandée dans le cahier des charges ne concerne que les échinodermes (astéries, crinoïdes, échinides, holothurides), les cliones, les bénitiers et les trocas. Cela n'est pas suffisant pour une bonne appréciation de la qualité des biocénoses.
De ce fait, **la liste des invertébrés traités dans cette étude** est bien plus complète et comprend les sous-groupes qui contribuent le plus à la composition caractéristique et unique de chaque récif, soient : alcyonaires, spongiaires, mollusques, ascidies, échinodermes (astéries, crinoïdes, échinides, holothurides, ophiurides, synaptes), actiniaires, zoanthaires et hydrozoaires. Elle **ne comprend plus les coraux durs**.
Par ailleurs, dans les données de richesses spécifiques, depuis octobre 2012 (compris), les décapodes et les crustacés ne sont plus pris en compte (impossibilité sur le terrain d'échantillonner tous ces organismes, donc leur biodiversité était obligatoirement largement sous-estimée). Les moyennes pour les années précédentes ont été reprises aussi de fait.

De mai 2021 à novembre 2021, la richesse spécifique absolue des invertébrés (hors coraux durs) a évolué de -7 à +10 espèces selon les transects (ST01B=ST12A et ST10C). **De manière générale, l'ensemble de la zone présente une augmentation significative de diversité comparé à la dernière mission où les récifs avaient subi de fortes dégradations induites par les cyclones de début d'année.**
Les transects présentant une diminution de diversité absolue par rapport à la dernière mission (respectivement -3 et -7 taxons) sont : ST01B, ST07A, ST12A.
Les transects présentant une augmentation de diversité absolue par rapport à la dernière mission (entre +5 et +10 taxons) sont : ST02A, ST06C, ST07C, ST08B, ST09AB, ST10AC et ST12AB.

6.2.1.1.3 Depuis le début

Les valeurs des biodiversités α des invertébrés selon les différentes transects pour toutes les missions sont résumées dans le tableau 106.

Tableau 106 : Valeur de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2011

Biodiv. α	Nov. 2021	Mai 2021*/**	Oct. 2020	Mai 2020*	Oct. 2019	Avril 2019*	Nov. 2018	Mai 2018*	Sept. 2017**	Avril 2017*	Nov. 2016	Avril 2016*	Oct. 2015	Mars 2015*	Oct. 2014	Avril 2014	Sept. 2013	Avril 2013*	Oct. 2012	Mars 2012	Oct. 2011	Mars 2011*
ST01A	43	40	39	47	45	46	37	36	34	38	44	44	51	44	47	48	48	39	42	32	27	24
ST01B	36	43	32	39	41	41	37	38	29	32	39	35	42	46	39	37	41	29	33	28	23	18
ST02A	37	29	28	31	33	31	33	36	30	33	38	34	40	40	38	38	37	33	27	25	21	20
ST02B	27	24	29	28	29	35	32	32	22	22	27	30	32	29	28	31	28	26	30	26	24	19
ST03A	25	26	26	27	30	27	25	29	25	25	30	34	32	33	35	38	31	25	32	20	20	16
ST03B	15	13	14	15	19	22	19	26	16	21	27	30	35	29	28	35	33	26	26	22	15	9
ST03C	26	23	22	19	23	25	28	26	21	21	25	29	25	22	24	28	24	18	30	23	19	17
ST04A	17	17	20	19	22	21	22	22	16	25	24	19	30	23	28	31	24	19	22	21	22	16
ST04B	36	34	34	39	36	34	34	46	38	42	42	40	44	44	43	47	45	35	32	28	26	20
ST04C	19	20	19	18	18	15	22	25	16	23	22	23	28	24	22	28	20	18	20	24	26	24
ST05A	31	27	31	37	33	30	31	45	39	38	40	39	45	42	39	42	42	27	28	24	23	15
ST05B	31	32	33	31	32	29	28	47	36	37	42	30	32	36	34	35	40	30	33	30	31	23
ST05C	27	28	26	24	21	19	20	22	20	14	16	16	16	20	20	21	21	20	19	20	21	21
ST06A	20	19	19	19	21	24	18	24	21	18	16	17	17	13	20	26	15	19	16	20	20	7
ST06B	27	26	28	30	29	33	30	36	28	26	33	36	42	39	45	38	41	36	34	26	28	16
ST06C	32	27	27	19	23	25	25	24	19	23	32	31	28	21	28	29	38	27	26	25	25	13

ST07A	17	20	21	21	23	18	18	24	19	20	25	29	20	25	20	18	15	26	14	17	14	8
ST07B	35	32	32	33	33	37	30	41	27	36	35	39	44	36	40	38	39	31	25	27	27	20
ST07C	29	21	22	22	21	25	25	19	20	33	35	40	33	28	31	27	32	24	18	25	28	18
ST08A	27	27	29	34	31	36	36	56	40	37	41	36	39	42	42	39	34	35	50	39	34	23
ST08B	32	27	29	38	35	32	30	42	36	28	43	36	31	36	34	36	29	23	29	30	27	24
ST09A	33	25	34	36	34	35	34	46	41	36	43	39	37	44	49	46	43	39	34	32	31	20
ST09B	49	42	48	54	53	59	58	68	58	56	67	60	66	71	78	80	64	63	49	44	38	25
ST09C	40	37	41	43	42	41	43	43	39	35	40	40	47	56	57	53	54	45	44	37	36	24
ST10A	25	17	24	36	*35.7*	*35.7*	*35.7*	*35.7*	*35.7*	*35.7*	39	41	48	41	45	30	30	21	31	31	25	20
ST10B	41	41	39	44	*52.6*	*52.6*	*52.6*	*52.6*	*52.6*	*52.6*	56	56	62	67	68	57	47	42	36	35	31	25
ST10C	33	23	25	29	*35.8*	*35.8*	*35.8*	*35.8*	*35.8*	*35.8*	30	29	34	40	43	41	38	36	31	36	35	26
ST11A	25	22	24	25	25	21	18	28	23	17	18	18	29	23	31	30	33	27	30	42	43	18
ST11B	36	32	45	43	39	48	45	53	39	37	49	41	47	53	53	50	48	45	37	45	39	22
ST11C	35	32	31	28	29	31	32	30	27	30	35	36	38	38	39	39	29	35	31	35	34	24
ST12A	23	30	39	35	30	31	28	37	30	34	44	37	46	53	41	39	40	37	38	30	20	14
ST12B	31	26	29	26	27	29	28	33	25	33	42	40	39	47	40	37	34	37	36	22	23	21

** période dépressionnaire antérieure à la mission ; ** période de phénomène climatique (el Niño, la Niña) antérieure à la mission*

***NB :** La station ST10 (ilot Kié) n'a pas été échantillonnée d'avril 2017 à octobre 2019. Afin de réaliser les tests statistiques, les données manquantes pour cette période, ont été remplacées par la moyenne des années précédentes (2012 à 2016).*

6.2.1.1.3.1 Analyse par Anovar

Une ANOVAR sur ce tableau de biodiversité α des invertébrés est donnée tableau 107.

L'analyse des variances de la richesse spécifique des invertébrés pour les 20 dernières campagnes ne montre pas de similarité, même pour une valeur de F à 99%. Le rejet est total et l'ANOVAR n'accrédite pas l'hypothèse d'identité Ho. Toutes les séries ont des variances différentes.

Tableau 107 : Analyse de la Variance de la biodiversité α des invertébrés (hors coraux durs), depuis 2012

k1=p-1	19	**F obs.**	**3.66**
K2=n-p	620	**F95%**	1.60
		F99%	1.93

Tableau 108 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2012

	11/21	05/21*/*	10/20	05/20*	10/19	04/19*	11/18	05/18*	09/17**	04/17*	11/16	04/16*	10/15	03/15*	10/14	04/14	09/13	04/13*	10/12	03/12
Richesse spécifique moyenne	30,00	27,56	29.34	30,91	31,28	32,00	30,94	36,19	29,94	31,06	35,59	34,50	37,47	37,66	38,41	37,88	35,53	31,03	30,72	28,78
Ecart type	7,93	7,55	7.84	9,61	8,98	10,05	9,50	11,54	10,42	9,60	11,22	9,74	11,33	13,45	13,23	11,71	10,91	9,78	8,58	7,33
Intervalle de confiance (IC:0,95)	2,80	2,67	2.77	3,40	3,18	3,55	3,36	4,08	3,69	3,39	3,97	3,38	3,92	4,66	4,59	4,06	3,78	3,39	2,97	2,54
Coefficient de Variation	0.26	0.27	0.27	0,31	0,29	0,31	0,31	0,32	0,35	0,31	0,32	0,28	0,30	0,36	0,34	0,31	0,31	0,32	0,28	0,25

** période dépressionnaire antérieure à la mission ; ** période de phénomène climatique (el Niño, la Niña) antérieure à la mission*

De manière générale, la diversité absolue des invertébrés à tendance à augmenter durant la mission du premier semestre (mars à mai) et à diminuer durant la mission du second semestre (octobre à novembre). Cependant, cette configuration dépend de nombreux facteurs environnementaux et aussi de la durée entre la mission de suivi et un phénomène dépressionnaire.
Lorsqu'un cyclone interagit avant la mission estivale, les invertébrés peuvent être arrachés, remobilisés (capacités réduites de fixation au substrat), se déplacer et/ou mourir lors du phénomène perturbateur mais ils peuvent aussi recoloniser très rapidement les sites dégradés pour les espèces mobiles (recherche de nourriture). La diversité absolue des invertébrés peut donc diminuer ou augmenter drastiquement suite à un cyclone. Ainsi, les assemblages d'espèces par transect au sein des différents groupes d'invertébrés peuvent être très fluctuants dans le temps à court comme à long terme.

Les récifs ont subi des dégradations induites par les évènements dépressionnaires Vania et Zélia (janvier 2011), Freda (janvier 2013), Pam (mars 2015), Winston (février 2016), Cook (avril 2017), Donna (mai 2017), Fehi, Gita, Hola, Linda, Iris (janvier à mars 2018), Gretel (mars 2020), Lucas et Niran (2021) et les évènements climatiques (El Niño 2015/2016 et la Niña en 2017-2018 et 2020-2021).
Selon l'intensité du phénomène et la période écoulée entre la perturbation et la mission faisant suite au phénomène, des variations (soit une baisse, soit une hausse de diversité) sont constatées pour les invertébrés selon les zones (cela dépend principalement de l'exposition des récifs et de la disponibilité de nourriture). En effet, les invertébrés peuvent être arrachés, remobilisés (capacités réduites de fixation au substrat), se déplacer ou mourir lors du phénomène perturbateur mais ils peuvent aussi recoloniser très vite les sites dégradés pour les espèces mobiles (recherche de nourriture).

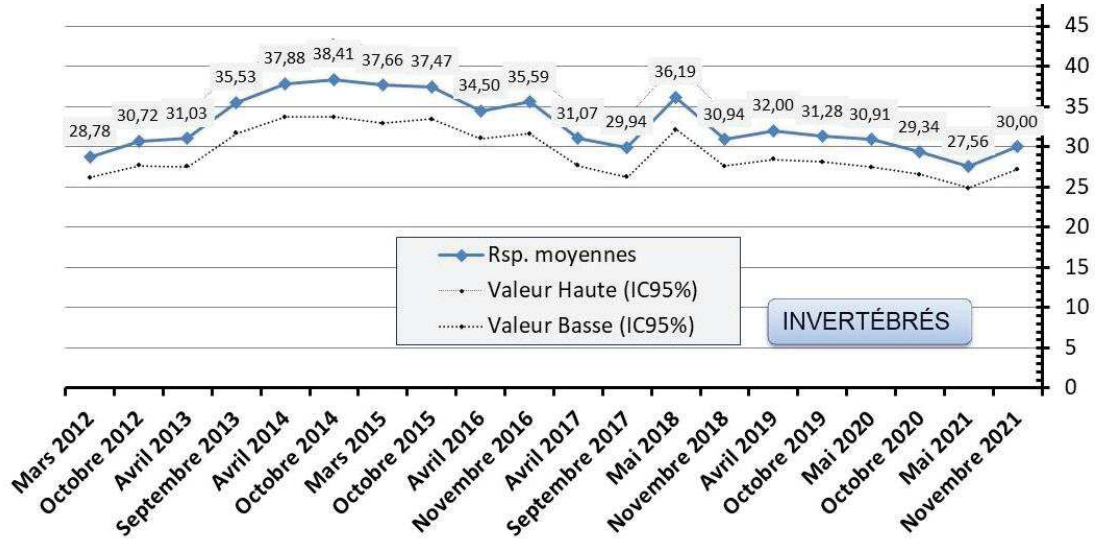


Figure 95 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2012
Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance

En novembre 2021, la diversité absolue des invertébrés évolue positivement depuis la dernière mission où les conditions hydrodynamiques et les apports terrigènes étaient très marquées.

Dans le canal de la Havannah, les récifs exposés avaient subi de grandes perturbations mécaniques induites par les conditions hydrodynamiques intenses (cyclones Lucas et Niran). Les niveaux bathymétriques supérieurs et médians ont été balayés (voir arasés et fragmentés pour certaines zones) (résultats de mai 2021).
En baie de Prony et canal Woodin, les récifs avaient été beaucoup plus protégés des dégradations mécaniques, mais ils avaient subi des apports sédimentaires non négligeables. Des pluies centennales avaient précédé la mission de mai 2021 (cf. § 7.1.1.4), entrainant inévitablement des panaches turbides important chargés de MES (Matière En Suspension) dans les baies (résultats de mai 2021).
Désormais, l'ensemble des niveaux bathymétriques ont été recolonisés par les invertébrés sessiles et mobiles. Seuls les transects ST01B, ST07A et ST12A montrent une résilience plus tardive. Ces transects seront à surveiller avec attention lors des prochaines missions.

6.2.1.1.3.2 Analyse par le test de Friedman

Il devient alors intéressant de voir s'il y a un classement des séries au cours du temps et le test de Friedman permet de répondre à ce questionnement. Pour cela, le tableau 106 est considéré en classant les valeurs en ligne.

Tableau 109 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2012

KHI 2 obs.	**201.1**			
Ddl = 16	Khi² 95%	Khi² 97,5%	Khi² 99%	Khi² 99,5%
Valeur Khi²	30,144	32,852	36,191	38,582

Le rejet est total et le résultat s'accorde avec celui de l'ANOVAR. La diversité des invertébrés montre des évolutions dans le temps.
Le test de Friedman permet de classer les années les unes par rapport aux autres.

Tableau 110 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2012

Rang Invertébrés	**Nov. 2021**	**Mai 2021*/****	**Oct. 2020**	**Mai 2020***	**Oct. 2019**	**Avril 2019***	**Nov. 2018**	**Mai 2018***	**Sept. 2017****	**Avril 2017***	**Nov. 2016**	**Avril 2016*/****	**Oct. 2015**	**Mars 2015*/****	**Oct. 2014**	**Avril 2014**	**Sept. 2013**	**Avril 2013***	**Oct. 2012**	**Mars 2012**
ST01A	11,5	8	6,5	17,5	14	15	4,5	3	2	4,5	11,5	11,5	20	11,5	17,5	17,5	17,5	6,5	9	1
ST01B	8	18,5	4,5	13	16	16	10	10	2	4,5	13	7	18,5	20	13	10	16	2	6	2
ST02A	14	4	2,5	6,5	10	6,5	10	14	5	10	17	10	19,5	19,5	17	17	14	10	2,5	1
ST02B	5,5	3	12	9	12	20	18	18	1,5	1,5	5,5	14,5	18	12	9	16	9	5,5	14,5	5,5
ST03A	4	7,5	7,5	9,5	12	9,5	4	12	4	4	12	18	15,5	17	19	20	14	4	15,5	1
ST03B	2,5	2,5	2,5	2,5	6,5	9	6,5	13,5	5	9	13,5	17	19,5	13,5	13,5	19,5	18	13,5	13,5	9
ST03C	14	8	4,5	1,5	8	14	17,5	14	4,5	4,5	14	19	14	4,5	10,5	17,5	10,5	1,5	20	8
ST04A	2	2	7	5	11,5	8,5	11,5	11,5	2	16	16	5	19,5	14	18	19,5	16	5	11,5	8,5
ST04B	8	4	4	11	8	4	4	18,5	10	14	14	12	16,5	16,5	14	20	18,5	8	4	1
ST04C	6,5	9	6,5	4	4	1,5	12	17	1,5	14,5	12	14,5	19,5	17	12	19,5	9	4	9	17

ST05A	7	2,5	7	10	9	5	7	19,5	12,5	12,5	15	12,5	19,5	17	12,5	17	17	2,5	4	1
ST05B	5	9	11,5	5	9	2	1	20	16	16	18,5	5	9	16	13	14	18,5	5	11,5	5
ST05C	18,5	20	18,5	17	14,5	8,5	8,5	14,5	8,5	1	3	3	3	8,5	8,5	14,5	14,5	8,5	8,5	8,5
ST06A	15	10,5	10,5	10,5	15	18,5	7,5	18,5	15	7,5	3	5,5	5,5	1	15	20	3	10,5	3	15
ST06B	2,5	2,5	5,5	8	8	10,5	8	14	5,5	2,5	10,5	14	19	17	20	16	18	14	12	2,5
ST06C	18,5	13	13	1,5	5	8	8	5	1,5	5	18,5	17	13	3	13	16	20	13	10	8
ST07A	5	11,5	11,5	11,5	15,5	5	5	15,5	8	11,5	18	20	11,5	18	11,5	5	1,5	18	1,5	5
ST07B	10,5	6	6	8,5	8,5	14	4	19	2	12,5	10,5	17	20	12,5	17	15	17	6	2	2
ST07C	14	4,5	6,5	6,5	4,5	10	10	2,5	2,5	17,5	19	20	17,5	13	15,5	12	15,5	8	1	10
ST08A	1,5	1,5	3	6	4	9,5	9,5	20	16,5	9,5	16,5	9,5	13	16,5	16,5	13	6	6	19	13
ST08B	10,5	2	4,5	15,5	15,5	10,5	8	19,5	15,5	4,5	19,5	15,5	8	15,5	12	15,5	4,5	1	4,5	8
ST09A	4,5	1	4,5	9	4,5	9	4,5	18,5	14	9	15,5	12,5	11	17	20	18,5	15,5	12,5	4,5	4,5
ST09B	4,5	1	3	7	6	11	9,5	16,5	9,5	8	16,5	12	15	18	19,5	19,5	14	13	4,5	2
ST09C	6	2,5	8,5	12,5	10	8,5	12,5	12,5	4	1	6	6	16	19	20	17,5	17,5	15	12,5	2,5
ST10A	3,5	1	3,5	15	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	16	17,5	20	17,5	19	6,5	6,5	2	6,5	6,5
ST10B	5	5	3	7	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	16	16	18	19,5	19,5	16	8	5	1,5	1,5
ST10C	7	1,5	1,5	4,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	11,5	4,5	4,5	8	18	20	19	17	15,5	4,5	15,5
ST11A	11	6	8	11	11	5	2,5	14,5	8	2,5	2,5	2,5	14,5	8	18	16,5	19	13	16,5	20
ST11B	2	1	10,5	8	5,5	15	10,5	19	5,5	3,5	15	7	13	19	19	17	15	10,5	3,5	10,5
ST11C	14	9	9	1,5	3,5	9	9	5,5	1,5	5,5	14	14	18,5	18,5	18,5	18,5	3,5	14	9	14
ST12A	1	4,5	15	9	4,5	4,5	4,5	11	4,5	8	18	11	19	20	17	15	15	11	13	4,5
ST12B	9	3	7,5	3	5	7,5	6	10,5	3	10,5	19	17,5	16	20	17,5	14,5	12	14,5	13	1
∑Rg	251,5	185	229	267	295	309,5	268	442	225,5	265	423,5	388	488,5	478	506	513	421	278,5	271,5	214,5
Ordre	5	1	4	7	11	12	8	16	3	6	15	13	18	17	19	20	14	10	9	2

** période dépressionnaire antérieure à la mission ; ** période de phénomène climatique (el Niño, la Niña) antérieure à la mission*

L'ordonnancement des séries de données marque des ruptures de diversité à chaque période dépressionnaire.

Une tendance à l'augmentation de rang entre chaque période délimitée par des évènements dépressionnaires et climatiques est observable. Cette augmentation peut être traduite par la résilience des récifs et la recolonisation des espèces mobiles en recherche constante de nourriture (augmentation de la diversité spécifique). Lorsque l'ordonnancement régresse, la mission est précédée systématiquement par un évènement dépressionnaire ou climatique. La perte de rang peut être en lien avec l'intensité de l'évènement sur les récifs mais surtout avec la durée passée entre la dépression et la mission.
Seules les données de diversité des coraux (qui ne sont plus relevées) peuvent qualifiée sans ambiguïté l'intensité de l'évènement sur les récifs.
Les missions mai 2018 et avril 2019 font exceptions : elles sont précédées par plusieurs dépressions, cependant elles ont un rang bien plus élevé que la mission

précédente (plusieurs rangs). En effet, un trimestre s'est écoulé entre les dépressions et ces missions. Les invertébrés mobiles ont été certainement expulsés des récifs lors de la dépression mais ces derniers ont eu le temps de recoloniser les stations. Les espèces mobiles peuvent se déplacées très rapidement car la nourriture est devenue disponible.
En novembre 2021, l'ordonnancement général, malgré une remontée par rapport à la mission précédente, reste très bas.

6.2.1.2 Pour les macrophytes

6.2.1.2.1 Généralités

La richesse spécifique et l'abondance/recouvrement des macrophytes peuvent être très variables dans le temps et l'espace. Ils dépendent principalement : 1) du cycle de développement des espèces ; 2) des variations des paramètres environnementaux (saisonnalité) ; 3) du degré d'exposition des récifs par rapport aux agents hydrodynamiques, ainsi que 4) des facteurs environnementaux exceptionnels tels que les évènements dépressionnaires et les phénomènes climatiques.

De manière générale, **la biodiversité** est plus faible pour les niveaux bathymétriques les plus profonds. Cela s'expliquant entre autre par la baisse de la pénétration de la lumière dans l'eau par rapport à la profondeur. Les niveaux supérieur et médian sont généralement très similaires selon chaque site et le recouvrement des macrophytes dépendra de leur degré d'exposition aux agents hydrodynamiques, de la sédimentation et de la dessalure des eaux de surface.
Certaines espèces vont caractériser un biotope particulier selon les paramètres environnementaux dominants. Leur présence et leur recouvrement dépendront des paramètres de l'environnement, de la saisonnalité et des agents externes (activité minière, aménagement du littoral, déversement de produit chimique dans les rivières…).

L'abondance des principales macrophytes se répartie de la manière suivante :

- Les **algues rouges** sont très abondantes durant l'été austral (particulièrement *Asparagopsis* et dans une moindre mesure *Trichogloea* et *Plocanium*) mais disparaissent quasiment durant la période hivernale.
  Asparagopsis taxiformis montre les plus grandes variations saisonnières de diversité et de recouvrement. Cette espèce aurait un caractère envahissant (cf. § 6.2.2.3.2) durant l'été austral sur les récifs du canal de la Havannah et elle pourrait entrainer des perturbations sérieuses sur les coraux durant cette période (compétition spatiale non négligeable). Cependant, depuis le début du suivi aucune dégradation n'est constatée lors de sa prolifération en saison estivale.
- Les **algues brunes** sont plus pérennes (particulièrement dans les baies avec le genre *Lobophora*) mais elles peuvent augmenter d'abondance au début de l'été austral (septembre, octobre et novembre) du fait du développement des genres *Sargassum, Turbinaria, Padina*.
  Le genre ***Lobophora*** se développe abondamment et de manière permanente en baie de Prony. Ce genre est également à prendre en considération car il a toutes les caractéristiques d'une espèce envahissante (cf. § 6.2.2.3.2) quand les conditions environnementales affaiblissent les coraux.
- Les **algues vertes** sont présentes toutes l'année avec cependant une majorité durant la période estivale (développement des genres *Halimeda, Caulerpa, Codium*).

La transition entre les saisons n'est pas toujours évidente à déterminer en Nouvelle-Calédonie car les saisons chaude et fraiche *vs* les saisons humide et sèche se recoupent.

Le nombre d'espèces de macrophytes d'un milieu variera peu selon les missions car il reste souvent quelques thalles, c'est plutôt leur abondance ou

recouvrement qui va évoluer selon les saisons (été/hiver/période el Niño/dépression).

La périodicité d'échantillonnage semestrielle des relevés de suivi biologique n'est pas adaptée aux cycles de développement des macrophytes. Les missions semestrielles septembre/octobre et de mars/avril ne permettent pas d'appréhender les valeurs maximales et minimales de diversité et de recouvrement.
Un suivi des macrophytes sur une période trimestrielle serait plus adéquat pour identifier l'ensemble des variations et surtout les amplitudes maximales et minimales de diversité et d'abondance.

Toutefois, ces relevés permettent d'appréhender dans le temps, si certains genres ou espèces deviennent envahissants ou invasifs par rapport au reste des communautés coralliennes.
Ainsi, le recouvrement des macrophytes est particulièrement important pour deux genres *Asparagopsis* et *Lobophora* (cf. § 6.2.2.3.2) respectivement dans le canal de la Havannah et la baie de Prony.

6.2.1.2.2 Depuis le début

Les valeurs des biodiversités α des **macrophytes** selon des différentes transects pour toutes les missions sont résumées dans le tableau 111.

Tableau 111 : Valeur de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2011

Biodiv. α	Nov. 2021	Mai 2021*/**	Oct. 2020	Mai 2020*	Oct. 2019	Avril 2019*	Nov. 2018	Mai 2018*	Sept. 2017**	Avril 2017*	Nov. 2016	Avril 2016*	Oct. 2015	Mars 2015*	Oct. 2014	Avril 2014	Sept. 2013	Avril 2013*	Oct. 2012	Mars 2012	Oct. 2011	Mars 2011*
ST01A	7	5	5	4	4	6	4	3	3	4	8	5	6	7	8	6	8	5	9	7	8	7
ST01B	6	4	3	3	4	4	6	4	2	3	5	5	6	7	8	7	8	7	8	7	9	7
ST02A	6	5	6	6	6	6	5	5	6	6	5	6	6	7	6	5	5	6	8	5	5	5
ST02B	4	4	5	5	5	5	4	4	5	5	5	5	6	5	5	4	4	5	5	5	5	5
ST03A	8	3	5	5	6	7	6	6	5	6	5	7	8	7	6	6	6	8	10	8	7	6
ST03B	5	2	4	3	4	3	3	3	4	5	8	6	8	5	5	6	5	6	6	6	5	5
ST03C	3	3	2	2	3	4	2	3	5	8	5	6	6	5	4	4	3	4	5	5	5	5
ST04A	3	3	4	6	4	2	2	2	2	6	5	4	4	5	5	5	7	4	8	7	5	4
ST04B	0	0	1	1	2	1	1	3	3	4	4	4	6	5	4	6	7	4	5	4	3	3
ST04C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1
ST05A	3	2	8	7	5	4	3	8	5	5	6	5	7	5	7	7	9	6	8	6	4	4
ST05B	0	2	4	5	4	3	3	3	2	1	2	2	2	4	5	5	5	3	4	3	2	2
ST05C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1	1	1	2
ST06A	0	1	3	0	3	2	4	4	2	3	2	1	3	3	4	2	2	2	5	3	5	2
ST06B	6	3	4	3	3	3	4	4	3	7	5	6	7	8	8	7	7	4	8	5	7	4
ST06C	5	2	5	1	4	2	6	1	2	2	4	5	4	7	6	6	5	3	7	5	7	3
ST07A	1	0	4	1	2	2	2	4	3	1	2	3	4	4	4	3	3	1	3	4	3	2
ST07B	0	0	4	2	3	1	3	3	3	5	3	4	6	5	8	7	5	3	6	4	2	0
ST07C	1	0	2	1	2	0	3	0	1	0	2	3	4	4	6	6	2	2	4	3	4	0
ST08A	7	2	6	5	3	3	4	7	5	7	11	8	8	9	8	10	8	6	13	8	9	6

ST08B	3	1	2	4	3	3	2	4	5	5	5	4	5	6	6	7	4	4	8	6	10	4
ST09A	6	3	7	5	5	7	8	14	11	13	14	10	11	12	17	18	11	10	13	10	7	5
ST09B	6	5	14	17	16	18	21	20	21	21	22	17	21	22	24	20	14	15	16	13	9	8
ST09C	6	4	10	11	12	15	19	18	19	20	21	17	19	19	20	17	12	9	16	12	9	9
ST10A	4	2	12	8	/	/	/	/	/	/	9	7	9	6	7	7	7	7	10	7	8	6
ST10B	4	3	5	3	/	/	/	/	/	/	7	7	9	6	7	6	6	4	3	3	4	4
ST10C	2	1	1	1	/	/	/	/	/	/	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2
ST11A	5	1	7	9	9	5	5	7	5	3	5	1	9	4	9	6	8	4	6	6	7	3
ST11B	6	3	7	8	7	9	10	9	6	5	10	6	9	8	11	7	7	8	9	9	8	6
ST11C	4	1	2	1	4	2	3	3	4	4	6	6	5	4	4	4	4	7	8	3	6	3
ST12A	0	3	5	5	6	5	5	6	2	4	8	4	10	9	9	6	5	3	7	4	3	4
ST12B	0	2	2	2	1	2	2	2	2	2	6	3	6	7	7	4	2	2	3	3	0	3

** période dépressionnaire antérieure à la mission ; ** période de phénomène climatique (el Niño, la Niña) antérieure à la mission*

***NB :** La station ST10 (ilot Kié) n'a pas été échantillonnée d'avril 2017 à octobre 2019. Afin de réaliser les tests statistiques, les données manquantes pour cette période, ont été remplacées par la moyenne des années précédentes (2012 à 2016).*

6.2.1.2.2.1 Analyse par Anovar

Une ANOVAR sur ce tableau de biodiversité α des macrophytes est donnée tableau 112.

L'analyse des variances de la richesse spécifique des macrophytes pour les 20 dernières campagnes ne montre pas de similarité même pour une valeur de F99%. Le rejet est total et l'ANOVAR n'accrédite pas l'hypothèse d'identité Ho. Toutes les séries ont des variances différentes.

Tableau 112 : Analyse de la Variance de la biodiversité α des macrophytes depuis 2012

k1=p-1	19	**F obs.**	**2.03**
K2=n-p	620	**F95%**	1.60
		F99%	1.93

Tableau 113 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2012

	11/21	05/21*/**	10/20	05/20*	10/19	04/19*	11/18	05/18*	09/17**	04/17*	11/16	04/16*	10/15	03/15*	10/14	04/14	09/13	04/13*	10/12	03/12
Richesse spécifique moyenne	3,47	2,19	4.66	4,19	4,56	4,38	4,88	5,19	4,75	5,34	6,34	5,34	6,81	6,53	7,25	6,50	5,75	4,84	7,00	5,44
Ecart type	2,60	1,55	3.19	3,66	3,26	3,96	4,57	4,65	4,61	4,82	4,99	3,76	4,31	4,35	4,91	4,35	3,09	3,05	3,85	2,91
Intervalle de confiance (IC. 0,95)	0,90	0,54	1.10	1,27	1,13	1,37	1,58	1,61	1,60	1,67	1,73	1,30	1,49	1,51	1,70	1,51	1,07	1,06	1,33	1,01
Coefficient de Variation	0,75	0.71	0,68	1,27	1,13	1,37	1,58	1,61	1,60	1,67	1,73	0,70	0,63	0,67	0,68	0,67	0,54	0,63	0,55	0,53

** période dépressionnaire antérieure à la mission ; ** période el Niño antérieure à la mission*

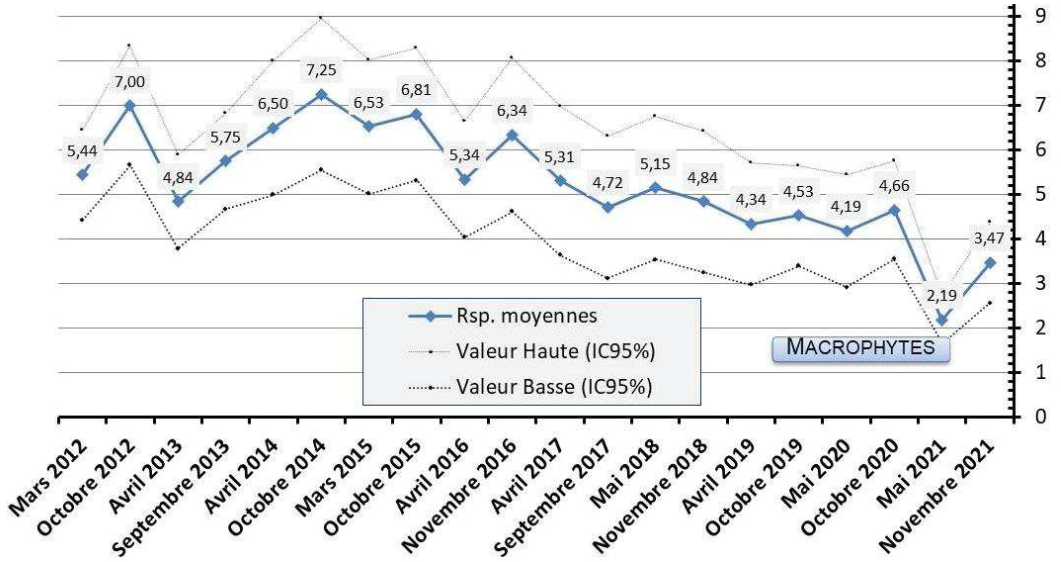


Figure 96 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des macrophytes depuis 2012
Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance

Il y a des différences entre les missions, du point de vue quantitatif puisque les structures sont les mêmes. Le protocole n'ayant jamais évolué pour les macrophytes, se sont les variations saisonnières ou induites par une dépression qui peuvent être enregistrées.

6.2.1.2.2.2 Analyse par le test de Friedman

Il devient alors intéressant de voir s'il y a un classement des séries au cours du temps et le test de Friedman permet de répondre à ce questionnement. Pour cela, le tableau 111 sera considéré en classant les valeurs en ligne.

Tableau 114 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2010

KHI 2 obs.	**201.1**			
Ddl = 19	Khi² 95%	Khi² 97,5%	Khi² 99%	Khi² 99,5%
Valeur Khi²	30,144	32,852	36,191	38,582

L'Ho d'identité de colonnes n'est pas vérifiée. Le rejet est important et ce test montre que des variations de biodiversité existent entre les missions. La diversité des macrophytes subie des évolutions dans le temps (saisonnalité, évènements dépressionnaires et climatiques).

Le test de Friedman permet de classer les années les unes par rapport aux autres et il apparait que ces résultats confirment que :

- Le classement des missions n'est pas chronologique et il s'apparenterait à une **saisonnalité additionnée à des perturbations mécaniques induites par des évènements dépressionnaires** ou exceptionnels (coup d'ouest) et/ou climatiques.

- **Durant la saison hivernale les valeurs de biodiversité des macrophytes sont plus faibles**.
  Les valeurs les plus basses de diversité coïncident **avec les phases dépressionnaires** et des épisodes de vents forts et soutenus (mars / avril 2011, 2013, 2016, 2017, 2018, 2019 et mai 2020 (sauf pour mars 2015)).
  En avril 2014 et mars 2015, la diversité avait tendance à rester stable. La senescence des macrophytes paraissait être légèrement décalée de quelques mois.
  En avril 2019, les vents avaient été forts et soutenus durant les mois précédents. Les algues avaient été balayées du récif particulièrement pour les niveaux bathymétriques supérieurs et médians des récifs exposés.
  En mai 2020, la dépression Gretel et les courants de marées intenses avaient balayé les récifs les plus exposés. Même les niveaux bathymétriques inférieurs avaient une diversité faible des macrophytes.
  En mai 2021, la dépression Lucas et le cyclone Niran avaient arasé les récifs exposés. La force de ces évènements avait été très importante car certains récifs étaient méconnaissables. Même les niveaux bathymétriques inférieurs avaient une diversité faible des macrophytes. Cette mission avait été classée au rang 1 (plus basse diversité tous niveaux bathymétriques confondus).
- **Durant la saison estivale les valeurs de biodiversité et de recouvrement sont les plus fortes**. **Les algues rouges se développent durant cette période**.
  La diversité des macrophytes de la mission septembre 2017 était anormalement basse (hypothèse de l'entrée de l'épisode la Niña). De plus, la mission de novembre 2018 et octobre 2019 étaient également anormalement basses (hypothèse : perturbations hydrodynamiques sur les niveaux bathymétriques supérieurs et médians des récifs exposés).

→ La diversité dépend des paramètres environnementaux et elle est contrainte par la saisonnalité et les évènements exceptionnels (naturels ou anthropiques).

Tableau 115 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2012

Rang Macrophytes	Nov. 2021	Mai 2021*/**	Oct. 2020	Mai 2020*	Oct. 2019	Avril 2019*	Nov. 2018	Mai 2018*	Sept. 2017**	Avril 2017*	Nov. 2016	Avril 2016*/**	Oct. 2015	Mars 2015*/**	Oct. 2014	Avril 2014	Sept. 2013	Avril 2013*	Oct. 2012	Mars 2012
ST01A	15	8,5	8,5	4,5	4,5	12	4,5	1,5	1,5	4,5	18	8,5	12	15	18	12	18	8,5	20	15
ST01B	12	6,5	3	3	6,5	6,5	12	6,5	1	3	9,5	9,5	12	15,5	19	15,5	19	15,5	19	15,5
ST02A	13	4	13	13	13	13	4	4	13	13	4	13	13	19	13	4	4	13	20	4
ST02B	3,5	3,5	13	13	13	13	3,5	3,5	13	13	13	13	20	13	13	3,5	3,5	13	13	13
ST03A	17,5	1	3,5	3,5	9	14	9	9	3,5	9	3,5	14	17,5	14	9	9	9	17,5	20	17,5
ST03B	11	1	7	3,5	7	3,5	3,5	3,5	7	11	19,5	16	19,5	11	11	16	11	16	16	16
ST03C	6	6	2	2	6	10,5	2	6	15	20	15	18,5	18,5	15	10,5	10,5	6	10,5	15	15
ST04A	5,5	5,5	9	16,5	9	2,5	2,5	2,5	2,5	16,5	13,5	9	9	13,5	13,5	13,5	18,5	9	20	18,5
ST04B	1,5	1,5	4,5	4,5	7	4,5	4,5	8,5	8,5	12,5	12,5	12,5	18,5	16,5	12,5	18,5	20	12,5	16,5	12,5
ST04C	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	14	19	19	14	14	19	14	14	14	14
ST05A	2,5	1	18	14,5	7	4	2,5	18	7	7	11	7	14,5	7	14,5	14,5	20	11	18	11
ST05B	1	5	14,5	18,5	14,5	10	10	10	5	2	5	5	5	14,5	18,5	18,5	18,5	10	14,5	10

ST05C	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	16,5	16,5	16,5	20	16,5	16,5	16,5
ST06A	1,5	3,5	13,5	1,5	13,5	7,5	18	18	7,5	13,5	7,5	3,5	13,5	13,5	18	7,5	7,5	7,5	20	13,5
ST06B	12,5	3	7,5	3	3	3	7,5	7,5	3	15,5	10,5	12,5	15,5	19	19	15,5	15,5	7,5	19	10,5
ST06C	13	4,5	13	1,5	9	4,5	17	1,5	4,5	4,5	9	13	9	19,5	17	17	13	7	19,5	13
ST07A	3,5	1	17,5	3,5	7,5	7,5	7,5	17,5	12	3,5	7,5	12	17,5	17,5	17,5	12	12	3,5	12	17,5
ST07B	1,5	1,5	12	4	7,5	3	7,5	7,5	7,5	15	7,5	12	17,5	15	20	19	15	7,5	17,5	12
ST07C	6	2,5	10	6	10	2,5	14	2,5	6	2,5	10	14	17	17	19,5	19,5	10	10	17	14
ST08A	10	2	7,5	5,5	2	2	4	10	5,5	10	19	14,5	14,5	14,5	14,5	18	14,5	7,5	20	14,5
ST08B	5	1	2,5	9	5	5	2,5	9	13,5	13,5	13,5	9	13,5	17	17	19	9	9	20	17
ST09A	4	1	6	2,5	2,5	6	6	17,5	10,5	15,5	17,5	10,5	10,5	14	19,5	19,5	10,5	10,5	15,5	10,5
ST09B	1,5	1,5	5	9,5	7,5	11	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	9,5	15,5	15,5	20	15,5	5	5	7,5	3
ST09C	1,5	1,5	6	6	6	9	16,5	12	16,5	16,5	20	12	16,5	16,5	16,5	12	6	3	10	6
ST10A	2	1	20	16	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	17,5	9,5	17,5	3	9,5	9,5	9,5	9,5	19	9,5
ST10B	5,5	2,5	7	2,5	12	12	12	12	12	12	18	18	20	12	18	12	12	5,5	2,5	2,5
ST10C	14,5	4,5	4,5	4,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	14,5	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
ST11A	7	1,5	14,5	18,5	18,5	7	7	14,5	7	3	7	1,5	18,5	7	18,5	12	16	7	12	12
ST11B	4	1	7,5	11	7,5	15	18,5	15	4	2	18,5	4	15	11	20	7,5	7,5	11	15	15
ST11C	11,5	1,5	3,5	1,5	11,5	3,5	6	6	11,5	11,5	17,5	17,5	16	11,5	11,5	11,5	11,5	19	20	6
ST12A	1	3	10	10	14	10	10	14	3	6	17	6	19	19	19	14	10	3	16	6
ST12B	1	7,5	7,5	7,5	2	7,5	7,5	7,5	7,5	7,5	17,5	14	17,5	19,5	19,5	16	7,5	7,5	14	14
∑Rg	207,5	101,5	283,5	232,5	272	246	271,5	297	260,5	315,5	410,5	359,5	484	461	512	432,5	378	312	503,5	379,5
Ordre	2	1	8	3	7	4	6	9	5	11	15	12	18	17	20	16	13	10	19	14

** période dépressionnaire antérieure à la mission ; ** période de phénomène climatique (el Niño, la Niña) antérieure à la mission*

L'ordonnancement des séries de données marque des ruptures à chaque évènement dépressionnaire et climatique ou épisode de vents forts et soutenus (comme en avril 2019). La saisonnalité est également marquée avec un maximum de diversité durant la saison chaude (2nde mission semestrielle, septembre - octobre). **En novembre 2021, l'ordonnancement général reste très bas** (**le plus faible après celui de début d'année,** depuis mars 2012).

6.2.2 Indicateurs de l'état de santé des récifs de la zone d'étude

En complément de l'étude de la richesse spécifique globale pour chaque transect il est intéressant d'étudier plus précisément le fonctionnement de stabilisation et de régénération des récifs.
Différents indicateurs de l'état de santé des récifs ont donc été retenus :

- **le blanchissement corallien**
- **les maladies coralliennes**
- **les principales espèces concurrentes.**

Pour chacun, le nombre d'espèces (occurrence) concernées a été comptabilisé.

6.2.2.1 Le blanchissement des coraux

Le blanchissement corallien donne des **indications de l'état de santé et de l'affaiblissement des récifs sur le court terme** car cet état est transitoire et ne peut pas durer plus de deux ou trois mois sur la même colonie. Soit la colonie réintègre ces zooxanthelles (polypes encore présents bien sûr) soit elle meurt puis est recouverte par du sédiment, du gazon algal (turf) ou des cyanobactéries puis par les algues calcaires.
Les colonies blanchies ne sont pas vouées à mourir si les polypes sont encore présents (donc hors maladie de la bande blanche et hors prédation) car la résilience de nombreuses espèces est importante. Elles peuvent réintégrées rapidement des zooxanthelles si les conditions environnementales redeviennent « normales ». Les espèces coralliennes ne vont pas avoir la même résistantes face aux variations de l'environnement et leur résilience sera également dépendante de leur physiologie et de leur métabolisme : certaines espèces sont donc plus résistantes et avec également une résilience plus rapide. Cependant, si les espèces subissent un stress durant une période relativement longue, elles auront généralement peu de chance de survie.

Le blanchissement des coraux peut être la conséquence de perturbations multiples et variées (anomalies de un ou plusieurs paramètres de l'environnement, fragmentation, lésions, maladies, prédations). Chacune de ces perturbations à des caractéristiques propres sur le terrain qui sont observées par les spécialistes.
L'augmentation de l'intensité lumineuse ou de la température entraîne une augmentation de la photosynthèse des algues symbiotiques qui se mettent à produire de nombreuses molécules oxygénées toxiques. Ce sont ces molécules qui seraient à l'origine de l'expulsion et de la mort des zooxanthelles. Cela se traduit par le blanchissement des colonies coralliennes (avec maintien des polypes).
Bien sûr si les colonies sont dépourvues de polypes (maladie de la bande blanche, étouffement par les dépôts sédimentaire et/ou prédation), elles meurent en place.

D'autre part, il existe **différentes sensibilités selon les espèces**. En effet, les différentes espèces coralliennes ne vont pas avoir la même résistante/sensibilité face aux variations de l'environnement (d'origine naturelle ou anthropique) et leur résilience sera également dépendante de leur physiologie et de leur métabolisme. La diversité génétique des symbiontes et des hôtes est à l'origine de l'hétérogénéité de ces différents seuils de tolérance [R72, R75].
C'est pourquoi il faut s'intéresser également à la nature (spécificité) et au nombre d'espèce perturbée par les lésions (blanchissement, maladies et nécroses). Cette analyse spécifique vient compléter les données de recouvrement et peut permettre d'évaluer l'amplitude des agents perturbateurs selon les espèces dégradées et leur abondance.
Certaines espèces coralliennes vont blanchir plus rapidement fasse à une perturbation (*Seriatopora hystrix, Pocillopora damicornis, Stylophora pistillata, Acropora* branchu et tabulaire*, Isopora palifera, …*).
Mais paradoxalement ces espèces vont coloniser les niveaux bathymétriques supérieurs car elles ont besoins de lumière pour se développer. Hors, c'est l'endroit où les paramètres de l'environnement vont le plus varier (hydrodynamisme, température, dessalure, …). Elles sont donc vouées à être perturbées.

Ainsi le blanchissement corallien va dépendre des variations des paramètres de l'environnement, du recouvrement corallien disponible mais aussi de l'assemblage des espèces, de leur abondance et de leur répartition sur un récif.

En résumé :
Une colonie corallienne blanchie n'est pas forcément morte. A condition qu'il y ait encore les polypes, cet état physiologique peut être transitoire. Dans ce cas, le blanchissement des coraux résulte de l'expulsion partielle ou totale des zooxanthelles ou de la réduction de la concentration de pigments photosynthétiques dans les zooxanthelles situées dans l'endoderme de l'hôte [R49]. Par contre, si la colonie n'a pas réintégré de zooxanthelles avant 2 ou 3 mois elle aura de très forte chance de mourir.

- ✓ **Les colonies coralliennes blanchies, en place, sans polype** sont mortes. Elles peuvent caractériser la maladie de la bande blanche, l'étouffement par les dépôts sédimentaires et/ou la prédation par les corallivores. Ces perturbations entrainent inexorablement la mort des coraux (état de santé irréversible). Ces colonies viennent juste de mourir lors de l'observation car la colonisation par le turf et les corallines est très rapide (< quelques semaines).

  → Maladies, prédation des corallivores, pollution, sédimentation, variations de concentration en éléments chimiques …

- ✓ **Les colonies coralliennes blanchies, en place, avec polypes** : le sont suite à un stress et caractérisent généralement un changement des paramètres de l'environnement (température, UV, salinité, intensité lumineuse, pollution, concentration en éléments chimiques, …). Si les conditions environnementales redeviennent « normales » rapidement ces colonies coralliennes peuvent potentiellement réintégrer des zooxanthelles et continuer leur édification (état de santé réversible).

  → ΔT°C, ΔUV, ΔS‰, intensité lumineuse, pollution, variations de concentration en éléments chimiques …

- ✓ **Les colonies coralliennes blanchies, fragmentées/retournées, avec polypes** : caractérisent une perturbation d'origine mécanique (évènement dépressionnaire, houle, ressac, effondrement de débris, ancrage de bateau, piétinement, activité de plongée, travaux etc.). Elles peuvent réintégrer des zooxanthelles et continuer leur édification si elles ne sont pas à nouveau remaniées (état de santé réversible). Ces perturbations seront observées en majorité sur les récifs exposés aux agents hydrodynamiques. Cette fragmentation peut entrainer, par gravité, des couloirs d'effondrement et des zones d'accumulation de débris en bas des récifs.
  Les colonies coralliennes peuvent également être érodées ou nécrosées par l'abrasion des particules sédimentaires transportées par l'hydrodynamisme. C'est le cas dans le canal de la Havannah.

  → Agents hydrodynamiques (houle, ressac, cyclone, dépression, courant de marée…)
  → Activités anthropiques (piétinement, ancrage des bateaux, plongeurs)

Le blanchissement corallien doit donc être abordé à travers 2 types de mesure :
- *le recouvrement par des colonies coralliennes blanchies*
- *le nombre d'espèces coralliennes blanchies.*

Pour ce suivi, le cahier des charges ne comprenant pas l'étude des coraux, seul le recouvrement a été noté.

Le recouvrement des colonies coralliennes blanchies

Le réseau de suivi biologique ne dispose pas de transects sur les platiers pour faire les évaluations quantitatives des différentes perturbations impliquant le blanchissement (dessalure, UV, turbidité, température). La plupart des stations de suivi sont implantées sous 7 à 8 m de profondeur.
Cependant, nous prospectons à chaque fois les platiers peu profonds afin de récolter des données qualitatives des phénomènes (photographies *in situ* et observations d'espèces).

L'évolution de ce paramètre par transect est donnée sur la figure 98.

NB : Les causes de mortalité des colonies coralliennes sont difficilement interprétables après une longue période. Seules les colonies étant perturbées (blanchissement : expulsion de zooxanthelles avec ou sans polype) lors de la mission sont comptabilisées dans ce recouvrement de colonies coralliennes blanchies.

En **avril 2016**, le recouvrement de coraux blanchis était très important sur les platiers de la baie de Prony et du canal Woodin jusqu'à 5 m de profondeur (anomalies de température et dessalure de février 2016 durant le phénomène El Niño).
→ Les couvertures de corail blanchi les plus importantes relevées se situaient en ST01A (4 m²), ST02A (4,2 m²) et surtout en ST04A (32 m²).
Le canal de la Havannah était beaucoup moins influencé par ce phénomène car les masses d'eaux sont beaucoup plus brassées et leur circulation est importante. Par contre, le passage de la dépression Winston avait d'avantage perturbé les communautés récifales dans cette zone : les colonies blanchies étaient la plupart du temps désolidarisées du substrat et plus dispersées.
La période du 10 février au 15 avril 2016 marque le phénomène de blanchissement corallien le plus important observé sur l'ensemble des récifs de la Nouvelle-Calédonie depuis 1996.

En **novembre 2016**, le blanchissement avait considérablement diminué. Les colonies blanchies de la mission précédentes avaient pour la plupart réintégré une partie (voir l'intégralité) de leurs zooxanthelles ou alors elles étaient mortes (cf. § mortalité corallienne dans le rapport ad hoc [R23]).
La couverture de coraux blanchis était désormais très faible : la plus importante se situait en ST03A (1.3 m²) et ST01A, ST04A, ST10B (0.9 m²).

En **avril 2017**, le recouvrement de coraux blanchis était toujours relativement faible. Cependant, quelques transects présentaient des dégradations ponctuelles. L'ensemble de ces colonies blanchies étaient sans polype donc mortes très récemment.
→ Les couvertures de coraux blanchis les plus importantes se situaient en stations suivantes :
- *Acanthaster planci* : ST01A (3,5 m²)
- Maladie de la bande blanche : ST04A B, ST06AB (1,5 m² et 1,2 m²), ST09A B C (1,1 m², 1,2 m² et 1 m²).

En **septembre 2017**, le recouvrement de coraux blanchis était relativement faible et il était réparti de manière hétérogène. Ainsi certains transects ne présentaient pas du tout de blanchissement et d'autres avaient des dégradations ponctuelles. Les perturbations avaient différentes origines selon les habitats (prédation, maladie de la bande blanche, hydrodynamisme). L'ensemble de ces colonies blanchies était sans polype donc elles étaient mortes très récemment.
→ Les couvertures de coraux blanchis les plus importantes se situaient sur les stations suivantes :
- *Acanthaster planci* : ST01A B (respectivement 3 m² et 2 m²) : il faut noter la prolifération d'*Acanthaster* en ST01 en 2017
- Maladie de la bande blanche : quasiment tous les transects du canal de la Havannah et Woodin présentaient une ou deux colonies avec cette maladie. Le recouvrement blanchi induit le plus important était localisé en ST04B (0,5 m²), ST06A (0.5 m²), ST07A (1 m²), ST08A B (respectivement 1,5 m² et 0,8 m²).

En **mai 2018**, le recouvrement de coraux blanchis était relativement faible et les colonies blanchies avaient été recensées en grande majorité sans polype (mortalité entière ou partielle).
→ Les couvertures de coraux blanchis les plus importantes se situaient sur les stations suivantes :
- *Acanthaster planci* : ST01A (1.2 m²), ST05B (0.8 m²) et ST12A (0.9m²). Les *Acanthaster* étaient présentes en ST01 depuis novembre 2016 et la prolifération pour cette station s'étendait d'avril 2017 à nos jours. La mortalité des colonies coralliennes en ST01A était très importante (surtout les colonies d'*Acropora* branchus et tabulaires)
- Maladie de la bande blanche : quasiment tous les transects des niveaux bathymétriques supérieurs et médians du canal de la Havannah et Woodin présentaient des colonies affectées par cette maladie. Le recouvrement de coraux blanchis le plus important induit par elle était localisé en ST04B (1.1 m²), ST06A (0.9 m²), ST07A (0.8 m²), ST08AB (respectivement 0.7 m² et 1.1 m²), ST09A (0.7m²).

En **novembre 2018**, le recouvrement en corail blanchi était relativement faible pour l'ensemble du réseau de suivi, sauf pour ST04 qui présentait une prolifération d'*Acanthaster planci*. Les colonies blanchies avaient été recensées exclusivement sans polypes (mortalité entière ou partielle).
- *Acanthaster planci* : ST01A (0.8 m²), ST03C (0.6 m²), ST04ABC (1.2 ; 4.5 et 0.3 m²), ST05B (0.2 m²) et ST12A (0.8 m²).
- *Drupella cornus* : ST06A (0.1 m²) et ST09C (0.4 m²).
- Maladie de la bande blanche : ST09AB (0.6 et 0.9 m²).

En **avril 2019**, le recouvrement de corail blanchi était en relation direct avec la présence des corallivores (particulièrement *Acanthaster planci* et dans une moindre mesure *Drupella cornus*). Les colonies coralliennes blanchies étaient sans polype (mortalité entière ou partielle).
→ Les couvertures de coraux blanchis les plus importantes se situaient pour les stations suivantes, selon les causes :
- *Acanthaster planci :* ST01A (0.5 m²), ST02AB (3.4 et 2.5 m²), ST03ABC (0.8, 9.5 et 0.5 m²), ST04ABC (1.5 et 2.5 m²) et ST12A (2.3 m²).
- *Drupella cornus* (niveau 3) : ST06A (0.9 m²).
- Maladie de la bande blanche : ST07B (0.7 m²).

En **octobre 2019**, le recouvrement de corail blanchi était relativement faible pour l'ensemble du réseau de suivi sauf pour ST02 et ST04 qui présentaient une prolifération d'*Acanthaster planci.* Les colonies blanchies avaient été recensées exclusivement sans polypes (mortalité entière ou partielle).
→ Les couvertures de coraux blanchis les plus importantes se situent pour les stations suivantes, selon les causes :
- *Acanthaster planci :* ST02AB (4.5 et 3.5 m²), ST03BC (0.6 et 0.3 m²), ST04AB (1.2 et 2.4 m²)
- *Drupella cornus :* ST11AB (0.9 et 0.2 m²)

- Maladie de la bande blanche : ST05A (1.5 m²), ST06ABC (0.4, 0.2 et 0.3 m²), ST07AC (1.2 et 0.3 m²), (ST09AB, ST11B (0.2m²), ST12A (1.3m²)
- Effondrement de débris : ST12B (0.5 m²) et ST4C (0.1 m²).

En **mai 2020**, le recouvrement de corail blanchi était relativement important (25.9 m² en tout, jusqu'à 3.7 m² en ST10B,) pour les stations suivantes : ST02B, ST06AB, ST07A, ST10ABC et ST11AB. Les causes de ce blanchissement étaient principalement les corallivores (10.3 m²), la maladie de la bande blanche (9.9 m²) et des variations des conditions du milieu (3.6 m) ainsi qu'un peu de sédimentation (2 m²).

En **octobre 2020**, le recouvrement de corail blanchi était faible (< 0.8 m²). Il concernait les stations : ST02A, ST06A, ST07A, ST08B, ST09C, ST10AC et ST12A.

En **mai 2021**, les récifs avaient subi de lourdes perturbations mécaniques (cyclones Lucas et Niran). Cependant, le recouvrement de corail blanchi n'était pas très important (< 2.4 m² / transect). Il concernait toutes les stations du canal de la Havannah pour les transects à l'exception de 3 (seuls ST05C, ST07C et ST11C ne présentaient pas de colonies coralliennes dégradées).

En **novembre 2021,** le recouvrement de corail blanchi n'est pas très important. Il concerne seulement les stations du canal de la Havannah pour les transects des niveaux supérieurs et médians suivants : ST05B, ST06A, ST07AB, ST08A, ST09B, ST10B et ST11AB. Les dégradations les plus importantes sont du fait d'une *Acanthaster* et de la maladie de la bande blanche.
Les causes de ce blanchissement sont précisées dans le tableau 116.

Tableau 116 : Surface et causes des colonies coralliennes blanchies (cette mission)

Transect	**Surface (m²)**	*Acanthaster planci*	*Drupella cornus*	*Chicoreus brunneus*	Bande blanche	T°C, S%, UV	Sédimentation	Mécanique
ST01A	0							
ST01B	0							
ST02A	0							
ST02B	0							
ST03A	0							
ST03B	0							
ST03C	0							
ST04A	0							
ST04B	0							
ST04C	0							
ST05A	0							
ST05B	0,7		0,3		0,4			
ST05C	0							
ST06A	0,6							0,6
ST06B	0							
ST06C	0							
ST07A	**2,4**				**1,6**			**0,8**
ST07B	0,3							0,3
ST07C	0							
ST08A	**1,3**				**1,3**			
ST08B	0							
ST09A	0							
ST09B	0,5				0,5			
ST09C	0							
ST10A	0							
ST10B	**1,3**	**1,3**						

ST10C	0							
ST11A	0,6		0,6					
ST11B	0,2		0,2					
ST11C	0							
ST12A	0							
ST12B	0							
TOTAL	**7,9**	**1,3**	**1,1**	**0**	**3,8**	**0**	**0**	**1,7**

6.2.2.2 Les maladies et les lésions coralliennes

Les coraux, comme tous les animaux, sont susceptibles d'être malades. Les maladies se manifestent par des lésions caractéristiques et semblent imputables à divers facteurs (naturels et/ou anthropiques). Ces lésions peuvent avoir des causes infectieuses (parasites, virus, bactéries, champignon, algues cellulaires, protozoaires) ou non infectieuses (blanchissement dû à l'élévation de la température, prédateurs, hyper sédimentation).
Les maladies des coraux ont parfois des conséquences importantes sur l'état de santé des récifs car elles affectent le cycle de la vie, l'abondance, la reproduction, la performance et la tolérance du métabolisme au stress naturel ou anthropique [R56, R57].
Ainsi, elles peuvent entraîner la dégradation de larges surfaces coralliennes et faire diminuer la biodiversité et le recouvrement biotique.

Le problème des maladies coralliennes a également émergé dans l'océan Indopacifique. L'explosion de certaines maladies (comme la maladie de la bande blanche) est maintenant connue et augmente en fréquence à travers l'Indopacifique à cause de l'intensification des perturbations anthropiques (liées aux activités humaines) sur le littoral, la surpêche et les conditions environnementales associées au changement climatique global. Aucun traitement n'est connu pour enrayer ces maladies, seule la réduction des agents pathogènes peut recourir à la résilience des récifs.

Les récifs de la zone d'étude ne sont pas épargnés par ces stigmates. Des lésions (bandes blanches, tâches noires, tâches roses et anomalies de croissance, perte de tissu et marques de prédation) ont été relevées dans les couloirs de prospection du macrobenthos depuis le début du suivi biologique marin et leur fréquence varie dans l'espace et au cours du temps.

6.2.2.2.1 Les maladies ou lésions les plus fréquemment rencontrées dans la zone d'étude

- La prédation des corallivores

Les astéries *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* et le gastéropode *Drupella cornus* sont les trois principales espèces pouvant causer des perturbations majeures sur les récifs dans la zone d'étude. Les polypes des colonies coralliennes sont dévorés progressive puis elles meurent en place (aucune chance de résilience).
→ La répartition et l'abondance de ces corallivores sont détaillées au § 6.2.2.3.4 et § 6.2.2.3.5.

L'inventaire des invertébrés recense également les gastéropodes corallivores *Coralliophila violacea* et *Ovula ovum* mais contrairement aux espèces citées précédemment, ces espèces ont peu d'incidence dans la zone d'étude. Les gastéropodes *Coralliophila* privilégient les colonies de *Porites* et les *Ovula ovum* sont très peu abondantes et privilégient les colonies d'alcyonaires du genre *Sinularia*, *Lobophytum* et *Sarcophyton*.

En **avril 2017**, une prolifération d'*Acanthaster planci* (12 spécimens / 100 m²) avait été recensée en ST01A. Les colonies coralliennes mortes en place, sans polype, représentaient 3.5 m².

En **septembre 2017**, la prolifération d'*Acanthaster planci* perdurait en ST01 et s'étendait au transect B (respectivement 13 et 3 spécimens). L'ensemble de la station était perturbé : les colonies coralliennes blanches et mortes en place sans polype représentaient respectivement 3 m² (transect A) et 2 m² (en B).
En ST12, 9 spécimens de ***Drupella cornus*** avaient été identifiés sur une colonie d'*Acropora* tabulaire. De plus, de nombreuses colonies (*Acropora* spp. branchus et tabulaires, *Montipora* spp., *Merulina ampliata*) avaient des stigmates de passage d'***Acanthaster planci***.

En **mai 2018,** la prolifération d'*Acanthaster planci* perdurait en ST01A (7 spécimens) mais aucun spécimen n'était

recensé en ST01B. La mortalité des colonies coralliennes en ST01A était très importante (surtout les colonies du genre *Acropora*).
De plus, les stations ST05AB et ST12A présentaient un seul spécimen d'*Acanthaster* par niveau bathymétrique. Ces spécimens venaient d'arriver car la mortalité corallienne était faible. Les colonies blanchies et mortes en place représentaient respectivement (ST05AB : 0.3 m², 0.8 m² et ST12A : 0.9 m²).
Les gastéropodes *Drupella cornus* avaient une influence négligeable sur les coraux pour cette mission. Ils étaient recensés en faible abondance sur une seule colonie du genre *Acropora* (niveau 1 à 2) pour les niveaux bathymétriques suivants : ST07AB, ST08A, ST11A et ST12A.
Aucun spécimen de *Culcita novaeguineae* n'avait été recensé lors de cette mission.

En **novembre 2018**, les lésions coralliennes les plus fréquemment rencontrées étaient induites par :
- L'astérie *Acanthaster planci* qui était présente (un seul spécimen) en ST01A, ST03C, ST05B et ST12A. La population avait bien diminué en ST01A mais la mortalité des colonies coralliennes était très importante (surtout les colonies du genre *Acropora*). Désormais, ces corallivores proliféraient en ST04ABC (51 spécimens / 300 m²) : elles dévoraient en priorité les colonies d'*Acropora* tabulaires et d'autres spécimens arrivaient du fond de la pente détritique. Les colonies blanchies et mortes en place représentaient respectivement : ST01A (0.8 m²), ST03C (0.6 m²), ST04ABC (1.2 ; 4.5 et 0.3 m²), ST05B (0.2 m²) et ST12A (0.8 m²).
- Les gastéropodes *Drupella cornus* avaient une influence négligeable sur les coraux pour cette mission. Ils étaient recensés en faible abondance sur une seule colonie blanchie du genre *Acropora* (niveau 2) pour les niveaux bathymétriques suivants : ST06A (0.1 m²) et ST09C (0.4 m²).
- L'astérie *Culcita novaeguineae* n'était recensée que sur ST03C (1 spécimen) et aucune lésion n'était constatée.

En **avril 2019**, les lésions coralliennes les plus fréquemment rencontrées étaient par :
- L'astérie *Acanthaster planci* était présente (un seul spécimen) en ST01A (1 spécimen), ST02AB (5 et 2 spécimens), ST03ABC (1, 16 et 1 spécimens), ST04AB (2 et 1 spécimens), ST06C (1 spécimen juvénile) et ST12A (2 spécimens). Ainsi, elles proliféraient en ST02A et ST03B. Les colonies mortes en place et/ou blanchies étaient très importantes en ST01 et ST04 à cause des proliférations des années précédentes.
- Les gastéropodes *Drupella cornus* étaient recensés en ST06A (niveau 3), ST08A (niveau 2) et leur abondance était en augmentation. Leurs perturbations sur les coraux étaient négligeables.
- L'astérie *Culcita novaeguineae* n'était recensée que sur ST03B (1 spécimen) et aucune lésion n'était constatée.

En **octobre 2019**, les lésions coralliennes les plus fréquemment rencontrées étaient induites par l'astérie *Acanthaster planci* qui était présente en ST02AB (3 et 5 spécimens), ST03AB (1 et 1 spécimen), ST04AB (3 et 2 spécimens). Les colonies mortes en place et/ou blanchies étaient très importantes en ST01, ST02, ST03 et ST04 à cause des proliférations des années précédentes.
Les autres corallivores causaient des perturbations négligeables sur les coraux pour cette mission : les gastéropodes *Drupella cornus* étaient recensés en ST11AB (niveau 2) et les *Culcita novaeguineae* étaient recensés en ST03BC (1 spécimen).

En **mai 2020**, les lésions induites par les *Drupella cornus* n'étaient pas négligeables en ST06A (1,2 m²), ST06B (1 m²) et ST11B (1,8 m²) et dans une moindre mesure (<1 m²) en ST09AB, ST10AB, ST11AC et ST12A.
Les *Acanthaster planci* avaient très peu été observées (1 seul spécimen en ST01A, ST02A&B) mais lors des missions précédentes elles avaient considérablement perturbé les récifs en baie de Prony (ST01, ST02 et ST03) ainsi que dans le canal de Woodin (ST04).

En **octobre 2020**, les lésions induites par les *Drupella cornus* étaient faibles en ST10A (0.3 m²) et ST12A (0.3 m²). En ST12A, 2 spécimens de gastéropodes *Chicoreus brunneus* ont également été observés en train de dévorer une colonie d'*Acropora* (0.4 m²).
Les *Acanthaster planci* ont été très peu observées (1 seul spécimen en ST02A : 0.8 m² de coraux blanchis). Lors des missions précédentes elles avaient considérablement perturbé les récifs en baie de Prony (ST01, ST02 et ST03) ainsi que dans le canal de Woodin (ST04).
L'espèce *Culcita novaeguineae* a été observée seulement en ST03C (sans dégradation visible dans ces pourtours).

En **mai 2021,** les lésions induites par les *Drupella cornus* étaient faibles en ST06A (0.2 m²) et ST11A (0.2 m²).

En **novembre 2021,** les lésions induites par les *Drupella cornus* sont faibles (<0.6 m² de coraux blanchis) en ST05B et ST11AB (cf. tableau 116).
Les *Culcita novaeguineae* sont absentes pour cette mission.

Et seul un spécimen d'*Acanthaster* a été recensé en ST10B (1.3 m² de coraux blanchis) et ST03A. Ce dernier transect présente tellement peu de coraux qu'il n'y a pas de colonie corallienne blanchie de recensée.

- La maladie de la bande blanche (white band disease)

Elle affecte particulièrement les colonies d'*Acropor*a tabulaires et branchus mais elle a également été observée sur *Stylophora pistillata*, *Pocillopora verrucosa*, *Montipora*, *Seriatopora caliendrum*, *Seriatopora hystrix* et *Merulina ampliata*. Les colonies coralliennes touchées manifestent une perte de tissu progressive puis elles meurent en place au fur et à mesure de la progression de la maladie (trace blanche sans polype). Elles sont alors colonisées par du turf et des corallines au fur et à mesure de leur perte de tissu.
Le développement de cette maladie est encore mal connu, et son abondance est variable entre les missions. Elle peut être importante dans le canal de la Havannah et le canal Woodin.

Lors des missions précédentes de nombreuses stations possédaient des colonies atteintes par cette lésion (surtout *Acropora* tabulaire) :
- mission mars 2015 : ST06AB, ST07AB, ST08AB, ST09AB, ST10AB et ST11AB
- mission octobre 2015 : ST10AB et dans une moindre mesure ST07A, ST10C et ST11AB
- mission avril 2016 : ST01A et ST04B
- mission novembre 2016 : une colonie par transect en ST10B, ST11B et ST12B.

En **avril 2017**, les transects ST06AB, ST07B, ST08A, ST09AB présentaient le plus de colonies affectées par la maladie de la bande blanche (3 à 4 colonies par niveau bathymétrique). Ces derniers coïncident avec les niveaux dégradés régulièrement par les agents hydrodynamiques et le développement de cyanobactéries. Les genres perturbés par cette maladie sont généralement *Acropora* tabulaire et branchu, *Seriatopora*. Les transects (ST02A, ST05A) ne présentaient qu'une colonie affectée.
Les colonies malades des missions précédentes sont mortes en place et recouvertes par du turf, des corallines et/ou quelques cyanobactéries.

En **septembre 2017** quasiment tous les transects du canal de la Havannah et Woodin présentaient une ou deux colonies avec la maladie de la bande blanche (sauf ST05 et ST11A). Le recouvrement blanchi le plus important pour cette maladie était localisé en ST04B (0,5 m²), ST06A B (respectivement 0.5 m² et 0.2 m²), ST07A B (respectivement 1 m² et 0.2 m²) et ST08A B (respectivement 1,5 m² et 0,8 m²).

En **mai 2018**, de nombreux transects du réseau de suivi présentent des colonies affectées par la maladie de la bande blanche (sauf ST01AB, ST02A, ST03AC, ST04C, ST05AC et ST12AB).
Le recouvrement blanchi le plus important pour cette maladie est localisé en ST04AB (respectivement 0.6 m² et 1.1 m²), ST05B (0.8 m²), ST06AB (respectivement 0.9 m² et 0.6 m²), ST07A (0.8 m²), ST08AB (respectivement 0.7 m² et 1.1 m²), ST09ABC (0.7 m², 0.6 m² et 0.6 m²) et ST11B (0.6 m²).
Les colonies malades des missions précédentes sont pour la plupart mortes en place et recouvertes par du turf, des corallines et/ou quelques cyanobactéries

En **novembre 2018**, seuls les transects ST09AB (0.6 et 0.9 m²) présentaient cette maladie sur des colonies d'*Acropora* tabulaire. Les colonies affectées par la maladie de la bande blanche de la mission précédente (ST01AB, ST02A, ST03AC, ST04C, ST05AC et ST12AB) étaient toutes mortes en place et elles commençaient à être recouvertes par du turf et des corallines.

En **avril 2019**, seul le transect ST07B (0.7 m²) présentait la maladie de la bande blanche sur une colonie de *Pocillopora verrucosa*.

En **octobre 2019**, de nombreux transects du réseau de suivi présentaient des colonies affectées par la maladie de la bande blanche sur des *Acropora* (tabulaire) **:** ST05A (1.5 m²), ST06ABC (0.4, 0.2 et 0.3 m²), ST07AC (1.2 et 0.3 m²), ST09AB (0.4 et 1.4 m²), ST11B (0.2 m²), ST12A (1.3 m²).

En **mai 2020**, les transects du réseau de suivi présentant des colonies affectées par la maladie de la bande blanche (surtout sur des *Acropora* tabulaire) étaient localisés principalement dans le canal de la Havannah : ST06AB, ST07ABC, ST08B, ST10ABC, ST11AB, ST12B.

En **octobre 2020**, la maladie de la bande blanche était peu présente (< 0.8 m²) et les transects du réseau de suivi présentant des colonies affectées (surtout sur des *Acropora* tabulaire) étaient localisés principalement dans le canal de la Havannah : ST06A, ST07A, ST08B, ST09C, ST10C.

En **mai 2021,** les transects du réseau de suivi présentant des colonies affectées par la maladie de la bande blanche (surtout sur des *Acropora* tabulaire) étaient localisés principalement dans le canal de la Havannah (< 0,6 m² en ST05B, ST08B).

En **novembre 2021,** les transects du réseau de suivi présentant des colonies affectées par la maladie de la bande blanche (surtout sur des *Acropora* tabulaire) sont localisés principalement dans le canal de la Havannah (< 1,6 m² en ST05B, ST07A, ST08A et ST09B) (cf. tableau 116).

- Les lésions liées à la sédimentation

Elles sont susceptibles d'affecter toutes les espèces. Chaque espèce a ses propres caractéristiques fasse à cette perturbation (sécrétion de mucus, croissance rapide, long polypes). Mais lorsque le dépôt sédimentaire est important et que la colonie ne peut s'en extraire, cette dernière présentera une perte de tissu partielle ou totale. Dans ce dernier cas on parlera de colonies mortes en place. Ces dégradations sont enregistrées principalement dans les baies à l'embouchure des creeks et rivières et dans les récifs alentours (ST02, ST03, ST04A et ST08).

En **avril 2019 (et les autres missions)**, les transects présentant le plus de dégradations liées à la sédimentation étaient ST02B, ST03A B C et ST08A B. Ces colonies étaient entièrement ou partiellement mortes en place. L'apport sédimentaire pouvait être conséquent pour ces stations lors des fortes précipitations mais également lors de passage de bateaux pour la station ST03 (remobilisation des sédiments par les hélices).

En **octobre 2019,** les transects présentant des dégradations liées à la sédimentation étaient toujours ST02B, ST03ABC et ST08AB (avec une amélioration pour ST08A) et désormais ST04A (ruissellement sur la falaise apportant des particules terrigènes en surface).

En **mai 2020**, les transects présentant des dégradations liées à la sédimentation étaient ST02AB, ST03ABC et ST04A. Le blanchissement était observé seulement sur ST03ABC.

En **octobre 2020**, les transects présentant des dégradations liées à la sédimentation étaient ST01A, ST02AB, ST03ABC et ST04A. Le blanchissement n'était pas observé pour cette perturbation car les colonies coralliennes étaient recouvertes par un dépôt de sédiment.
La station ST08AB (Puka) montrait une amélioration particulière concernant l'état de santé des colonies coralliennes (aucun dépôt sédimentaire).

En **mai 2021,** les transects présentant des dégradations récentes liées à la sédimentation étaient ST02AB, ST03ABC. Le blanchissement n'était pas observé pour cette perturbation car les colonies coralliennes étaient recouvertes par un dépôt de sédiment et n'avaient pas eu le temps de blanchir.
La station ST08AB (Puka) ne montrait pas de dégradation récente liée à la sédimentation (aucun dépôt sédimentaire).

En **novembre 2021,** les transects présentant des dégradations récentes liées à la sédimentation sont toujours ST02AB et ST03ABC (cf. tableau 116). Le blanchissement n'est pas observé pour cette pression car les colonies coralliennes sont recouvertes par un dépôt de sédiment et elles n'ont pas souvent le temps de blanchir.
La station ST08AB (Puka) ne montre pas de dégradation récente liée à la sédimentation (aucun dépôt sédimentaire).

- Les lésions liées à l'hydrodynamisme

Elles sont susceptibles d'affecter toutes les espèces. Les dégradations sont en relation avec le degré d'exposition mais aussi la morphologie des colonies (particulièrement les formes tabulaire, branchue). Les phénomènes les plus intenses (dépressionnaires/cycloniques) vont déstabiliser les récifs puis les agents hydrodynamiques (houle, ressac) vont remobiliser petits à petit le matériel corallien. Les colonies coralliennes peuvent être retournées, arrachées de leur substrat, fragmentées puis des blocs et débris coralliens vont descendre la pente récifale et/ou former des couloirs d'effondrement pour les récifs les plus exposés (ST06, ST07, ST12). Le blanchissement ne sera pas important en recouvrement mais le nombre d'espèces influencées peut être conséquent selon l'intensité du phénomène.
Ces dégradations sont enregistrées principalement dans le canal de la Havannah (houle, ressac et courants de marée) et dans une moindre mesure dans le canal Woodin (courants de marée).
NB : la station ST09 (bancs Kié) est aussi très exposée à la houle et aux courants de marée. Ces conditions sont régulières durant toute l'année, ainsi les espèces colonisant ce milieu sont adaptées et très robustes.

En **mai 2019**, des dégradations mécaniques récentes avaient été observées sur les coraux durs de manière très

parcellaire pour les stations exposées aux agents hydrodynamiques : ST04, ST06, ST07, ST08, ST09, ST11, ST12. Le blanchissement était présent en ST4C (0.1 m²), ST09B (0.4 m²) et ST12B (0.5 m²).

En **mai 2020**, les perturbations récentes d'ordre mécanique étaient réduites (voir négligeables). Le blanchissement corallien (petites colonies coralliennes récemment retournées) n'avait pas été qualifié pour cette pression.
De manière générale, les dégradations mécaniques sont observées sur les coraux durs dans les niveaux supérieurs et médians pour les stations exposées aux agents hydrodynamiques : ST04, ST06, ST07, ST08, ST09, ST11, ST12. Des couloirs d'effondrement de débris sont localisés en stations ST04, ST06 et ST12.

En **octobre 2020**, les perturbations récentes d'ordre mécanique étaient réduites. Le blanchissement corallien (petites colonies coralliennes récemment retournées) n'avait pas été observé pour cette pression.
De manière générale, les dégradations mécaniques étaient observées sur les coraux durs dans les niveaux supérieurs et médians pour les stations exposées aux agents hydrodynamiques : ST04, ST06, ST07, ST09, ST11, ST12. Des couloirs d'effondrement de débris étaient localisés en stations ST04, ST06, ST07 et ST12.

En **mai 2021**, les perturbations récentes d'ordre mécanique étaient très importantes (particulièrement en ST10A et ST12A qui avaient été modifiées structurellement avec l'effondrement d'un éperon).
Le blanchissement corallien était généralisé aux stations du canal de la Havannah mais le recouvrement de coraux blanchis n'était pas très important (le maximum, en ST06, ST07 et ST09, restait < 2.1 m² / transect) au regard de ces dégradations car plusieurs mois s'étaient écoulés entre les cyclones (février et mars) et la mission (mai).
De manière générale, les dégradations mécaniques étaient observées sur les coraux durs dans les niveaux supérieurs et médians pour l'ensemble du canal de la Havannah. Elles concernaient toutes les stations du canal de la Havannah pour tous les transects à l'exception de 3 (seuls ST05BC, ST07C et ST11C ne présentaient pas de colonies coralliennes dégradées car situés en bas de récif).
Des couloirs d'effondrement de débris étaient localisés en stations ST04, ST06, ST07, ST10 et ST12.

En **novembre 2021**, le recouvrement corallien blanchi lié à l'hydrodynamisme est relativement faible et peu répandu aux regards des perturbations d'ordre mécanique induites par Niran et Lucas qui ont déstabilisées de nombreuses colonies coralliennes sur les récifs en début d'année 2021.
Le blanchissement corallien est localisé sur les niveaux bathymétriques supérieurs et médians des récifs exposés : ST06A et ST07AB (< 0.8 m² de coraux blanchis) (cf. tableau 116).

- Les lésions liées aux anomalies positives de température et UV (et dans une moindre mesure de dessalure)

Ces perturbations sont susceptibles d'affecter toutes les espèces mais certaines sont plus sensibles aux variations de l'environnement (cf. § 6.2.2.1).

Elles étaient les plus fréquemment rencontrées lors de la mission d'**avril 2016**. De nombreuses colonies coralliennes avaient expulsé leurs zooxanthelles mais pour la majorité des colonies les polypes étaient toujours vivants.
Le phénomène de blanchissement était généralisé à l'ensemble des récifs de la Nouvelle-Calédonie. Le recouvrement en coraux blanchis diminuait avec la profondeur. Il s'est avéré très important sur les platiers récifaux de la baie de Prony et du canal Woodin.
L'anomalie de température a été moins importante pour les récifs du canal de la Havannah car les masses d'eaux y sont beaucoup plus brassées.

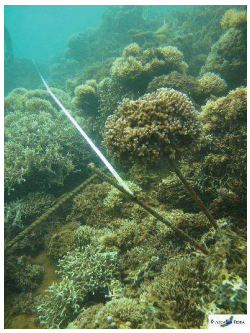
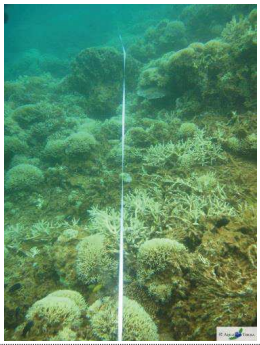
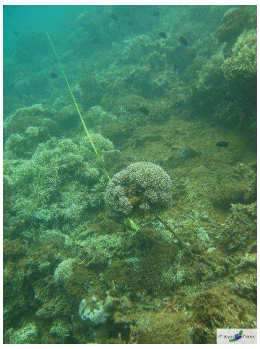
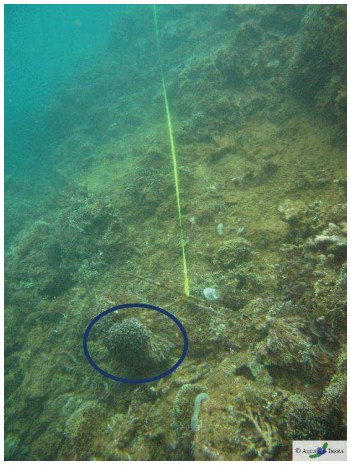
Depuis **novembre 2016**, une grande partie des colonies blanchies ont réintégré des zooxanthelles.

En **septembre 2017**, la résilience du récif était importante dans le canal Woodin (ST04) et mesurable par la croissance des colonies coralliennes. Par contre, la station du port (ST03A) enregistrait une mortalité corallienne localisée sur le niveau bathymétrique supérieur (le plus perturbé en avril 2016).

De **mai 2018 à octobre 2019**, aucune colonie corallienne ne semblait perturbée par ces variations.

En **mai 2020**, une espèce d'*Alveopora* en ST10 avait expulsé ses zooxanthelles. Cela ne semble pas avoir d'incidence sur sa vitalité car elle blanchi régulièrement (constat lors des missions de la saison froide) et elle réintègre des zooxanthelles à chaque fois lors des missions suivantes.

Depuis **octobre 2020, aucune colonie corallienne ne semble perturbée par ces variations** (cf. tableau 116).

Piquet XX du transect A ST04	 Octobre 2015 Bon état de santé	 Avril 2016 Blanchissement très important : perte des zooxanthelles	 Novembre 2016 Certaines colonies ont réintégré leurs zooxanthelles, mais développement de lésions coralliennes ou mortalité. Cette colonie de *Pocillopora damicornis* sur le piquet est en partie morte au milieu
 Avril 2017 Résilience des colonies coralliennes et recrutement	 Septembre 2017 Croissance des colonies coralliennes	 Mai 2018 Le sommet du récif est en phase de résilience depuis le phénomène de blanchissement de 2016	 Cependant, la communauté corallienne est sous la menace d'une prolifération d'*Acanthaster planci* en novembre 2018
En 2017 : Résilience du récif : de nombreuses colonies coralliennes ont réintégré des zooxanthelles et continuent de croître			
 En avril 2019, la mortalité corallienne est conséquente, surtout au transect B. De nombreuses colonies sont mortes en place	 En novembre 2019, la mortalité corallienne augmente en A (toujours due aux *Acanthaster planci)*	 En mai 2020, de nombreuses colonies coralliennes sont mortes en place	 En octobre 2020, les colonies coralliennes s'édifient à nouveau
La position de la colonie de *Pocillopora damicornis* en hauteur (sur le piquet) la potrège de l'attaque des corallivores			
	En mai 2021 : suite au passage des cyclones Lucas et Niran : nombreux débris et des colonies coralliennes arrachées du substrat. Le piquet est tordu, mais la colonie de *Pocillopora damicornis* qu'il supporte est toujours vivante	En novembre 2021 : résilience du récif : les débris coralliens et les colonies arrachées du substrt lors des cyclones forment de nouvelles colonies (« bouturage »)	

Photographie 28 : Evolution du blanchissement corallien : colonie témoin du transect A de la ST04 (Woodin)

6.2.2.2.2 Les lésions rencontrées de manière épisodique dans la zone d'étude

- La tâche noire (dark spot ou hypermycose endolithique)

Elle est généralement associée avec des champignons (endolithic fungal infiltrates) : elle touche de nombreuses espèces encroûtantes, massives et libres, généralement dans les niveaux bathymétriques moyens et les plus profonds. Les colonies affectées par ce type de lésion ne meurent pas.
→ Cette lésion est principalement recensée pour la station ST08 (récif frangeant à la côte du canal de la Havannah qui est influencé par l'apport sédimentaire de la baie Kwé) et dans une moindre mesure en ST02B.

- L'anomalie de croissance (growth anomaly)

Ces lésions sont observées généralement sur les colonies de *Porites* et de *Diploastrea heliopora* mais d'autres genres peuvent être perturbés comme *Acropora*, *Pectinia*, *Leptoria*, *Platygyra* et les *Fungia* mais aussi des alcyonaires comme *Sarcophyton* et *Lobophytum*. Les colonies affectées par ces anomalies de croissance ne meurent pas.
Dans la zone d'étude les colonies affectées par ces anomalies de croissance se localisent préférentiellement en ST05B *(Diploastrea heliopora)*, ST08B et ST12A (*Porites* sp.). La taille des lésions sur ces colonies peut atteindre plus de 30 cm de diamètre. Les tumeurs sont formées par des groupes de polypes avec des taux de croissance plus élevés.

- La perte de tissu (white syndrom)

Elle se manifeste chez plusieurs espèces par des taches blanches (perte de zooxanthelles ou de tissu). La cause est inconnue mais si la colonie perd ces tissus alors la partie affectée ne peut pas se régénérer, voire la colonie meurt en place.

→ En **septembre 2017**, seule une colonie de *Porites* en ST02B est touchée. Cette lésion est très peu observée depuis le début du suivi.
Depuis mai 2018 aucune colonie ne présente cette lésion.

- La tâche rose (pink spot)

C'est une réaction inflammatoire due à une irritation des tissus. Les causes peuvent être la sédimentation ou la colonisation de larves de vers. Cette inflammation peut entraîner l'expulsion des zooxanthelles et/ou une perte de tissu et ainsi la colonie meure en place.
→ En **octobre 2015**, cette lésion a été recensée seulement sur une colonie de *Montipora* sp. au transect A de la ST03 (Port).
D'**avril 2016 à octobre 2019**, aucune colonie ne présente cette lésion.
En **mai et octobre 2020,** des taches roses ont été observées sur quelques colonies de *Porites* en ST09ABC. Ces lésions proviennent de dépôts sédimentaires et de bioturbation.
En **mai et novembre 2021**, des taches roses ont été observées sur quelques colonies de *Porites* en ST05B et ST09ABC. Ces lésions peuvent provenir de dépôts sédimentaires, d'abrasion et de bioturbation.

6.2.2.3 Les principales espèces concurrentes

Aucun phénomène de prolifération permanente n'a été constaté depuis le début du suivi (2007) (figure 97)**.**

Attention cependant aux prolifération d'*Acanthaster planci* qui ont été recensées les dernières années (2017-2019) en station ST01, ST02, ST03 et ST04, et aux fluctuations des algues *Asparagopsis* et *Lobophora* qui peuvent parfois avoir un caractère envahissant.

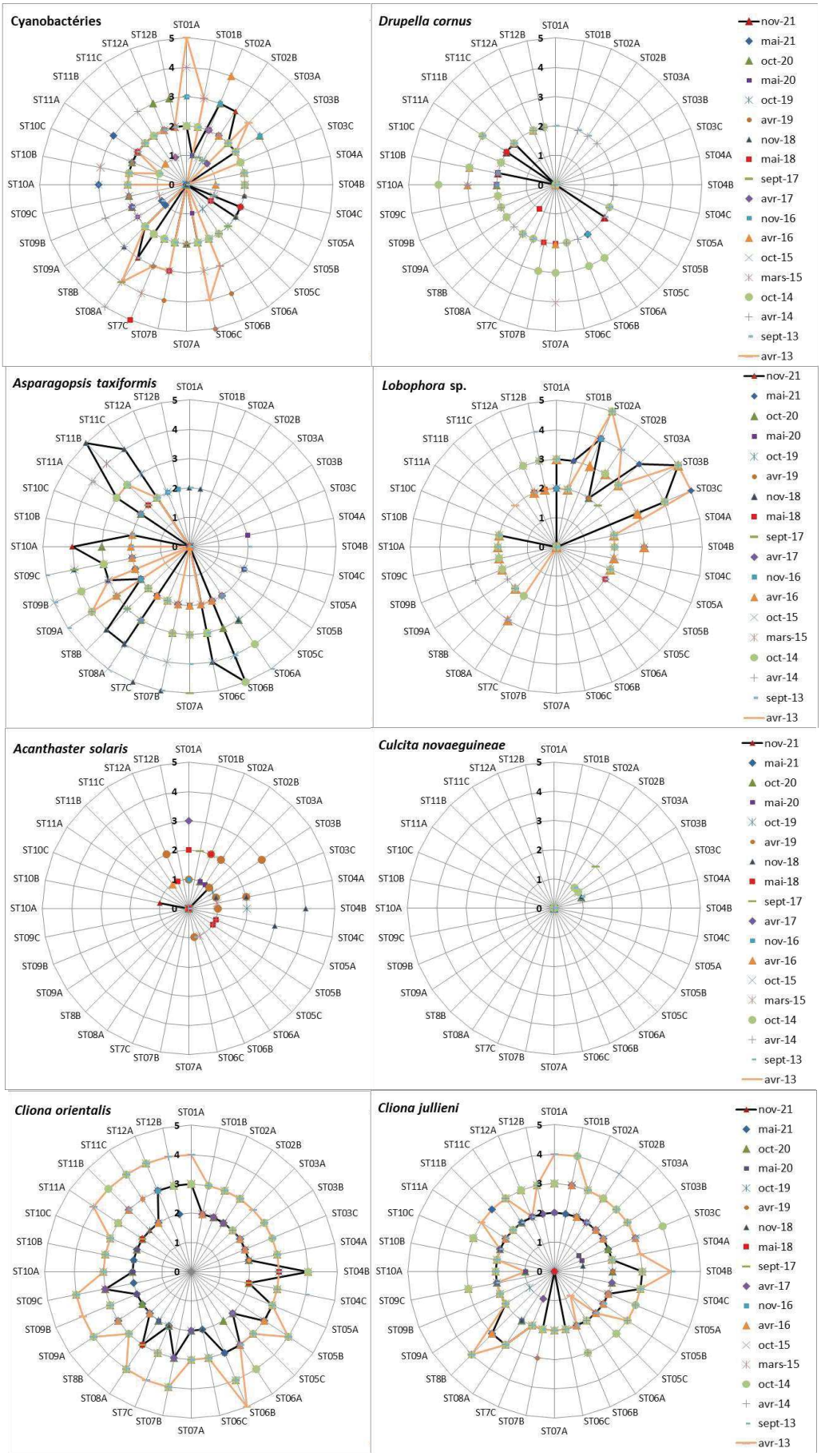


Figure 97 : Abondance semi-quantitative (1 à 5) des principales espèces cibles depuis septembre 2013

6.2.2.3.1 Les cyanobactéries

Les proliférations de cyanobactéries apparaissent de manière épisodique ou régulière dans de nombreux milieux marins. Généralement, ces proliférations sont le signe d'une eutrophisation du milieu (milieu riche en composés organiques, teneurs excessives en azote et phosphore).
Des dégradations importantes d'origine naturelle ou anthropique sur les communautés coralliennes entraînent également un développement de cyanobactéries.
D'autre part, de nombreuses espèces de cyanobactéries n'apparaissent qu'en été lorsque la température des eaux superficielles augmente. Ainsi, pendant la saison froide, leur disparition n'est qu'apparente car les cellules végétatives subissent diverses différenciations conduisant à des formes de repos ou de résistance. À cet égard, les vases et sédiments constituent une banque de semences qui favorise de nouvelles proliférations dès que les conditions climatiques redeviennent favorables.

Leurs effets sur les récifs coralliens peuvent être désastreux et justifient que leur recouvrement et leur évolution dans le temps soient étudiés.

En faible proportion, les cyanobactéries ne sont pas particulièrement gênantes pour la faune, cependant si leur concentration augmente, les toxines (cyanotoxines) libérées dans l'environnement peuvent avoir des répercussions sur l'ensemble des communautés coralliennes (mortalité des espèces benthiques, diminution de la croissance des coraux, diminution du recouvrement corallien, ciguatera like…)
Une abondance semi-quantitative inférieure ou égale au second niveau (échelle : 2) reste acceptable. Au-dessus de ce niveau, on peut considérer que le récif subit ou a subi des perturbations non négligeables (naturelles ou anthropiques).

→ Des proliférations de cyanobactéries (> niveau 4) ont déjà été observées sur les stations ST01, ST02, ST03, ST06, ST07 et ST08. Elles se développent de manière importante et périodique sur les stations ST06, ST07 et ST08. Cependant, aucune prolifération ne perdure dans le temps. Leur recouvrement peut-être important mais jusqu'à ce jour, leur développement n'est pas pérenne.

En avril 2013, elles se développaient, sur les nouveaux débris coralliens et les colonies coralliennes retournées (grandes surfaces plurimétriques).

En septembre 2013, les conditions environnementales se stabilisaient et leur développement régressait dans des proportions plus raisonnables (niveau 2). Toutefois, elles restaient à surveiller avec une grande attention en ST01 et ST08 (niveau 3).

En avril 2014, le recouvrement des stations ST01 et ST08 avait encore augmenté (respectivement niveau 4 et 5). Ces deux stations présentaient également des maladies coralliennes en quantité non négligeable.
La station ST06 voyait également son recouvrement augmenté (niveau 5) mais les dégradations étaient mécaniques (agent hydrodynamique important).

En octobre 2014, le recouvrement des cyanobactéries avait fortement régressé pour l'ensemble du réseau de suivi. Toutes les transects enregistraient un niveau inférieur ou égal au niveau 2.

En mars 2015, le recouvrement des cyanobactéries augmentait pour la plupart des transects couloirs suite aux perturbations d'origine dépressionnaire (cyclone Pam). L'évolution de leur développement était à surveiller avec une grande attention en ST01B, ST06C, ST07AC et ST10B (niveau 3) et particulièrement en ST01A, ST07C, ST08A (niveau 4). Les cyanobactéries se développaient principalement sur les débris coralliens récents et sur les colonies d'*Acropora* tabulaire affectées par la maladie de la bande blanche.

En octobre 2015, le recouvrement des cyanobactéries était important pour les transects couloirs ST03A et ST08B (niveau 4) puis ST10A&B (niveau 3). Elles se développaient par de grandes plaques plurimétriques sur le sédiment (ST03A, ST08B) et sur des colonies affectées par la maladie de la bande blanche (ST10). Les autres transects les plus perturbés en début d'année 2015 montraient une diminution du recouvrement. Bien que le recouvrement des cyanobactéries était important pour ces stations, les dégradations occasionnées étaient mineures pour le moment.

En avril 2016, les cyanobactéries avaient bien diminué pour les stations qui présentaient un recouvrement important en octobre 2015 (ST03A, ST08B, ST10A&B). Par contre, le transect ST02A présentait un développement relativement conséquent (niveau 4) sur les algues vertes du genre *Halimeda* qui sont entremêlées à la base des

colonies d'*Acropora* branchu. Le blanchissement des coraux pourrait être la cause de ce développement important.
En novembre 2016, le recouvrement des cyanobactéries avait augmenté pour les transects ST01A (niveau 3), ST03AB (respectivement niveau 2 et 3) et dans une moindre mesure en ST10C (niveau 1). La forme de cyanobactéries en pompon (*Symploca hydnoides*) se développait particulièrement sur les débris coralliens.
Le recouvrement des cyanobactéries avait diminué mais restait encore important pour les transects ST02A (niveau 3), ST04AB et ST11B (absence).

En avril 2017, les cyanobactéries étaient nouvellement recensées pour les transects du canal de la Havannah (ST07BC, ST09B et ST11BC ; niveau 2). Elles se développaient sur les débris coralliens et les colonies mortes en place.
Par contre, leur recouvrement avait fortement diminué pour les transects de la baie de Prony (ST01AB, ST02A, ST03AB ; < niveau 2) et l'îlot Ugo ST12A (< niveau 2).

En septembre 2017, le recouvrement des cyanobactéries était important pour les transects ST08A (niveau 4) et ST01A (niveau 3). Elles se développaient par de grandes plaques métriques à plurimétriques sur les débris en ST08A et sur des colonies coralliennes perturbées par les *Acanthaster planci* en ST01A.
Les autres transects montraient : une hausse de recouvrement pour ST03A, ST04B, ST05A C, ST06A, ST07A, ST08A et ST12A (≤ niveau 2) et une baisse de recouvrement pour ST02A B (niveau 1).

En mai 2018, le recouvrement des cyanobactéries était en légère diminution pour les niveaux bathymétriques : ST01A, ST08A, ST11C et ST12B (≤ niveau 2), et en augmentation pour de nombreux niveaux bathymétriques : ST01B, ST02AB, ST03B, ST04A, ST05AB et ST11A (<niveau 2).
Les niveaux bathymétriques ST07BC avaient un développement très important et en grande augmentation par rapport à la précédente mission (respectivement niveau 3 et 5). Les cyanobactéries se développaient principalement sur le sable carbonaté et les débris.

En novembre 2018, le recouvrement des cyanobactéries était en augmentation pour les niveaux bathymétriques suivants : ST04C, ST05B, ST06C, ST07A et ST12B (niveau 2) et ST01A et ST08B (niveau 3). Et en diminution pour les niveaux bathymétriques : ST03B, ST05A, ST07BC et ST09B (≤ niveau 2). Les niveaux bathymétriques ST07BC ne présentaient pas de dégradation par rapport au recouvrement important des cyanobactéries de la précédente mission.

En avril 2019, le recouvrement des cyanobactéries était en augmentation pour les récifs exposés aux agents hydrodynamiques dans le canal de la Havannah (particulièrement pour les niveaux bathymétriques médians et inférieurs) : ST05A, ST06B, ST09BC (niveaux 2), ST07C (niveau 3), ST06B, ST07B (niveau 4) et ST06C (niveau 5). Il était en diminution pour les niveaux bathymétriques : ST02AB, ST07A (niveau 0), ST08B (niveau 2). Les cyanobactéries se développaient de manière périodique sur les stations ST06, ST07 et ST08.

En octobre 2019, le recouvrement des cyanobactéries ne dépassait pas le niveau 2 d'abondance. Il était en légère augmentation pour les transects ST02AB, ST05C et ST09A et en diminution pour les transects : ST01AB, ST04AC, ST05A, ST06ABC et ST07B. Les cyanobactéries se développaient toujours de manière périodique sur les stations ST06, ST07 et ST08.

En mai 2020, le recouvrement des cyanobactéries ne dépassait pas le niveau 2 d'abondance. Il était en légère augmentation pour les transects ST04A, ST07C et ST11A, et en diminution pour les transects ST02AB, ST05ABC, ST05A, ST06A et ST08A.

En octobre 2020, le recouvrement des cyanobactéries ne dépassait pas le niveau 2 d'abondance sauf pour les transects ST02A, ST03B, ST12AB (niveau 3).

En mai 2021, le recouvrement des cyanobactéries ne dépassait pas le niveau 2 d'abondance sauf pour les transects ST10A, ST11A (niveau 3).

En novembre 2021, aucune prolifération n'est observée, mais le recouvrement des cyanobactéries est relativement important pour les transects ST02AB et ST08A (niveau 3).

6.2.2.3.2 Les algues

Les proliférations de macroalgues dans les écosystèmes littoraux des zones tropicales et subtropicales sont une menace sérieuse pour la diversité biologique de ces milieux. Typiquement, une croissance excessive des algues est le résultat d'une variété insuffisante d'animaux consommateurs d'algues et/ou de nutriments excessifs. L'apport important de matière en suspension peut être un facteur de perturbation.

- Asparagopsis taxiformis

L'algue rouge du genre *Asparagopsis* présente un développement saisonnier très important (particulièrement durant la fin de l'hiver austral et le début de l'été austral : mission septembre/octobre), dans les zones caractérisées par un hydrodynamisme intense du canal de la Havannah comme le banc Ionontea (ST06), le banc de Chambeyron (ST07), les bancs Kié (ST09) et le récif Toémo (ST11). Son développement peut également être très important durant les mois de novembre/décembre sur la station de Puka (ST08). Du fait de sa prolifération, cette algue rouge pourrait entraîner des perturbations non négligeables sur les coraux durant cette période (compétition spatiale non négligeable).
Il faut noter qu'à contrario, cette algue ne se développe presque pas en baie de Prony et dans le canal Woodin.

En avril 2017, l'algue rouge *Asparagopsis* était absente dans la baie de Prony et le canal Woodin. Son recouvrement diminuait largement dans le canal de la Havannah et elle était nouvellement absente des transects ST06C, ST07AC, ST11 et ST12.

En septembre 2017, l'algue rouge *Asparagopsis* était toujours absente dans la baie de Prony et le canal Woodin (milieux non adaptés au développement de cette algue). Elle se développait de manière modérée dans le canal de la Havannah (abondance en moyenne ≤ niveau 3), avec des relevés plus importants en ST07A (niveau 5) et ST09BC (niveau 4).

En mai 2018, l'algue rouge *Asparagopsis* était toujours absente dans la baie de Prony et le canal Woodin (milieux non adaptés au développement de cette algue). Depuis la mission précédente, l'abondance était en diminution pour de nombreux couloirs du réseau de suivi du canal de la Havannah (abondance ≤ niveau 2).

En novembre 2018, l'algue rouge *Asparagopsis* était présente de manière exceptionnelle en ST01 (Casy) de la baie de Prony (niveau 2). Elle était toujours absente pour les autres stations de la baie de Prony et du canal Woodin (milieux non adaptés au développement de cette algue).
Par contre, elle se développait de manière importante dans le canal de la Havannah pour les stations ST06, ST07, ST08, ST09, ST11 (surtout pour les niveaux bathymétriques médians et inférieurs : abondance de niveau 4 à 5). Et elle était absente en ST05 et ST12.

En avril 2019, l'algue rouge *Asparagopsis* était absente dans la baie de Prony et le canal Woodin (milieux non adaptés au développement de cette algue). Son développement avait très fortement diminué pour toutes les stations dans le canal de la Havannah : absente de ST05 à ST08 et en ST12, et présence en ST09 (abondance ≤ niveau 2) et en ST11 (abondance ≤ niveau 3).

En novembre 2021, l'algue rouge *Asparagopsis* était toujours absente dans la baie de Prony et le canal Woodin (milieux non adaptés au développement de cette algue). Elle se développait de manière modérée dans le canal de la Havannah (abondance ≤ niveau 2 à 3) et son abondance était particulièrement important en ST06B, ST08A et ST11B (niveau 4).

En mai 2020, l'algue rouge *Asparagopsis* était toujours absente dans la baie de Prony (milieux non adaptés au développement de cette algue). Elle se développait de manière très modérée dans le canal Woodin (ST04A) et dans le canal de la Havannah (abondance ≤ niveau 2) et son abondance était importante en ST09A (niveau 4).

En octobre 2020, l'algue rouge *Asparagopsis* était absente dans la baie de Prony et dans le canal Woodin. Elle se développait modérément dans le canal de la Havannah (abondance ≤ niveau 2 à 3).

En mai 2021, l'algue rouge *Asparagopsis* était absente dans la baie de Prony et dans le canal Woodin. Elle se développait faiblement dans le canal de la Havannah (abondance ≤ niveau 2).

En novembre 2021, l'algue rouge *Asparagopsis* est absente dans la baie de Prony et dans le canal Woodin. Elle se développe dans le canal de la Havannah, de manière importante en ST06BC, ST08AB, ST10A et ST11BC (niveau 4-5) et dans une moindre mesure en ST09BC et ST11A (niveau 3).

- Lobophora variegata

L'algue brune du genre *Lobophora* est également à surveiller avec une grande attention car elle constitue un compétiteur spatial important pour les coraux.
En effet, il s'avère que le genre *Lobophora* se développe abondamment et de manière permanente en baie de Prony. Pour l'instant son développement est régulier et non prolifique mais si les conditions environnementales venaient à

évoluer (principalement augmentation de la turbidité), ce genre pourrait ainsi se développer à la défaveur des coraux puis étouffer une grande partie des récifs. **A ce stade, le genre *Lobophora*, pourrait avoir des caractéristiques d'une espèce envahissante.**
Les zones à risque sont la station du Port (ST03) et l'embouchure du creek de la baie Nord (ST02).

Dans le canal de la Havannah, le développement de cette algue reste très localisé. Son développement a augmenté lors de la mission de septembre 2013 pour les stations Puka (ST08) et Ugo (ST12), la mission d'avril 2014 pour le banc Kié (ST09) et la mission de mai 2018 pour le banc de Ioro (ST05A). Cependant, une grande partie du recouvrement algale peut être balayé lors de la sénescence des thalles pour les stations soumises régulièrement à des agents hydrodynamiques importants du canal de la Havannah, comme à Puka (ST08) en novembre 2018. Cette algue a toujours été absente des stations ST06, ST07, ST11.

Dans le canal Woodin, le développement de cette algue était jusqu'à présent restreint. Cependant, le récif a subi un effondrement de débris occasionné par la houle résiduelle du cyclone Pam en mars 2015. De fait, il y avait depuis un développement modéré et pérenne de l'algue *Lobophora* sur les débris (particulièrement en ST04B). Depuis novembre 2018, cette algue est absente en ST04.

En avril 2017, le recouvrement de *Lobophora* était stable par rapport à la mission précédente. Seul le transect ST03C (niveau 4) présentait une augmentation du recouvrement.

En septembre 2017, le recouvrement de *Lobophora* avait tendance à évoluer par rapport à la mission précédente : hausse pour les transects ST01A et ST12AB et baisse pour ST3AC, ST04B et ST09BC.
Les transects présentant le plus fort recouvrement de *Lobophora* étaient ST02A (niveau 4) et ST03B (niveau 5).

En mai 2018, le recouvrement de *Lobophora* était +/- stable par rapport à la mission précédente à part pour les transects ST05A (augmentation au niveau 2) et ST12B (diminution au niveau 2). Par ailleurs, la station du Port (ST03) enregistrait encore une hausse non négligeable pour les 3 transects (respectivement niveau 3, 5, 4). La sédimentation et la turbidité affaiblissaient les coraux et les thalles de cette algue brune se développaient sur les colonies mortes en place.

En novembre 2018, le recouvrement de *Lobophora* était +/- stable par rapport à la mission précédente. Les transects ST01A, ST04B, ST05AB, ST08AB enregistraient une diminution de recouvrement (surtout en ST04 et ST08 où elle était totalement absente depuis la mission précédente).
Son développement était toujours conséquent (niveau 4) en ST02A (Creek baie nord) et particulièrement important (niveaux 5 et 4) aux transects inférieurs de la ST03 (Port).

En avril 2019, le recouvrement de *Lobophora* était +/- stable par rapport à la mission précédente. Le transect ST02A enregistrait une augmentation d'abondance (niveau 5) et les transects ST02B, ST03C enregistraient une diminution par rapport à la dernière mission.
Son développement était conséquent (niveau 5) en ST02A (Creek baie nord) et en ST03 (Port).

En novembre 2021, le recouvrement de *Lobophora* était stable par rapport à la mission précédente. Seul le transect ST02B enregistrait une diminution d'abondance (niveau 2 à 0).
Son développement restait conséquent (niveau 5) en ST02A (Creek baie nord) et en ST03 (Port).

En mai 2020, le recouvrement de *Lobophora* avait tendance à augmenter de manière ponctuelle par rapport à la mission précédente (ST01A et ST12B respectivement niveau 2/0 à 3/2).
En baie de Prony, le recouvrement était important : « niveau 5 » en ST02A et en ST03B, et augmentait en ST01A (niveau 2 à 3).

En octobre 2020, le recouvrement de *Lobophora* était stable par rapport à la mission précédente.
Son développement était préoccupant en baie de Prony (niveau 5) : en ST02A (Creek baie nord) et en ST03B (Port).

En mai 2021, le recouvrement de *Lobophora* avait encore augmenté en ST03 (Port) et dans une moindre mesure en ST01B. Il restait stable pour les autres stations par rapport à la mission précédente.
Son développement restait très préoccupant en baie de Prony (niveau 5) : en ST02A (Creek baie nord) et surtout en ST03B (Port).

En novembre 2021, le recouvrement de *Lobophora* est important en ST03 (Port) et dans une moindre mesure en ST02 (Creek baie nord). Il reste stable pour les autres stations par rapport à la mission précédente.

Son développement reste très préoccupant en baie de Prony : en ST02B (Creek baie nord, niveau 4) et surtout en ST03ABC (Port, (niveau 4/5/4).

Deux stations présentent un développement important et permanent de *Lobophora* :
La station du Creek baie nord (ST02) présente des thalles de *Lobophora* qui se développent à la base et à travers les coraux branchus (vivants et morts). Auparavant, la croissance des coraux branchus (*Acropora, Anacropora* et *Seriatopora*) était importante et les branches coralliennes s'accroissaient plus vite que l'algue brune.
La prolifération d'*Acanthaster planci* (2019-2020, cf. § 6.2.2.3.4) a perturbé considérablement le développement des coraux branchus : la vitalité des coraux est réduite ces dernières missions et les thalles se développent sur les coraux morts. Cependant, la croissance des coraux branchus reste importante et les branches coralliennes s'accroissent à nouveau plus vite que l'algue brune. Cette constatation est à surveiller avec une grande attention lors des prochains suivis.

La station du port (ST03) présente des coraux très affaiblis par l'hyper sédimentation. Les thalles de *Lobophora* sont très abondants (surtout au transect B) et ils se développent sur les débris coralliens, les colonies mortes en place et à la base des coraux dégradées par la sédimentation et la turbidité.
La compétition spatiale des algues brunes est soutenue et à la défaveur des coraux.
L'apport de particules terrigènes est depuis le début du suivi la pression rémanente influant sur le développement des coraux (turbidité et sédimentation). De plus, la prolifération d'*Acanthaster planci* de 2019 (cf. § 6.2.2.3.4) a permis aux algues de se développer à la défaveur des coraux.

6.2.2.3.3 Les éponges encroûtantes

Les éponges incrustantes *Cliona orientalis* et *Cliona jullieni* sont susceptibles de bénéficier des phases de dégradation corallienne pour se développer (plaques décimétriques à plurimétriques). Elles se déploient naturellement sur tous les substrats durs comme des débris et la dalle, mais une lutte chimique se réalise avec les coraux scléractiniaires pour le développement spatial.
Le développement des Cliones est à surveiller avec une grande attention car ces éponges sont en forte compétition spatiale avec les coraux. En effet, elles peuvent profiter de l'affaiblissement des coraux pour se développer.
De manière générale, l'espèce *Cliona orientalis* se développe plus facilement dans le niveau bathymétrique supérieur et l'espèce *C. jullieni* a un développement plus en profondeur (influence possible de la pénétration de la lumière).

Ces éponges sont abondantes dans toute la zone d'étude. Leur développement reste relativement stable mais il peut légèrement varier suite à des perturbations (mécanique ou sédimentaire).
Comme les coraux, suite aux évènements dépressionnaires, le recouvrement diminue légèrement dans les zones très exposées et turbides.

En octobre 2014, leur développement variait peu par rapport aux missions précédentes. Cependant, quelques plaques décimétriques supplémentaires de *Cliona jullieni* avaient été recensées pour les niveaux ST02B, ST03C, ST05C, ST09C, ST10C et ST12A ; et *Cliona orientalis* en ST04B, ST05A et ST11B.

En mars 2015, leur développement tendait à une légère diminution par rapport aux missions précédentes.
- *Cliona jullieni* : les transects couloirs ayant légèrement diminué d'abondance sont ST01B, ST03A, ST03C, ST05A et une très légère augmentation pour ST11A.
- *Cliona orientalis* : les transects couloirs ayant légèrement diminué d'abondance sont ST01B, ST03C, ST011B&C, ST05A.

En octobre 2015, le recouvrement des Cliones tendait à se stabiliser, avec une légère diminution.
- *Cliona orientalis* : le recouvrement tendait à se stabiliser, avec une légèrement diminution pour les niveaux bathymétriques supérieurs et médians (ST03B, ST05C, ST06A, ST08B, ST09A). Seule la station ST11C avait augmenté d'abondance.
- *Cliona jullieni* : le recouvrement se stabilisait également, avec une légèrement diminution pour les niveaux bathymétriques médians (ST03B, ST05B, ST06B). Seule la station ST02B avait augmenté d'abondance.

En avril 2016, le recouvrement des Cliones était relativement stable sur l'ensemble du réseau de suivi.
- *Cliona orientalis* : diminuait d'abondance pour ST05B et surtout ST11C et augmente d'abondance pour ST05C.
- *Cliona jullieni* : diminuait d'abondance pour ST02A, ST02B, ST05C et ST08B.

En novembre 2016, le recouvrement des Cliones était stable sur l'ensemble du réseau de suivi.

En avril 2017, le recouvrement des Cliones tendait vers une diminution sur l'ensemble du réseau de suivi.
- *Cliona jullieni* : diminution d'abondance en ST01A, ST02B, ST04C ST07C et ST12AB.
- *Cliona orientalis :* diminution d'abondance en ST01B, ST02AB, ST03C, ST05C, ST07A, ST09C.

En **septembre 2017**, le recouvrement des Cliones était +/- stable sur l'ensemble du réseau de suivi.
- *Cliona jullieni* : augmentation d'abondance en ST01A, ST04C, ST07C, ST12B et diminution en ST04A.
- *Cliona orientalis* : augmentation d'abondance en ST07AB et diminution en ST04BC, ST08A, ST11A.

En **mai 2018**, le recouvrement des Cliones restait stable sur l'ensemble du réseau de suivi.
- *Cliona jullieni* : stable, aucun changement de recouvrement.
- *Cliona orientalis* : stable, seulement une augmentation d'abondance pour ST03C (niveau 0 à 2).

En novembre 2018, le recouvrement des Cliones restait relativement stable sur l'ensemble du réseau de suivi avec cependant une diminution d'abondance généralisée en ST07.
- *Cliona jullieni :* stable, seulement une augmentation d'abondance pour ST04A (niveau 0 à 1) et une diminution d'abondance pour ST08A (niveau 3 à 2).
- *Cliona orientalis :* stable mais diminution d'abondance pour ST06C (niveau 3 à 2) et ST07ABC (respectivement 3/3/4 à 2/2/3).

En avril 2019, le recouvrement des Cliones restait relativement stable sur l'ensemble du réseau de suivi avec cependant quelques augmentations d'abondance dans les zones présentant des dégradations induites par les corallivores, d'ordre sédimentaire ou mécanique.
- *Cliona jullieni :* augmentation d'abondance pour ST03A (niveau 2 à 3), ST04A (niveau 1 à 2), ST07B (niveau 2 à 3), ST08AB (respectivement niveau 2/3 à 3/4) et diminution pour ST04B (niveau 3 à 2).
- *Cliona orientalis :* augmentation d'abondance pour ST02B (niveau 2 à 3), ST06AC (respectivement niveau 3/2 à 4/3), ST07B (niveau 3 à 4), ST08B (niveau 2 à 3), ST11C (niveau 2 à 3) et ST12A (niveau 3 à 4).

En octobre 2019, le recouvrement des Cliones avait tendance à diminuer sur l'ensemble du réseau de suivi :
- *Cliona jullieni :* diminution pour ST03A (niveau 3 à 2), ST08AB (niveau 3/4 à 2/3), ST09AC (niveau 2/3 à 1/2), ST11C (niveau 3 à 2).
- *Cliona orientalis :* diminution pour ST02B (niveau 3 à 2), ST06A (niveau 4 à 3), ST07B (niveau 4 à 3), ST8B (niveau 3 à 2) et ST11BC (niveau 3/3 à 2/2) et ST12A (niveau 4 à 3).

En mai 2020, le recouvrement des Cliones avait tendance à évoluer sur les transects qui subissaient des perturbations (corallivores, mécaniques et/ou sédimentaire) :
- *Cliona jullieni :* diminution pour ST01A (niveau 3 à 2), ST03BC (niveau 2/3 à 1/1) et augmentation pour ST02B (niveau 2 à 3), ST03A (niveau 2 à 3), ST09A (niveau 1 à 2), ST12A (niveau 2 à 3).
- *Cliona orientalis :* augmentation pour ST04B (niveau 3 à 4), ST07C et ST11B (niveau 2 à 3), ST12A (niveau 3 à 4).

En octobre 2020, le recouvrement des Cliones avait tendance à évoluer sur les transects qui subissaient des perturbations (corallivores, mécaniques et/ou sédimentaire) :
- *Cliona jullieni :* diminution pour ST03A et ST04C (niveau 3 à 2) et augmentation pour ST01A (niveau 2 à 3), ST03BC (niveau 1 à 2).
- *Cliona orientalis :* abondance importante en ST04B, ST06B et ST12A (niveau 4). Diminution pour ST06A, ST07C et ST09A (niveau 3 à 2) et augmentation pour ST09B (niveau 2 à 3).

En mai 2021, le recouvrement des Cliones avait tendance à évoluer sur les transects qui subissaient des perturbations (corallivores, mécaniques et/ou sédimentaire) :
- *Cliona jullieni :* elles étaient absentes en ST07A et ST10A, diminution pour ST12B et augmentation pour ST04BC, ST08A, ST11B
- *Cliona orientalis :* abondance importante en ST04B (niveau 4), diminution pour ST06BC, ST09BC et ST12AB, et augmentation pour ST06A et ST08A.

En novembre 2021, le recouvrement des Cliones évolue peu par rapport à la mission précédente :
- *Cliona jullieni :* elles sont absentes en ST07A, diminution pour ST02B, ST11B et ST12A et augmentation pour et ST10A
- *Cliona orientalis :* abondance importante en ST04B (niveau 4), augmentation pour ST09C et ST12B.

6.2.2.3.4 Les astéries corallivores

L'accroissement important et/ou la prolifération des astéries corallivores (prédatrices de corail) (*Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae*) caractérisent l'affaiblissement des récifs et un dérèglement antérieur de l'écosystème. En effet, leur présence en abondance est généralement révélatrice que le récif a subi auparavant une perturbation non négligeable (naturelle ou anthropique). Ces espèces carnassières sont ainsi connues pour être localement invasive avec un fort potentiel de destruction sur les récifs coralliens. Leurs dégradations sont irréversibles car elles dévorent les polypes des colonies coralliennes sur de très grande surface et en peu de temps.
L'espèce *Culcita novaeguineae* est plutôt rencontrée dans les milieux turbides (baies) et l'espèce *Acanthaster planci* plutôt sur les récifs frangeants, intermédiaires du lagon ou externes.

NB sur la systématique : Haszprunar, Vogler et Wörheide [R54] proposent depuis 2017 de diviser *A. planci* en :
- *Acanthaster planci* (Linnaeus, 1758) (nord de l'océan Indien)
- *A. mauritiensis* de Loriol, 1885 (sud de l'océan Indien)
- *A. solaris* (Schreber, 1795) (océan Pacifique)
- et une espèce encore non nommée endémique de Mer Rouge.

L'espèce pacifique se caractériserait par une couleur plus souvent grise et moins de bras, et la « vraie » *A. planci* serait la seule bleue et violette. Mais la diversité des robes et des tailles interdit toute généralité, et ces espèces, si leur statut est confirmé, n'ont pour le moment aucune clef fiable de détermination autre que génétique (ou géographique). Cette nouvelle division demande encore à être confirmée, aussi afin de ne pas porter à confusion dans l'esprit des lecteurs, l'appellation *A. planci* (utilisée depuis le début) est conservée dans ce rapport.

Depuis le début du suivi biologique, ces espèces sont présentes de manière très occasionnelle, cependant plusieurs prolifération d'*Acanthaster planci* sont constatées en baie de Prony depuis avril 2017.

En avril 2014, seul un spécimen était observé en ST05A et ST05B (niveau 1). Cependant, la station ST10 présentait régulièrement des stigmates de blanchissement corallien induit par les *Acanthaster* mais aucun spécimen n'avait été observé depuis octobre 2012.

En octobre 2014, aucun spécimen d'*Acanthaster planci* n'était observé. Concernant les *Culcita novaeguineae*, seul un spécimen par transect était recensé pour ST03A et ST03B (Port). Les perturbations engendrées étaient très mineures.

En mars 2015, seul un spécimen juvénile d'*Acanthaster planci* était observé en ST06B et 3 bras fraichement mangés en ST04A. Aucun spécimen de *Culcita novaeguineae* n'était observé.
→ Aucune colonie corallienne n'était observée blanchie suite au passage d'une astérie corallivore.

En octobre 2015, aucun spécimen d'*Acanthaster plan*ci, ni de *Culcita novaeguineae* n'était observé.
→ Aucune colonie corallienne n'était observée blanchie suite au passage d'une astérie corallivore.

En avril 2016, aucun spécimen de *Culcita novaeguineae* n'était observé et seul un juvénile d'*Acanthaster planci* était recensé en ST11C.
→ Aucune colonie corallienne n'était observée blanchie suite au passage d'une astérie corallivore.

En novembre 2016, aucun spécimen de *Culcita novaeguineae* n'était observé et un seul spécimen d'*Acanthaster planci* était recensé en ST01A (1ère fois en baie de Prony).
→ Aucune colonie corallienne n'était observée blanchie suite au passage d'une astérie corallivore.

En avril 2017, aucun spécimen de *Culcita novaeguineae* n'était observé.
Par contre, le transect supérieur de la station de Casy (**ST01A**) présentait **12 spécimens d'*Acanthaster planci*** (/ 100 m²). C'était le plus grand rassemblement de ce corallivore (niveau 3) observé depuis le début du suivi.

En septembre 2017, 3 spécimens de *Culcita novaeguineae* étaient observés en ST03A.
La station ST01 (Casy) présentait une prolifération d'*Acanthaster planci* (respectivement 13 et 3 spécimens pour 100 m² aux transects A et B). C'était le plus grand rassemblement pérenne de ce corallivore (niveau 3) observé depuis le début du suivi. De nombreuses colonies coralliennes avaient été dévorées depuis le début de cette prolifération.

En mai 2018, la prolifération d'*Acanthaster planci* perdurait en ST01A (7 spécimens) et aucun spécimen n'était recensé en ST01B. La mortalité des colonies coralliennes en ST01A était très importante (surtout les colonies du genre *Acropora*).

De plus, les stations ST05AB et ST12A présentaient un spécimen d'*Acanthaster* par niveau bathymétrique. Ces spécimens venaient d'arriver car la mortalité corallienne était faible. Les colonies blanchies et mortes en place représentaient respectivement : ST05AB : 0.3 m², 0.8 m² et ST12A : 0.9 m².
Aucun spécimen de *Culcita novaeguineae* n'était recensé lors de cette mission.

En novembre 2018, une prolifération d'*Acanthaster planci* était active en station ST04 (Woodin) (51 spécimens / 300 m²). Les colonies blanchies et mortes en place concernaient pour le moment des *Acropora* tabulaires. De plus, les corallivores étaient recensés (un seul spécimen) pour les transects ST01A, ST03C, ST05B et ST12A.
L'astérie *Culcita novaeguineae* n'était recensée que pour ST03C (1 spécimen) et aucune lésion n'avait été constatée.

En avril 2019, les *Acanthaster planci* proliféraient en ST02A (5 spécimens) et ST03B (16 spécimens). De plus, des spécimens ont été observés en ST01A (1 spécimen), ST02B (2 spécimens), ST03AC (1 spécimen), ST04AB (2 et 1 spécimens), ST06C (1 spécimen juvénile) et ST12A (2 spécimens).
Les colonies mortes en place et/ou blanchies (sans polype) étaient importantes en ST01, ST02, ST03 et ST04 à cause des proliférations de cette mission et des années précédentes.
L'astérie *Culcita novaeguineae* n'était recensée que pour ST03B (1 spécimen) et aucune lésion n'avait été constatée.

En octobre 2019, les *Acanthaster planci* proliféraient en ST02AB (3 et 5 spécimens) et ST04AB (3 et 2 spécimens). De plus, des spécimens ont été observés en ST03AB (1 et 1 spécimen).
Leurs perturbations sur les coraux étaient importantes dans les zones de prolifération des missions précédentes. Les colonies blanchies et mortes en place concernaient particulièrement des *Acropora* branchus et tabulaires.
L'astérie *Culcita novaeguineae* n'était recensée que pour ST03BC (1 spécimen) et aucune lésion n'avait été constatée.

En mai 2020, aucune prolifération d'*Acanthaster planci* n'avait été recensée. Un seul spécimen avait été observé par transect ST01A et ST2AB.
→ Leurs perturbations sur les coraux étaient importantes dans les zones de prolifération des missions précédentes. Les récifs dégradés étaient situés en baie de Prony (ST01, ST02 et ST03) ainsi que dans le canal de Woodin (ST04). Les colonies blanchies et mortes en place concernaient particulièrement des *Acropora* branchus et tabulaires.
L'astérie ***Culcita novaeguineae*** n'avait pas été recensée.

En octobre 2020, aucune prolifération d'*Acanthaster planci* n'avait été recensée. Un seul spécimen avait été observé en ST02A (dégradation relativement faible pour cette mission).
→ Leurs perturbations sur les coraux étaient importantes dans les zones de prolifération des missions précédentes. Les récifs dégradés étaient situés en baie de Prony (ST01, ST02 et ST03) ainsi que dans le canal de Woodin (ST04). Les colonies blanchies et mortes en place concernaient particulièrement des *Acropora* branchus et tabulaires. Cependant, lorsque la prolifération perdure dans le temps les autres espèces coralliennes sont également dévorées au fur et à mesure.
L'astérie ***Culcita novaeguineae*** était recensée en ST03C (1 spécimen).

En mai 2021, aucun spécimen d'*Acanthaster solaris* ou *Culcita novaeguineae* n'avait été recensé.
→ Leurs perturbations sur les coraux étaient toujours importantes dans les zones de prolifération des missions précédentes.

En novembre 2021, aucun spécimen *Culcita novaeguineae* n'a été recensé. Seuls 2 spécimens d'*Acanthaster solaris* ont été observés (en ST03A et ST10B).
→ Les dégradations induites par les *Acanthaster* sur les coraux sont importantes dans les zones de prolifération des missions précédentes. Les récifs dégradés sont situés en baie de Prony (ST01, ST02 et ST03) ainsi que dans le canal Woodin (ST04). Les colonies mortes en place concernent particulièrement des *Acropora* branchus et tabulaires. De plus lorsque la prolifération perdure dans le temps les autres espèces coralliennes sont également dévorées au fur et à mesure.

6.2.2.3.5 Les mollusques corallivores

L'espèce *Drupella cornus* est un gastéropode corallivore dont la présence en abondance sur un récif est également un indicateur de perturbation du milieu. Ainsi lorsque le récif subi une perturbation d'origine naturelle ou anthropique, il est constaté quelques semaines à quelques mois plus tard (par réaction en chaîne), la présence de *Drupella cornus* (et potentiellement d'autres corallivores).
Les corallivores *Drupella cornus* sont plus susceptibles de perturber les niveaux hauts et médians des récifs car les

espèces d'Acroporidae qu'ils préfèrent se développent préférentiellement où la pénétration de la lumière est importante.
Une abondance supérieure au niveau 3 de l'échelle d'abondance peut être un signe de perturbation. Les individus se rassemblent sur une ou plusieurs colonies (généralement *Acropora* tabulaire/ branchu) et dévorent au fur et à mesure tous les polypes pour laisser derrière leur passage une colonie morte en place. Ces rassemblements peuvent atteindre une dizaine d'individus par colonie.

En avril 2013, les gastéropodes *Drupella cornus* étaient absents.

En septembre 2013, ils ont profité de la phase de dégradation corallienne post dépression pour se développer sur les colonies perturbées (ST01, ST02, ST05, ST07, ST08 et ST11). Leur abondance était relativement modérée mais à surveiller en ST08 et ST11 (niveau 3).

En avril 2014, leur abondance était modérée sur l'ensemble des stations mais et ils se développaient en ST10A et ST11A (niveau 3).

En octobre 2014, leur développement augmentait de manière importante pour les niveaux bathymétriques hauts et médians des récifs du canal de la Havannah (ST06AB, ST07AB, ST10AB et ST11A). Les perturbations engendrées étaient relativement conséquentes, de nombreuses colonies coralliennes (majoritairement les Acroporidae) étaient dévorées puis mortes en place.
Les corallivores *Drupella cornus* étaient plus susceptibles de perturber les niveaux hauts et médians des récifs car les espèces d'Acroporidae se développent préférentiellement où la pénétration de la lumière est importante. A ce titre, les *Drupella* étaient absents en baie de Prony et dans le canal Woodin pour cette mission.

En mars 2015, aucun *Drupella* n'était observé en baie de Prony ni dans le canal Woodin. Par contre, leur développement était modéré (niveau 2) pour les récifs du canal de la Havannah et se concentrait principalement sur les colonies d'*Acropora* tabulaire en ST07A (niveau 4).

En octobre 2015, seules deux stations présentaient des perturbations dues à la prédation de *Drupella cornus*. Leur développement était modéré en ST12A&B (niveau 2) et important en ST10ABC (respectivement niveau 3, 3 et 2).

En avril 2016, seules trois stations présentaient des perturbations dues à la prédation de *Drupella cornus* (ST07A, ST10A&B et ST12A). Les récifs des stations ST10 et ST12 étaient déjà influencés par ce gastéropode lors de la dernière mission. Leur développement était modéré en ST07A et ST12A (niveau 2) et important en ST10A&B (niveau 3).

En novembre 2016, l'espèce *Drupella cornus* n'était pas observée avec une abondance supérieure au niveau 2 (ST06A, ST07C, ST09A et ST10AB). NB : la station ST10 présentait des dégradations constantes de *Drupella cornus* depuis avril 2014 (nombreuses colonies mortes en place, particulièrement le genre *Acropora*).

En avril 2017, aucun *Drupella* cornus n'était observé dans l'ensemble du réseau du suivi.

En septembre 2017, seul le transect ST12A était concerné par la présence de *Drupella cornus* (9 individus ont été recensés sur une colonie d'*Acropora* tabulaire).

En mai 2018, les gastéropodes *Drupella cornus* avaient une influence négligeable sur les coraux. Ils étaient recensés en faible abondance sur une seule colonie du genre *Acropora* (niveau 1 à 2) pour les niveaux bathymétriques suivants : ST07AB, ST08A, ST11A et ST12A.

En novembre 2018, les gastéropodes *Drupella cornus* avaient une influence négligeable sur les coraux. Ils étaient recensés en faible abondance sur une seule colonie blanchie du genre *Acropora* (niveau 2) pour les niveaux bathymétriques suivants : ST06A (0.1 m²) et ST09C (0.4 m²).

En avril 2019, les gastéropodes *Drupella cornus* étaient recensés en ST06A (niveau 3), ST08A (niveau 2) et leur abondance était en augmentation. Pour le moment leur influence était négligeable.

En octobre 2019, les gastéropodes *Drupella cornus* ont été recensés en ST11AB (niveau 2) et leur influence est négligeable.

En mai 2020, les gastéropodes *Drupella cornus* avaient été recensés en ST06B (niveau 3), ST09AB, ST10AB, ST11AB et ST12A (niveau 2).
Leurs perturbations sur les coraux étaient bien moins conséquentes que pour les *Acanthaster*. Cependant, elles n'étaient pas négligeables en ST06A (1,2 m²), STB06B (1 m²) et ST11B (1,8 m²) et dans une moindre mesure (<1

m²) en ST09AB, ST10AB, ST11AC et ST12A.

En octobre 2020, les gastéropodes *Drupella cornus* avaient été recensés dans le canal de la Havannah en ST10A et ST12A (niveau 2). 2 spécimens de *Chicoreus brunneus* avaient aussi été observés en ST12A.
Les lésions induites par les *Drupella cornus* et *Chicoreus brunneus* étaient relativement faibles pour cette mission en ST10A et ST12A (respectivement 0,3 m² et 0,7 m² de coraux blanchis (cf. tableau 116)).

En mai 2021, les gastéropodes *Drupella cornus* avaient été recensés dans le canal de la Havannah en ST06A et ST11A (niveau 2). Les lésions sur les coraux étaient relativement faibles pour cette mission (chacun 0,2 m² de coraux blanchis).

En novembre 2021, les gastéropodes *Drupella cornus* ont été recensés dans le canal de la Havannah en ST05B, ST10B et ST11AB (niveau 2). Les lésions sur les coraux sont relativement faibles pour cette mission (respectivement 0,3 m² / 0.6 m² / 0.2 m² de coraux blanchis).

6.2.3 Evolution globale des stations par rapport à la mission précédente

Les particularités de chaque station de suivi environnemental et les variations entre la mission de mai 2021 et celle-ci (novembre 2021) sont présentées dans le tableau 119.

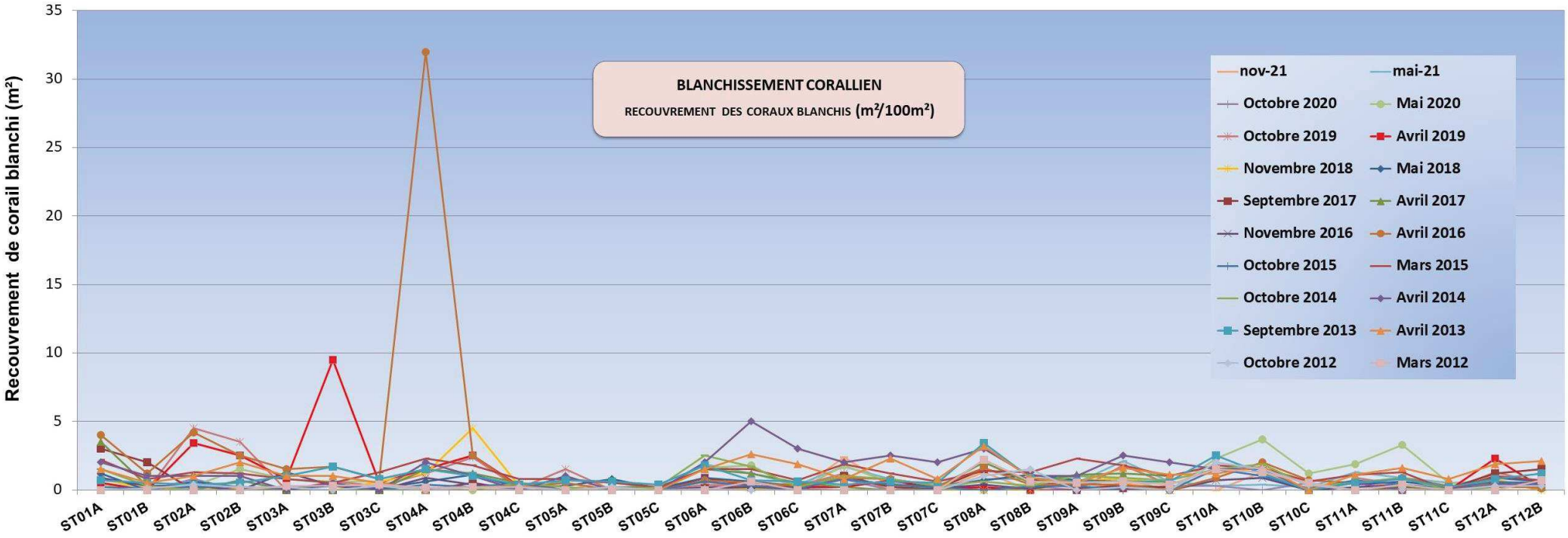


Figure 98 : Recouvrement du corail blanchi, par transect, depuis 2012

NB : Le protocole n'a plus évolué depuis juin 2009 (cf. § 6.2.1).

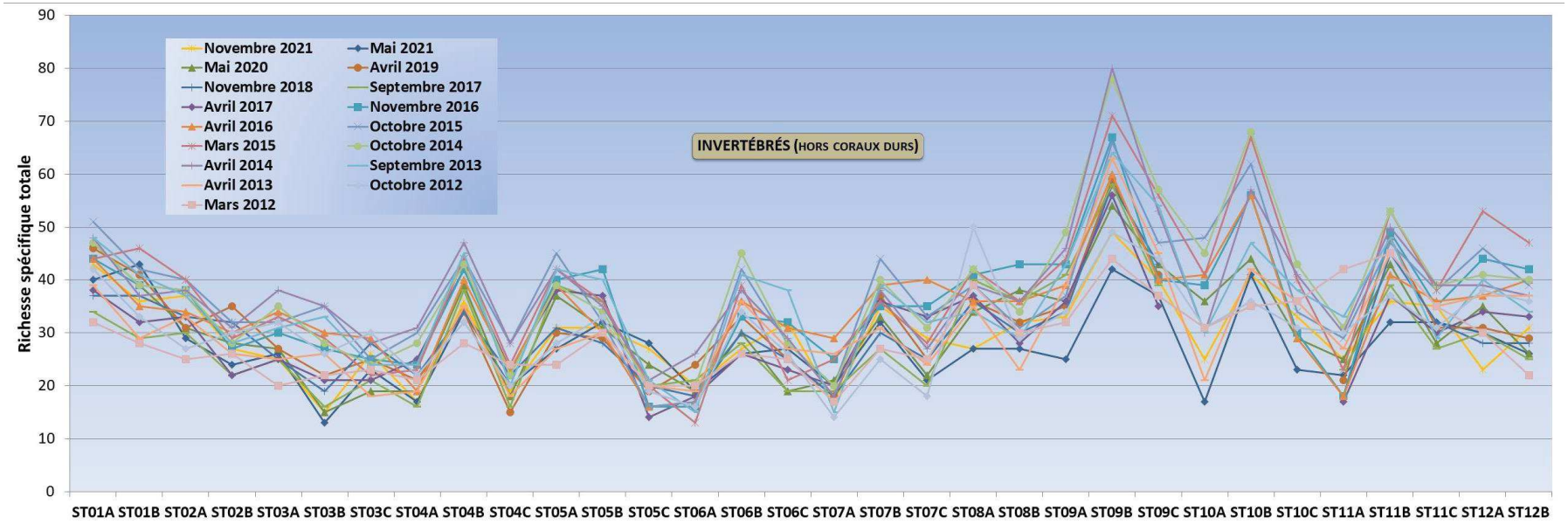


Figure 99 : Richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs), par transect, depuis 2012
NB : Le protocole n'a plus évolué depuis octobre 2011 (cf. § 6.2.1).

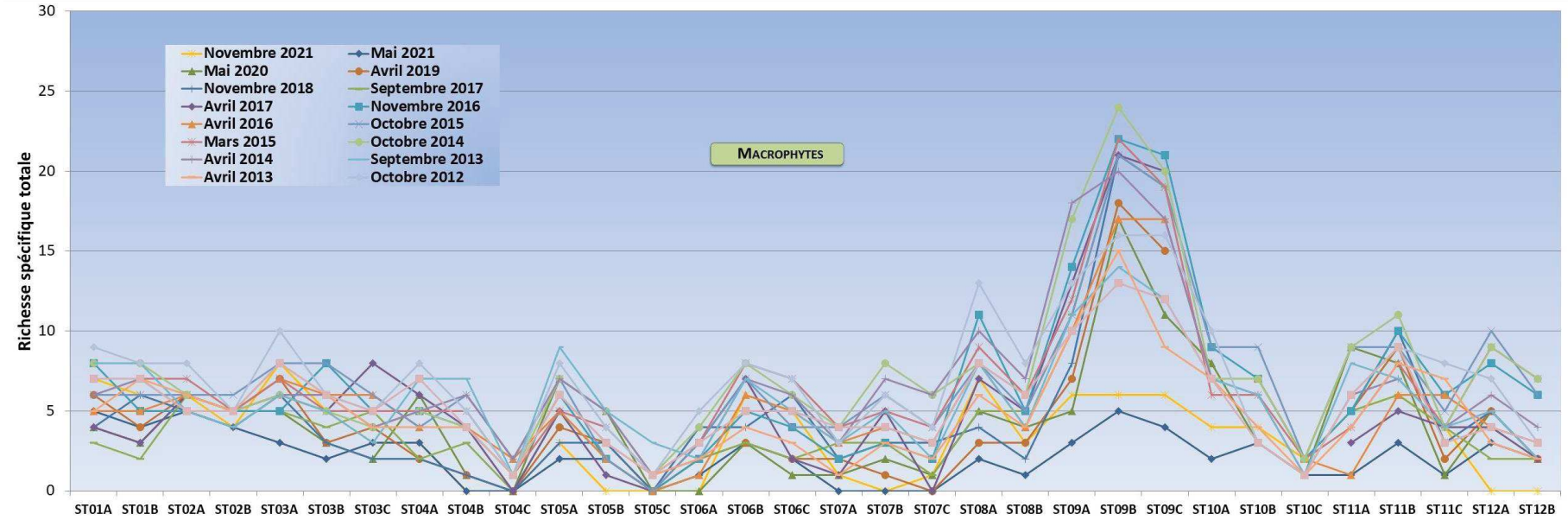


Figure 100 : Richesse spécifique des macrophytes, par transect, depuis 2012
NB : Le protocole n'a jamais évolué (cf. § 6.2.1).

Tableau 117 : Evolution du taux de recouvrement du substrat entre mai et novembre 2021 (différence en %)

	ST01		ST02		ST03			ST04			ST05			ST06			ST07			ST08		ST09			ST10			ST11			ST12	
	Casy		B. Nord		Port			Woodin			Ioro			Ionontea			Chambeyron			Puka		Bancs Kié			Ilot Kié			Toémo			Ugo	
	A	B	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B
Macrophytes et invertébrés	-4,5	-0,5	6,5	1,5	-3,6	-6,0	-2,5	-4,5	-3,5	-6,0	3,0	-1,5	-2,0	-0,5	5,5	-6,0	7,5	2,0	-1,5	8,5	0,0	-3,5	0,0	4,5	7,5	1,0	1,0	1,0	-1,5	-2,5	3,0	9,5
Coraux scléractiniaires	1,5	1,5	-6,5	0,0	0,0	5,0	-1,5	4,5	4,0	-5,0	-1,5	-1,0	0,0	0,5	-10,0	0,5	-7,5	-5,0	-1,0	-9,0	1,0	3,0	-0,5	-5,0	-7,5	-1,0	-0,5	0,5	-1,0	1,5	-0,5	-0,5
Abiotique	3	-1	0	-1,5	3,6	1	4	0	-0,5	11	-1,5	2,5	2	0	4,5	5,5	0	3	2,5	0,5	-1	0,5	0,5	0,5	0	0	-0,5	-1,5	2,5	1	-2,5	-9

Code couleur :
- Le taux de recouvrement a augmenté en novembre 2021 par rapport à mai 2021
- Le taux de recouvrement est équivalent (à +/- 20%) entre mai et novembre 2021
- Le taux de recouvrement a diminué en novembre 2021 par rapport à mai 2021

.

Tableau 118 : Evolution de la richesse spécifique du benthos (hors coraux durs) entre mai et novembre 2021 (gain/perte en taxa)

	ST01		ST02		ST03			ST04			ST05			ST06			ST07			ST08		ST09			ST10			ST11			ST12	
	Casy		B. Nord		Port			Woodin			Ioro			Ionontea			Chambeyron			Puka		Bancs Kié			Ilot Kié			Toémo			Ugo	
	A	B	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B
Macrophytes	2	2	1	0	5	3	0	0	0	0	1	-2	0	-1	3	3	1	0	1	5	2	3	1	2	2	1	1	4	3	3	-3	-2
Cyanobactéries	0	1	1	2	0	0	0	-1	-1	0	0	1	0	-1	-1	0	0	0	-1	0	0	-1	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Invertébrés	3	-7	8	3	-1	2	3	0	2	-1	4	-1	-1	1	1	5	-3	3	8	0	5	8	7	3	8	0	10	3	4	3	-7	5
Richesse taxonomique totale	5	-4	10	5	4	5	3	-1	1	-1	5	-2	-1	-1	3	8	-2	3	8	5	7	10	7	5	10	1	11	7	7	6	-10	3

Code couleur :
- La richesse taxonomique a augmenté en novembre 2021 par rapport à mai 2021
- La richesse taxonomique est équivalente (à +/-2 taxa prêt) entre mai et novembre 2021
- La richesse taxonomique a diminué en novembre 2021 par rapport à mai 2021

NB : La richesse taxonomique est la somme totale des espèces (ou taxa) pour un groupe d'organisme donné. Si cette dernière n'évolue pas, cela ne veut pas dire qu'il n'y a pas d'évolution au sein de l'assemblage spécifique. Il peut aussi y avoir une compensation des espèces non recensées par les espèces apparues (mortalité, recrutement ou tout simplement mobilité).

Attention : les évolutions de la richesse spécifique et du taux de recouvrement ne sont pas forcément liées : dans le cas des cyanobactéries par exemple : peu d'espèces sont normalement présentes. Donc, en cas de bloom, le recouvrement va augmenter, sans que cela soit noté dans les variations de richesse taxonomique, car ce sera du fait d'une espèce déjà présente.

Tableau 119 : Particularités de chaque station et évolution entre mai et novembre 2021

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre mai et novembre 2021
Baie de Prony	ST01	Casy	➢ La faune et la flore sont adaptées aux contraintes de turbidité et de sédimentation ➢ Les colonies coralliennes sont majoritairement de petites tailles (turn over important) ➢ La maladie de la bande blanche a été recensée lors de plusieurs missions sur des colonies d'*Acropora* tabulaire en A ➢ Le recouvrement des alcyonaires est très important (particulièrement le genre *Sarcophyton*) ➢ Compétition spatiale entre les alcyonaires et les coraux scléractiniaires ➢ Recouvrement modéré des éponges encroûtantes *(Cliona)* ➢ Mortalité corallienne importante en A (particulièrement les colonies du genre *Acropora*) ➢ Lésions coralliennes : de nombreuses colonies coralliennes sont dégradées suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, à la maladie de la bande blanche et à la prolifération d'*Acanthaster* (2017 - 2018) ➢ Étude de la croissance de 7 colonies de *Pocillopora damicornis* colonisant les piquets du transect A (octobre 2008 à novembre 2016). En novembre 2016, il restait 5 colonies (colonies B et G mortes suite aux anomalies de température dues à el Niño du début d'année. La croissance diminue avec le temps, cependant elle n'est pas linéaire durant l'année (saisonnalité) et les périodes hivernales sont plus favorables au développement de l'exosquelette carbonaté *(Ce relevé d'information a été arrêté à la demande du Client)* ➢ **Présence d'*Acanthaster planci* :** - Prolifération d'avril 2017 à mai 2018 en A (12, 13, 7 individus), en septembre 2017 en B (3) - Seulement 1 spécimen en novembre 2016, en novembre 2018, en avril 2019 et en mai 2020 en A → Les corallivores ne sont pas restés en B car il y a trop peu de colonies coralliennes à consommer - **Absence depuis octobre 2020**	**Indicateur Corail :** - Le recouvrement corallien est de 2.5% et 2% aux transects A et B. Très légère augmentation - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.15% ; Avril 2016 : 2.6% ; Novembre 2016 : 0.6% ; Avril 2017 : 1.9% ; Septembre 2017 : 2.5% (lié à Acanthaster planci) ; Mai 2018 : 0.6% (lié à Acanthaster planci) ; Novembre 2018 : 0.45% ; Avril 2019 : 0.25% ; Octobre 2019 : 0% ; Mai 2020 : 0.2% ; Octobre 2020 : 0% ; Mai 2021 : 0% ;* Novembre 2021 : 0% - Lésions coralliennes récentes : • Prédation des *Acanthaster* : RAS • Maladies coralliennes : RAS • Perturbations sédimentaires : RAS **Autres indicateurs :** - Cyanobactéries : RAS (< niveau 2) et disparition en B. Elles colonisent des colonies coralliennes mortes en place (surtout *Acropora* tabulaire et branchu) - Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place au fur et à mesure de leur dégradation - Algue brune *Lobophora* : stable en A et B (niveau 3) - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absence et stable - *Cliona orientalis* : RAS (< niveau 3 et stable) - *Cliona jullieni* : RAS (< niveau 2 et stable) **Les corallivores :** - *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable - *Drupella cornus* : absence, stable
	ST02	Creek baie nord	➢ Originalité des espèces coralliennes adaptées à un milieu turbide et à la faible pénétration de la lumière dans l'eau, par une croissance rapide, la sécrétion de mucus et/ou de grands polypes pour se dégager de la sédimentation ➢ Richesse spécifique parmi la plus importante des coraux de toutes les stations de suivi environnemental de la baie de Prony *(données de novembre 2016)* ➢ Le recouvrement corallien du transect A est particulièrement représenté par des grands massifs de coraux branchus (*Acropora* et *Anacropora*) et celui du transect B est plutôt constitué de petites colonies éparpillées sur les blocs coralliens ➢ Les colonies d'*Acropora* et *Anacropora* en A forment de grands massifs plurimétriques de plus en plus denses (croissance importante) ➢ Lésions coralliennes : de nombreuses colonies coralliennes sont dégradées suite à la prolifération d'*Acanthaster* (2019), aux maladies coralliennes et aux perturbations sédimentaires ➢ Hyper sédimentation en B ➢ Abondance important des alcyonaires sur l'ensemble de la zone (*Sarcophyton*) ➢ Compétition spatiale importante entre les alcyonaires, les algues vertes/brunes et les coraux ➢ **Présence d'*Acanthaster planci* :** - Présence de 2 spécimens en A en mai 2018 - Prolifération en avril et octobre 2019 en A et B (respectivement 5 et 2 spécimens / 3 et 5) - Présence de 1 spécimen en A et en B en mai 2020 - Présence de 1 spécimen en B en octobre 2020 - **Absence depuis mai 2021**	**Indicateur Corail :** - Le recouvrement corallien est de 23% au transect A et 8% en B. Très légère diminution en A - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.23% ; Avril 2016 : 3.35% ; Novembre 2016 : 0.15% ; Avril 2017 : 0.35% ; Septembre 2017 : 0 % ; Mai 2018 : 0.4% ; Novembre 2018 : 0.05% ; Avril 2019 : 2.95% ; Octobre 2019 : 4% ; Mai 2020 : 0.9% ; Octobre 2020 : 0.4% ; Mai 2021 : 0% ;* Novembre 2021 : 0% - Lésions coralliennes récentes : • Prédation des *Acanthaster* : RAS • Maladies coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche, quelques taches noires (hypermycose endolithique) induites ponctuellement par la sédimentation (sans mortalité) • Perturbations sédimentaires : des colonies coralliennes sont recouvertes partiellement par la sédimentation mais la résilience du récif est observable par la présence de nouvelles recrues **Autres indicateurs :** - Cyanobactéries : absence : augmentation en A & B (niveau 0 à 3) - Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens - **Algue brune *Lobophora* : présence importante mais stable en A et B** (respectivement niveau 4 et 2) **→ caractère envahissant potentiel, particulièrement en A** - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente et stable - *Cliona orientalis* : RAS (< niveau 2 et stable) - *Cliona jullieni :* RAS (< niveau 2 et stable) **Les corallivores :** - *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable - *Drupella cornus* : absence, stable
	ST03	Port	➢ Originalité des espèces coralliennes adaptées à un milieu turbide : - Présence de *Heliofungia actiniformis* en A - Présence *Alveopora catalai*, *Goniopora* spp. et d'espèces à croissance rapide *Acropora* spp. en B - Présence d'une colonie métrique de *Blastomussa merleti* en C (rare)	**Indicateur Corail :** - Le recouvrement corallien est de 1.5% au transect A, 12% en B et 3% en C. Très légère augmentation en B et diminution en C - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0% ; Avril 2016 : 1.33% ; Novembre*

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre mai et novembre 2021
			➢ La mortalité corallienne peut être induite par l'apport d'eau douce (dessalure) au niveau bathymétrique supérieur et par l'hyper sédimentation plus en profondeur ➢ Le turn over corallien est conséquent (colonies de petite taille, surtout en C). Malgré les conditions turbides importantes, les colonies juvéniles remplacent progressivement les colonies envasées ➢ Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, de nombreuses colonies d'*Acropora* tabulaires et branchues sont mortes en place dans les pourtours du transect A ➢ Abondance importante des alcyonaires (*Sarcophyton*) ➢ Le *Tridacna squamosa* en A est mort en octobre 2014 ➢ Recouvrement très important et en constante augmentation de l'algue brune (genre *Lobophora*) en B & C ➢ Présence occasionnelle de *Culcita novaeguineae* ➢ **Présence d'*Acanthaster planci* :** - Seulement 1 spécimen en novembre 2018 en C - Prolifération en avril 2019 aux 3 transects (respectivement 1, 16 et 1 spécimens) - Seulement 1 spécimen en octobre 2019 en A & B - Absence de mai 2020 à 2021 - **1 spécimen en novembre 2021 en A**	*2016 : 0.53% ; Avril 2017 : 0% ; Septembre 2017 : 0% ; Mai 2018 : 0.17% ; Novembre 2018 : 0.20% ; Avril 2019 : 3.6% ; Octobre 2019 : 0.3% ; Mai 2020 : 0.67% ; Octobre 2020 : 0% ; Mai 2021 : 0% ;* Novembre 2021 : 0% - Lésions coralliennes : le développement très important des algues brunes *(Lobophora)* entraîne des lésions partielles, irréversibles et un recouvrement parfois total sur de nombreuses colonies coralliennes (surtout en B & C) • Maladies coralliennes : RAS • Perturbations sédimentaires : des dépôts sédimentaires conséquents ont été observés sur les colonies coralliennes pour l'ensemble de la station et plus particulièrement en B & C. Des colonies coralliennes entièrement ou partiellement mortes en place **<u>Autres indicateurs :</u>** - Cyanobactéries : RAS, stable (< niveau 2 en A et B, et absence en C). Elles se développent sur les débris coralliens et le substrat d'origine terrigène - Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens et les colonies mortes en place - **Algue brune *Lobophora* : recouvrement très important aux 3 transects** (respectivement niveau 4,5, 4) → **caractère envahissant sur toute la station, particulièrement en B** - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente et stable - *Cliona orientalis* : RAS (< niveau 2 et stable) - *Cliona jullieni :* RAS (< niveau 2 et stable) **<u>Les corallivores :</u>** - *Acanthaster planci* : présence d'un spécimen (0 m² de coraux blanchi) en A - *Culcita novaeguineae* : absence, stable - *Drupella cornus* : absence, stable
Canal Woodin	**ST04**	**Woodin**	➢ Originalité des espèces benthiques adaptées à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée) avec une turbidité soutenue ➢ Le recouvrement corallien en A est composé particulièrement par les colonies de *Millepora* sp., *Seriatopora hystrix* et *Acropora* spp. (branchu) ➢ Les colonies coralliennes de la famille des Pocilloporidae ont une croissance importante en A (*Seriatopora hystrix*, *Pocillopora damicornis*, *Stylophora pistillata*) ➢ Présence de nombreuses colonies de *Tubastraea micranthus* (taille plurimétrique). Les autres espèces sont de taille décimétrique à métrique. ➢ La richesse spécifique des coraux diminue nettement avec la profondeur ➢ Présence de couloirs d'effondrement de débris et colonies de *Tubastraea* ➢ La maladie de la bande blanche peut se développer sur les *Acropora* spp. (tabulaire) pour les niveaux bathymétriques A&B ➢ Lésions coralliennes : de nombreuses colonies coralliennes sont dégradées suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, à la maladie de la bande blanche et surtout à la prolifération d'*Acanthaster* (2018-2019) ➢ Les éponges encroûtantes (*Cliona*) ont un recouvrement important en B ➢ Les crinoïdes sont nombreuses et installées sur les promontoires ou les colonies de *Tubastraea* exposées aux courants de marée ➢ Les macrophytes se développent très peu ➢ Dégradations mécaniques depuis mars 2015 (cyclone PAM) : formation d'un petit couloir d'effondrement en A et B et en octobre 2020 quelques grandes colonies de *Tubastraea micranthus* se sont effondrées en C (sous le transect) mais elles continuent de s'édifier ➢ Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, de nombreuses colonies sont mortes en place en A&B. La mortalité concerne principalement les colonies *Seriatopora hystrix*, *Pocillopora damicornis* et d'*Acropora* spp. ➢ Selon les précipitations un petit creek se déverse sur le platier au-dessus de la station. Les transects A et B peuvent être perturbés par les particules sédimentaires (colonies mortes en place ou nécrosées)	**<u>Indicateur Corail :</u>** - Le recouvrement corallien est de 18% au transect A, 17% en B et 10% en C. Très légère augmentation en A et B et diminution en C - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.37% ; Avril 2016 : 11.57% ; Novembre 2016 : 0.43% ; Avril 2017 : 1.07% ; Septembre 2017 : 0.17 % ; Mai 2018 : 0.63% ; Novembre 2018 : 2% ; Avril 2019 : 1.43% ; Octobre 2019 : 1.23%, Mai 2020 : 0% ; Octobre 2020 : 0% ; Mai 2021 : 0% ;* Novembre 2021 : 0% - Lésions coralliennes récentes : • Maladies coralliennes : RAS • Perturbations mécaniques : le niveau bathymétrique supérieur présente des effondrements de colonies coralliennes et de nombreux débris. Ces débris coralliens, brisés lors des cyclones du début d'année 2021, se tassent et se stabilisent. Certains reforment des petites colonies coralliennes • Perturbations sédimentaires : RAS **<u>Autres indicateurs :</u>** - Cyanobactéries : diminution (absence) - Le turf algal se développe abondamment en A et B sur les colonies mortes en place (anciennement blanchies : *Seriatopora hystrix*, *Pocillopora damicornis, Stylophora pistillata …*). Son développement est modéré sur les débris coralliens - Algue brune *Lobophora* : RAS (absente et stable) - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : RAS (absente et stable) - *Cliona orientalis* : stable (niveau 2 en A et C / niveau 4, important, en B) - *Cliona jullieni :* stable (niveau 2 en A et niveau 3 en B et C) **<u>Les corallivores :</u>** - *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable - *Drupella cornus* : absence, stable

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre mai et novembre 2021
			⇩ **Présence d'*Acanthaster planci* :** - Prolifération importante en novembre 2018 aux 3 transects (51 individus / 300 m²). Ces corallivores arrivaient du bas et remontaient le récif. La mortalité corallienne était conséquente et concernait surtout les colonies d'*Acropora* tabulaire - Présence en avril et octobre 2019 en A et B (respectivement 2 et 1 spécimens / 3 et 2) - **Absence depuis mai 2020**	
Canal Havannah	**ST05**	**Ioro**	⇩ Présence en grand nombre de *Porites* massifs et branchus (diversité des Poritidae), *Millepora*, *Tubastraea micranthus* et d'une grande colonie pluri métrique de *Diploastrea heliopora* ⇩ Les colonies coralliennes sont principalement dégradées suite aux maladies coralliennes, aux perturbations mécaniques et sédimentaires ⇩ La maladie de la bande blanche peut être observée ponctuellement sur les *Acropora* spp. (tabulaire) en A ⇩ Mortalité corallienne (colonies en place) et nombreux débris ⇩ Les spongiaires (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*) sont relativement bien développés et colonisent les massifs et les blocs coralliens ⇩ Diversité des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et mobilité bathymétrique importante (recherche de nourriture) ⇩ **Présence d'*Acanthaster planci* :** occasionnelle : ⇩ Présence en avril 2014 et mai 2018 en A et B (1 spécimen) et en novembre 2018 en B (1 spécimen) ⇩ **Absence depuis avril 2019**	**<u>Indicateur Corail :</u>** - Le recouvrement corallien est de 38% au transect A (2ème rang du réseau), 28.5% en B (2ème rang du réseau, gain d'1 niveau) et 2% en C. Stable. La moyenne sur la station est de 22.8%, ce qui la maintient au 2ème rang - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0% ; Avril 2016 : 0.17% ; Novembre 2016 : 0% ; Avril 2017 : 0.13% ; Septembre 2017 : 0 % ; Mai 2018 : 0.4%* ; *Novembre 2018 : 0.07% ; Avril 2019 : 0% ; Octobre 2019 : 0.5% ;* Mai *2020 : 0% ; Octobre 2020 : 0% ; Mai 2021 : 0.43% ;* Novembre 2021 : 0.23% - Lésions coralliennes récentes : • Prédation des corallivores *Drupella cornus* : 0.3 m² de coraux blanchis en B • Maladies coralliennes : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) en B (0.4 m² de coraux blanchis sans polype). Les anomalies de croissance sont importantes mais elles n'évoluent pas sur la grande colonie de *Diploastrea heliopora* (transect B). De plus quelques taches roses se forment par frottement entre les mollusques (*Pedum*) et les colonies de *Porites* en B • Perturbations mécaniques : le niveau bathymétrique supérieur présente des effondrements de colonies coralliennes et de nombreux débris. Ces débris coralliens, brisés lors des cyclones du début d'année 2021, se tassent et se stabilisent. Certains reforment des petites colonies coralliennes • Perturbations sédimentaires : les sédiments carbonatés peuvent entrainer de l'abrasion sur les colonies coralliennes **<u>Autres indicateurs :</u>** - Cyanobactéries : RAS (< niveau 2 en A et B et absente en C). Elles se développent sur les colonies mortes en place et les débris coralliens - Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens - Algue brune *Lobophora* : absente et stable - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente et stable - *Cliona orientalis* : RAS (< niveau 3 et stable) - *Cliona jullieni :* RAS (< niveau 2 et stable) **<u>Les corallivores :</u>** - *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable - *Drupella cornus* : apparition en B (niveau 2)
	ST06	**Ionontea**	⇩ Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme très important (courant de marée, houle et ressac) ⇩ Dégradation des communautés benthiques sur l'ensemble de la station à cause de l'hydrodynamisme important : arrachement et casse des colonies coralliennes au transect A, puis remobilisation et accumulation de débris et de blocs coralliens pour les autres transects B&C (surtout PAM en 2015) => Présence de couloirs d'effondrement de débris ⇩ Nombreux coraux tabulaires retournés sur l'ensemble de la station (mortalité conséquente par arrachement) ⇩ Présence de grandes colonies de *Porites* massifs à mi pente (B) ⇩ Présence de *Blastomussa wellsi* et *Physogyra lichtensteini* en C ⇩ Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A ⇨ Des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques, à la maladie de la bande blanche et à la prédation de corallivores ⇩ Les spongiaires (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*) se développent relativement bien et colonisent	**<u>Indicateur Corail :</u>** - Le recouvrement corallien est de 39% au transect A (1er rang du réseau, gain d'1 niveau), 27% en B (2ème rang du réseau, perte d'1 niveau) et 9% en C. Diminution en B. La moyenne sur la station est de 25.2% (baisse), ce qui la place au 1er rang, pour la 2nde fois - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.33% ; Avril 2016 : 0.5% ; Novembre 2016 : 0.15% ; Avril 2017 : 1.07% ; Septembre 2017 : 0.17% ; Mai 2018 : 0.6% ; Novembre 2018 : 0.07% ; Avril 2019 : 0.47% ; Octobre 2019 : 0.3% ;* Mai *2020 : 1.13% ; Octobre 2020 : 0.23% ; Mai 2021 : 1.17% ;* Novembre 2021 : 0.20% - Lésions coralliennes récentes : • Prédation des corallivores *Drupella cornus* : 0.3 m² de coraux blanchis en B • Maladies coralliennes : RAS • Perturbations mécaniques : les débris coralliens, brisés lors des cyclones du début d'année 2021, se tassent et se stabilisent. Certains reforment des petites colonies coralliennes. Encore 0.6 m² de coraux blanchis (colonies coralliennes retournées)

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre mai et novembre 2021
			les blocs coralliens et les massifs coralliens ⇘ Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques ⇘ Forte variation de recouvrement de l'algue rouge *Asparagopsis* (saisonnalité) ⇘ Absence de l'algue brune *Lobophora variegata* ⇘ **Présence d'*Acanthaster planci* :** très occasionnelle : - Présence en C en septembre 2013 de 1 spécimen et en avril 2019 de 1 juvénile	**Autres indicateurs :** - Cyanobactéries : RAS (< niveau 2 en C et absentes en A et B). Elles se développent sur les colonies mortes en place et les débris - Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens (effondrement de débris) - Algue brune *Lobophora* : absente et stable - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente en A et forte augmentation en B et C (niveau 0 à 5 et 4) - *Cliona orientalis* : RAS (< niveau 3 et stable) - *Cliona jullieni :* RAS (< niveau 2 et stable **Les corallivores :** - *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable - *Drupella cornus* : disparition en A et apparition en B (niveau 2)
	ST07	**Basse Chambeyron**	⇘ Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme très important (courant de marée, houle et ressac) et taille relativement petite des colonies. Cependant présence de colonie de taille métrique d'*Acropora* tabulaire en A et de *Porites* massif en C ⇘ Croissance importante des colonies d'*Acropora* tabulaire en A en novembre 2018 ⇘ Présence de *Blastomussa wellsi* en B ⇘ Des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques et à la maladie de la bande blanche des missions précédentes ⇘ Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A ⇘ Dégradation des communautés benthiques sur l'ensemble de la station à cause de l'hydrodynamisme important : arrachement et casse des colonies coralliennes au transect A et accumulation de débris et blocs coralliens pour les autres transects B et C ⇘ La station présente de nombreuses zones d'accumulation de débris et de coraux tabulaires retournés (conditions hydrodynamiques exceptionnelles) : → Couloirs d'effondrement de part et d'autre des transects → Bas de pente récifale (par gravité) ⇘ Les spongiaires (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*) sont relativement bien développées et colonisent les blocs coralliens et les massifs coralliens ⇘ Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (diversité et abondance variables selon les missions) ⇘ Les crinoïdes également privilégient ce type de biotope balayé par les courants de marée ⇘ Forte variation de recouvrement de l'algue rouge *Asparagopsis* (saisonnalité) ⇘ Absence de l'algue brune *Lobophora variegata*	**Indicateur Corail :** - Le recouvrement corallien est de 29% au transect A, 8.5% en B et 4% en C. Diminution aux 3 transects - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.47% ; Avril 2016 : 0.67% ; Novembre 2016 : 0.03% ; Avril 2017 : 0.13% ; Septembre 2017 : 0.43% ; Mai 2018 : 0.5% ; Novembre 2018 : 0% ; Avril 2019 : 0.33% ; Octobre 2019 : 0.5% ; Mai 2020 : 0.93% ; Octobre 2020 : 0.27% ; Mai 2021 : 0.83% ;* Novembre 2021 : 0.90% - Lésions coralliennes récentes : • Maladies coralliennes : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) en A (1.6 m² de coraux blanchis sans polype) • Perturbations mécaniques : les débris coralliens, brisés lors des cyclones du début d'année 2021, se tassent et se stabilisent. Certains reforment des débris et colonies coralliennes retournés en A et B (respectivement 0.8 et 0.3 m² de coraux blanchis) **Autres indicateurs :** - Cyanobactéries : RAS (< niveau 2 en B et absentes en A et C). Elles se développent sur les colonies mortes en place et les débris - Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens (effondrement de débris) - Algue brune *Lobophora* : absente et stable - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente et stable - *Cliona orientalis* : RAS (< niveau 3 et stable) - *Cliona jullieni :* stable, absente en A et niveau 2 en B&C **Les corallivores :** - *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable - *Drupella cornus* : absence, stable
	ST08	**Puka**	⇘ Cette station est située en bordure du récif frangeant du canal de la Havannah entre les baies de Port Boisé et de Kwé. Ainsi l'influence terrigène est très importante (dépôts de particules fines) mais l'hydrodynamisme peut être également soutenu (houle et ressac) ⇘ Présence de grandes colonies de *Porites lobata* dans la zone (anomalies de croissance en B) ⇘ Présence de *Tubipora musica* en B ⇘ Les spongiaires (*Cliona orientalis* et *C. jullieni*) sont relativement bien développées et colonisent les débris coralliens et les colonies coralliennes encore vivantes (compétition spatiale) **Dégradations importantes de mars 2011 à mai 2018 :** accentuées par de nombreuses dépressions tropicales : - baisse recouvrement et diversité corallienne : mortalité importante, coraux tabulaires retournés et nombreux débris coralliens - maladies coralliennes affectant un grand nombre d'espèce - développement des spongiaires *(Cliona)* - développement des corallivores (*Drupella cornus*) - développement de turf algal et de cyanobactéries Les colonies coralliennes malades sont pour la plupart mortes en place en octobre 2014 (maladie de la bande blanche et perte de tissu) → Suite à ces épisodes, la richesse corallienne augmente avec la présence de colonies juvéniles. Les	**Indicateur Corail :** - Le recouvrement corallien est stable, de 33.5% au transect A (rétrogradée du 1er rang du réseau au 3ème) et 3% en B. Diminution en A - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.13% ; Avril 2016 : 1% ; Novembre 2016 : 0.23% ; Avril 2017 : 1.25% ; Septembre 2017 : 1.15% ; Mai 2018 : 0.9% ; Novembre 2018 : 0 % ; Avril 2019 : 0.10% ; Octobre 2019 : 0% ; Mai 2020 : 0.2% ; Octobre 2020 : 0.15% ; Mai 2021 : 0.80% ;* Novembre 2021 : 0.65% - Lésions coralliennes récentes : • Maladies coralliennes : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) en A (1.3 m² de coraux blanchis sans polype). La maladie de la tâche noire (hypermycose endolithique) ne parait pas être une cause de mortalité. Cette lésion persiste sur quelques Fungiidae et colonies encroûtantes (A > B). En B, les anomalies de croissance de la colonie de *Porites* plurimétrique sont toujours importantes mais elles évoluent très peu • Perturbations mécaniques : Suite aux évènements dépressionnaires (début 2021) quelques colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat et d'autres sont retournées

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre mai et novembre 2021
			nouvelles espèces sont adaptées à la turbidité → Les dépôts sédimentaires peuvent être soutenus selon les missions. Ils entrainent des nécroses sur les colonies coralliennes (source particulaire : baie Kwé) **Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A et B**	• Perturbations sédimentaires : absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes. Les nécroses sur les colonies coralliennes sont surtout induites par les dépôts sédimentaires précédents et successifs **Autres indicateurs :** - Cyanobactéries : augmentation en A et B (niveau 2/1 à 3/2). Elles se développent sur les colonies mortes en place et débris coralliens - Le turf algal se développe abondamment sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place - Algue brune *Lobophora* : absente et stable - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : augmentation en A et B (niveau 0 à 4) - *Cliona orientalis* : RAS (< niveau 3 et stable) - *Cliona jullieni :* RAS (< niveau 3 et stable) **Les corallivores :** - *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable - *Drupella cornus* : absence, stable
	ST09	**Bancs Kié**	↳ Les conditions hydrodynamiques sont soutenues durant toute l'année (courant, ressac, houle) ↳ Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée, houle et ressac) : - Développement des gorgones depuis avril 2016 - Développement des alcyonaires, macrophytes et ascidies (recouvrement et richesse spécifique élevée) - Saisonnalité des algues rouges *(Trichogloea requienii* et d'*Asparagopsis taxiformis)* ↳ La pente récifale est abrupte et la dalle est arasée par les courants de marée et la houle ↳ Taille majoritairement petite des colonies. Cependant présence d'une colonie de taille métrique de *Turbinaria stellulata* en B ↳ Des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques, à la maladie de la bande blanche et à la prédation de corallivores ↳ Le développement des coraux est restreint par la contrainte hydrodynamique. De nombreuses colonies coralliennes ont été retournées par les agents hydrodynamiques sur l'ensemble de la station lors de la dépression Fréda (début d'année 2013) et le passage plus ou moins éloigné du cyclone Pam. Ces colonies désolidarisées de leur substrat, dévalent progressivement la pente récifale ↳ Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A ↳ Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) (diversité et abondance) ↳ Les crinoïdes affectionnent ce milieu balayé par les courants de marée	**Indicateur Corail :** - Le recouvrement corallien est de 24% au transect A, 16% en B et 17% en C. Légère augmentation en A et diminution en C - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.1% ; Avril 2016 : 0.27% ; Novembre 2016 : 0.27% ; Avril 2017 : 1.1% ; Septembre 2017 : 0.2% ; Mai 2018 : 0.63% ; Novembre 2018 : 0.63% ; Avril 2019 : 0.10% ; Octobre 2019 : 0.73% ; Mai 2020 : 0.5% ; Octobre 2020 : 0.10% ; Mai 2021 : 1.07% ;* Novembre 2021 : 0.17% - Lésions coralliennes récentes : • Maladies coralliennes : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) en B (0.5 m² de coraux blanchis sans polype) • Perturbations mécaniques : les débris coralliens, brisés lors des cyclones du début d'année 2021, se tassent et se stabilisent. Certains reforment des petites colonies coralliennes **Autres indicateurs :** - Cyanobactéries : disparition - Le turf algal se développe sur les débris coralliens et la dalle - Algue brune *Lobophora* : absente et stable - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : augmentation aux 3 transects (respectivement niveaux 2, 3 et 3) - *Cliona orientalis* : stable en A et B (niveau 2) et augmentation en C (niveau 2/3) - *Cliona jullieni :* stable (niveau 2) **Les corallivores :** - *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable - *Drupella cornus* : absence, stable
	ST10	**Ilot Kié**	↳ La richesse spécifique et le recouvrement des coraux, jusqu'à la mission d'octobre 2020, étaient très élevés sur les niveaux bathymétriques supérieur et médian ; Le transect A était au 1er rang de tous les transects du réseau, ainsi que la station dans son ensemble ↳ Dégradation des communautés benthiques sur l'ensemble de la station lors des évènements dépressionnaires du début d'année 2011, 2013, 2015 et particulièrement en 2021, où le niveau bathymétrique supérieur (A) a été très endommagé par les cyclones Niran et Lucas (colonies et blocs coralliens retournés, nombreuses zones d'accumulation de débris) ↳ Des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques, à la maladie de la bande blanche, à la prédation de corallivores et aux variations des paramètres de l'environnement (t°C, S‰, UV) ↳ Présence d'espèces rares de coraux : *Gardineroseris planulata* et *Podabacia crustacea* ↳ Abondance des genres coralliens *Acropora*, *Goniopora* et *Alveopora* ↳ Une espèce d'*Alveopora* paraît très sensible aux variations de l'environnement (température, salinité, UV) : plusieurs colonies sont blanchies régulièrement, pour tous les transects. Cela ne	**Indicateur Corail :** - Le recouvrement corallien est de 19% au transect A, 33% en B (1er rang du réseau) et 7% en C. Diminution en A -Blanchissement corallien (% moyen de la surface totale observée par station) : *Octobre 2015 : 0.87% ; Avril 2016 : 1.2% ; Novembre 2016 : 0.53% ; Avril 2017 : n.a ; Septembre 2017 : n.a ; Mai 2018 : n.a ; Novembre 2018 : n.a ; Avril 2019 : n.a ; Octobre 2019 : n.a ; Mai 2020 : 2.4% ; Octobre 2020 : 0.27% ; Mai 2021 : 0.30% ;* Novembre 2021 : 0.43% - Lésions coralliennes récentes : • Maladies coralliennes : RAS pour cette mission • Perturbations sédimentaires : les sédiments carbonatés peuvent entrainer de l'abrasion sur les colonies coralliennes • Perturbations mécaniques : les débris coralliens, brisés lors des cyclones du début d'année 2021, se tassent et se stabilisent. Certains reforment des petites colonies coralliennes

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre mai et novembre 2021
			semble pas avoir d'incidence sur sa vitalité car elle réintègre des zooxanthelles lors des missions suivantes ↬ Perturbations importantes régulières du corallivore *Drupella cornus* sur les colonies coralliennes depuis avril 2014 ↬ Selon les missions un dépôt d'origine carbonatée (qui peut entrainer de l'abrasion sur les colonies coralliennes) est présent sur quelques colonies mais ce dernier est remobilisé rapidement par les courants de marée ↬ Les crinoïdes sont relativement abondantes aux transects A et B ↬ Développement faible de l'algue brune *Lobophora variegata.* Elle colonise quelques colonies d'*Acropora* branchus ↬ Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques ↬ **Présence d'*Acanthaster planci* :** exceptionnelle : **1 spécimen en B pour cette mission**	**Autres indicateurs :** - Cyanobactéries : RAS (< niveau 2). Elles se développent sur les colonies coralliennes mortes en place et les débris coralliens - Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place au fur et à mesure de leur dégradation - Algue brune *Lobophora* : stable (absente en A et C et niveau 2en B) - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : augmentation en A et C (niveau 0 à 4 et 2), stable en B. Le développement est saisonnier mais le recouvrement n'a jamais été très important pour cette station - *Cliona orientalis* : stable (niveau 2) - *Cliona jullieni* : augmentation en A (niveau 0 à 2) et stable en B et C (niveau 2) **Les corallivores :** - *Acanthaster planci* : présence d'un spécimen en B (1.3 m² de coraux blanchis) - *Culcita novaeguineae* : absence, stable -*Drupella cornus* : augmentation en B (niveau 0 à 2) (0 m² de coraux blanchis)
	ST11	**Toémo**	↬ Les conditions hydrodynamiques sont soutenues durant toute l'année (courant, ressac, houle). De nombreux débris et colonies coralliennes ne sont plus fixés sur le substrat suite aux évènements dépressionnaires. Le courant de marée est puissant ↬ Ce récif a subi des dégradations durant les évènements cycloniques du début d'année 2011 (Vania-Zelia), le cyclone de janvier 2013 (Fréda) et dans une moindre mesure le cyclone Pam en mars 2015 et Winston en février 2016, et dernièrement avec les cyclones Lucas et Niran en 2021 → Dégradations des communautés benthiques d'ordre mécanique sur l'ensemble de la station à cause de l'hydrodynamisme important : arrachement et casse des colonies coralliennes au transect A et accumulation de débris et de blocs coralliens pour les autres transects B et C ↬ Des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques, à la maladie de la bande blanche et à la prédation de corallivores ↬ Les scléractiniaires développent des morphologies robustes ↬ La richesse spécifique des coraux est relativement élevée pour les niveaux bathymétriques supérieurs (B < A) ↬ Jusqu'à la mission d'octobre 2020, le recouvrement corallien était important en A (2ème rang du réseau, ainsi que la station dans son ensemble) ↬ La maladie de la bande blanche peut se développer sur les *Acropora* spp. (tabulaire) pour les niveaux bathymétriques A et B ↬ Saisonnalité des macrophytes : les algues rouges (particulièrement *Asparagopsis*) présentent un développement saisonnier qui peut être très important sur l'ensemble de la station ↬ Les ascidies sont variées et abondantes ↬ Les spongiaires sont relativement abondantes (*Cliona*) ↬ Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques	**Indicateur Corail :** - Le recouvrement corallien est stable, de 31.5% au transect A, 22% en B et 11% en C. Stable. La moyenne sur la station est de 21.5% (*vs* 21.2%), ce qui la place au 3ème rang du réseau - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.4% ; Avril 2016 : 0.57% ; Novembre 2016 : 0.2% ; Avril 2017 : 0.1% ; Septembre 2017 : 0.1%* ; *Mai 2018 : 0.4% ; Novembre 2018 : 0% ; Avril 2019 : 0% ; Octobre 2019 : 0.43% ; Mai 2020 : 1.9% ; Octobre 2020 : 0% ; Mai 2021 : 0.90% ;* Novembre 2021 : 0.27% - Lésions coralliennes récentes : • Prédation des corallivores *Drupella cornus* : 0.6 m² et 0.2 m² de coraux blanchis (transects A et B) • Maladies coralliennes : RAS pour cette mission • Perturbations mécaniques : les débris coralliens, brisés lors des cyclones du début d'année 2021, se tassent et se stabilisent. Certains reforment des petites colonies coralliennes **Autres indicateurs :** - Cyanobactéries : stable (niveau 2). Elles se développent sur les colonies coralliennes mortes en place et les débris coralliens - Le turf algal se développe sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place, particulièrement en B & C - Algue brune *Lobophora :* absente et stable - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : réapparition : recouvrement important aux 3 transects (niveau 0 à 3/5/4) - *Cliona orientalis* : stable aux 3 transects (niveau 2) - *Cliona jullieni :* stable aux 3 transects (niveau 2) **Les corallivores :** - *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable - *Drupella cornus* : stable (niveau 2) en A et B
	ST12	**Ugo**	↬ Les conditions hydrodynamiques peuvent être importantes : de grands couloirs d'effondrement composés de débris sont disposés de part et d'autres de la station et ils deviennent de plus en plus large au gré des périodes dépressionnaires. Il y a aussi accumulation importante de débris (sous les transects et en périphérie de la station) qui sont régulièrement remobilisés par la houle ↬ Le niveau bathymétrique supérieur (A) a été très endommagé par les cyclones Niran et Lucas (début 2021) : colonies et blocs coralliens retournés, nombreuses zones d'accumulation de débris ↬ Des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques, à la maladie de la bande blanche et à la prédation de corallivore ↬ Croissance de grandes colonies de *Porites* sp., *Lobophyllia corymbosa* et de grands massifs de *Goniopora* sp. et *Acropora* spp. ↬ Le reste des colonies coralliennes sont de taille décimétrique à métrique (turn over important)	**Indicateur Corail :** - Le recouvrement corallien est stable, de 18% au transect A et 19% en B. Stable - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.5% ; Avril 2016 : 0.25% ; Novembre 2016 : 0.5% ; Avril 2017 : 0.2% ; Septembre 2017 : 1.35% ; Mai 2018 : 0.75% ; Novembre 2018 : 0.40% ; Avril 2019 : 1.25 % ; Octobre 2019 : 0.9% ; Mai 2020 : 0.35% ; Octobre 2020 : 0.35% ; Mai 2021 : 0.55% ;* Novembre 2021 : 0% - Lésions coralliennes récentes : • Prédation des corallivores *Drupella cornus* et *Chicoreus brunneus* : RAS pour cette mission • Maladies coralliennes : RAS pour cette mission • Perturbations mécaniques : les débris coralliens, brisés lors des cyclones du début d'année 2021, se tassent et se stabilisent. Certains reforment des petites colonies coralliennes

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre mai et novembre 2021
			➴ Grande diversité et abondance des coraux libres (famille Fungiidae) qui affectionnent particulièrement ce substrat détritique (couloir d'effondrement de débris) ➴ Des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques, à la maladie de la bande blanche et à la prédation de corallivores ➴ Sédimentation importante de particules fines carbonatées en bas du tombant (début de pente sédimentaire) ➴ Recouvrement très important de *Sarcophyton* (alcyonaires) ➴ Recouvrement algal très faible ➴ Les spongiaires (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*) sont relativement bien développées et colonisent les massifs et les blocs coralliens ➴ **Présence d'*Acanthaster planci* :** très occasionnelle : → Présence de 1 spécimen en mai et novembre 2018 en A → Présence de 2 spécimens en avril 2019 en A → **Absence depuis octobre 2019**	**<u>Autres indicateurs :</u>** - Cyanobactéries : stable (2). Elles se développent sur les débris coralliens remobilisés dans les couloirs d'effondrements - Le turf algal se développe abondamment sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place au fur et à mesure de leur dégradation - Algue brune *Lobophora* : disparition (niveau 2 à 0) - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente, stable - *Cliona orientalis* : stable en A (niveau 3) et augmentation en B (niveau 2 à 3) - *Cliona jullieni :* diminution A (niveau 3/2) et stable en B (niveau 2) **<u>Les corallivores :</u>** - *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable - *Drupella cornus* et *Chicoreus brunneus* : absence, stable

6.3 Ichtyologie

Ce chapitre présente les résultats obtenus en novembre 2021 sur le peuplement de poissons et les compare aux résultats des missions précédentes qui lui sont comparables à savoir celles réalisées depuis 2007.
Les données 2005 ne sont pas reprises ici, mais elles sont disponibles toutefois dans un des rapports précédents (de 2008 [R02]).
Dans tous les tests suivants la station Ugo (ST12) est incluse en donnant aux missions 2007 et 2008, alors qu'elle n'était pas encore échantillonnée, la valeur moyenne des missions suivantes.
De même, pour la station ST10 (Ilot Kié), qui n'a pas été échantillonnée de 2017 à 2019 : les données manquantes pour cette période, ont été remplacées par la moyenne des années précédentes.

La méthode est celle demandée par le Cahier des Charges (rédigé par la DENV). C'est-à-dire :
- la méthode des Transects à Largeur Variable (TLV) ;
- mais surtout, attention : le Cahier des Charges impose le repérage que de quelques espèces (cf. tableau 142 en annexe n°01). Sur le terrain, il a été procédé à un repérage exhaustif et ensuite, lors de la saisie, les espèces qui ne sont pas dans la liste ont été retirées.

Cette contrainte a un impact fort sur le paramètre de biodiversité. En effet, scientifiquement 3 niveaux de biodiversité sont distingués :
- La biodiversité dite α (Bα) est le nombre d'espèces n présentes sur une station i : Bαi = ni
- La biodiversité β (Bβ) est la diversité des valeurs de diversités α ; soit en d'autres termes la diversité des stations qui caractérisent la zone étudiée
- La biodiversité γ (Bγ) est la biodiversité totale de la zone, en d'autres termes, la réunion des biodiversités α obtenues sur l'ensemble p des stations choisies pour caractériser la zone : Bγ = ∪Bαii

Du fait des limites imposées par le Cahier des Charges, les biodiversités β et γ ne peuvent être calculées et la biodiversité α est donc tronquée. Cependant, pour certains calculs et comparaisons, la liste « totale » est parfois reprise :
- Biodiversité 1 : ne prend en compte que les espèces de la liste du cahier des charges et présentes sur les transects (ce qui est demandé)
- Biodiversité 2 : ne prend en compte que les espèces de la liste du cahier des charges, mais sur toute la station
- Biodiversité 3 : considère toutes les espèces sur toute la station (c'est la vraie Bα).

Dans tous les paragraphes qui suivent, sauf mention contraire, ce sont les poissons de la liste restreinte et présents sur les transects (biodiversité 1) qui ont été pris en compte.

Les données quantitatives par station de la partie précédente sont des données conjoncturelles uniques, donc non statistiques et de plus affectées d'une forte variabilité et de nombreux biais, dus aux comportements des poissons. Cela obère toute comparaison spatiale annuelle signifiante.
En revanche, la prise en considération de l'ensemble des stations de la zone donne une série statistique exploitable permettant une analyse temporelle. Toutefois, la puissance de cette analyse est lourdement entravée par un choix de stations très hétérogènes : baie de Prony contre canal de la Havannah, et même au sein du canal de la Havannah, des stations sur des bancs à fort courant, des stations exposées aux alizés et d'autres au contraire protégées et donc à plus faible hydrodynamisme.

6.3.1 Test paramétrique par analyse des variances (ANOVAR)

Les tableaux de données se présentent avec les stations en lignes et les années (missions) en colonnes.
L'ANOVAR est un test paramétrique qui vérifie l'homogénéité d'un tel tableau, en effet, c'est un test sur les moyennes qui confronte la variance globale du tableau dite « variance factorielle » à la variance entre les colonnes dudit tableau, dite « variance résiduelle ».
L'ANOVAR des tableaux de densité, de biomasse et de biodiversité peut être réalisée en confrontant la variance du tableau aux variances annuelles, donc en colonnes : c'est alors l'homogénéité temporelle qui est testée, ou en confrontant la variance globale aux variances des stations, donc en lignes : c'est alors l'homogénéité spatiale qui est testée.
Pour l'ensemble des tests, l'hypothèse Ho testée est « l'homogénéité (ou égalité) des variances ». Si l'hypothèse nulle est vérifiée, cela correspond à une probabilité forte de « similarité des colonnes ».

Rappel sur le cadre d'utilisation de l'ANOVA.

Lors du passage des membres de la mission INERIS, ils nous ont fait la remarque que l'utilisation de l'ANOVA sur nos données n'était pas pertinente, compte tenu du fait que « l'hypothèse de normalité » n'était pas respectée et que l'homoscédasticité des données n'était pas vérifiée.
En théorie, une ANOVA est performante si les données analysées sont normales[18] et si la prise de données est conforme aux règles d'homoscédasticité[19]. En pratique cela dépend du protocole de collecte et du type d'ANOVA réalisé. Dans notre contexte ces deux règles, de normalité et d'homoscédasticité peuvent être transgressées. En effet, les ANOVA se classent en deux types : ANOVA de type aléatoire et ANOVA de type fixe. Cela dépend du mode opératoire, c'est-à-dire du protocole d'échantillonnage. Le prélèvement de la donnée étant dans les deux cas aléatoire, l'ANOVA sera de type aléatoire si les stations sont également choisies à chaque mission selon un processus aléatoire et l'ANOVA sera de type fixe si les stations sont toujours les mêmes. En d'autres termes, selon qu'il y ait un ou deux niveaux aléatoires.
Nous sommes donc ici dans le cas d'un modèle fixe puisque nos stations sont définies a priori et pour tout le temps que durera le suivi. De nombreuses études relatives au modèle fixe montrent que l'analyse de la variance est peu sensible à la non-normalité tant en ce qui concerne le niveau de signification qu'en ce qui concerne la puissance du test [R33, R40, R42, R43, R48, R52, R70]. De plus, ces études montrent aussi que l'hypothèse d'homoscédasticité est très secondaire dans le modèle fixe lorsque les effectifs sont égaux. Or, c'est également le cas de nos données puisque le nombre de stations est toujours le même et que le nombre de visites aux stations est le même pour toutes les stations depuis le début du suivi en 2007.
Par ailleurs, compte tenu de la nature des données poissons, la vérification de l'homoscédasticité du tirage des données serait sans doute d'un coût prohibitif et de plus probablement infructueuse.
Des explications plus complètes sont développées en annexe 03 du rapport de novembre 2016 [R23].

Les données brutes pour chaque paramètre (densité, biomasse, biodiversité 1 et 3) sont données du tableau 122 au tableau 125 et le synopsis de chaque moyenne dans la figure 103 à figure 106 qui les suivent.
Les graphiques de la figure 101 à la figure 108 permettent une approche synoptique. Ils montrent d'un coup d'œil, les différences entre missions, donc au cours du temps et les différences dans l'espace, c'est-à-dire entre stations.
Cette présentation montre aussi l'écart considérable qui existe entre la baie de Prony et le canal de la Havannah.

6.3.1.1 Variance temporelle : comparaison entre les missions

Ho : Homogénéité des missions. En d'autres termes : Pour un même paramètre, existe-t-il lors de chaque mission un schéma spatial (dispersion des valeurs du paramètre) similaire à celui de la période d'étude toute entière ?

[18] Distribuées selon une loi de Gauss, dite « normale »
[19] Homoscédasticité : qui a une dispersion identique. (i.e. les variances sur les erreurs pour chaque collecte de données doivent être identiques)

6.3.1.1.1 En baie de Prony

L'analyse des variances des 4 paramètres suivis pour les différentes campagnes (cf. tableau 120) pour les 3 stations de la baie de Prony, montre une **homogénéité** des missions pour la biomasse et la densité (mais à p=0.975) et une **hétérogénéité** pour les 2 biodiversités.

Tableau 120 : Analyse de la Variance temporelle des paramètres ichtyologiques (densité, biomasse, biodiversités) en baie de Prony

ANOVA	k1	k2	$F_{0,95}$	$F_{0,975}$	$F_{obs.}$			
					Densité	Biomasse	Biodiversité 1	Biodiversité 3
Prony	26	54	1,72	1,91	1,82	**1,27**	2,72	4,35

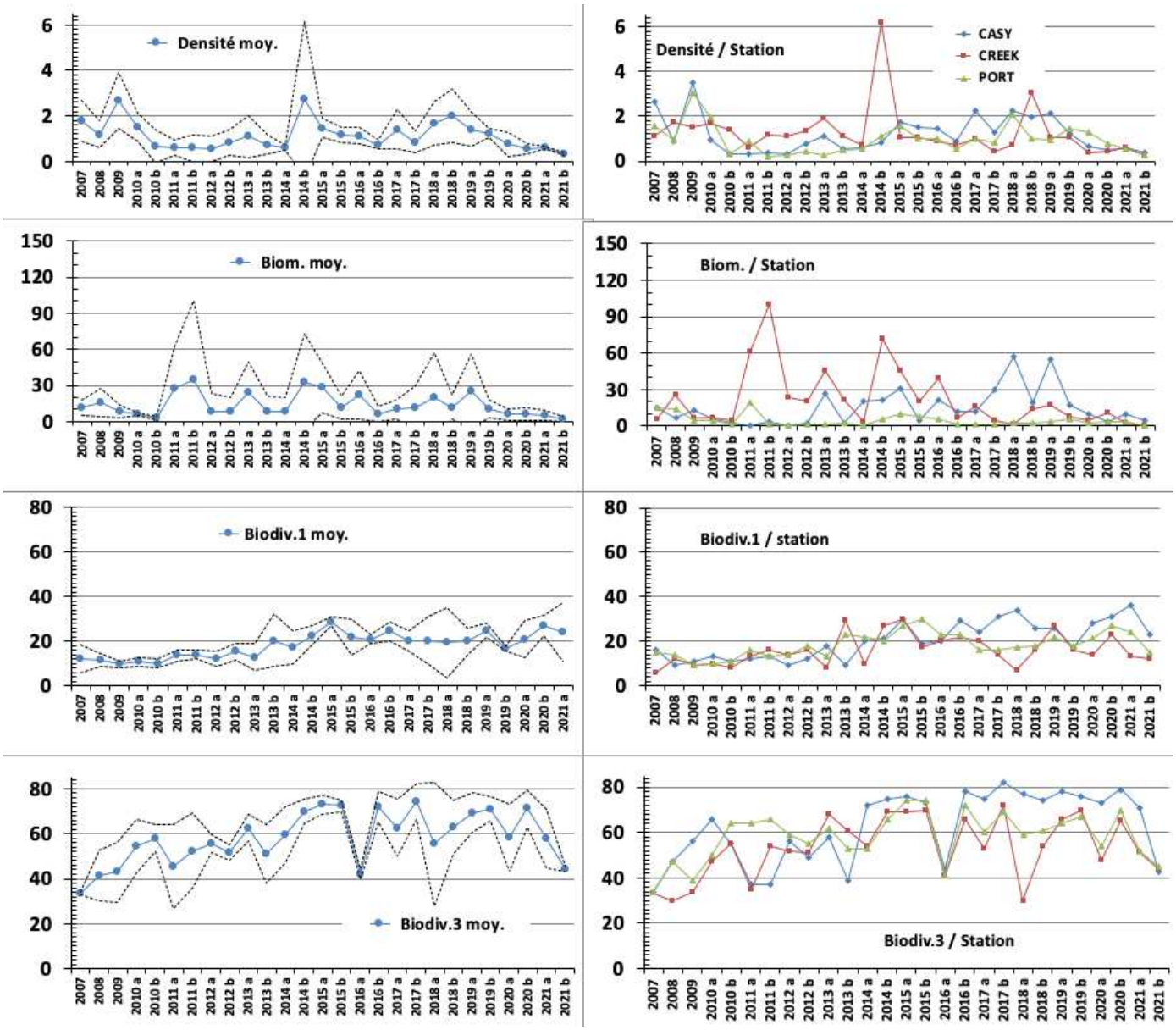


Figure 101 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par campagne et station (baie de Prony)

6.3.1.1.2 Dans le canal de la Havannah / Woodin

L'analyse des variances des 4 paramètres suivis pour les différentes campagnes (cf. tableau 121) pour les 9 stations du canal de la Havannah / Woodin, montre une **hétérogénéité** des missions pour tous.

Tableau 121 : Analyse de la Variance temporelle des paramètres ichtyologiques (densité, biomasse, biodiversités) dans le canal de la Havannah / Woodin

ANOVA	k1	k2	$F_{0,95}$	$F_{0,975}$	$F_{obs.}$			
					Densité	Biomasse	Biodiversité 1	Biodiversité 3
Havannah	26	216	1,57	1,70	2,11	2,37	3,91	5,44

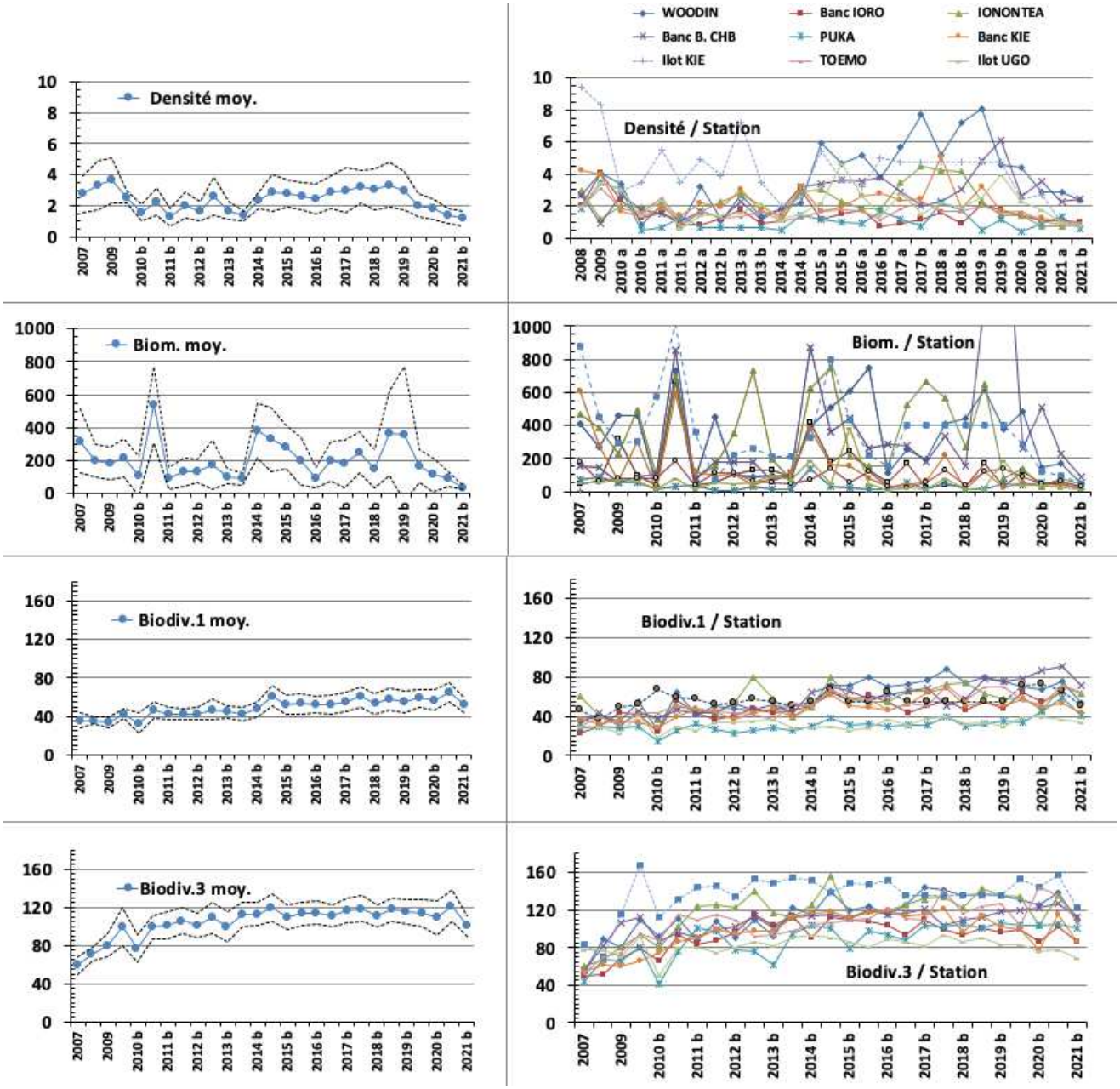


Figure 102 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par campagne et station (canal de la Havannah / Woodin)

Tableau 122 : Densités moyennes ichtyologiques (ind./m²) par campagne et station

	ST01	ST02	ST03	ST04	ST05	ST06	ST07	ST08	ST09	ST10	ST11	ST12
	Casy	Baie nord	Port	Woodin	Ioro	Ionontea	B. Chamb.	Puka	B. Kié	I. Kié	Toémo	Ugo
2007	2,63	1,12	1,59	5,45	0,73	2,45	1,78	2,32	4,13	5,57	1,64	*2,08*
2008	0,87	1,76	0,92	2,71	2,02	2,99	2,73	1,84	4,21	9,37	1,90	*2,08*
2009	3,50	1,49	3,03	4,07	4,09	1,17	0,91	3,50	4,01	8,30	3,12	3,49
2010 a	0,93	1,68	1,95	3,38	2,37	2,05	2,66	3,05	1,66	2,94	1,86	3,01
2010 b	0,33	1,41	0,31	0,84	1,23	1,91	1,79	0,46	1,35	3,46	1,59	1,44
2011 a	0,30	0,61	0,86	2,11	1,56	2,23	1,62	0,68	1,81	5,47	2,50	2,36
2011 b	0,36	1,18	0,22	0,95	0,81	0,75	1,05	1,30	1,42	3,48	0,90	0,60
2012 a	0,33	1,10	0,24	3,20	0,87	1,64	1,70	0,70	2,18	4,93	1,70	1,40
2012 b	0,78	1,36	0,41	1,09	1,22	2,25	1,24	0,63	1,96	3,85	1,27	1,46
2013 a	1,09	1,91	0,28	2,71	1,80	2,80	2,26	0,68	3,04	7,23	1,35	1,60
2013 b	0,56	1,14	0,51	1,32	0,94	1,98	1,18	0,64	1,71	3,00	1,64	2,13
2014 a	0,60	0,71	0,52	1,86	1,12	1,19	1,82	0,47	1,44	2,01	1,08	1,13
2014 b	0,85	6,17	1,12	2,21	3,00	2,87	3,21	1,40	3,20	2,56	1,27	1,54
2015 a	1,75	1,06	1,58	5,90	1,19	3,00	3,37	1,17	1,65	5,44	1,64	2,15
2015 b	1,50	1,03	0,99	4,64	1,53	2,27	3,65	0,99	1,95	3,61	1,78	4,65
2016 a	1,47	0,89	1,02	5,18	1,80	1,89	3,51	0,94	2,64	3,24	1,67	2,59
2016 b	0,91	0,74	0,57	3,56	0,72	1,89	3,81	1,68	2,75	4,95	1,20	1,44
2017 a	2,27	0,98	1,00	5,65	0,96	3,48	2,91	1,15	2,35	*4,70*	1,84	2,82
2017 b	1,28	0,43	0,82	7,68	1,20	4,47	2,00	0,78	2,42	*4,70*	2,26	1,50
2018 a	2,25	0,74	2,07	5,20	1,58	4,23	*2,27*	2,16	5,09	*4,70*	1,68	2,15
2018 b	1,98	3,03	0,99	7,21	0,93	4,11	3,08	1,79	1,88	*4,70*	1,66	1,94
2019 a	2,16	1,07	0,97	8,07	2,12	2,28	4,79	0,47	3,18	*4,70*	2,00	2,54
2019 b	1,23	1,06	1,43	4,56	1,76	1,43	6,07	1,14	1,69	*4,70*	1,59	3,96
2020 a	0,66	0,37	1,28	4,43	1,46	1,44	2,65	0,45	1,42	2,42	1,69	2,29
2020 b	0,47	0,42	0,76	2,91	1,11	0,77	3,56	0,96	1,22	2,66	1,09	1,79
2021 a	0,63	0,60	0,54	2,88	1,10	0,73	2,28	1,34	0,98	1,03	0,79	1,01
2021 b	0,60	0,28	0,26	2,39	1,04	0,83	2,42	0,55	0,81	0,70	0,97	0,82
Moyenne	1,19	1,27	0,97	3,78	1,49	2,19	2,60	1,23	2,30	4,24	1,62	2,07
Int. de Conf.(±)	0,68	1,29	0,43	4,12	0,56	1,11	1,38	0,63	1,18	3,89	0,25	0,87
Variance	0,32	0,44	0,25	0,78	0,29	0,41	0,45	0,30	0,42	0,76	0,19	0,36

Pour tous ces tableaux, les données en italique sont des données estimées à partir de moyennes

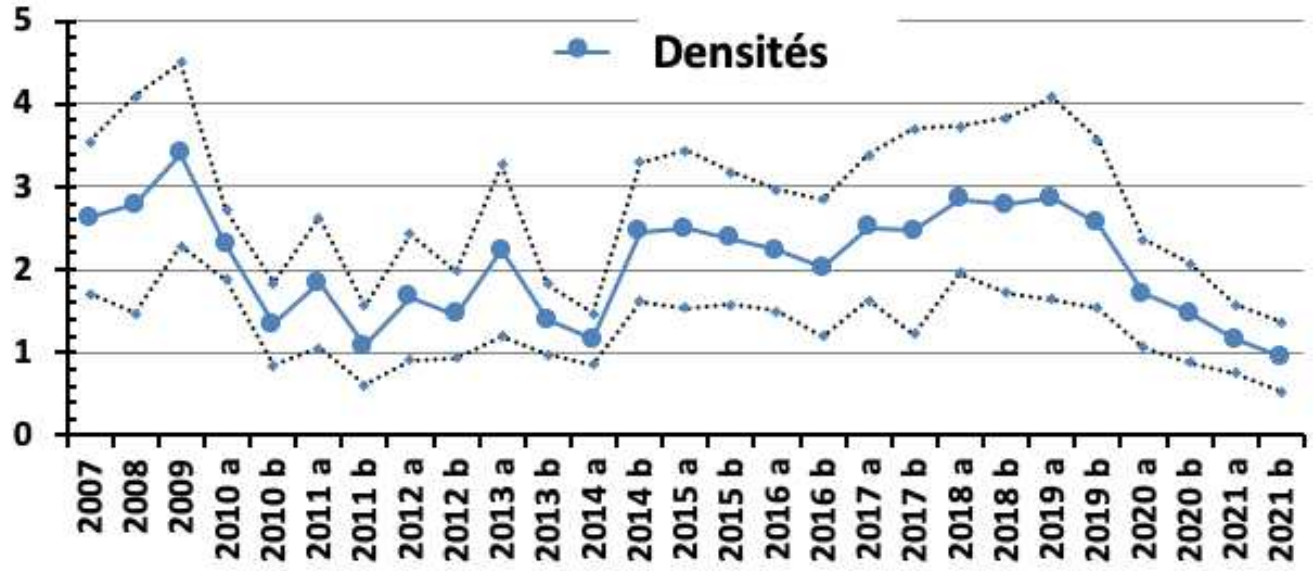


Figure 103 : Synopsis des valeurs moyennes de Densités ichtyologiques depuis 2007

Tableau 123 : Biomasses ichtyologiques (g/m²) moyennes par campagne et station

	ST01	ST02	ST03	ST04	ST05	ST06	ST07	ST08	ST09	ST10	ST11	ST12
	Casy	Baie nord	Port	Woodin	Ioro	Ionontea	B. Chamb.	Puka	B. Kié	I. Kié	Toémo	Ugo
2007	14,9	5,5	14,7	408,3	47,7	1322,4	155,2	67,4	607,7	881,8	174,5	*74,7*
2008	6,7	26,1	14,1	267,8	58,0	385,7	146,8	87,5	273,9	452,0	61,9	*74,7*
2009	13,1	6,7	4,6	456,3	316,0	226,5	57,4	53,2	62,7	291,1	79,6	73,0
2010 a	5,8	6,7	5,1	460,9	93,8	487,8	85,0	57,6	303,4	298,4	75,4	63,6
2010 b	2,3	4,2	1,3	38,6	37,9	93,0	103,5	11,7	10,6	576,5	75,1	13,9
2011 a	1,0	61,0	19,1	730,7	661,5	687,7	855,0	28,3	593,1	1014,9	188,4	79,9
2011 b	4,0	100,2	1,5	65,4	41,0	76,9	71,3	39,8	118,9	357,3	38,6	14,1
2012 a	0,8	23,2	0,8	446,9	51,1	151,8	175,8	4,9	96,3	73,3	110,9	52,1
2012 b	2,7	20,1	1,6	105,5	99,7	353,1	179,2	7,0	99,5	220,1	108,1	49,3
2013 a	26,8	45,1	1,1	87,5	130,4	730,0	175,1	27,3	40,6	259,1	60,5	57,9
2013 b	2,4	21,2	2,5	97,5	125,5	191,6	62,1	12,9	79,1	207,0	52,1	94,6
2014 a	20,2	3,6	0,6	85,6	83,8	68,6	110,6	9,3	108,7	213,6	45,0	71,9
2014 b	21,6	71,5	6,2	392,3	416,0	622,2	874,0	135,2	376,6	325,0	74,0	189,2
2015 a	30,4	45,1	9,6	510,2	173,9	750,0	358,9	27,6	158,3	795,2	134,5	46,4
2015 b	5,2	20,7	7,5	609,7	240,8	210,7	439,4	20,4	149,2	435,3	57,2	382,9
2016 a	21,8	39,3	5,2	747,4	126,8	150,7	260,2	12,4	75,4	219,1	121,8	42,4
2016 b	12,1	6,6	1,1	108,0	52,5	150,7	283,5	10,1	31,3	155,8	31,5	7,0
2017 a	12,0	15,7	2,0	250,0	169,6	527,3	274,6	56,9	39,6	*399,0*	19,5	20,2
2017 b	29,9	4,3	1,3	196,0	24,0	667,0	181,0	10,0	64,0	*399,0*	51,0	11,0
2018 a	12,0	15,7	2,0	405,1	36,6	567,1	*255,2*	56,6	218,0	*399,0*	129,7	75,4
2018 b	19,2	14,1	2, 6	438,1	31,1	269,2	152,9	30	13,76	*399,0*	40,1	15,3
2019 a	55,2	16,9	3,4	616,7	167,5	645,4	1163,7	12,2	117,8	*399,0*	116,9	16,7
2019 b	17,7	8,3	5,3	372,7	32,5	80,1	1960,1	42,73	20,0	*399*,0	134,1	186,9
2020 a	10,4	4,4	2,8	479,9	123,3	136,2	260,7	38,9	55,0	284,8	86,9	38,8
2020 b	3,9	11,28	3,36	147,1	46,8	29,83	505,87	51,1	26,54	120,83	49,52	38,28
2021 a	9,82	2,64	3,35	171,07	49,67	79,69	228,24	54,80	39,31	98,16	64,93	17,87
2021 b	6,14	0,80	0,46	44,44	16,68	42,32	90,59	30,92	22,25	45,10	27,62	9,01
Moyenne	13,6	22,2	4,6	323,7	127,9	359,4	345,9	36,9	140,8	359,9	81,8	67,3
Int. de Conf.(±)	148,0	577,4	22,4	46946	20245	96765	175930	859	26120	54591	1970	6118
Variance	4,7	9,2	1,8	83,4	54,8	119,7	161,4	11,3	62,2	89,9	17,1	30,1

Pour tous ces tableaux, les données en italique sont des données estimées à partir de moyennes

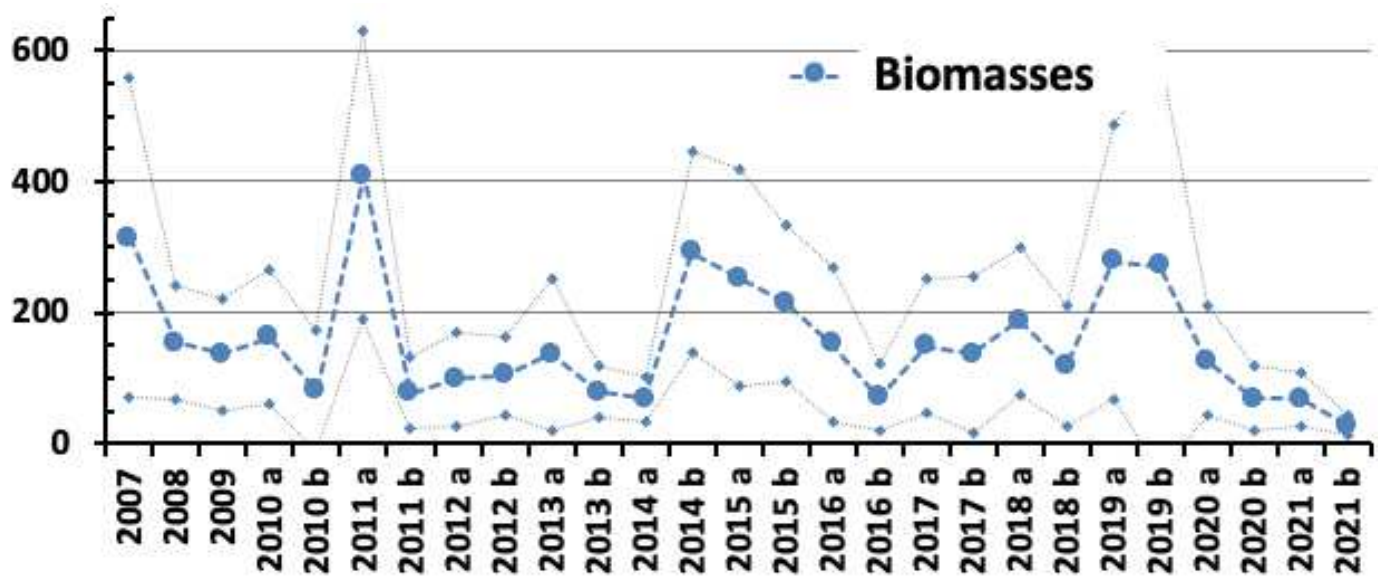


Figure 104 : Synopsis des valeurs moyennes de Biomasses ichtyologiques depuis 2007

Tableau 124 : Biodiversités 1 ichtyologiques par campagne et station

	ST01	ST02	ST03	ST04	ST05	ST06	ST07	ST08	ST09	ST10	ST11	ST12
	Casy	Baie nord	Port	Woodin	Ioro	Ionontea	B. Chamb.	Puka	B. Kié	I. Kié	Toémo	Ugo
2007	16	6	15	37	22	45	33	28	36	46	29	*31*
2008	9	12	14	39	30	41	44	30	32	37	39	*31*
2009	11	9	9	35	44	31	29	28	35	49	31	23
2010 a	13	10	10	54	42	44	45	29	34	52	43	41
2010 b	11	8	11	26	24	37	38	14	28	67	44	18
2011 a	12	13	16	64	56	51	46	26	39	59	51	30
2011 b	13	16	13	42	43	46	43	33	48	58	48	25
2012 a	9	14	14	51	36	44	44	27	45	52	45	34
2012 b	12	16	18	48	41	53	53	23	37	53	44	34
2013 a	18	8	13	47	48	80	46	26	43	57	42	35
2013 b	9	29	23	47	44	58	52	28	48	54	37	37
2014 a	20	10	22	52	47	40	43	26	39	51	53	28
2014 b	21	27	20	50	51	49	64	29	52	54	51	28
2015 a	30	30	27	71	64	80	70	38	62	67	67	30
2015 b	19	17	30	72	56	58	66	31	50	55	59	26
2016 a	20	20	23	80	62	55	58	33	49	55	57	28
2016 b	29	22	23	70	54	55	62	30	47	64	46	37
2017 a	24	20	16	73	43	66	66	31	52	*55*	53	31
2017 b	31	14	16	77	50	66	68	31	64	*55*	51	38
2018 a	34	7	17	88	56	73	*51*	39	68	*55*	72	39
2018 b	26	16	18	74	47	74	57	80	51	*55*	56	33
2019 a	26	27	22	80	55	63	78	32	55	*55*	70	34
2019 b	17	16	18	75	48	58	76	35	50	*55*	70	30
2020 a	28	14	21	70	64	59	78	34	57	71	56	40
2020 b	31	23	27	67	55	46	86	45	49	73	52	39
2021 a	36	13	24	75	64	70	91	59	53	66	72	36
2021 b	23	12	15	53	45	63	71	41	43	51	64	34
Moyenne	20,5	16,7	19,0	59,9	47,8	55,7	57,7	31,7	46,9	56,3	51,9	32,2
Int. de Conf.(±)	71,8	58,1	35,8	273,3	123,1	170,7	264,0	65,2	97,4	59,5	142,4	30,6
Variance	3,3	2,9	2,3	6,4	4,3	5,0	6,3	3,1	3,8	3,0	4,6	2,1

Pour tous ces tableaux, les données en italique sont des données estimées à partir de moyennes

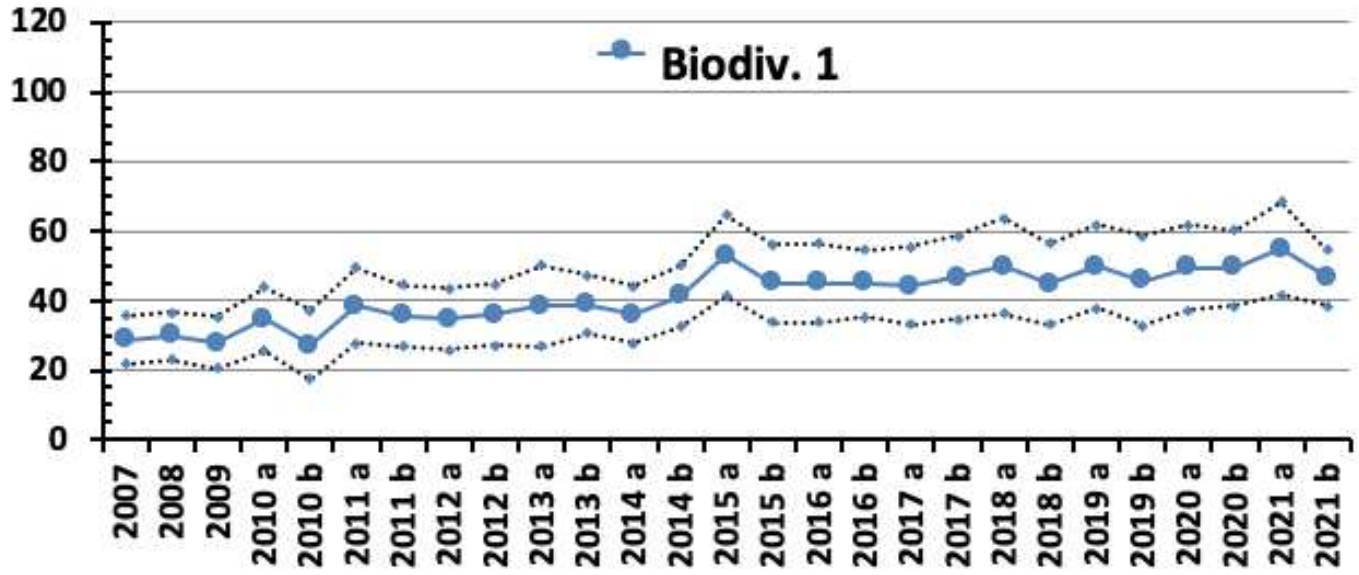


Figure 105 : Synopsis des valeurs moyennes de Biodiversités 1 ichtyologiques depuis 2007

Tableau 125 : Biodiversités 3 ichtyologiques par campagne et station

	ST01	ST02	ST03	ST04	ST05	ST06	ST07	ST08	ST09	ST10	ST11	ST12
	Casy	Baie nord	Port	Woodin	Ioro	Ionontea	B. Chamb.	Puka	B. Kié	I. Kié	Toémo	Ugo
2007	34	33	34	54	50	60	56	44	55	84	53	*83*
2008	47	30	47	89	52	67	82	68	62	71	71	*83*
2009	56	34	39	81	69	81	106	66	60	116	74	70
2010 a	66	47	50	110	79	94	113	80	66	167	95	92
2010 b	55	55	64	92	66	81	86	41	75	113	88	50
2011 a	37	35	64	111	94	102	97	76	86	131	116	81
2011 b	37	54	66	88	84	124	91	101	91	145	109	80
2012 a	56	52	59	108	88	125	100	98	100	146	116	75
2012 b	49	51	55	90	96	123	102	77	95	134	110	81
2013 a	58	68	62	110	115	140	114	76	98	153	92	86
2013 b	39	61	53	92	104	117	101	61	98	148	94	82
2014 a	72	54	53	122	114	113	112	95	113	155	98	91
2014 b	75	69	66	115	91	126	114	103	117	152	105	94
2015 a	76	69	74	140	113	156	116	101	118	139	107	91
2015 b	73	70	74	120	109	112	111	79	113	149	109	87
2016 a	44	41	41	124	108	119	120	98	117	147	111	80
2016 b	78	66	72	116	103	119	115	94	119	152	122	89
2017 a	75	53	60	126	94	125	117	88	114	*135*	111	87
2017 b	82	72	69	145	109	132	121	104	116	*135*	110	82
2018 a	77	30	59	141	100	134	*104*	102	121	*135*	141	93
2018 b	74	54	61	135	94	123	110	105	96	*135*	117	87
2019 a	78	66	64	137	101	143	113	101	114	*135*	124	91
2019 b	76	70	67	135	97	136	118	106	102	*135*	127	84
2020 a	73	47	53	131	99	134	120	103	99	153	103	82
2020 b	79	65	70	126	86	103	123	104	78	144	144	76
2021 a	71	51	52	139	102	136	127	105	116	158	135	78
2021 b	43	44	45	110	86	112	112	101	86	122	107	69
Moyenne	62,2	53,4	58,3	114,3	92,7	116,2	107,4	88,0	97,2	136,6	107,0	82,4
Int. de Conf.(±)	250,6	179,3	115,8	492,6	299,1	535,7	228,4	359,0	407,6	448,5	416,8	84,5
Variance	6,1	5,2	4,1	8,5	6,7	8,9	5,8	7,3	7,8	8,2	7,9	3,5

Pour tous ces tableaux, les données en italique sont des données estimées à partir de moyennes

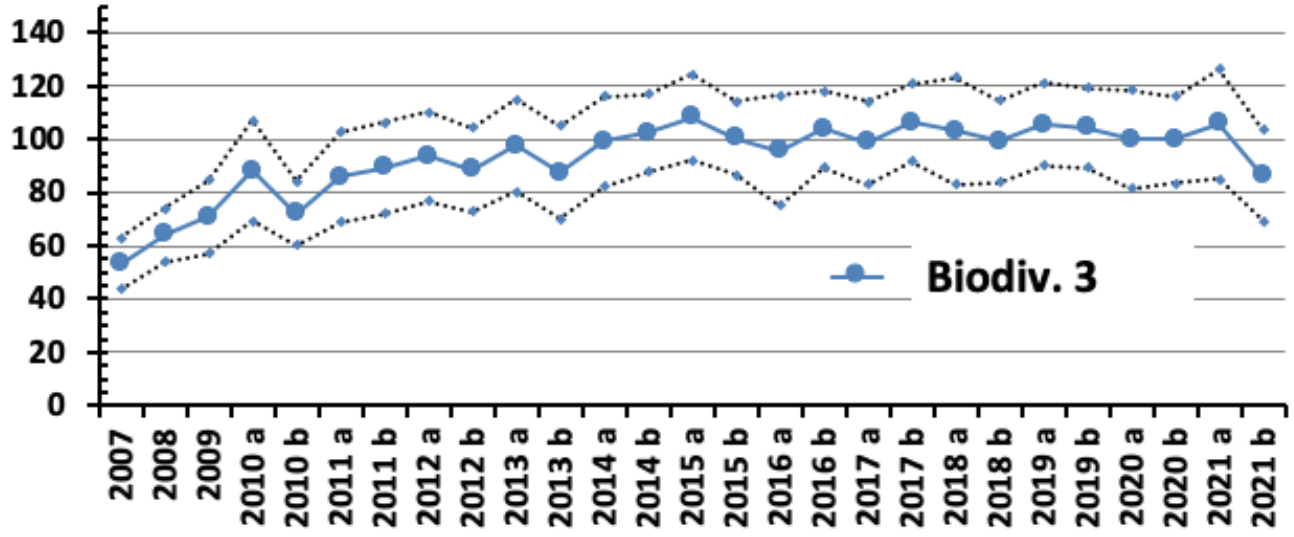


Figure 106 : Synopsis des valeurs moyennes de Biodiversités 3 ichtyologiques depuis 2007

6.3.1.2 Variance spatiale : comparaison entre les stations

Ho : Homogénéité des stations. En d'autres termes : Pour un même paramètre, existe-t-il lors d'une mission un schéma temporel (dispersion des valeurs du paramètre) similaire entre toutes les stations ?

6.3.1.2.1 En baie de Prony

L'analyse des variances des 4 paramètres (cf. tableau 126) pour les 3 stations de la baie de Prony, montre une **homogénéité** des stations pour la densité et une **hétérogénéité** pour les 2 biodiversités et la biomasse.

Tableau 126 : Analyse de la Variance spatiale des paramètres ichtyologiques (densité, biomasse, biodiversités) en baie de Prony

ANOVA	k1	k2	$F_{0,95}$	$F_{0,975}$	$F_{obs.}$			
					Densité	Biomasse	Biodiversité 1	Biodiversité 3
Prony	2	78	3,10	3,85	2,08	9,83	6,23	11,86

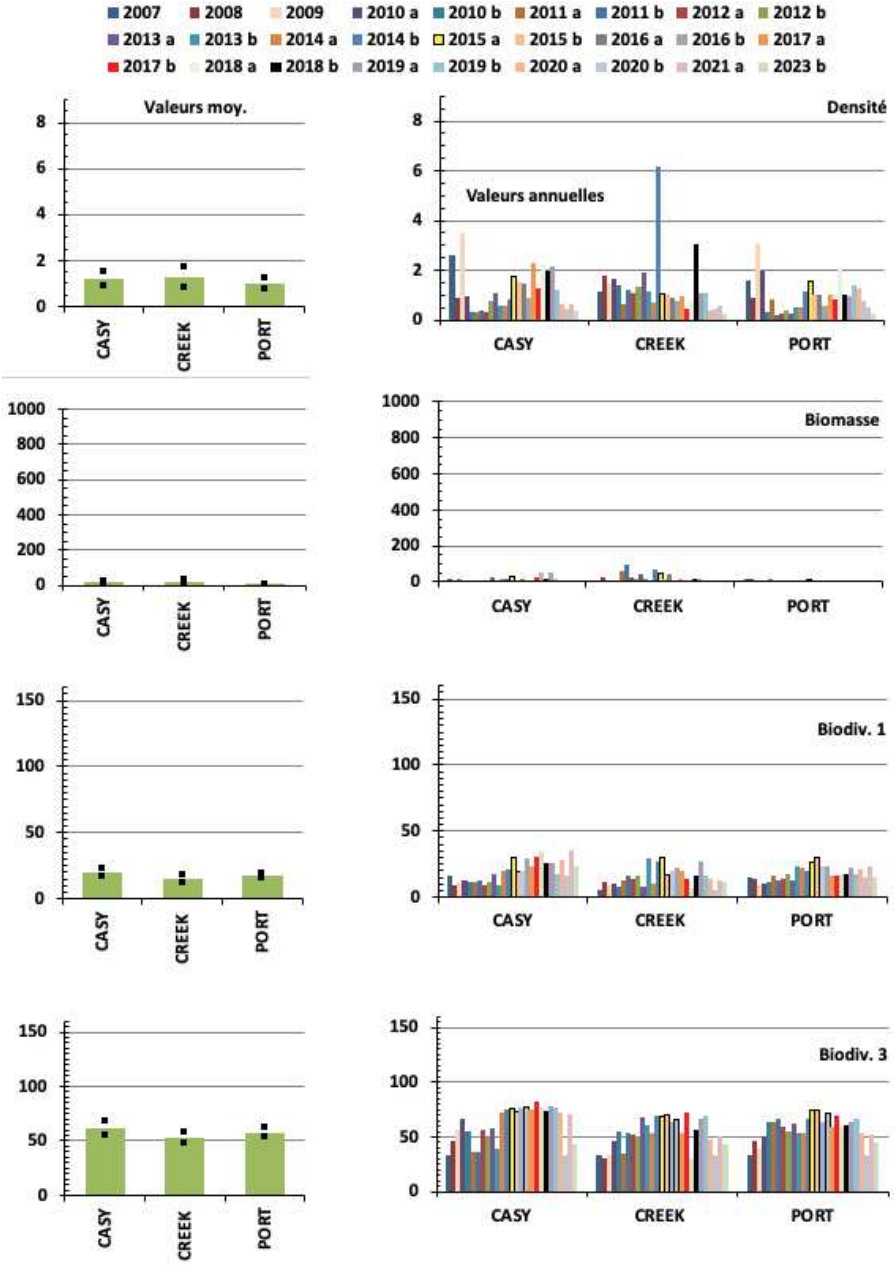


Figure 107 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par station et campagne (baie de Prony)

6.3.1.2.2 Dans le canal de la Havannah / Woodin

L'analyse des variances des 4 paramètres (cf. tableau 127) pour les 9 stations du canal de la Havannah / Woodin, montre une **homogénéité** des stations pour la biodiversité 1 et une **hétérogénéité** pour la densité, la biomasse et la biodiversité 3.

Tableau 127 : Analyse de la Variance spatiale des paramètres ichtyologiques (densité, biomasse, biodiversités) dans le canal de la Havannah / Woodin

ANOVA	k1	k2	$F_{0,95}$	$F_{0,975}$	$F_{obs.}$			
					Densité	Biomasse	Biodiversité 1	Biodiversité 3
Havannah	8	225	1,98	2,26	**19,82**	**11,3**	**1,56**	**11,18**

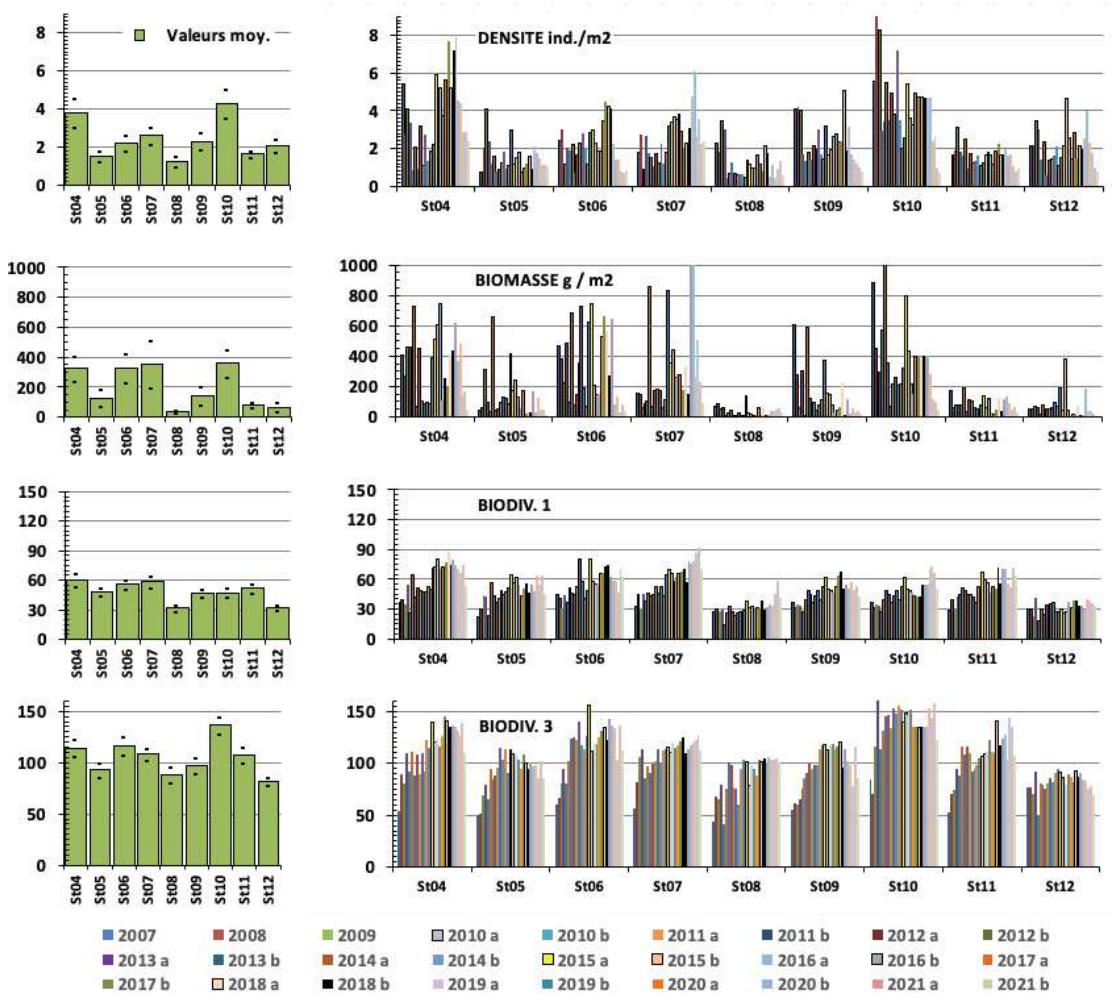


Figure 108 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par station et campagne (canal de la Havannah / Woodin)

La figure 107 et la figure 108 ont pour un même paramètre, les mêmes normes aux ordonnées.
Cette présentation permet de visualiser l'écart considérable qui existe entre les valeurs obtenues pour les peuplements de poissons de la baie de Prony et celles obtenues dans le canal de la Havannah et Woodin. Ceux de Prony ont :

- une densité plus faible d'un facteur 2
- une biomasse plus faible d'un facteur 20
- une biodiversité 1 plus faible d'un facteur 2
- une biodiversité totale (biodiversité 3) plus faible d'un facteur 2.

6.3.1.3 Les structures de peuplement – Présence / absence des espèces

Dans la perspective de futurs amendements au protocole de suivi, nous avions montré dans le rapport de septembre 2017 [R25], puis dans celui de mai 2018 [R26], d'une part la très grande variabilité des paramètres de densité et de biomasse et d'autre part la plasticité de la biodiversité ichtyologique par l'analyse qualitative des biodiversités 1 et 3.
Il s'agissait des commentaires n°1 à 3 du § 6.3.1.3.
Nous reprenons encore dans ce dernier rapport ces mêmes thèmes, pour insister sur l'aptitude médiocre des paramètres de densité et de biomasse à répondre aux questions que l'on se pose sur l'implication des activités humaines dans les changements observés.

Depuis le rapport de mai 2018 [R26], la présentation des structures dans les fiches-stations a été changée et les résultats sont repris dans le tableau 128. Il présente donc de manière synoptique les données de structures des peuplements observés. C'est la synthèse des résultats des tests sur les structures de peuplement à chaque mission relativement à la moyenne historique.

Tableau 128 : Valeur des écarts (quadratiques moyens) des structures de peuplement par rapport à la structure moyenne (depuis 2007)

	Casy	B. nord	Port	Woodin	Ioro	Ionont.	B. Chamb.	Puka	B. Kié	I. Kié	Toémo	Ugo
$\chi 2$ tab95%	16,9	18,3	18,3	19,7	19,7	19,7	19,7	18,3	19,7	19,7	18,3	19,7
2007	24,6	16,6	53,1	23,9	28,8	13,3	26,7	23,2	28,0	20,5	13,4	
2008	30,5	37,5	16,6	70,7	18,6	21,1	24,0	59,0	24,1	29,3	23,3	
2009	61,7	25,6	25,2	38,6	30,0	46,2	28,4	16,0	18,0	23,2	28,5	38,5
2010a	35,5	14,2	51,3	20,3	13,3	16,0	24,2	4,2	44,4	34,8	7,6	154,2
2010b	16,6	12,1	42,3	60,5	25,8	73,2	19,7	26,8	19,9	48,9	13,0	173,0
2011a	43,7	28,3	28,4	68,0	18,0	92,2	34,2	27,9	69,0	17,5	14,0	56,2
2011b	25,0	19,8	7,7	23,9	50,5	15,2	24,8	33,2	42,1	10,2	17,0	52,8
2012a	24,9	20,2	18,6	15,3	14,4	35,3	30,9	10,2	20,9	33,6	10,3	71,8
2012b	18,4	35,2	9,8	19,2	15,9	28,8	94,5	13,2	22,8	17,8	12,4	82,1
2013a	19,8	14,3	26,6	34,6	22,9	37,3	28,8	32,9	34,8	29,8	19,9	111,1
2013b	31,3	30,9	78,6	25,8	41,5	19,4	11,8	28,9	14,3	34,3	34,6	54,3
2014 a	25,0	14,7	29,8	23,9	36,0	14,5	29,7	55,7	10,4	15,7	117,7	58,2
2014 b	13,8	18,4	18,2	13,7	20,2	38,2	27,3	14,8	13,6	25,3	7,0	57,3
2015 a	21,1	32,6	13,6	37,0	35,1	4,2	19,6	27,1	32,9	16,8	19,0	44,9
2015 b	14,4	43,3	14,5	52,5	19,9	44,9	35,6	46,6	9,9	11,0	11,0	104,3
2016 a	23,8	31,4	5,0	10,3	20,9	30,2	49,8	12,1	125,3	17,4	17,9	52,9
2016 b	25,8	54,3	8,9	8,2	58,8	30,2	21,6	12,8	21,7	33,1	26,7	45,4
2017 a	29,0	60,5	12,9	20,4	17,5	16,9	29,9	31,8	18,0		17,4	35,1
2017 b	26,2	23,9	15,3	5,8	33,2	23,3	14,7	27,4	22,8		130,9	34,3
2018 a	19,3	31,8	65,2	11,0	21,0	50,0		29,6	18,0		237,7	24,5
2018 b	42,0	29,4	19,9	12,3	28,1	42,4	43,8	31,4	18,1		103,8	17,1
2019 a	24,3	27,9	95,8	13,1	4,8	33,3	27,7	22,8	115,8		552,0	18,9
2019 b	15,8	31,9	31,2	10,3	29,7	27,2	15,7	21,8	26,3		371,3	50,2
2020 a	10,1	22,2	15,9	7,1	24,5	70,1	21,0	54,9	14,1	30,7	77,4	13,3
2020 b	8,9	20,7	14,3	4,9	10,7	28,4	18,2	24,3	17,3	34,8	112,9	13,4
2021 a	22,4	39,7	84,9	7,0	29,5	28,9	38,1	68,5	15,1	78,0	318,3	29,4
2021 b	27,6	15,0	8,4	18,2	34,0	27,8	23,4	76,1	15,0	28,9	71,6	29,9

Les cases rouges (214) correspondent aux structures de peuplements qui diffèrent significativement (i.e. au risque de 0,05) de la structure moyenne établie sur la station depuis 2007.
A l'inverse, les cases vertes (101) signalent des écarts à la moyenne non-significatifs.
Et les cases blanches (9), celles pour lesquelles nous n'avons pas de donnée.

Une image globale de ce tableau est donnée par la figure 109. L'indice présenté est calculé à partir du *coefficient*

de variation des distances de khi2 obtenues à chacune des stations. Cet indice de variabilité[20] permet d'exagérer les contrastes pour rendre plus visibles les différences « d'instabilité des peuplements » entre les différentes stations. L'état de stabilité est représenté par la partie verte.

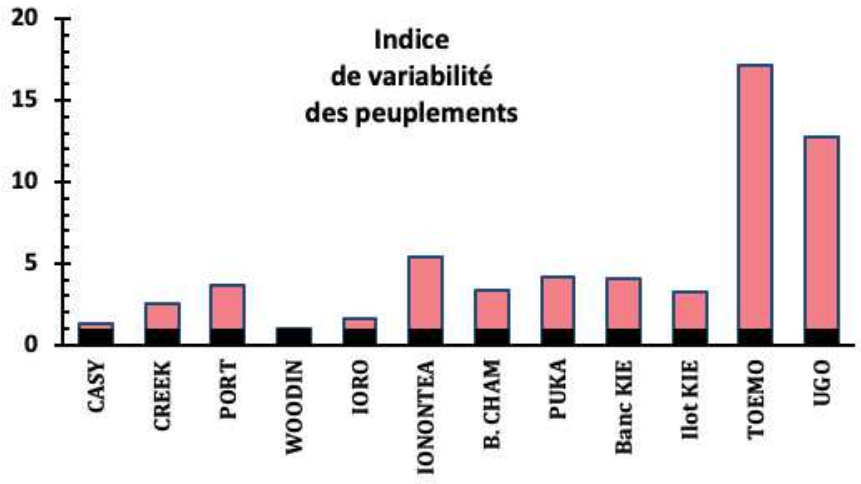


Figure 109 : Représentation de la variabilité relative des peuplements ichtyologiques des stations

- La station de Woodin est toujours la plus stable.
- L'îlot Casy (réserve) et le banc de Ioro présentent un peuplement très peu variable.
- Les stations des trois bancs (Ionontea, Chambeyron et Kié) et la station du Port forment un groupe très « variable ».
- Les stations de Toémo et Ugo sont extrêmement variables (pour des raisons sans doute différentes).

Il n'existe donc pas de structure type pour une station.
Les cases vertes du tableau 128 sont aléatoirement disposées, indiquant que l'ichtyofaune des stations ne présente des variations ni unanimes dans le temps, ni prévisibles.

En observant plus en détail les listes spécifiques, ces analyses mettent en exergue que seulement 10% à 15% des espèces ont une présence constante sur une station. Les autres espèces sont donc nomades sur des territoires plus ou moins vastes et, de ce fait, sont présentes ou non lors de notre visite. Seule une présence est signifiante, l'absence ne peut être qu'interrogative si elle est prolongée.
A l'inverse, près de 30% ne sont vues, qu'exceptionnellement. Cela est sans doute dû aux deux faits conjugués suivants :

- de la faible fréquence de nos visites, (une fois tous les six mois)
- et de l'immensité du domaine de vie de ces espèces par rapport à la petite taille des stations.

Ainsi, sur une « station moyenne » i où nous aurions vu, par exemple, depuis 2007, un total $B\gamma = 280$ espèces, celles-ci se répartiraient typiquement comme dans le tableau 129.

Tableau 129 : Fréquence moyenne de l'observation des espèces ichtyologiques

Nb moyen d'espèces vues	**$B\gamma_{i\ moy.}$**	**1 fois**	**Au plus 3 fois**	**Au plus 10 fois**	**Au plus 16 fois**	**Au plus 23 fois**
	280	76	84	90	25	5
Nombre cumulé	-	76	160	250	275	280

Comme nombre d'espèces de poissons passent l'essentiel de leur temps à divaguer pour se nourrir sur des domaines plus vastes que notre zone d'observation, l'augmentation du rythme des visites ne changerait pas grand-chose à l'étude des poissons.

[20] $\mathbf{I}_{var.} = [10.\log(CV)] + 1$

Ces remarques argumentent donc sur le fait que la taille des stations est trop petite au regard de la taille des zones d'errances trophiques de la plupart des espèces choisies dans la liste DENV. Seule l'augmentation de la taille des stations améliorerait très sensiblement l'intérêt de la surveillance de ce groupe zoologique dans le cadre de ce suivi. Il faudrait au moins la doubler, voire la tripler.

Les données obtenues durant les nombreuses années de suivi soulignent donc deux éléments majeurs :

1. d'une part, la très grande variabilité naturelle des paramètres de densité et de biomasse
2. d'autre part, la plasticité qualitative de la biodiversité dans un cadre quantitatif assez stable.

Les analyses des biodiversités 1 et 3 montrent que l'essentiel des espèces disparaissent ou apparaissent sur une station de façon aléatoire et le statut de protection ne semble pas avoir d'incidence sur ce thème.

Par ailleurs, nous insistons sur la grande variabilité des paramètres de densité et de biomasse. Ce trait en fait de médiocres indicateurs, inaptes à répondre aux questions posées, c'est-à-dire : l'implication des activités industrielles et minières dans les changements biocœnotiques observés. Leur évaluation absorbe une importante partie de l'effort d'échantillonnage, lequel s'il était totalement investi dans l'augmentation de la taille des stations permettrait au paramètre de biodiversité d'être à lui seul heuristique.

6.3.2 Test non paramétrique

L'importance de la variance des paramètres de densité et de biomasse obère l'interprétation des tests, que ce soit au niveau spatial ou temporel. Ces deux paramètres sont donc de médiocres indicateurs pour suivre l'état de l'ichtyofaune. De plus, le paramètre de biodiversité (biodiversité 1), perd aussi de son intérêt puisque ses variations sont restreintes par le cahier des charges qui limite le nombre d'espèces à prendre en compte. Il en perdrait cependant moins si les espèces retenues étaient des espèces indicatrices ou si la restriction se limitait à la famille.

Pour respecter le cahier des charges et contourner ce problème, un classement des stations, mission après mission est proposé afin de suivre et d'interpréter non plus l'instabilité des stations mais l'instabilité de ce classement. Ceci, n'est bien sûr, possible que dans la mesure où les valeurs obtenues aux 4 paramètres suivis à chaque station et à chaque mission, soient classables, soit, en termes mathématiques, que les tests d'homogénéité soient rejetés.

Rappelons que le protocole de collecte de données prévoit des stations fixes faites de transects fixes.
Aussi, les mesures et estimations qui sont faites sur ces stations ne sont pas interchangeables[21] ni entre missions, ni entre stations et l'hétérogénéité de ces mesures, montrée dans les chapitres précédents, indique que le classement des missions ou des stations est pertinent. Toutefois, par soucis d'objectivité, on aura, malgré cela, recours à un test de similitude de positionnement des rangs en lignes et en colonnes.

Pour ce faire le test de rangs de Friedman (test de rangs dérivés de Wilcoxon [R77]) convient parfaitement [R47]. Il vérifie le bien fondé d'un classement des valeurs d'un tableau. Les sommes de ces classements, donc sommes des rangs en lignes ou en colonnes, sont comparées par un $\chi 2$ de Friedman. Ce test est adapté aux cas de plusieurs échantillons non-indépendants, ce qui est ici le cas.

Nous avons montré au cours des missions précédentes que l'Ho[22] est toujours significativement rejetée au risque de 5% aussi bien entre stations qu'entre missions. Par voie de conséquence les stations comme les missions peuvent être classées. Ce classement des stations figure au tableau 130 qui reprend les classements des missions précédente.

A l'évidence les événements climatiques violents (Luca et Niran) de début d'année ont profondément affecté la zone et surtout l'est du canal. En effet, le classement des stations est en partie remanié. Woodin, station protégée et au profil escarpé, a parfaitement supporté les agressions cycloniques, à l'inverse l'Ilot Kié et Basse

[21] Rappelons que dans une ANOVA ou dans un test de Kruskal & Wallis, les valeurs à l'intérieur d'une même série peuvent être permutés sans que cela ne modifie la variance et donc le résultat du test
[22] Les variations observées entre stations (cas 1) ou entre missions (cas 2) sont fortuites = les stations ou les missions sont similaires

Chambeyron ont été sévèrement meurtries.

Tableau 130 : Classement des stations (A) et des missions (B) (ichtyologie)

Station	Classement des stations											
	D	B	Bα1	Note	Rang							
					2018a	2018b	2019a	2019b	2020a	2020b	2021a	**2021b**
01 Casy	3	3	3	3,3	9	8	9	11	10	10	10	**11**
02 Creek baie Nord	2	1	1	4,2	12	11	10	12	12	12	12	**10**
03 Port	1	2	2	2,5	11	12	12	10	11	11	11	**12**
04 Woodin	12	11	11	18,8	1	1	1	2	1	2	2	**1**
05 Ioro	9	6	7	12,9	10	9	7	7	4	4	5	**6**
06 Ionontea	4	9	9	14,6	2	3	3	5	6	9	5	**3**
07 B. Chambeyron	11	12	12	14,2	3	4	2	1	1	1	1	**4**
08 Puka	10	7	6	13,3	7	5	11	9	9	7	5	**5**
09 Bancs Kié	6	5	5	8,3	5	7	5	6	7	6	8	**9**
10 Ilot Kié	8	10	8	11,7	3	2	4	3	3	2	3	**7**
11 Toémo	5	8	10	15,8	6	6	6	4	5	5	4	**2**
12 Ugo	7	4	4	10,4	8	10	8	7	7	8	9	**8**
Rappel : Note = (Rang(Densité + Biomasse + 2 * Bα.1)/4)*20/11												

Le rang du classement global est obtenu en faisant la moyenne des rangs de la Densité, de la Biomasse et 2 fois la Biodiversité 1

NB : Les classements des missions précédentes ont été repris en réintroduisant l'Ilot Kié avec les valeurs moyennes utilisées pour les calculs des ANOVAs.

6.3.3 Indice Annuel par Station (IAS) et Indice Global de mission (IGm)

Les cotations des Indices ichtyologiques (cf. la méthodologie au § 3.4.3) obtenues pour la présente mission, avec un rappel des missions précédentes sont présentées : pour les stations tableau 131 et pour les missions tableau 132.

Tableau 131 : Cotation des stations : IAS, depuis 2012 (ichtyologie)

Stations		ST 01	ST 02	ST 03	ST 04	ST 05	ST 06	ST 07	ST 08	ST 09	ST 10	ST 11	ST 12
		Casy	CBN	Port	Wood.	Ioro	Ionon.	B. Ch	Puka	B. Kié	I. Kié	Toém.	Ugo
Densité.		1	1	1	3	1	1	3	1	1	1	1	1
Biomasse		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Biod. 1		3	2	2	3	3	3	3	3	3	3	3	2
IAS	**2012a**	1,50	3	1,75	3,5	2,5	3,5	3	1,75	3	4	3	2
	2012b	1,75	2,75	2,5	3,5	2,5	3,5	3,25	1,75	3	4	3	1,75
	2013a	3,25	3	2	3	3	3,75	3,25	1,5	3,25	3,75	2,75	2,25
	2013b	1,75	3,5	2,75	3,5	2,75	3	3,75	1,5	2,75	4	2,25	2,5
	2014a	3,25	1,25	2,75	2,75	2,75	2,75	3	1,5	2,5	3,5	2,75	1,75
	2014b	2,75	3,5	2,5	3,5	4	3,75	4	3	3,75	3,5	2,75	2
	2015a	3,75	3,5	3	4	3	4	3,75	2,25	3	4	3	2
	2015b	2,5	2,25	2,25	4	3,25	3,5	4	2	3	4	2,75	2,75
	2016a	3,5	3,5	3	4	3	3	4	2	3	3,75	3	2
	2016b	3	2,25	2,25	3,5	2	3	3,75	2,25	2,5	3,5	2,25	2,25
	2017a	3	2,5	2,25	3,75	2,25	4	3,5	2,25	2,5		2,25	2,75
	2017b	3,5	1,5	2,25	3,5	2,25	4	3,25	2	3		2,5	2,25
	2018a	4	1,25	2,75	4	2,75	4	3,5	2,5	3,75		3	2,5

	2018b	3,5	2,5	2,25	4	2	3,75	3,5	2,75	2,25		2,75	1,75
	2018a	4	1,25	2,75	4	2,75	4	3,5	2,5	3,75		3	2,5
	2019a	4	3	2,25	4	2,75	3,75	4	1,5	3		3,25	2
	2019 b	2,75	1,75	2,5	4	2,25	2,75	4	2	2,5		3	2,75
	2020 a	2,75	1,50	2,25	4	3	3	3,5	1,75	2,25	3,5	2,25	2,50
	2020 b	2,5	2,25	2,75	3,25	2,25	2	3,75	2	2,25	3,25	2	1,75
	2021 a	2,75	1,75	2,25	3,50	2,00	2,00	3,50	2,25	2,00	2,00	2,00	1,50
	2021 b	2,00	1,50	1,50	2,50	2,00	2,00	2,50	2,00	2,00	2,00	2,00	1,50

Les stations ont un indice de qualité minoré, seules Woodin et Basse Chambeyron sont encore vertes.

L'état de la station de Woodin se dégrade mais résiste malgré l'invasion d'*Acanthaster* de 2018 et les deux cyclones de début d'année 2021.
Les résultats confirment que la station de l'Ilot Kié (réserve Merlet) est sérieusement endommagée... Même la biodiversité 3 a très sensiblement changée.

Tableau 132 : Cotation des missions : IGm, depuis 2007 (ichtyologie)

Missions	Dens.	Biom.	Biodiv.	IGm	
2007	3	3	2	2,50	bon
2008	3	2	2	2,25	médiocre
2009	3	2	2	2,25	médiocre
2010 a	3	2	3	2,75	bon
2010 b	2	1	2	1,75	médiocre
2011 a	2	4	3	3,00	bon
2011 b	2	1	3	2,25	médiocre
2012 a	2	1	3	2,25	médiocre
2012 b	2	2	3	2,50	bon
2013 a	3	2	3	2,75	bon
2013 b	2	3	3	2,75	bon
2014 a	2	1	3	2,25	médiocre
2014 b	3	3	3	3,00	bon
2015 a	3	3	4	3,50	très bon
2015 b	3	3	3	3,00	bon

Missions	Dens.	Biom.	Biodiv.	IGm	
2016 a	2	2	4	3,00	bon
2016 b	3	2	3	2,75	bon
2017 a	3	2	3	2,75	bon
2017 b	3	2	3	2,75	bon
2018 a	4	3	4	3,75	très bon
2018 b	3	2	3	2,75	bon
2019 a	3	3	3	3,00	bon
2019 b	2	3	3	2,75	bon
2020 a	2	2	3	2,50	bon
2020 b	2	1	3	2,25	médiocre
2021 a	1	1	3	2,00	médiocre
2021 b	**1**	**1**	**3**	**2,00**	**médiocre**

Le peuplement de cette mission présente une note de 2,00 soit la deuxième plus mauvaise note de la série historique (après 2010 b).
Cette baisse est due à la diminution des 3 paramètres de densité, de biomasse et de biodiversité. 1.
Même la biodiversité 3 sur l'ensemble des stations a baissé.
Il est raisonnable d'attribuer ces résulats aux conditions climatiques exceptionnelles de l'année 2021 (fortes pluies et cyclones).

6.3.4 Résumé

6.3.4.1 Synopsis des résultats par station

Le positionnement de chaque station par rapport à la moyenne de la mission du semestre est illustré sur la figure 110.

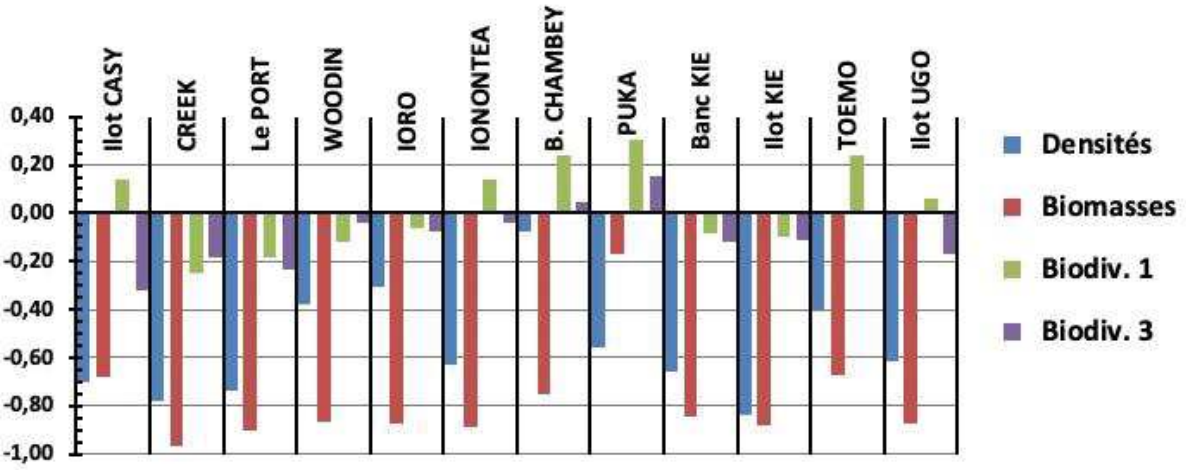


Figure 110 : Positionnement de chaque station par rapport à la moyenne

Pour représenter tous les paramètres sur un même graphique synoptique, chaque valeur est représentée par son écart à la moyenne pondéré par la moyenne.

Cette représentation gomme les écarts entre les stations de Prony et celles de la Havannah. De plus, les écarts entre les stations du canal de la Havannah peuvent être de 1 à 30 et de 1 à 6 pour les stations de la baie de Prony. A part la biodiversité de quelques stations, toutes les évaluations de cette mission sont inférieures aux moyennes sur la période historique.

6.3.4.2 Synopsis des résultats par mission

Le positionnement de chaque mission par rapport à la moyenne sur la période de suivi est illustré sur la figure 111.

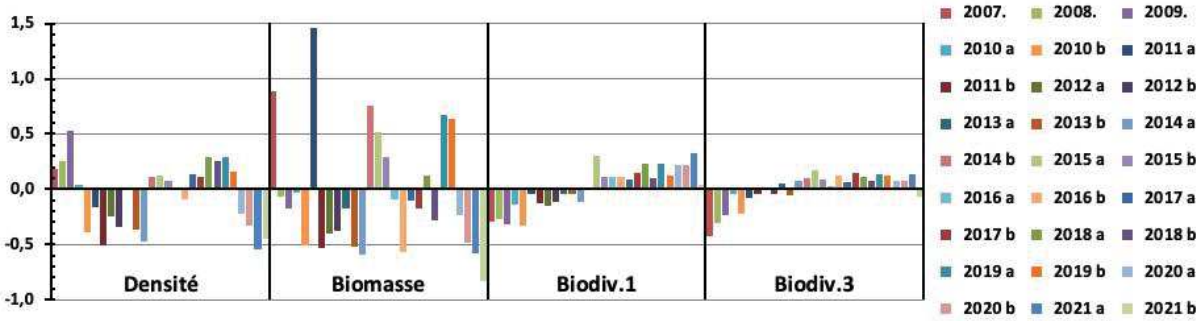


Figure 111 : Positionnement de chaque mission par rapport à la moyenne
Pour représenter tous les paramètres sur un même graphique synoptique, chaque valeur est représentée par son écart à la moyenne pondéré par la moyenne.

- Les biomasses fluctuent énormément : jusqu'à plus de 130 %
- Les densités un peu moins : jusqu'à plus de 50 % ;
- Les biodiversités sont plus stables : 30 % pour la biodiversité 1 (liste DENV) et le plus souvent autour de 10 % pour la biodiversités 3 (toutes espèces, station).

6.3.4.3 Le peuplement de poissons

Structure

L'examen des listes d'espèces montre que :

- Le peuplement total inventorié depuis 2007 est de 717 espèces
- Sur cet ensemble Bγ, entre 300 et 350 espèces sont vues à chaque mission (278 pour cette mission)
- L'ubiquité[23] spatiale des espèces (entre stations) est faible. Au cours de cette mission seulement

[23] L'Ubiquité est la faculté pour une espèce d'être vue en plusieurs endroits lors d'une même mission (ubiquité spatiale) ou d'être

15% de ces espèces sont ubiquistes (vues sur les différentes stations) et plus d'un tiers n'étaient pas sur la station à la mission précédente

- L'ubiquité temporelle des espèces (entre missions sur une même station) est également faible. Au cours des 27 missions réalisées, moins de 15% des espèces ont été vues plus de 13 fois et 55% ont été vues au plus 3 fois. Et plus de 27%, soit 198, n'ont été vues qu'une seule fois.

Dynamique

Quantitativement, le nombre d'espèces sur une station (Bα) change peu d'une mission à l'autre - la variation n'excède 5% qu'exceptionnellement – (comme pour cette mission).
Mais **qualitativement**, les espèces présentes changent : beaucoup d'espèces disparaissent, pour réapparaitre une ou plusieurs missions plus tard ou pas et certaines n'ont toujours pas réapparu.
Dans le détail, plus de la moitié sont remplacées ce qui maintient leur nombre stable et laisse croire à la stabilité. En réalité, cette stabilité n'est vraie que pour moins de 13% d'entre elles, soit environ 90 d'espèces.

Les abondances par espèce fluctuent également et se compensent ce qui tamponne en partie les fluctuations réelles. Ces fluctuations n'affectent pas que les espèces rares de familles confidentielles, c'est aussi vrai pour des familles très communes et diversifiées comme les Labridés, les Scaridés, les Acanthuridés, etc., et même les Pomacentridae qui sont si souvent supposés sédentaires. Dans cette famille, c'est aussi vrai pour les espèces non grégaires comme certains *Pomacentrus, Plectroglyphidodon, Stegastes,* etc. que pour des espèces grégaires comme la plupart des *Chromis* (*C. iomelas, C. margaritifer, C. viridis, C. fumea,* etc.).
Et même au niveau des « Familles » la structure des peuplements change d'une mission à l'autre. Certaines stations sont très variables comme Toémo et Ugo, d'autres le sont très peu comme Casy et Ioro et Woodin est la plus stable de toutes.

Classement (qualité du peuplement de poissons)

Une appréciation synthétique globale de la qualité du peuplement des poissons peut être donnée par la prise en compte de toutes les stations de la zone dans une cotation comparative à 4 niveaux et douze degrés au total (cf. § 3.4.3).
Ainsi, le peuplement de poissons peut être considéré comme stable depuis 2007 (cf. tableau 133). Sa note (sur 12) a régulièrement fluctué entre 6 et 9 depuis cette date, avec une exceptionnelle valeur basse de 4 en octobre 2010 et une exceptionnelle valeur haute de 11 en mars 2015 (du fait des stations Casy, Woodin, Toémo et Ionontea) et de 12 en mai 2018.

Selon ce calcul, le peuplement de poissons de novembre 2021 a la note de 5 sur 12 : la qualité du peuplement de poissons dans le réseau de suivi est médiocre (2ème plus basse note après octobre 2010).

Tableau 133 : Qualité du peuplement ichtyologique depuis 2007

2007	**7**	**2011 a**	**9**	**2013 b**	**8**	**2016 a**	**9**	**2018 b**	**8**	**2021 a**	**5**
2008	**6**	**2011 b**	**6**	**2014 a**	**6**	**2016 b**	**8**	**2019 a**	**9**	**2021 b**	**5**
2009	**6**	**2012 a**	**6**	**2014 b**	**9**	**2017 a**	**8**	**2019 b**	**8**		
2010 a	**8**	**2012 b**	**7**	**2015 a**	**11**	**2017 b**	**8**	**2020 a**	**7**		
2010 b	**4**	**2013 a**	**8**	**2015 b**	**9**	**2018 a**	**12**	**2020 b**	**6**		

Il est à noter que le peuplement de poissons de la station Woodin se maintien malgré l'invasion d'*Acanthaster planci* subie en 2018. A part Puka toutes les stations semblent en revanche accuser le passage des cyclones Luca et Niran. La station de la réserve Merlet (Ilot Kié) est celle qui est la plus affectée.
Notons que le peuplement en espèces « commerciales » de la station Ionontea n'est toujours pas reconstitué au niveau qu'il avait jusqu'en 2019.

retrouvée d'une mission à l'autre (ubiquité temporelle)

7 Synthèse bibliographique

Lors du rapport de la **mission d'octobre 2008** [R02], une synthèse bibliographique avait été réalisée sur ces sujets :

- La biogéographie et les complexes récifaux de la zone
- Les particularités des baies calédoniennes
- Les causes de dégradations de ces récifs
- Le **recrutement et les taux de croissance corallien**
- **Les proliférations de cyanobactéries.**

Lors des différentes missions de « **suivi du Creek baie nord** », plusieurs missions ont été réalisées, et à cette occasion, une synthèse bibliographique a été réalisée sur ces sujets :
Pour la 1ère mission (avril 2009, rapport [R03]) :

- L'acide sulfurique et ses principales caractéristiques
- Les accidents historiques liés à de l'acide sulfurique, avec des simulations de scénarios d'accident et les résultats de l'étude environnementales du « Bahamas »
- Le blanchissement corallien : les zooxanthelles, la physiologie corallienne et les paramètres influant sur le blanchissement.

Puis, pour la 2ème mission (juin 2009, rapport [R04]) :

- Des explications sur deux phénomènes pouvant influer sur la couverture corallienne, que nous avons observés lors de la mission : les cyanobactéries et les étoiles de mer *Culcita*
- Un relevé des données pluviométriques de la zone.

Et enfin, lors des 3ème et 4ème missions (décembre 2009 et avril 2010, rapports [R06, R08]) :

- Réactualisation des données météorologiques
- Impacts potentiels des conditions météorologiques sur l'état de santé des communautés marines.

Lors des différentes missions de « **suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés** », les rapports ont présenté à chaque fois une synthèse bibliographique.
En juin 2009 [R05], la synthèse bibliographique avait été réalisée sur ces sujets :

- Les causes de dégradations des récifs de la zone étudiée
- Les proliférations de cyanobactéries
- Les algues et leurs variabilités
- Le recrutement et les taux de croissance coralliens.

En mars-avril 2010 [R07], la synthèse bibliographique avait été réalisée sur ces sujets :

- Pourquoi étudier les biocénoses benthiques
- Les particularités de la baie de Prony
- Le recrutement et les taux de croissance coralliens : Pocilloporidae.

En septembre 2010 [R09] puis en mars 2011 [R11], la synthèse bibliographique avait été réalisée sur ces sujets :

- Le recrutement et les taux de croissance coralliens : exemple des Pocilloporidae sur les transects de la station 01
- Les algues et leurs variabilités depuis 2008
- Les proliférations de cyanobactéries et leurs fluctuations observées depuis 2008.

De la mission d'octobre 2008 à novembre 2016, tous les rapports [R02, R05, R07, R09 à R13, R16, R18 à R23] présentent le point de suivi sur le recrutement et les taux de croissance coralliens : exemple des Pocilloporidae sur le transect A de la station 01 (Casy).
Depuis octobre 2014 [R19 à R32], deux paragraphes sont présents et actualisés à chaque mission :

- Une synthèse des grands événements climatiques qui ont pu marquer la période étudiée (§ 7.1)
- Le contexte réglementaire (§ 7.2).

7.1 Synthèse des événements climatologiques sur la période d'étude

La plupart des informations de ce chapitre sont issues du site de Météo NC [R81].

7.1.1 Les événements météorologiques marquants par année

La Nouvelle-Calédonie est soumise très régulièrement aux assauts de perturbations tropicales. Le tableau 134 indique les principaux phénomènes dépressionnaires qui ont eu une influence sur les paramètres environnementaux dans la zone d'étude depuis 2003 (ils ne sont donc pas tous listés).

Tableau 134 : Principaux phénomènes dépressionnaires touchant la zone d'étude depuis 2003

ANNEE	PERIODE	NOM	CATEGORIE	DEGATS [R81]
2003	13 au 14 mars	Erika	Cyclone	2 morts / Dégâts considérables sur l'ensemble des infrastructures : réseaux électriques et de télécommunications, routes et bâtiments, agriculture, bateaux, etc. / Plus de 3 milliards CFP de dégâts déclarés
2004	27 février	Ivy	Cyclone	Fortes houles (vagues de 7 mètres) sur les côtes des îles Loyauté
2007	25 au 29 mars	Becky	Dépression tropicale forte	Grosse mer et fortes pluies
2009	22 au 26 mars	Jasper	Dépression tropicale forte	
2011	11 au 16 janvier	Vania	Dépression tropicale forte	Fortes précipitations et inondations / Dommages agricoles importants
	14 au 17 janvier	Zélia	Cyclone tropical	
2013	27 décembre 2012 au 4 janvier 2013	Freda	Cyclone tropical	Dégâts essentiellement dus aux pluies diluviennes qui ont provoqué un grand nombre de débordements de rivière avec des coupures de routes et des dégâts aux ouvrages d'art, des glissements de terrains et de nombreuses habitations inondées (par exemple 400 personnes sans abri à Thio)
2015	7 au 16 mars	Pam	Cyclone tropical	Certainement le plus puissant depuis le début des suivis (1970) : vents moyens maximaux estimés à 135 kt (250 km/h) et une pression minimale au centre estimée à 896 hPa au plus bas
2016	9 au 25 février	Winston	Cyclone tropical très intense puis dépression tropicale forte (en NC)	
2017	7 au 14 avril	Cook	Cyclone tropical	1 personne décédée (Kouaoua) / 4 blessés / 23 communes touchées / 1 milliard de XPF de dégâts estimés
	2 au 10 mai	Donna	Cyclone tropical intense puis cyclone tropical (en NC)	Aucune victime à déplorer / 325 habitations détruites (5 à Maré, 50 à Ouvéa et 270 à Lifou)
2018	25 au 30 janvier	Fehi	Dépression tropicale modérée	
	07 au 18 février	Gita	Cyclone tropical très intense	
	03 au 11 mars	Hola	Cyclone tropical intense	
	10 au 15 mars	Linda	Dépression tropicale modérée	
	21 au 30 mars	Iris	Dépression tropicale forte	
	26 au 30 septembre	Liua	Dépression tropicale modérée	*A fait annuler la mission ... recalée en novembre (coefficients de marée adéquats)*
2019	11 au 23 février	Oma	Cyclone tropical	
2020	12 au 16 mars	Gretel	Dépression tropicale forte	
2021	01 au 05 février	Lucas	Dépression tropicale forte	
	1 au 7 mars	Niran	Cyclone tropical très intense	

	4 – 5 mai		Episode pluvio-orageux	Précipitations de durée de retour centenale. *Mission décalée à suivre*

7.1.1.1 2011

Les évènements dépressionnaires du début d'année 2011 se sont superposés au phénomène climatique « La Niña » (cf. § 7.1.2.3).
C'étaient principalement la dépression tropicale forte **Vania** qui a touché le sud du Territoire le 14 et 15 janvier 2011, puis dans une moindre mesure le cyclone **Zélia**.
Les vents violents ont généré dans le canal de la Havannah, une forte houle, un ressac très important et des courants de marée supérieurs à la normale. Ces agents hydrodynamiques exceptionnels ont entrainé une dégradation mécanique sans conteste sur le sommet des récifs, arasant les biocénoses benthiques les plus fragiles, arrachant des colonies coralliennes et créant des effondrements de blocs et de débris le long des pentes récifales et du blanchissement corallien sur les colonies dégradées et/ou perturbées.
D'autre part, les précipitations induites par les dépressions étaient également bien au-dessus des normales saisonnières et très abondantes sur une courte période. Ceci a généré une dessalure importante des eaux de surface à proximité des creeks et des rivières en baie de Prony (milieu par ailleurs très protégé des vents et des agents hydrodynamiques).

7.1.1.2 2013

L'évènement dépressionnaire du début d'année 2013 : le cyclone tropical Freda a touché le Territoire entre le 1 et le 4 **janvier 2013**, impliquant des vents violents et des précipitations très importantes. De plus, le régime des vents est demeuré majoritairement ESE. Ainsi sur certaines parties de la côte, ce régime particulier a ralenti le mélange des eaux douces sur la verticale (issues des pluies et cours d'eau) et a augmenté leur temps de résidence dans le fond de la baie de Prony, d'où une lame d'eau douce plus durable que d'habitude.
Les dégradations mécaniques ont été importantes dans le canal de la Havannah (arrachement, effondrement de débris). La dessalure des eaux de surface couplée aux panaches turbides ont entrainé un blanchissement corallien massif et une mortalité des mollusques et échinodermes sur toute la bordure littorale de la baie de Prony (et ailleurs : [R14]). Cependant, les observations induites par la dessalure des eaux de surface ne sont pas enregistrées pour les stations de ce réseau car les transects sont implantés plus profonds. Seules les perturbations sédimentaires ont été enregistrées.

En juillet 2013 de fortes pluies ont touché le Territoire. En parallèle, des mortalités importantes d'organismes marins (poissons, échinodermes, mollusques) ont été observées dans les baies du Grand Sud (baie Kwé, Port Boisé, Pointe de l'abattoir).
Un rapport a été émis [R51] afin de compiler les différentes sources d'informations et de donner un avis pour expliquer ce phénomène :
« Les conditions météorologiques et pluviométriques observées les 2 et 3 juillet 2013 d'une intensité rare [R63] ont engendrées un déferlement massif d'eaux douces chargées sur l'ensemble des bassins versants de la zone. Cela s'est traduit par la présence de nombreux panaches turbides d'eaux dessalées (9‰ en baie du Prony le 5 juillet) au droit des exutoires naturels (Baie des Anglais, Baie de la Somme, Baie de Carénage, Rade Nord, Bonne Anse, Port Boisé, Baie Kwé, Baie N'GO). Les observations réalisées par Vale NC et par l'ŒIL montrent que ce phénomène de dessalure était persistant dans la couche d'eau superficielle une semaine après les pluies [R01]. Ce phénomène de dessalure intense associé à des panaches turbides avait déjà été observé en 2013 à l'issue du passage du cyclone tropical Freda avec un impact mesuré principalement sur les communautés coralliennes peu profondes de la baie du Carénage, de la baie de la Somme, de la baie des Anglais et du nord de la rade Nord en baie de Prony [Com. pers., R14, R45].
A la différence de Freda, ce phénomène de mortalité a touché un spectre plus large influençant à la fois l'ichtyofaune et certains taxons des communautés macro benthiques avec des mortalités d'holothuries, de crabes et de poulpes. Il apparait que le phénomène a aussi bien touché des espèces mobiles que sédentaires et semble avoir touché uniquement des espèces côtières présentes à proximité des embouchures. »

7.1.1.3 2015

Le cyclone tropical Pam est passé non loin de la zone d'étude le 14 mars 2015. Il a engendré une forte houle, du ressac et sur le site de l'usine : des vents atteignant 89.6km/h et des précipitations importantes (72.2

mm).
Le cyclone Pam a été baptisé le lundi 9 mars 2015 dans le Pacifique sud-ouest à près de 1 000 km à l'est/nord-est des îles Salomon. Cette tempête tropicale s'est renforcée rapidement pour atteindre le stade de cyclone tropical dès mardi 10 mars 2015.

Puis le jeudi 12 mars, ce cyclone a été classé en 5e catégorie sur l'échelle d'intensité cyclonique australienne[24]. Selon le centre météorologique régional de Nandi (Fidji), responsable de la prévision cyclonique dans le Pacifique sud-ouest, la pression en son centre était estimée à 920 hPa et les vents moyens à 220 km/h (rafales à 320 km/h).
Le cyclone Pam s'est ensuite déplacé vers le sud sud-ouest puis vers le sud. Sa trajectoire a touché directement les îles du sud de l'archipel du Vanuatu vendredi 13 mars après-midi avant de passer à environ 170 km à l'est de Maré dans la matinée de samedi 14 mars.

Les dégâts au Vanuatu ont été considérables. L'Unicef Nouvelle-Zélande a évoqué ce qui pourrait être « l'une des pires (catastrophes naturelles) de l'histoire du Pacifique ».

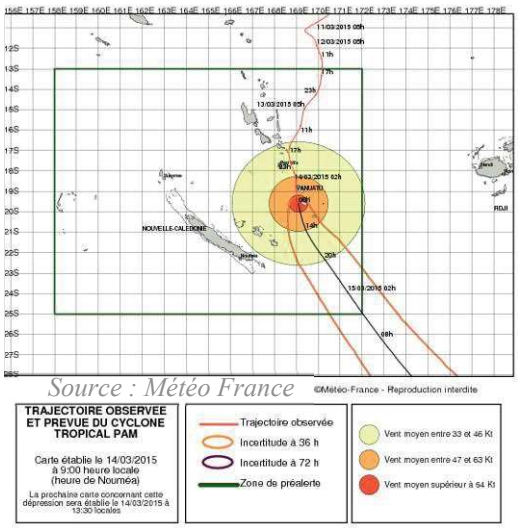
Les zones de Nouvelle-Calédonie qui ont été les plus exposées sont les iles Loyautés (particulièrement Maré et Lifou) et l'ile des Pins où ont sévi de violentes rafales de vent et de fortes précipitations. La gendarmerie de Maré a indiqué qu'une houle avec des creux de 5 à 7 mètres, des trombes d'eau et des rafales de vent à plus de 100 km/h avaient été observés. Cependant, selon la sécurité civile de l'archipel, le puissant cyclone Pam n'a pas engendré de dégâts majeurs.

Les stations météorologiques situées sur le site de Vale NC (cf. figure 112) ont enregistré un maximum d'intensité de vent et de précipitation le samedi 14 mars (selon les 3 stations : le maximum des précipitations était compris entre 34.2 et 72.2 mm et le maximum de vent entre 23.3 et 24.9 m/s soit entre 83.9 et 89.6 km/h). La hauteur de houle n'est pas enregistrée dans la zone d'étude cependant un vent de cette intensité engendre de forte houle et du ressac sur les récifs exposés.

Bien que la trajectoire du cyclone Pam soit éloignée de la partie sud de la Nouvelle-Calédonie, cet évènement cyclonique extrême a engendré des perturbations mécaniques (houle et ressac) ainsi qu'une dessalure des eaux de surface sur les récifs situés dans la zone d'étude le 14 mars 2015.
Les perturbations les plus importantes sont mécaniques et elles concernant particulièrement les récifs du canal de la Havannah et du canal Woodin puis dans une moindre mesure les perturbations liées à la dessalure des eaux de surface sont localisées préférentiellement dans les baies et à l'embouchure des creeks et rivières.

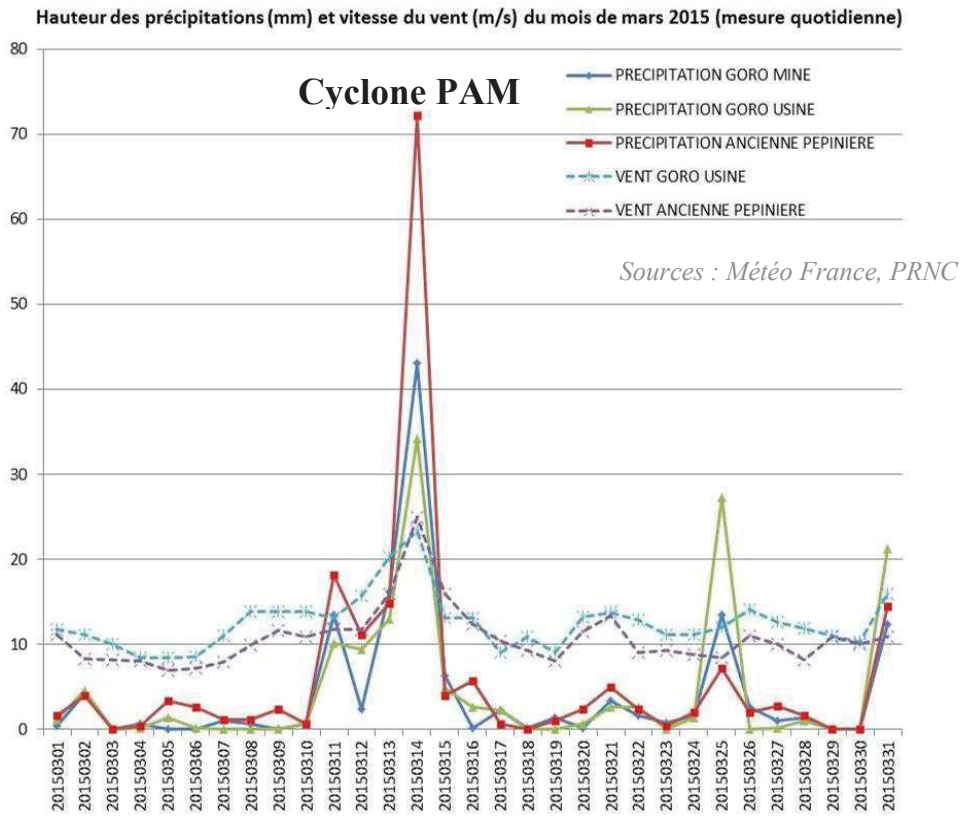


Localisation des stations de Météo France sur le site de PRNC (stations Goro mine, Goro usine et Ancienne pépinière)



Trajectoire du cyclone Pam entre le 11 et le 15 mars 2015

[24] Il existe plusieurs échelles selon les pays / zones géographiques, mais Pam était au niveau maximum quelle que soit l'échelle retenue (équivalent par exemple d'un ouragan pour le système US ou d'un typhon pour le système NW Pacific)



Hauteur des précipitations (mm) et vitesse du vent (m/s) du mois de mars 2015. Ces mesures ont été réalisées quotidiennement dans trois stations Météo France localisées sur le site de PRNC

Figure 112 : Météorologie dans la zone d'étude (mars 2015)

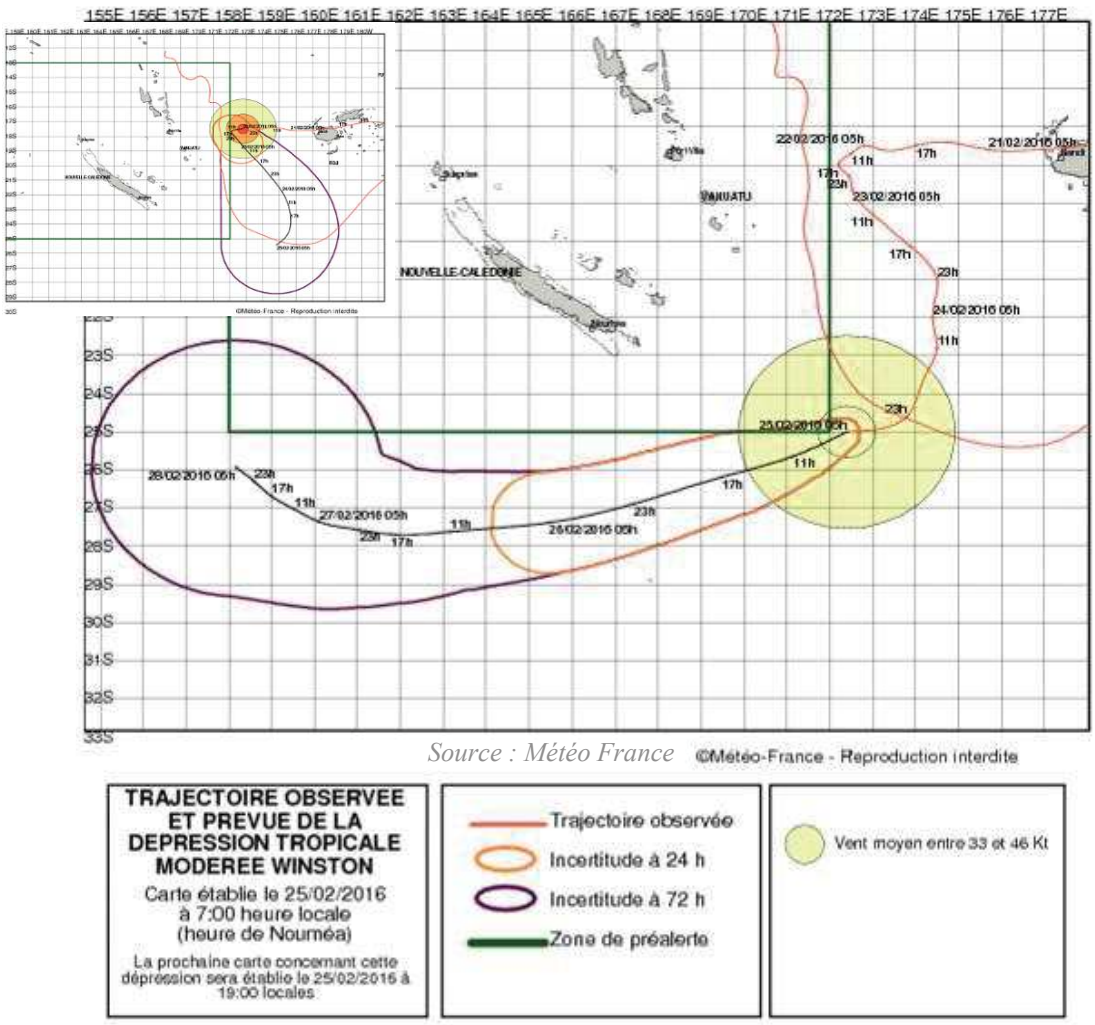
7.1.1.4 2016

Le cyclone tropical très intense Winston est d'abord passé près de la Nouvelle-Calédonie en se dirigeant vers le sud, puis il est remonté vers les Samoa, avant de faire demi-tour et de repartir vers Fidji. Une fois situé au large du Vanuatu il a refait un virage en direction du sud sud-est pour continuer sa progression lente vers l'ouest, en commençant à s'affaiblir en dépression tropicale et s'éloigner progressivement du Vanuatu et de la Nouvelle-Calédonie.

Le lundi 22 **février 2016**, il se situait par 17.5 sud et 172.8 est, soit à environ 500 km dans l'est de Port-Vila (Vanuatu). Sa pression au centre était estimée à 945 hPa. Il générait des vents moyens proches de 180 km/h près de son centre, avec des rafales de l'ordre de 250 km/h.

Puis il s'est affaibli en dépression tropicale forte en passant par le sud de la Nouvelle-Calédonie le 25 et 26 février 2016. L'état de vigilance orange a été appliqué pour fortes pluies sur le sud de la Grande Terre (192 mm de pluie à Goro, 135 mm à La Coulée, entre 80 et 90 mm sur Nouméa). Le vent aussi s'est manifesté avec une certaine violence. Les rafales sont montées à 80 km/h à Magenta et à l'île des Pins, à 70-80 km/h à Goro [R81].

En mer, il a engendré une forte houle et du ressac.

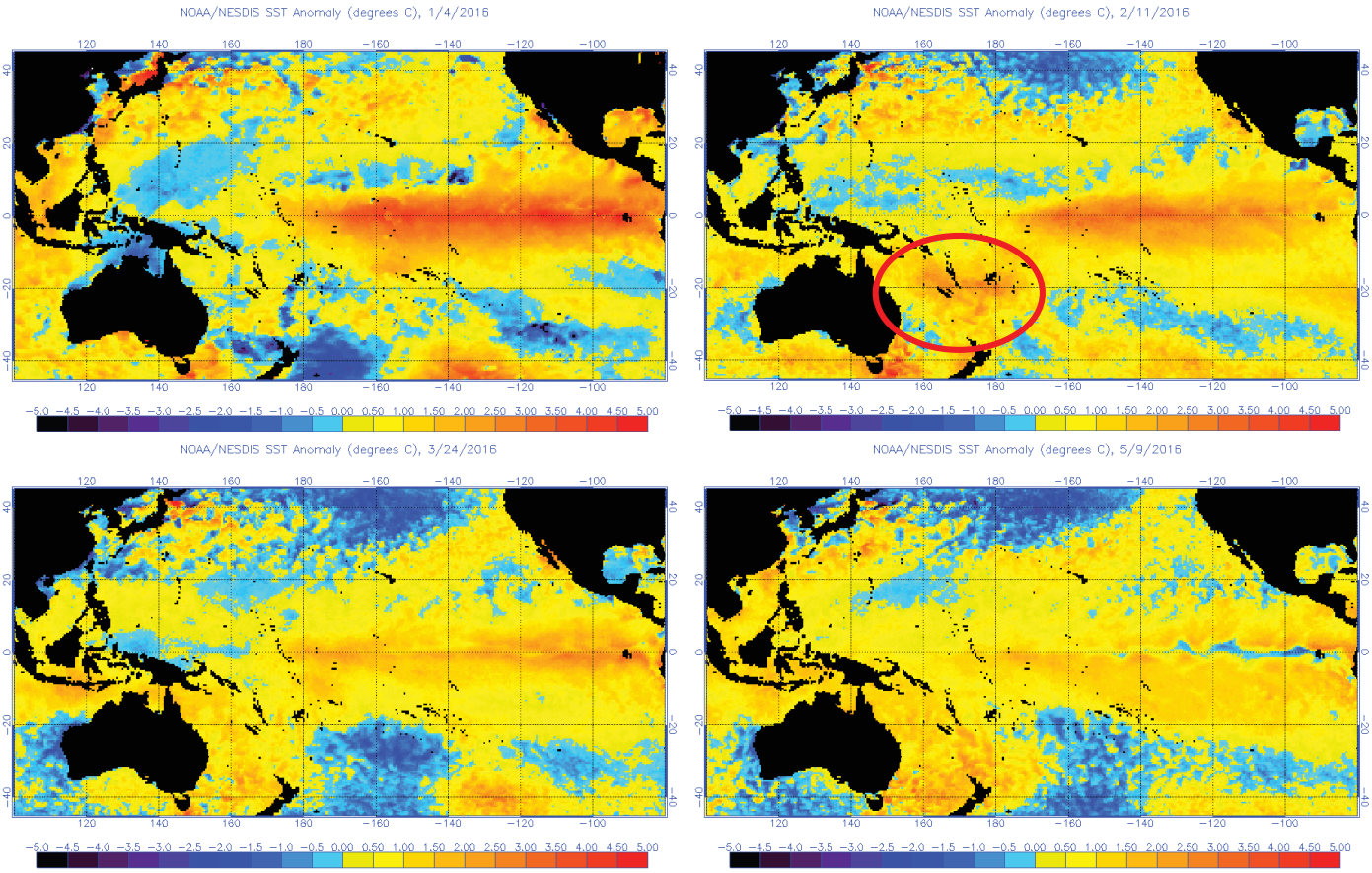


Source : Météo France ©Météo-France - Reproduction interdite

Figure 113 : Trajectoire du cyclone Winston (février 2016)

Globalement, 2016 a été la 3ème année la plus chaude depuis 1970 avec +1,0°C d'écart à la moyenne des normales. Il y a eu 2 vagues de chaleur exceptionnelles en février (qui a été le plus chaud depuis 1970).
Ainsi, contrairement à toutes les attentes et le scénario annoncé (du fait d'être en phase El Niño), de **février 2016 à fin mars 2016**, de fortes chaleurs ont été enregistrées sur la Nouvelle-Calédonie. Cette « canicule » était accompagnée par des **anomalies de température positives** en mer (cf. figure 114 > à 2°C) ainsi que par un indice UV très élevé par rapport à la normale. Il y a eu aussi des phases de dessalure ponctuelles relatives aux précipitations. Ce phénomène encore inexpliqué (relatif à la conjugaison de multiples paramètres de l'environnement) n'a pas été lié directement au phénomène ENSO.

Les conséquences sur l'environnement marin ont été très importantes : la hausse de la température des eaux et des UV associée à une baisse de la salinité a entrainé un phénomène de blanchissement massif des récifs autour de la Nouvelle-Calédonie.
De nombreuses perturbations en chaîne dans le milieu marin en ont découlé (mortalité des coraux scléractiniaires, des alcyonaires, développement d'algues, cyanobactéries et de turf sur les colonies coralliennes…).



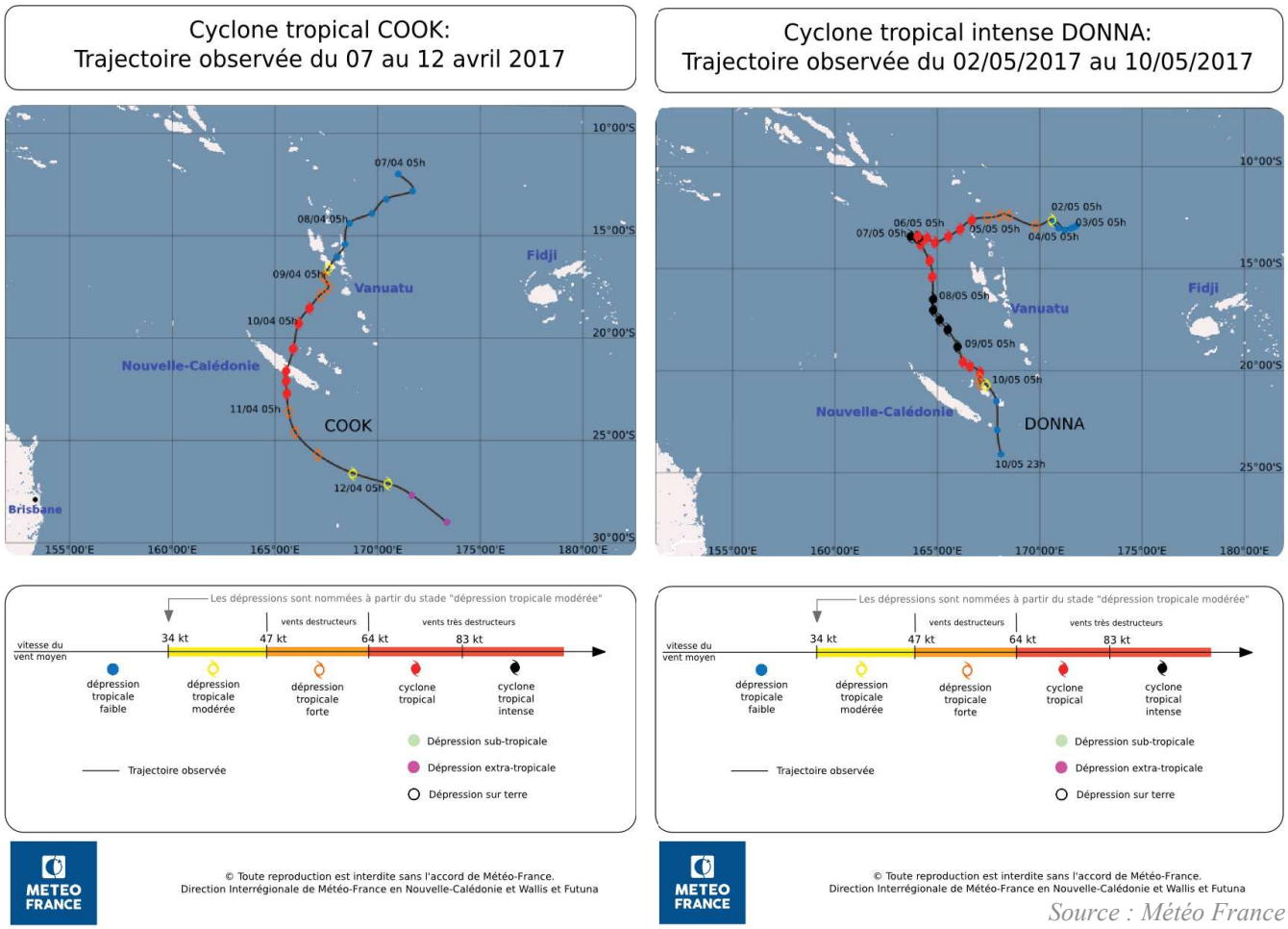
Source : NOAA

Figure 114 : Cartes des anomalies de température de surface de la mer dans le Pacifique, début 2016

7.1.1.5 2017

Le cyclone tropical Cook (7 au 14 avril 2017) s'est formé dans le nord du Vanuatu le 7 avril. À partir du 9, il a incurvé sa trajectoire vers la Nouvelle-Calédonie en s'intensifiant et a atteint le stade de cyclone tropical en fin de journée. Cook a traversé la Nouvelle-Calédonie le 10 avril après-midi en provoquant des rafales de vent proches de 200 km/h, de fortes pluies et une mer très mauvaise sous sa trajectoire. Il s'est affaibli ensuite et s'est éloigné vers le sud sud-est.

Le cyclone tropical intense Donna (2 au 10 mai 2017) a été baptisé le 3 mai au nord-est du Vanuatu. Il a suivi une lente trajectoire vers l'ouest puis bifurqué le 6 vers la Nouvelle-Calédonie tout en se renforçant au stade de cyclone tropical intense. Le 9 mai, redevenu cyclone tropical, il a occasionné des vents violents sur Ouvéa et Lifou. De très fortes vagues ont été observées. Les pluies étaient peu abondantes. Son intensité a rapidement décru et il s'est éloigné vers le sud le 10 mai.



Source : Météo France

Figure 115 : Trajectoire des cyclones Cook et Donna (début 2017)

7.1.1.1 2018

En début d'année 2018 plusieurs phénomènes climatologiques ont eu lieu, qui ont amené à annuler la campagne du 1er semestre prévue en mars et à la reporter alors en mai (1er créneau adéquat pour les coefficients de marée).
La dépression de septembre a, de même, fait annuler la 1ère date de mission du 2ème semestre qui a dû être décalée en novembre.
Les caractéristiques de ces phénomènes sont résumées ci-dessous [R81].

Fehi : du 25 au 30 janvier : **Dépression tropicale modérée**. Un minimum se creuse au sud des Salomon dans le talweg de mousson et se déplace ensuite vers la Nouvelle-Calédonie. Fehi est nommée au stade de dépression tropicale modérée à 150 km à l'ouest nord-ouest de Belep le 29/01 à 8 heures. Entre le 28 et le 29/01, elle provoque des pluies importantes surtout sur le Nord, l'Est et le relief (432 mm relevés à Méa) avec des rafales à plus de 100 km/h. Elle s'éloigne ensuite vers la Nouvelle-Zélande.

Gita : du 07 au 18 février : **Cyclone tropical très intense**. Le précurseur de Gita se forme dans un talweg de mousson au nord du Vanuatu. Il passe juste au sud de Wallis-et-Futuna en provoquant de fortes pluies et de fortes rafales (130 km/h). Il est ensuite baptisé, se renforce rapidement et cause de gros dégâts aux Samoa et aux Tonga. Il passe à 100 km environ au sud-est de l'Ile des Pins au stade de cyclone tropical, avec une forte houle, de fortes rafales (140 km/h), et des pluies modérées.

Hola : du 03 au 11 mars : **Cyclone tropical intense**. Un minimum se creuse au nord-est du Vanuatu. Il est nommé le 06/03 à 23h locale, traverse le nord du Vanuatu, puis stagne au stade de cyclone tropical intense le

08/03 à environ 300 km dans le nord-ouest d'Ouvéa. Il passe à environ 80 km des Loyauté, au stade de cyclone tropical, entre le 09 et le 10 mars, où les rafales atteignent 130 km/h. Il provoque de fortes pluies : 200 à 350 mm sur le Sud, 100 à 150 mm sur l'Est et les Loyauté.

Linda : du 10 au 15 mars : **Dépression tropicale modérée**. Un minimum se creuse sur les Salomon et se déplace vers le sud sur le 160°E jusqu'aux Chesterfield. La dépression est nommée au stade de dépression tropicale modérée à 470 km à l'ouest de Belep le 13/03 à 18h. Des vents forts de NE sont alors mesurés à Poingam (rafales de 65 km/h), et des cumuls de pluies importants sont recueillis sur la chaine Nord (123 mm à Méa, 93 mm à Tango). Le 14/03, Linda s'éloigne vers le sud-ouest en faiblissant.

Iris : du 21 au 30 mars : **Dépression tropicale forte**. Le système tropical se forme entre les Salomon et le Vanuatu le 23. Progressant initialement vers l'ouest, il devient temporairement une dépression tropicale modérée le 24, puis se dirige vers le sud le 25. A partir du 29, il remonte vers le nord-ouest entre l'Australie et les Chesterfield. Se déplaçant lentement dans l'ouest de la Nouvelle-Calédonie, il engendre de fortes pluies entre le 24 et le 29, notamment sur la côte Est. Dans le flux de nord à est résultant sur la Nouvelle-Calédonie, de fortes pluies se sont abattues sur le pays entre le 24 et le 29 mars. C'est le 28 que les cumuls les plus importants sont mesurés, avec jusqu'à plus de 260 mm en 24 h enregistrés par la station de Méa (Kouaoua). En 48 h c'est la station de Thio plateau qui enregistre avec 489 mm, le cumul le plus élevé.
Elle est suivie par **Josie** (dépression tropicale modérée) et **Keni** (cyclone tropical), prolongeant le mauvais temps jusqu'au 11 avril.

Liua : du 26 au 30 septembre : **Dépression tropicale modérée**. Le 26/09, une dépression tropicale faible se forme aux Salomon. Elle atteint le stade de dépression tropicale modérée le 27 et est baptisée Liua. Elle se déplace lentement vers le sud, puis le sud-ouest, puis s'affaiblit le 28. Elle est reclassée dépression tropicale faible le 29 en s'évacuant vers l'ouest. Liua est la dépression tropicale modérée la plus précoce enregistrée jusque-là sur le bassin Pacifique Sud-Ouest.

7.1.1.2 2019

Oma : du 11 au 23 février : **Cyclone tropical**. Le 11/02, une dépression tropicale faible se forme en Mer de Corail, puis elle s'intensifie en se déplaçant près du nord du Vanuatu. Elle est baptisée Oma le 12/02. A partir du 17/02, elle se dirige vers le sud-ouest pour passer à près de 100 km à l'ouest de Belep le 19/02 au stade de cyclone tropical. Elle poursuit sa route jusqu'au 23/02 vers le sud-ouest en faiblissant. Oma était un cyclone tropical lent avec une durée de vie longue.

Globalement, 2019, à l'échelle planétaire a été la **2ème année la plus chaude** depuis 1850. Sur la Nouvelle-Calédonie, la moyenne annuelle des températures n'a pas été exceptionnelle, mais se place dans le tiers supérieur des valeurs les plus élevées depuis 50 ans.
La pluviométrie était déficitaire avec un écart à la normale de -35 % soit la 5ème position des cumuls annuels les plus faibles depuis 1961.

7.1.1.3 2020

Uesi : du 09 au 13 février : **Cyclone tropical (catégorie 3)**. Il est issu d'une perturbation tropicale qui s'est formée dès le 4 février dans le sud des Îles Salomon. Il est passé au plus près de la Nouvelle-Calédonie le 11 février aux alentours de 17 h, à un peu moins de 100 km à l'ouest immédiat des Îles Belep. Le vent a atteint son maximum d'intensité sur le nord de la Grande-Terre le 11 en soirée et en début de nuit, au moment où le cyclone était au plus près du pays avec des rafales atteignant 100 à 120 km/h.
En Nouvelle-Calédonie, le temps s'est dégradé avec l'arrivée des premières pluies dès le 10 février en matinée. La station Camp des Sapins a enregistré les records : 575,8 mm en 3 jours et 397 mm en cumul glissants en 24 h (durée de retour de 20 ans), mais les cumuls enregistrés ailleurs ont une durée de retour inférieure à 10 ans et ne revêtent donc pas de caractère exceptionnel.

Gretel : du 12 au 16 mars : **Dépression tropicale forte**. Le 12/03, une dépression tropicale faible se forme au nord de la mer de Corail au sein d'un talweg de mousson puis se creuse lentement en se déplaçant lentement vers l'est sud-est. Elle accélère vers le sud-est et devient modérée dans la nuit du 14 au 15 et est baptisée

GRETE, tout en entrant dans notre zone de surveillance. Elle passe entre 100 et 150 km à l'ouest de la Grande-Terre dans la nuit du 15 au 16 en devenant forte. Elle s'évacue ensuite très rapidement vers les Kermadec où elle subit une transition extra-tropicale. Elle a engendré des rafales comprises entre 120 et 170 km/h sur la côte ouest (127 km/h à Goro) ainsi qu'un épisode de fortes pluies (relief et Nord). Cependant, sur l'ensemble du pays, les quantités de précipitations mesurées par les pluviomètres ne sont pas remarquables. Sur 48 heures glissantes, la majorité des cumuls maximaux ne dépassent pas 100 mm. Les cumuls de précipitations les plus élevés sont compris entre 150 et 200 mm environ et sont enregistrés sur les pointes nord et sud de la Grande-Terre ainsi qu'à Camp des Sapins. Avec 202,6 mm en 48 heures, c'est à Poum que les pluies sont les plus abondantes.

Globalement, **2020, à l'échelle planétaire est l'année la plus chaude** depuis 1880, à égalité avec 2016.
Sur la Nouvelle-Calédonie, la moyenne annuelle des températures a été de 23,9°C, soit 0,6°C au-dessus de la normale 1981-2010, ce qui place l'année 2020 au **4ème rang des années les plus chaudes depuis 1970**.
Le total des pluies sur l'année 2020 est proche de la référence 1981-2010. Seuls se démarquent les mois de janvier et juin avec un déficit pluviométrique marqué, puis décembre avec un bilan largement excédentaire.

7.1.1.4 2021

Lucas : du 01 au 05 février : **Dépression tropicale forte**. C'est une dépression atypique par certains aspects. Asymétrique et pluvieuse, elle ressemble à une « dépression de mousson ». De plus, elle est passée sur la Nouvelle-Calédonie en phase de transition marquée par deux temps forts : un renforcement brutal à l'approche d'Ouvéa et de Lifou, suivi d'un affaiblissement rapide du système au voisinage de la Grande-Terre.
Pluies : cumuls pluviométriques en 48 heures supérieurs à 300 mm à : Mouli (Ouvéa) avec 437 mm, Dumbéa avec 419 mm, Montagne des Sources (Yaté) avec 364 mm et Goro Résidus (station PRNC) avec 301 mm.
Vent : rafales de plus de 100 km/h mesurées sur la moitié sud de la Grande-Terre, à l'île des Pins et aux îles Loyauté. Rafales les plus fortes mesurées à Ouanaham (Lifou) avec 171 km/h et Goro Usine (station PRNC) avec 152 km/h.

Niran : du 01 au 07 mars : **Cyclone tropical très intense (catégorie 5)**. Il reste pendant plusieurs jours au nord-est du Queensland, où il se creuse peu à peu. Il se renforce ensuite en prenant une trajectoire vers l'est sud-est. Son intensité culmine dans la nuit du 05 au 06/03, puis il frôle le sud-ouest de la Nouvelle-Calédonie, qui est en alerte 2, le 06/03.
Se déplaçant rapidement, il impacte le Territoire pendant peu de temps, mais avec des vents violents (entre 150 et 200 km/h) et une mer déchaînée. Les cumuls de pluie, eux, sont modérés.
Pluies : un seul cumul supérieur à 100 mm en 12 heures : 183 mm à Camp des Sapins (Boulouparis).
Vent : Rafales supérieures à 100 km/h partout. Rafales maximales 206 km/h à Montagne des Sources (Yaté), 189 km/h à Nessadiou (Bourail), 171 km/h à Goro Résidus (station PRNC).

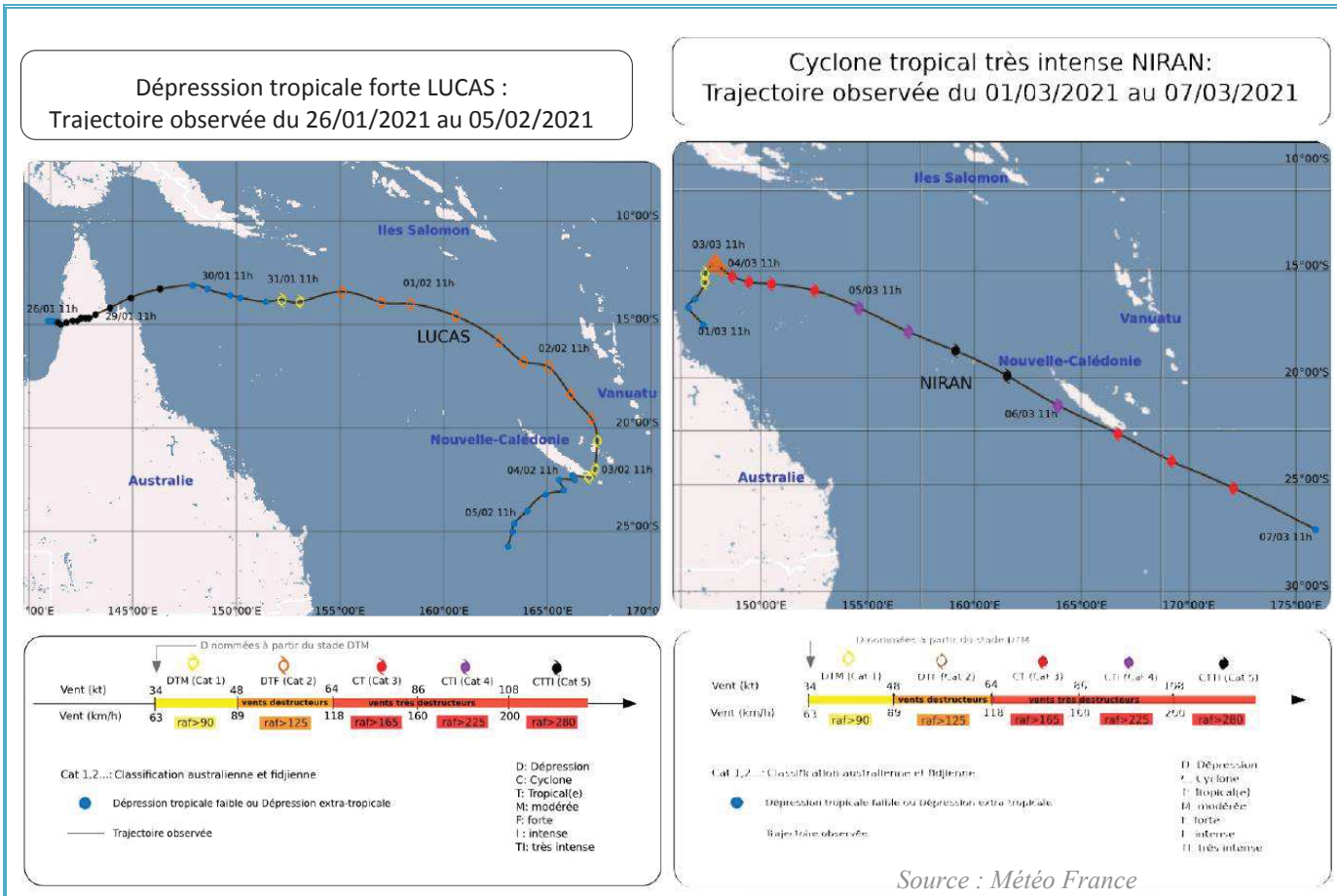


Figure 116 : Trajectoire de la DTF Lucas et cu CTTI Niran (début 2021)

Episode pluvio-orageux : du 04 au 05 mai. L'intensité des précipitations a entraîné le déclenchement de la vigilance rouge pour les communes de Yaté et Mont-Dore (cf. figure 117).
Cet épisode pluvio-orageux est marquant par l'intensité des averses tombées sur de courtes durées : l'extrême sud a reçu des quantités de pluies exceptionnelles (cf. tableau 135) alors que sur le reste pays, les cumuls maximaux de précipitations observés en 12 heures ne dépassaient guère les 100 mm.
Ainsi, sur Yaté, les cumuls maximaux enregistrés en 3, 4 et 6 heures ont une **durée de retour centennale**.
Les cumuls sur 12 h pour Yaté et Goro AP (cf. figure 118) ont une durée de retour supérieure à 50 ans et représentent le double du cumul habituellement mesuré par ces stations durant tout un mois de mai.
Le cumul 24 h de Yaté constitue, pour cette station, un nouveau **record absolu de pluies en 24 heures, tous mois confondus**, **sur 28 années de mesure** (le précédent record de 374,3 mm date du 24/12/2011, ex-dépression tropicale Fina).

La mission du 1er semestre 2021 était prévue cette semaine. Le 04 il n'a pas été possible d'accéder au Sud. Elle a été décalée et a commencé une fois le phénomène terminé, soit le 06 mai.

Tableau 135 : Cumuls maximaux de pluies (04/05/2021)

STATION	DUREE	CUMUL
Goro Ancienne Pépinière (PRNC)	6 h	294 mm
	12 h	386.5 mm
Yaté Mairie	12 h	430.2 mm
	24 h	444 mm

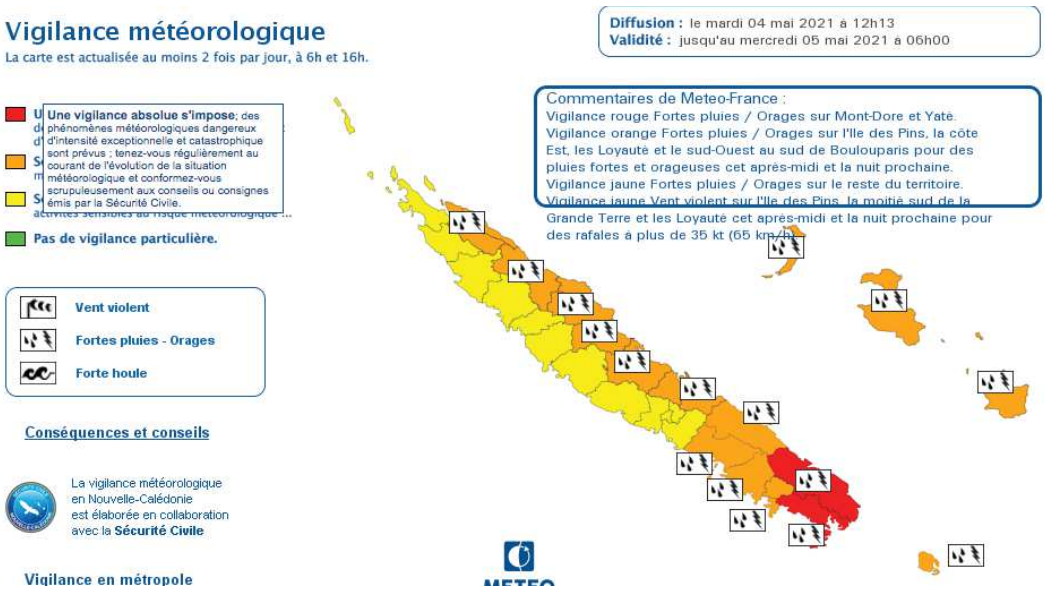


Figure 117 : Carte de vigilance du 04/05/21 à 12h13

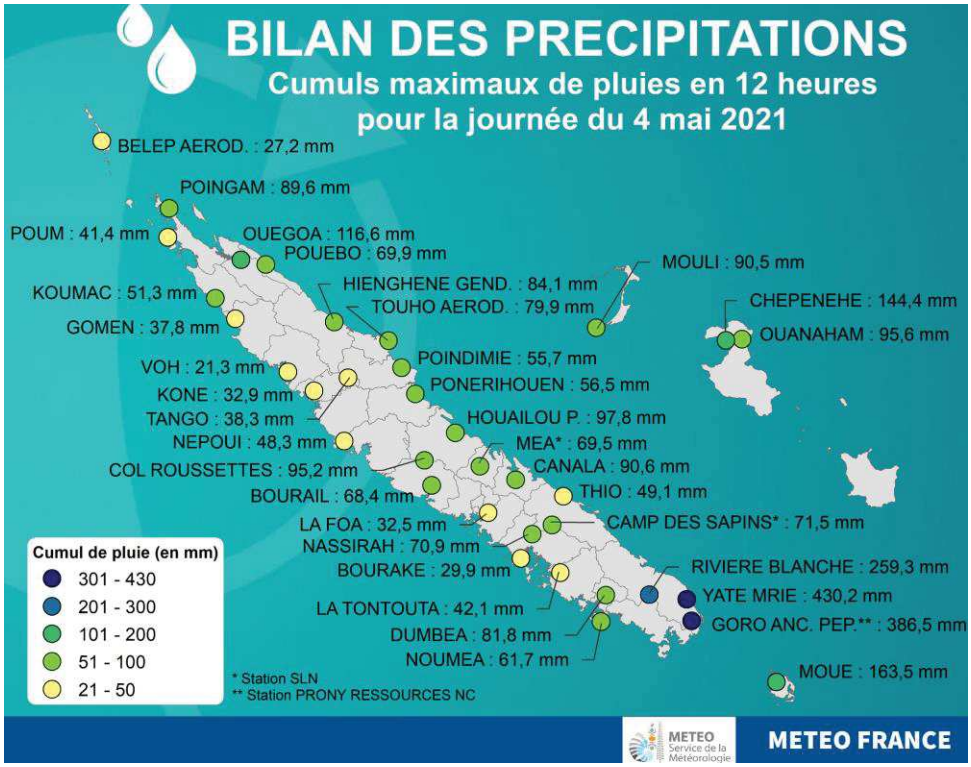


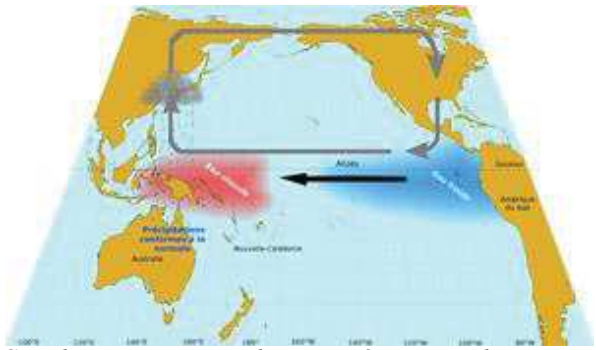
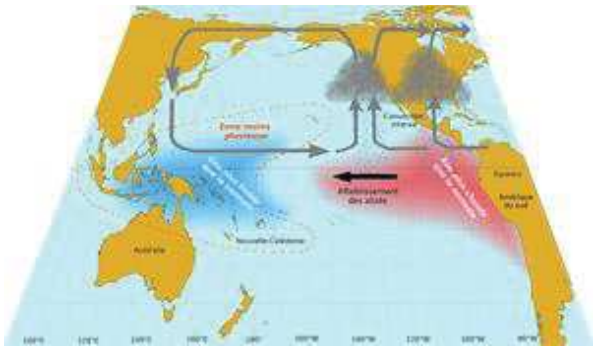
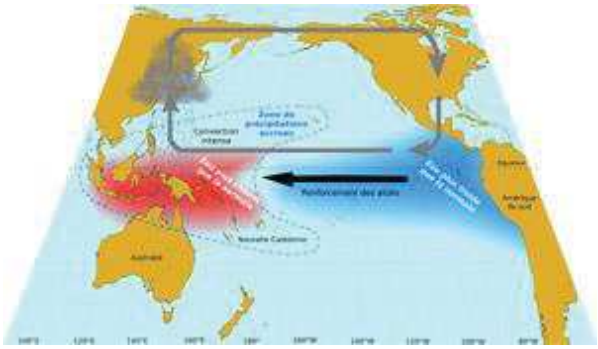
Figure 118 : Carte des bilans pluviométriques du 04/05/2021

7.1.2 Le phénomène ENSO

7.1.2.1 Généralités

Ces données sont issues du site de Météo France et Météo nc [R81].

Le terme ENSO (El Niño Southern Oscillation) désigne les modifications de la circulation atmosphérique dans le Pacifique équatorial ainsi que les anomalies de température de l'océan qui y sont associées.
Trois phases peuvent être distinguées :

La **phase neutre** (ni El Niño, ni La Niña) : les alizés soufflent d'est en ouest sur l'océan Pacifique tropical. Ils provoquent une remontée d'eau des profondeurs au centre et à l'est de l'océan Pacifique équatorial, ce qui se matérialise par une langue d'eau froide. Ils entraînent également une accumulation d'eau « chaude » à l'ouest du bassin	 *Circulations et principales caractéristiques climatiques dans le Pacifique en phase neutre pendant l'été austral (adaptée de [R81]).*
La **phase El Niño** : au niveau de l'équateur, les alizés s'affaiblissent si bien que la langue d'eau froide équatoriale laisse place à des eaux de surface plus chaudes que la normale. El Niño se caractérise ainsi par des températures de surface de la mer plus élevées que la normale (écarts supérieurs à +0,5 °C) dans le Pacifique central équatorial. En été, les bouleversements atmosphériques induits par ce réchauffement consistent en un déplacement des fortes précipitations de l'Indonésie vers le centre du Pacifique tropical. On constate notamment une réduction du flux de la MPO, une intensification et une migration vers l'équateur de la ZCIT, ainsi qu'un déplacement vers le nord-est de la ZCPS.	 *Principales manifestations de la phase El Niño dans le Pacifique pendant l'été austral (adaptée de [R81])*
La **phase La Niña** : le long de l'équateur, les alizés s'intensifient. La remontée d'eau froide sur le bord est de l'océan Pacifique est alors accrue, tandis que des eaux plus chaudes que la normale sont observées à l'ouest du Pacifique. La Niña se caractérise ainsi par des températures de surface de la mer plus basses que la normale (écarts inférieurs à -0,5 °C) dans le Pacifique central équatorial. En été, les bouleversements atmosphériques induits par ce refroidissement consistent en une accentuation des précipitations sur l'Indonésie et un assèchement de l'atmosphère tropical au centre du Pacifique. On constate notamment un renforcement du flux de la MPO, un affaiblissement et un retrait vers le nord de la ZCIT, ainsi qu'un déplacement vers le sud-ouest de la ZCPS.	 *Principales manifestations de la phase La Niña dans le Pacifique pendant l'été austral (adaptée de [R81]).*

ENSO est la principale source de variabilité interannuelle des précipitations et des températures observées en Nouvelle-Calédonie [R61] :

- Les précipitations sont fortement affectées par ENSO, surtout en saison chaude et particulièrement dans le nord de la Grande Terre et sur les îles Loyauté.
- Les périodes El Niño sont caractérisées par un risque accru de sécheresse et les périodes La Niña, par un risque accru de fortes pluies.
- Les températures minimales ont tendance à être anormalement basses en période El Niño ; c'est l'opposé en période La Niña.
- El Niño augmente le nombre de tempêtes tropicales qui touchent l'est et le centre de l'océan

Pacifique, alors que par ailleurs, l'apparition d'épisodes La Niña tend à coïncider avec une diminution du nombre de perturbations dans le Pacifique sud.

La relation entre ENSO et les températures maximales est moins marquée. Elle varie suivant la saison et la région considérée. L'influence d'ENSO sur les températures maximales est faible en saison chaude.

Les événements El Niño apparaissent d'une manière irrégulière, tous les 2 à 7 ans. Ces épisodes débutent en général en milieu d'année et durent de 6 à 18 mois. Ils atteignent leur intensité maximale vers Noël.
À noter que la symétrie entre les phénomènes El Niño et La Niña n'implique aucune régularité en termes de chronologie ou d'intensité. Ainsi, le passé a subi davantage d'épisodes El Niño que d'épisodes La Niña. Par ailleurs, un épisode El Niño fort n'est pas forcément suivi d'un épisode La Niña fort, et d'ailleurs, un événement El Niño n'est pas obligatoirement suivi d'une période La Niña (seul le tiers environ des cas examinés depuis plus de 130 ans mettent en évidence une telle corrélation) (cf. figure 119).

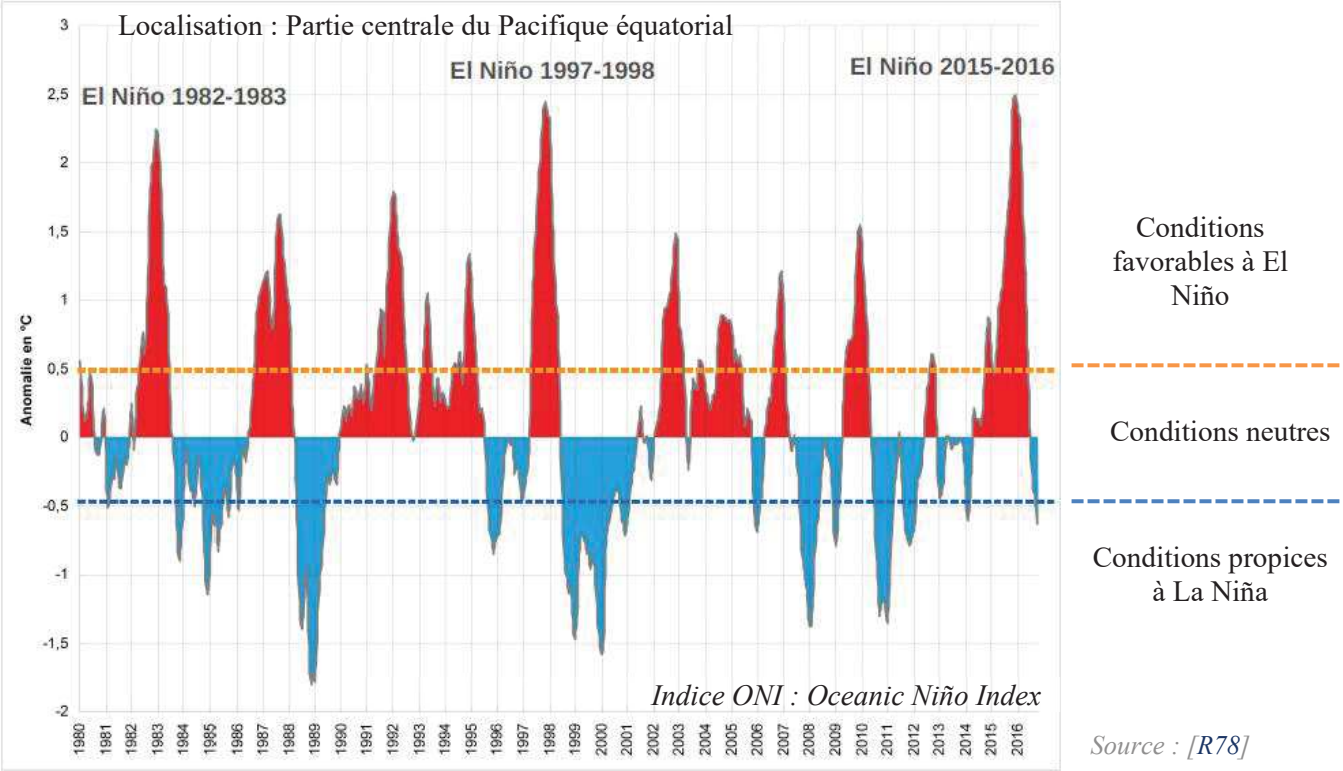


Figure 119 : Variation de l'anomalie de la température moyenne de la surface de la mer 1980-2016

7.1.2.2 El Niño

En Nouvelle-Calédonie, El Niño s'accompagne généralement d'un déficit de précipitations, particulièrement remarquable pendant la saison chaude, sur le nord de la Grande Terre et aux îles Loyauté.

Episode 2015- 2016 : Après 5 ans d'absence et une alerte lancée début 2014, c'est finalement à la toute fin de l'année 2014 qu'El Niño s'est officiellement déclaré et a continué de se développer au premier semestre 2015 dans l'océan Pacifique équatorial pour finalement se terminer sur en milieu d'année 2016.
L'épisode El Niño 2015/2016 est classé parmi les 3 évènements El Niño les plus puissants de ces 50 dernières années, avec ceux de 1982-1983 et 1997-1998 (cf. figure 119).
El Niño a pris fin en mai/juin 2016 et a été suivi par un épisode La Niña de faible intensité et de courte durée.

La saison cyclonique **2016-2017** s'est déroulée durant une **phase « neutre »** de l'oscillation australe ENSO.

Les deux **saisons chaudes (2018-2019 et 2019- 2020)** se sont déroulées sous **l'influence de conditions El Niño**.

7.1.2.3 La Niña

« La Niña » est caractérisée par une anomalie négative de l'eau en surface dans cette zone équatoriale du Pacifique (l'anomalie devant être au minimum de -0,5 °C). Le phénomène est plus rare et moins dangereux que El Niño (23 épisodes El Niño pour 14 épisodes La Niña depuis 1950).
En Nouvelle-Calédonie, l'évènement climatique « La Niña » modifie l'intensité des pluies (épisodes pluvieux plus fréquents et quantités de pluies plus abondantes) et a pour conséquence une anomalie positive de températures des eaux de surface et une anomalie négative de salinité sur une longue période de 3 ou 4 mois.

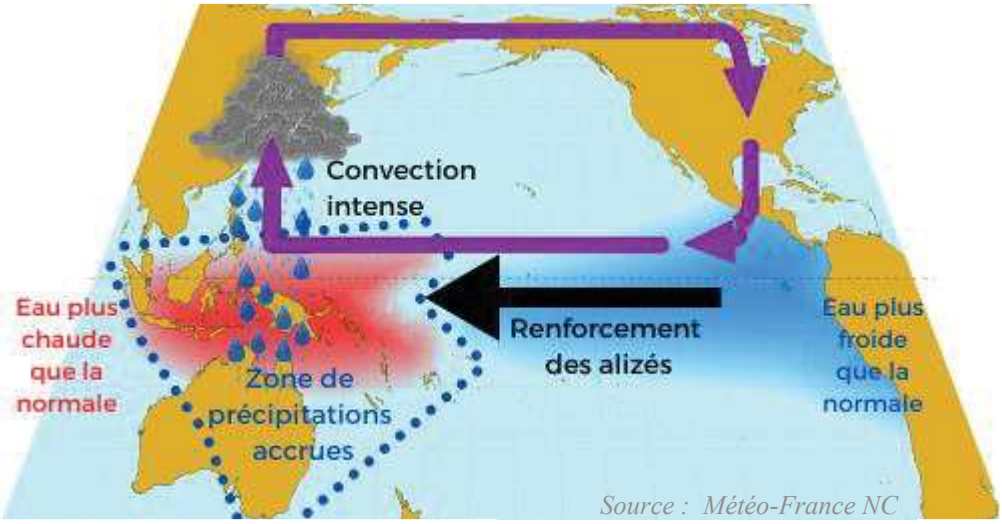
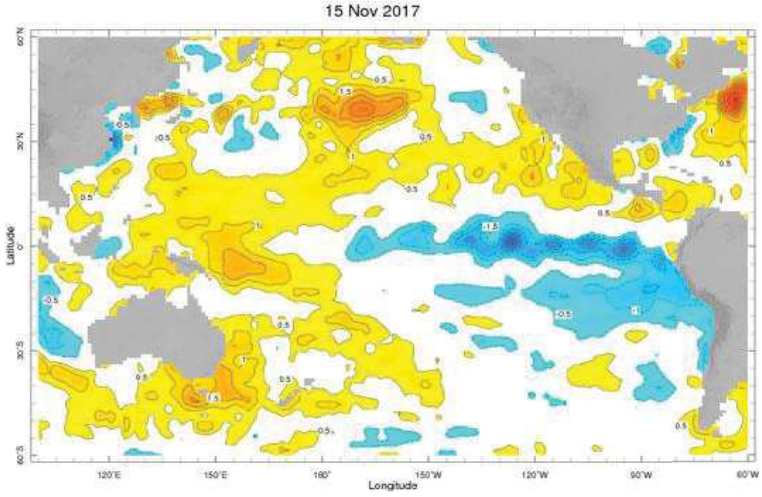


Figure 120 : Schéma d'une phase La Niña

En début d'année 2011, ces anomalies ont influencé toute la zone d'étude dans les petites profondeurs et l'anomalie de salinité était d'autant plus importante aux embouchures des creeks et des rivières. Les colonies coralliennes les plus sensibles s'édifiant aux sommets des récifs ont ainsi expulsé leurs zooxanthelles (phénomène de blanchissement très important).

Episode 2017 – 2018 : En septembre 2017, l'agence américaine d'observation océanique et atmosphérique (NOAA) a établi une prévision probabiliste pour les mois suivants. Après une période passée plutôt neutre, la probabilité d'entrer au sein d'un épisode La Niña était devenue importante.



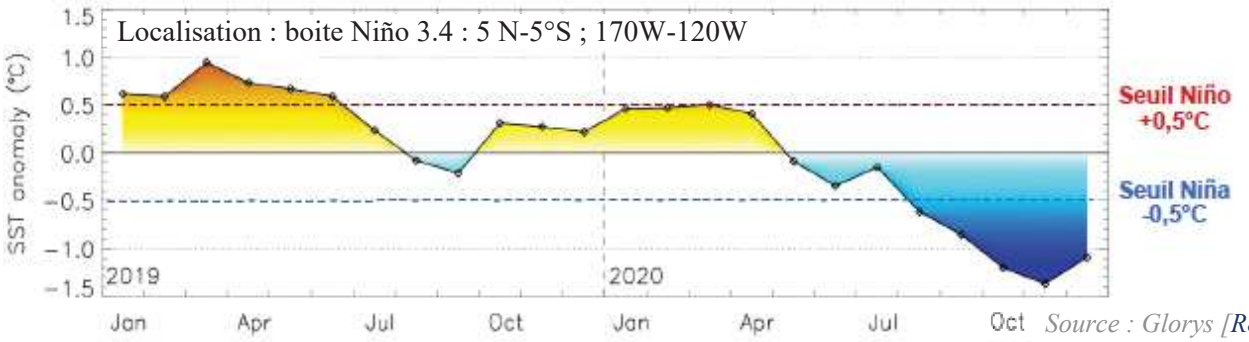
Source : NCEP, OISST v2

Figure 121 : Anomalies de températures de surface de la mer (9 et 15/11/ 2017)

En effet, les températures de surface de l'océan Pacifique étaient en baisse en fin d'année 2017 au niveau des tropiques : La carte des anomalies de température de surface de la mer entre le 9 et le 15 novembre 2017 (figure 121) montre que les températures de surface de la mer au niveau de l'équateur sur le centre et l'est de l'océan

Pacifique sont inférieures à la normale (autour de -0.4 à -0.5°C).
Une prévision largement confirmée par le système de prévision climatique du centre national pour la prévision environnementale (NCEP) ainsi que par l'ensemble multi-modèles nord-américain (NMME) qui indiquent la formation de La Niña dès l'automne 2017 (anomalie de température chutant sous les -0.5°C). La probabilité d'observer ce phénomène atteignait les 62% sur la période novembre-décembre 2017 et janvier 2018.
La région pacifique est donc entrée en période de La Niña en octobre 2017, qui s'est achevée à la fin du premier trimestre 2018. Il s'en est suivi une phase neutre de l'ENSO (El Niño Southern Oscillation) qui a duré jusqu'en décembre.
Dans ce contexte, le bilan pluviométrique annuel en Nouvelle-Calédonie a été légèrement déficitaire tandis que les températures ont été, en moyenne annuelle, très légèrement supérieures aux normales.

Saison chaude 2020-2021 et 2021-2022 : le phénomène a été engagé en août-septembre 2020 (cf. figure 122) et s'est s'achevé en mai 2021, pour reprendre fin 2021 jusqu'au 1er trimestre 2022 (cf. figure 123).
Cet épisode a provoqué d'abondantes pluies tout au long des mois de décembre 2020 à mai 2021, pluies qui ont parfois été lourdes de conséquences en Nouvelle-Calédonie. Au-delà des quelques valeurs exceptionnelles ponctuelles, le **bilan des pluies** sur la période d'octobre à mai est excédentaire de **+57%** en moyenne sur le pays, ce qui place la saison 2020-2021 au 5ème rang des saisons les plus arrosées depuis 1972. Côté **températures**, le thermomètre affiche un excédent de **+0.5°C** par rapport à la normale sur l'ensemble de la période d'octobre 2020 à mai 2021 en moyenne sur le pays. Ces températures particulièrement élevées sont autant à mettre sur le compte de La Niña que sur celui du réchauffement climatique à l'échelle planétaire.



Source : Glorys [R82], 12/20

Figure 122 : Variation de l'anomalie moyenne de la température à la surface de la mer (2019-2020)

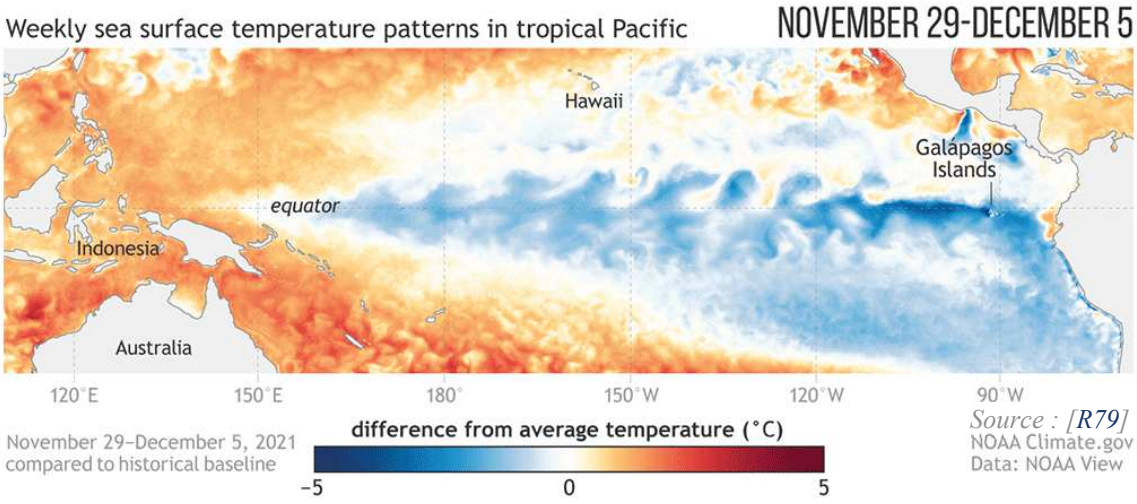


Figure 123 : Variation de l'anomalie moyenne de la température à la surface de la mer (12/2021)

7.2 Contexte réglementaire

7.2.1 Liste rouge UICN

La liste rouge de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) est un système simple et compréhensible par tous pour classer les espèces selon leur risque d'extinction à l'échelle mondiale (les principes et les catégories sont présentés en annexe n°05).

Précautions d'application :

- *Cette liste est en constante réactualisation ;*
- *Elle est établie à un niveau mondial : cela ne reflète pas la situation de la Nouvelle-Calédonie, ni même au niveau mondial : en milieu marin, le recensement des espèces d'invertébrés enregistre de nombreuses lacunes à travers le monde. Les coraux scléractiniaires et les bénitiers sont les mieux référencés mais le reste des invertébrés est le plus souvent enregistré comme « données insuffisantes » (data deficient).*

Les coraux scléractiniaires

Plusieurs espèces de coraux durs sont inscrites sur cette liste rouge.
Pour rappel : le cahier des charges ne prévoyant pas l'étude des coraux ceux-ci n'ont pas été échantillonnés pour cette mission et il n'y a donc pas de listing disponible. Cependant, ce travail supplémentaire, non obligatoire, avait été réalisé les missions précédentes (jusqu'en 2016) et un bilan des espèces présentes dans la zone d'étude et inscrites sur cette liste est disponible dans les rapports concernés.

Les autres invertébrés

Concernant les autres invertébrés (hors coraux durs), les données recueillies par l'UICN ne sont pas assez détaillées et représentatives pour juger le risque d'extinction des espèces à l'échelle mondiale.
Dans la zone d'étude, auparavant, seuls les bénitiers du genre ***Tridacna*** étaient référencés et le **reste des espèces** était classé en **données insuffisantes** « DD : data déficient ».
Depuis 2016, de nouvelles espèces ont été renseignées, dont certaines ont été échantillonnées, comme détaillé dans le tableau 136, et le tableau 148 et le tableau 149 en annexe n°04.
Pour cette mission, 16 espèces sont classées, réparties dans 2 groupes : les holothuries et les mollusques : 2 espèces « en danger » (EN), 2 espèces « vulnérable » (VU), 2 espèces « dépendant de la conservation » (CD) et 10 espèces « préoccupation mineure » (LC).
Tous les transects sont concernés à l'exception de ST04AC, ST05B, ST09C, ST10A et ST12B.

Tableau 136 : Invertébrés inscrits sur la liste UICN et échantillonnés lors de cette mission

EMBRANCHEMENT	DIVISION	FAMILLE	GENRE	ESPECE	STATUT
Echinoderme	Holothuride	Holothuriidae	*Actinopyga*	*flammea*	LC
			Actinopyga	*palauensis*	LC
			Holothuria	*atra*	LC
			Holothuria	*edulis*	LC
			Holothuria	*flavomaculata*	LC
			Holothuria	*fuscogilva*	VU
			Holothuria	*fuscopunctata*	LC
			Holothuria	*whitmaei*	EN
		Stichopodidae	*Stichopus*	*chloronotus*	LC
			Stichopus	*herrmanni*	VU
			Thelenota	*ananas*	EN
Mollusque	Bivalve	Tridacnidae	*Tridacna*	*crocea*	LC
			Tridacna	*maxima*	CD
			Tridacna	*squamosa*	CD
	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*capitaneus*	LC
			Conus	*miles*	LC

- Les macrophytes

Pour les espèces actuellement observées, elles sont enregistrées comme « données insuffisantes » (DD).

- Les poissons

Pour cette mission, 278[25] espèces différentes de poissons ont pu être observées sur les 12 stations. Parmi elles :

- 67 ne sont pas évaluées / 211 sont évaluées :
- 3 sont listées comme « données insuffisantes »
- 204 sont classées « préoccupation mineure »
- 1 est classée « quasi menacées » (*Chaetodon trifascialis*)
- 2 sont classées « vulnérable » (*Epinephelus polyphekadion*, *Oxymonacanthus longirostris*)
- 1 est classée « en danger » (*Cheilinus undulatus*, le Napoléon).

7.2.2 Code de l'Environnement de la Province Sud[26]

7.2.2.1 Ecosystèmes patrimoniaux

Rappel de la réglementation :

TITRE III : PROTECTION DES ÉCOSYSTÈMES D'INTÉRÊT PATRIMONIAL
Chapitre I
PRINCIPE ET OBJECTIFS
Article 231-1
(article 1er de la délibération 03-2009 du 18 février 2009 relative à la protection des écosystèmes d'intérêt patrimonial)
Modifié par délib n° 28-2019/APS du 12/04/2019, art.14

I. - Le présent titre a pour objet de contribuer à la préservation et à l'amélioration de l'état de conservation de la biodiversité par des mesures visant à assurer le maintien ou la restauration d'écosystèmes qui sont d'intérêt patrimonial, tels que les forêts denses humides sempervirentes, les forêts sclérophylles, les mangroves, les herbiers et les récifs coralliens.
Ces mesures ont pour objet de préserver la capacité globale d'évolution des écosystèmes dans le but d'assurer les équilibres naturels et la préservation des processus naturels garants de ces équilibres.
Elles tiennent compte des exigences économiques, sociales et culturelles ainsi que des particularités locales et sont compatibles avec les activités humaines qui n'ont pas un impact environnemental de nature à compromettre les équilibres, ni à altérer les processus naturels.
Dès lors qu'il est susceptible d'avoir un effet significatif sur un écosystème d'intérêt patrimonial, tout programme ou projet de travaux, d'installations, d'ouvrages ou d'aménagements est soumis à autorisation dans les conditions fixées par le présent titre.
II. - Ne sont pas soumises à autorisation au titre du présent titre :
1° La pêche, la chasse et les autres activités cynégétiques pratiquées dans les conditions et sur les territoires autorisés par la réglementation ;
2° La collecte ou le prélèvement de faune, de flore ou de minéraux à des fins scientifiques ou de régulation d'espèces envahissantes ;
3° L'introduction d'espèces indigènes ou endémiques à des fins de restauration de sites dégradés ou de conservation d'espèces rares et menacées ;
4° Les travaux réalisés dans le cadre de la gestion d'une crise environnementale, dûment autorisés par l'autorité compétente.
III. - Au sens du présent titre, on entend par « écosystème », un complexe dynamique formé de communautés de plantes, animaux, champignons et micro-organismes et de leur environnement non vivant qui, par leurs interactions, forment une unité fonctionnelle.

Chapitre II
IDENTIFICATION DES ÉCOSYSTÈMES D'INTÉRÊT PATRIMONIAL
Article 232-1

[25] Biodiversité 3 : toutes les espèces, sur toute la station
[26] Version du 15/11/2021

(article 2 de la délibération 03-2009 du 18 février 2009 relative à la protection des écosystèmes d'intérêt patrimonial)
Modifié par délib n° 17-2015/APS du 26/06/2015, art.8

Les écosystèmes d'intérêt patrimonial soumis aux dispositions du présent titre sont :
1° Les forêts denses humides sempervirentes ;
2° Les forêts sclérophylles ou forêts sèches ;
3° Les mangroves ;
4° Les herbiers dont la surface est supérieure à cent mètres carrés ;
5° Les récifs coralliens dont la surface est supérieure à cent mètres carrés.

La liste des écosystèmes d'intérêt patrimonial soumis aux dispositions du présent titre et leur caractérisation peuvent être complétées par délibération du bureau de l'Assemblée de Province après avis de la commission intérieure en charge de l'environnement.
Les écosystèmes d'intérêt patrimonial soumis aux dispositions du présent titre sont considérés indépendamment de leur situation géographique.
La délimitation géographique des écosystèmes présentant un intérêt patrimonial soumis aux dispositions du présent titre est établie à titre indicatif par une cartographie consultable auprès des services compétents. Cette cartographie est actualisée en tant que de besoin pour tenir compte du caractère évolutif et mobile des écosystèmes.

Article 232-5
(article 6 de la délibération 03-2009 du 18 février 2009 relative à la protection des écosystèmes d'intérêt patrimonial)

L'herbier est une formation végétale située dans une zone marine de profondeur inférieure à 60 mètres. Il est composé de phanérogames marines appartenant à l'une des espèces listées ci-dessous :

FAMILLE	GENRE	ESPECE
Cymodoceaceae	*Cymodocea*	*serrulata*
	Cymodocea	*rotundata*
	Halodule	*uninervis*
	Halodule	*pinifolia*
	Syringodium	*isoetifolium*
Hydrocharitaceae	*Enhalus*	*acoroides*
	Halophila	*ovalis*
	Halophila	*minor*
	Halophila	*decipiens*
	Halophila	*capricorni*
	Thalassia	*hemprichii*

Article 232-6
(article 7 de la délibération 03-2009 du 18 février 2009 relative à la protection des écosystèmes d'intérêt patrimonial)

Le récif corallien est une structure marine bioconstruite. Il est constitué de coraux Scléractiniaires Hermatypiques et d'algues rouges calcaires encroûtantes (famille *des Corallinaceae*).

En milieu marin, 2 écosystèmes patrimoniaux sont susceptibles d'être présents : les récifs coralliens et les herbiers.

→ **Toutes les stations de suivi marin sont positionnées sur des récifs coralliens dont la surface est supérieure à 100 m² : ces zones sont donc des « Ecosystèmes d'intérêt patrimonial »** selon l'article 232-1 du Code de l'Environnement de la Province Sud.

→ **Aucune phanérogame marine n'a été observée sur les stations de la zone d'étude : il n'y a donc pas lieu de considérer ces zones comme des herbiers** (classés comme Ecosystème d'intérêt patrimonial selon l'article 232-1 du Code de l'Environnement de la Province Sud).

7.2.2.2 Espèces endémiques, rares ou menacées

Rappel de la réglementation :

TITRE IV : PROTECTION DES ESPÈCES ENDÉMIQUES, RARES OU MENACÉES
Article 240-1
(article 1 de la délibération n° 04-2009 du 18 février 2009 relative aux espèces protégées) ; Modifié par délib n° 8-2010/APS du 25/03/2010, art.11.al. 1 et 2 ; Modifié par délib n°193-2010/BAPS/DENV du 01/04/2010, art.1, 2 et 3 ; Modifié par délib n° 933-2013/BAPS/DENV du 11/12/2013, art.2 ; Modifié par délib n° 17-2015/APS du 26/06/2015, art.8 ; Modifié par délib n° 267-2017/BAPS/DENV du 19/04/2017, art.8-1) et 2) ; Modifié par la délibération n° 333-2019/BAPS/DENV du 23 avril 2019 – Art. 8 ; Modifié par la délibération n° 317-2020/BAPS/DDDT du 12 mai 2020 – Art. 5

Le présent titre a pour objet de préserver la biodiversité néocalédonienne en déterminant les espèces animales ou végétales endémiques, rares ou menacées qui doivent être protégées et en réglementant les conditions dans lesquelles il peut être dérogé aux interdictions fixées dans le cadre de cette protection. Les interdictions qu'il fixe ne concernent pas les actions d'entretien des spécimens d'espèces végétales ou de secours aux spécimens d'espèces animales.
Les listes des espèces animales et végétales protégées sont indiquées dans les tableaux ci-dessous.
Ces listes peuvent être modifiées par délibération du bureau de l'assemblée de province après avis de la commission intérieure en charge de l'environnement.
Des modalités particulières de protection peuvent être adoptées pour toute espèce, par délibération du bureau de l'assemblée de province.
NB : Les espèces concernées, en mars 2009, sont le bulime, la tortue verte et les fougères arborescentes.

Les espèces inscrites à la liste des espèces endémiques, rares ou menacées selon l'article 240-1 du Code de l'Environnement de la Province Sud et potentiellement présentes dans la zone d'étude sont présentées tableau 137 (la liste a été élargie depuis fin 2017).
Les organismes listés qui peuvent être observés directement sur les stations ou dans la zone d'étude sont :

- Le triton (*Charonia tritonis*) : parfois observé à la ST07 (Basse Chambeyron) (en A en mars 2015, en B en septembre 2017) et ST08 (Puka) (en B en octobre 2020)
- Le napoléon (*Cheilinus undulatus*). Cette espèce emblématique est habituellement présente en ST10 (Ilot Kié) où il est un habitué qui fréquente un gros massif corallien situé à une vingtaine de mètres du transect bas (observé sur 2 stations pour cette mission : ST10 et ST11)
- Une tortue grosse tête (*Caretta caretta*) vient régulièrement nous « surveiller » sur le transect haut ou médian (voire de la surface) de la ST11 (Toémo)
- Des tortues vertes (*Chelonia mydas*) sont fréquemment aperçues de l'embarcation lorsqu'elles viennent respirer en surface
- Des tricots rayés (*Laticauda* sp.) sont observés régulièrement de la surface ou en plongée, particulièrement sur les stations des bancs du canal de la Havannah
- Les requins : plusieurs espèces ont été aperçues sur toutes les stations au fil des missions.
  En avril 2019 : *Carcharhinus amblyrhynchos* (gris de récif) en ST04 (Woodin), *Triaenodon obesus* (aileron blanc du lagon) en ST04 (Woodin) et ST05 (Ioro), *Carcharhinus albimarginatus* (pointes blanches) en ST09 (Bancs Kié)
  En octobre 2019 : *Triaenodon obesus* (aileron blanc du lagon) en ST02 (Creek baie nord)
  En mai 2020 : *Triaenodon obesus* (aileron blanc du lagon) près de ST08 (Puka)
  En mai 2021 : *Triaenodon obesus* (aileron blanc du lagon) en ST08 (Puka).

Tableau 137 : Extrait de la liste des espèces endémiques, rares ou menacées en Province Sud, potentiellement présentes sur la zone d'étude

Règne animal / milieu marin				
Groupe	**Taxon**	**Genre**	**Espèce**	**Nom commun**
Mammifères marins	Cétacés	Tous genres	toutes espèces	Baleine, Orque, Cachalot, Globicéphale, Dauphin
	Siréniens	*Dugong*	*dugon*	Dugong
Reptiles marins	Cheloniidae	*Caretta*	*caretta*	Tortue caouanne ou grosse-tête

		Chelonia	*mydas*	Tortue verte
		Eretmochelys	*imbricata*	Tortue imbriquée
		Lepidochelys	*olivacea*	Tortue olivâtre
		Natator	*depressus*	Tortue à dos plat
	Dermochelydae	*Dermochelys*	*coriacea*	Tortue luth
	Elapidae	*Laticauda*	*laticauda*	Tricot rayé bleu
		Laticauda	*saintgironsi*	Tricot rayé jaune
Poissons marins	Labridae	*Cheilinus*	*undulatus*	Napoléon
	Selachimorpha	Tous genres	toutes espèces	Requins
Mollusques marins	Cassidae	*Cassis*	*cornuta*	Casque
	Céphalopodes	*Nautilus*	*macromphalus*	Nautile
	Ranellidae	*Charonia*	*tritonis*	Toutoute ou conque
	Volutidae	*Cymbolia*	toutes espèces	Volutes

7.2.2.3 Espèces protégées

Notion existante en Province Nord, elles n'ont pas été définies en Province Sud. Se référer au paragraphe précédent, qui est similaire.

7.2.2.4 Espèces exotiques envahissantes

Rappel de la réglementation :

Titre V : LUTTE CONTRE LES ESPECES EXOTIQUES ENVAHISSANTES

Article 250-1
(article 1er de la délibération n° 05-2009 du 18 février 2009 relative à la lutte contre les espèces exotiques envahissantes)

Le présent titre a pour objet de préserver la biodiversité néocalédonienne et de prévenir l'introduction d'espèces exotiques envahissantes dans le milieu naturel, de lutter contre leur dissémination ou de les éradiquer.
On entend par :
1° « espèce exotique », toute espèce dont l'aire de répartition naturelle est extérieure à la Nouvelle-Calédonie.
2° « espèce exotique envahissante », toute espèce exotique dont l'introduction par l'homme, volontaire ou fortuite, l'implantation et la propagation menacent les écosystèmes, les habitats ou les espèces indigènes avec des conséquences écologiques, économiques ou sanitaires négatives.

Article 250-2
(article 2 de la délibération n° 05-2009 du 18 février 2009 relative à la lutte contre les espèces exotiques envahissantes) ; Modifié par délib n° 47-2013/APS du 19/12/2013, art.6-I ; Modifié par délib n° 17-2015/APS du 26/06/2015, art.11 ; Modifié par délib n° 267-2017/BAPS/DENV du 19/04/2017, art.9

I. - Afin de ne porter préjudice ni au patrimoine biologique, ni aux milieux naturels, ni aux usages qui leur sont associés, ni à la faune et à la flore sauvages, sont interdits :
1° L'introduction dans le milieu naturel, volontaire, par négligence ou par imprudence, la production, la détention, le transport, l'utilisation, la cession à titre gratuit ou onéreux, la mise en vente, la vente ou l'achat de tout ou partie d'un spécimen vivant d'une espèce animale exotique envahissante listée dans le tableau prévu au IV, ainsi que de ses produits ;
2° L'introduction dans le milieu naturel, volontaire, par négligence ou par imprudence, la production, le transport, l'utilisation, le colportage, la cession à titre gratuit ou onéreux, la mise en vente, la vente ou l'achat de tout ou partie d'un spécimen vivant d'une espèce végétale exotique envahissante listée dans le tableau prévu au V ainsi que de ses semences.
Ces listes peuvent être modifiées par délibération du bureau de l'assemblée de province.
Des modalités de prévention, de lutte ou d'éradication particulières peuvent être adoptées pour une espèce exotique envahissante par délibération du bureau de l'assemblée de province.

NB : Les espèces concernées sont, en mars 2009, le black bass, le poisson-million, le porte-épée et la tortue de Floride.
II. - La destruction de tout spécimen doit être réalisée selon les méthodes préconisées par le président de l'assemblée de province. Dès que la présence dans le milieu naturel d'une des espèces listées au I est constatée, le président de l'assemblée de province peut procéder ou faire procéder à la capture, au prélèvement, à la garde ou à la destruction des spécimens de l'espèce.
III. - Lorsqu'une personne est condamnée pour infraction aux dispositions du présent article, le tribunal peut mettre à sa charge les frais exposés pour la capture, les prélèvements, la garde ou la destruction rendus nécessaires.
IV. - Liste des espèces animales exotiques envahissantes : [...].

Il n'y a qu'une seule espèce exotique envahissante en milieu marin selon le § IV de l'article 250-2 du Code de l'Environnement de la Province Sud : l'étoile de mer japonaise, *Asterias amurensis*.

→ Aucune espèce listée comme « exotique envahissante » au § IV de l'article 250-2 du Code de l'Environnement de la Province Sud n'a été observée lors de cette étude, ni depuis le début du suivi.

8 Conclusion

La zone d'étude est large et comprend des stations dans la baie de Prony, le canal de la Havannah et le canal Woodin. Elle est composée par de multiples biotopes bien diversifiés (récifs coralliens variés et pentes sédimentaires à massifs coralliens) tant au niveau flore que faune.
Le réseau est sous l'influence potentielle de facteurs anthropiques dont l'usine de Prony Resources Nouvelle-Calédonie, mais les suivis depuis 2007 montrent que l'ensemble de la zone est également sous influence de facteurs perturbateurs naturels (houle, ressac, courant de marée, turbidité, dessalure) ainsi que des évènements climatiques (El Niño / La Niña) et dépressionnaires exceptionnels (Erika, Vania, Zélia, Freda, Pam, Winston, Cook, Donna, Gita, Hola, Iris, Oma, Gretel, Lucas, Niran ...) (cf. § 7.1).
La conjugaison de ces facteurs perturbateurs anthropiques et/ou naturels entraîne dans le temps des réactions en chaîne comme la remobilisation du matériel corallien le long des pentes récifales, le développement de cyanobactéries, d'algues, de turf et d'espèces prédatrices de corail (prolifération de corallivores comme les *Acanthaster planci* et les *Drupella cornus*), l'hyper sédimentation, les lésions coralliennes (maladies et nécroses) …

8.1 Le substrat

L'étude des substrats par le LIT a montré que leur composition est très variée d'une station à l'autre (ce qui est normal par rapport à la géomorphologie du récif qui diffère selon les localisations géographiques) mais aussi au sein même d'une station, avec notamment une influence certaine de la profondeur (diminution du recouvrement par les scléractiniaires et les groupes biotiques en général).

Pour cette mission, en novembre 2021 :
Globalement, **les pourcentages de chacune des composantes sont stables par rapport à la mission précédente (**cf. tableau 117), **et aucune variation importante n'a été relevée**.
Les écarts varient ainsi de -10% (coraux scléractiniaires en ST06B) à +11% (abiotique en ST04C).

A l'échelle de la zone, **le taux de recouvrement des coraux scléractiniaires est encore en baisse de près de 1.3%** (16.78% *vs* 18.06% en mai 2021 *vs* 20.98% en octobre 2020).
Le recouvrement en cyanobactéries est en légère hausse : 3 transects sont concernés avec un taux de 0.5% à 4.5%.

L'état de santé des 2 stations fortement dégradé depuis la prolifération d'*Acanthaster planci* (**ST01** Casy en 2017 – 2018 et **ST04** Woodin en 2018 – 2019) est **en légère reprise**.
Ainsi le recouvrement en scléractiniaires augmente de 1.5% aux 2 transects de ST01 et de 4.5% et 4% aux 2 transects supérieurs de ST04 (-5% au transect C, mais dû à la chute des grandes colonies de *Tubastraea* suite à l'hydrodynamisme poussé de début d'année).

Pour **les stations fortement dégradées par l'hydrodynamisme** créé lors des phénomènes dépressionnaires de début d'année (Lucas et Niran) :

- **ST10** (îlot Kié) : le recouvrement corallien est encore –un peu- en baisse : -7.5% en A. Cela est dû au fait que le débris et colonies désolidarisées ont continué de « chuter » dans la pente
- **ST11** (Toémo) et **ST12** (Ugo) : les recouvrements sont stables.

Par ailleurs, des reprises coralliennes ont pu être observées, tendant à prouver que la résilience est enclenchée.

8.2 Les communautés benthiques

8.2.1 Etat général

8.2.1.1 Les coraux

La diversité et l'abondance des coraux n'ont pas été étudiées depuis la mission d'avril 2017 (non demandé dans le cahier des charges).
Ce compartiment biologique a été suivi sur la période d'août 2007 à novembre 2016 et les informations recueillies ont été déterminantes pour détecter les perturbations dans la zone d'étude. En effet, les coraux ont l'avantage d'être fixes et très sensibles aux variations de l'environnement. Ils sont de très bons indicateurs et ils sont considérés comme « des sentinelles avancées majeures » pour les suivis biologiques.
La reprise de l'étude des coraux est nécessaire car désormais il n'est plus possible à ce jour de constater s'il y a des variations dans les assemblages d'espèces coralliennes et si ce compartiment biologique varie dans le temps et l'espace.

L'état de santé global des récifs est suivi à travers 3 indicateurs indirects :

- le blanchissement corallien
- les maladies coralliennes
- les principales espèces concurrentes.

En novembre 2021, le **recouvrement de corail blanchi n'est pas très important**. Il concerne seulement les stations du canal de la Havannah pour les transects des niveaux supérieurs et médians suivants : ST05B, ST06A, ST07AB, ST08A, ST09B, ST10B et ST11AB. Les dégradations les plus importantes sont du fait d'une *Acanthaster* et de la maladie de la bande blanche.
Les causes de ce blanchissement sont précisées dans le tableau 116.

8.2.1.2 Les invertébrés

En général

L'assemblage des espèces d'invertébrés (hors coraux durs) reste diversifié pour cette mission. Toutefois, cette diversité d'organismes et l'abondance des espèces qui la composent sont plus variables dans le temps que pour les coraux (différence de fixation au substrat, senescence, grande mobilité et saisonnalité). En effet, de nombreux organismes benthiques sont mobiles, pour la plupart nocturnes et en constante recherche de nourriture (échinodermes, mollusques), et d'autres espèces ont une capacité de fixation au récif réduite (comme les ascidies, bryozoaires et certaines éponges).

entre mai et novembre 2021, la diversité absolue des invertébrés **a évoluée de -7 à +10 espèces selon les transects** du fait de la recolonisation des substrats qui avaient été perturbés lors des deux cyclones précédents (Niran et Lucas). Les espèces s'adaptent selon l'exposition des récifs aux conditions hydrodynamiques et aux apports terrigènes. Ainsi **la résilience des récifs est marquée par la recolonisation des invertébrés mobiles et sessiles.**
Dans le canal de la Havannah, les récifs sont recolonisés par les ascidies, les alcyonaires, les zoanthaires, les échinodermes (astéries, échinides, holothuries), de nombreux mollusques (bivalves juvéniles, gastéropodes et nudibranches) et quelques éponges. Les zones de couloir d'effondrement de débris présentent encore des perturbations car les débris encore instables dévalent la pente au fur et à mesure des fortes de houle. Lors des deux cyclones précédents (Lucas et Niran), ces récifs avaient subi de grandes perturbations mécaniques induites par les conditions hydrodynamiques intenses. Les niveaux bathymétriques supérieurs et médians avaient été balayés (voir arasés et fragmentés pour certaines zones).
Dans la baie de Prony et le canal Woodin, les récifs sont recolonisés par les échinodermes (astéries, échinides, holothuries) et quelques éponges et gastéropodes, nudibranches. Lors des deux cyclones précédents ces récifs étaient plus protégés des dégradations mécaniques, ils n'avaient pas été arasés mais ils avaient subi des apports sédimentaires non négligeables.

Remarque : Les variations positives ou négatives de diversité et/ou de l'abondance des invertébrés (hors coraux durs) entre deux missions ne sont pas forcément significatives de perturbations ou d'amélioration de l'état écologique des récifs.

En effet, il faut généralement que les perturbations soient majeures (hydrodynamique et/ou sédimentaire) pour que le signal soit perceptible sur ce groupe ! les organismes mobiles (par exemple les mollusques et les échinodermes) peuvent être balayés lors d'évènements hydrodynamiques intenses (diminution de la diversité sur la station) mais étant toujours en recherche de nourriture et ils peuvent se déplacer en très peu de temps sur des zones récifales qui viennent d'être perturbées et où la nourriture est devenue disponible (augmentation de la diversité). D'autre part, des individus ou des tests morts peuvent être retrouvés et donc témoins d'une perturbation mais ces observations sont rares car les organismes sont très rapidement consommés en milieu marin.
Ainsi, des dégradations sur les récifs peuvent attirer ces organismes et donc les échantillonnages voient leur abondance et leur diversité augmenter (cf. § plus bas sur les perturbations d'ordre mécanique).

→ Il est donc nécessaire d'étudier la diversité et l'abondance des coraux pour détecter des perturbations et ainsi caractériser l'état de santé des récifs à court/moyen et long termes.

- Les espèces cibles et envahissantes

Depuis le début du suivi en 2007, une attention particulière est portée sur l'évolution de 8 espèces (cf. § 6.2.2.3) pouvant nuire à l'environnement si leur développement s'avérait trop important. En effet, la compétition spatiale (*Asparagopsis taxiformis*, *Lobophora* sp., les cyanobactéries, *Cliona orientalis* et *C. jullieni*) ou la prédation (*Acanthaster planci*, *Culcita novaeguineae* et *Drupella cornus*) avec les coraux scléractiniaires peuvent être très importantes. La prolifération à long terme de l'une de ces espèces peut avoir de lourdes conséquences sur l'état de santé des récifs.

En novembre 2021, les espèces cibles ayant un développement pouvant nuire à l'état de santé des récifs sont :

Lobophora : C'est une algue brune donc cf. § 8.2.1.3.

Dans une moindre mesure pour cette mission mais surtout pour les missions précédentes :

Drupella cornus. Ces mollusques corallivores privilégient les colonies d'*Acropora* tabulaires et branchus s'édifiant dans les niveaux bathymétriques supérieurs et médians du canal de la Havannah. Ils ont été recensés seulement dans le canal de la Havannah en ST05B, ST10B, ST11AB (niveau 2). Les lésions sur les coraux sont relativement faibles pour cette mission (respectivement 0.3 m², 0.6 m² et 0.2 m² de coraux blanchis) (cf. § 6.2.2.3.5 et tableau 116).

Acanthaster planci. C'est une étoile de mer corallivore (prédatrice de corail).
Seul un spécimen par transect a été observé en ST03A et ST10B. Les lésions sur les coraux sont relativement faibles pour cette mission (respectivement 0 m² et 1.3 m² de coraux blanchis). Par contre, les proliférations observées lors des missions précédentes ont entrainé des dégradations très importantes sur les coraux en baie de Prony (ST01, ST02, ST03) et canal de la Woodin (ST04) (cf. § 5.4.3.2 et § 6.2.2.3.4 et tableau 116).

8.2.1.3 Les macrophytes

- En général

L'assemblage des espèces de macrophytes est peu diversifié pour cette mission.
La diversité des algues dépend des paramètres environnementaux et elle est contrainte par la saisonnalité et les évènements exceptionnels (naturels ou anthropiques).
De manière générale, les valeurs de biodiversité des macrophytes sont faibles durant la saison hivernale (1ère mission semestrielle ; avril-mai) et suite à un évènement climatique et/ou dépressionnaire (arrachement). Par contre, elles sont les plus fortes au début de la saison estivale (2nde mission semestrielle ; septembre –octobre), les eaux plus chaudes favorisant le développement des algues rouges.

La diversité des macrophytes de cette mission figure parmi les plus basses enregistrées depuis le suivi de 2007. Ces résultats s'intègrent dans la saisonnalité et fait également suite aux deux évènements

dépressionnaires du début d'année 2021 (Lucas et Niran) qui ont grandement perturbé les récifs de la partie sud de la Grande Terre.

entre mai et novembre 2021, les macrophytes (algues brunes, rouges et vertes) **recolonisent les sites** (Prony, Woodin et Havannah) **qui avaient été perturbés** (causes hydrodynamique et sédimentaire) par les deux cyclones de début d'année. Cependant, quelques transects ne présentent plus de macrophytes comme ST04B, ST05BC, ST06B, ST07B, ST12AB (liste restreinte).

- Les espèces cibles et envahissantes

Parmi les 8 espèces cibles, le recouvrement de 2 genres de macrophytes (*Asparagopsis* et *Lobophora*) est particulièrement important à suivre, respectivement dans le canal de la Havannah et la baie de Prony (cf. § 5.4.3.1).

En novembre 2021, *Lobophora* est une espèce cible ayant un développement pouvant nuire à l'état de santé des récifs.

Cette algue brune est à surveiller avec une grande attention en baie de Prony car elle constitue un compétiteur spatial important pour les coraux se développant dans les milieux calmes et perturbés par des facteurs externes comme l'hyper sédimentation et les corallivores. **Le recouvrement est important** (niveau 4) **en ST02A** (Creek baie nord) **et ST03C** (Port) **et très préoccupant en ST03B** (Port) (cf. § 6.2.2.3.2).

→ Préoccupation majeure pour le transect B de la station ST03 du fait du développement très important (prolifération) de l'algue brune *Lobophora* à la défaveur des coraux (causes : ancienne prolifération d'*Acanthaster planci* et hyper sédimentation récurrente) (cf. § 6.2.2.3.2).

8.2.1.4 Les espèces exogènes

Aucune espèce exogène (quel que soit le groupe) n'a été répertoriée dans les stations de suivi biologique de la zone d'étude. Il faut noter que la bibliographie à ce sujet est très succincte en Nouvelle-Calédonie au regard des risques encourus avec la circulation des grands navires et du port international de Prony.
Au vu de la taille de l'échantillonnage, il n'apparaît **pas de phénomène d'invasion**.

8.2.2 Les perturbations

Le réseau de surveillance biologique permet de détecter des anomalies.
En effet, la zone d'étude enregistre, pour les 12 stations des trois sites (Prony, Woodin et Havannah), des dégradations qui sont en relation avec l'intensité et la durée d'exposition aux agents hydrodynamiques et météorologiques et à l'activité anthropique (principalement apport et remobilisation de particules sédimentaires terrigènes en baie Kwé, au niveau du quai vraquier du port et dans une moindre mesure au Creek de la baie nord).

Les résultats des tests ANOVAR et Friedman montrent que la diversité absolue des communautés benthiques n'est pas homogène sur la période de 2012 à 2021 pour les 2 ensembles suivants[27] :

- Les invertébrés (hors coraux durs) (le protocole a été amélioré jusqu'en septembre 2011)
- Les macrophytes (sans évolution du protocole depuis 2007).

En écartant les artéfacts du protocole qui a été amélioré à certaines missions, les inventaires des différentes missions ont mis en valeur :

- des phases de dégradation, principalement liées aux phénomènes météorologiques (dépressions/cyclones quasi annuels de 2011 à 2021), aux phénomènes climatiques (El Niño 2015-2016, anomalies de 2016, La Niña 2017-2018 et 2020-2021) et des perturbations, localisées, liées aux activités anthropiques d'ordre sédimentaire
- suivies par des réactions en chaîne liées (et localisées) : mortalité corallienne, développement de turf algal, de cyanobactéries et d'algues, de lésions coralliennes (maladies et nécroses), prédation des corallivores (*Acanthaster planci* et de *Drupella cornus*), instabilité du matériel corallien sur les pentes

[27] H_0 : les variations observées de mission en mission au niveau de chacune des stations sont bien aléatoires et donc pour chacune, le fruit du hasard et non qu'il existerait au cours du temps, une tendance globale à la hausse ou à la baisse des valeurs des paramètres choisis pour caractériser ces stations. H_0 rejetée pour cette mission

récifales (effondrement de colonies, blocs, débris et sable carbonaté) et/ou hyper sédimentation d'origine terrigène (dépôts sédimentaires et turbidité)
- mais aussi par des phases de résilience des récifs, comprenant : recrutement, réintégration des zooxanthelles, croissance des coraux, mobilité des invertébrés à la recherche de nourriture, diversification biologique et changement des assemblages.

La saisonnalité des macrophytes apparaît aussi nettement, même si la périodicité des missions n'est pas adéquate pour les étudier. Les variations de leur diversité sont régulières durant l'année et depuis le début du suivi. Cependant, leur diversité tend à diminuer de mission en mission (surtout depuis novembre 2016) car les évènements dépressionnaires sont de plus en plus intenses et répétitifs dans la zone d'étude.

Les perturbations d'ordre mécanique

Les perturbations d'ordre mécanique sont enregistrées principalement dans le canal de la Havannah (houle, ressac et courants de marée) et dans une moindre mesure dans le canal Woodin (courants de marée).

Les phénomènes les plus intenses sont les phases dépressionnaires (cf. § 7.1.1) qui perturbent principalement les niveaux bathymétriques supérieur et médian des récifs les plus exposés : des colonies coralliennes sont retournées et arrachées de leur substrat, des accumulations de blocs et débris coralliens se forment, allant jusqu'à constituer des couloirs d'effondrement. Le recouvrement de coraux blanchis ne représente pas forcément une surface très importante mais le nombre d'espèces influencées par ce blanchissement peut être conséquent.
De plus, lorsque les récifs sont perturbés mécaniquement, les invertébrés benthiques subissent, bien évidemment, les forces d'arrachement, ils peuvent être balayés et arrachés des niveaux supérieurs et médians. Mais la recolonisation des espèces d'invertébrés mobiles peut se faire très rapidement (exemple de la mission mai 2018). Les échinodermes (astéries, échinides, ophiures et holothuries) et les mollusques (gastéropodes et nudibranches) peuvent revenir rapidement coloniser la zone dégradée afin de se nourrir dans les débris fraîchement mobilisés.
Ainsi, ce n'est pas parce que la diversité et l'abondance des invertébrés mobiles augmentent que le récif ne subit pas de perturbation de son habitat (impacts sur les coraux scléractiniaires constructeurs de récifs).
Dans un second temps, suite à ces perturbations d'intensité extrême, au fur et à mesure du temps, les agents hydrodynamiques remobilisent les débris et les blocs sur les pentes récifales (effondrement de débris). Il s'ensuit une phase de dégradations secondaires liées à la remobilisation des débris au cours de l'année et à des réactions en chaîne sur les parties médianes et basses des tombant récifaux. Les cyanobactéries (et le turf) peuvent alors se développer, mais leur présence n'est pas obligatoirement pérenne dans le temps (comme par exemple les observations en mai et novembre 2018 pour ST07BC).

En novembre 2021, les récifs coralliens du canal de la Havannah se remettent doucement des perturbations d'ordre mécanique très importantes qu'ils ont subi en début d'année 2021.
Tous les niveaux bathymétriques supérieurs et médians avaient été balayés par les cyclones Niran et Lucas. Désormais les débris coralliens se tassent et certains s'édifient en nouvelles colonies coralliennes. Cependant au fur et à mesure des fortes houles, ces débris et colonies instables dévalent par gravité les pentes récifales.
Des couloirs d'effondrement de débris traversant l'ensemble du tombant récifal sont localisés en stations ST04, ST06, ST07, ST10 et ST12.
Le blanchissement corallien lié aux perturbations mécaniques est faible et localisé seulement sur les niveaux bathymétriques supérieurs et médians des récifs exposés : ST06A et ST07AB (< 0.8 m² de coraux blanchis, cf. tableau 116).

Les perturbations d'ordre sédimentaire

Une attention particulière doit être portée sur les apports de particules terrigènes charriées ou remobilisées dans le milieu marin. Les activités anthropiques dans la zone d'étude (exploitations minières, port) ont une influence sur ce paramètre. Les sources de particules se centralisent aux embouchures des creeks et rivières (particulièrement en baie Kwé et Prony) et se répartissent selon les courants et la dérive littorale sur les récifs avoisinants.
Les apports de MES ont une influence sur la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau et sur la

sédimentation. Ainsi, si ce facteur de l'environnement évolue, il y a des répercussions sur les organismes benthiques et sur les assemblages d'espèces de la faune et la flore.

Dans la baie de Prony, des épisodes sédimentaires relativement conséquents peuvent être observés en période humide pour les ST02 (Creek baie nord) et ST03 (Port). Ces observations sont amplifiées :

- durant les fortes précipitations et les phases dépressionnaires
- et tout au long de l'année par la circulation des bateaux pour la station à proximité du Port (déchargements, hélices et ancrages des bateaux).

En baie Kwé et de Port Boisé, l'apport de particules terrigènes proviendrait principalement de la Kwé et dans une moindre mesure de la baie de Port Boisée. Cette matière en suspension serait drainée par la rivière Kwé, transportée par les courants de marée puis par la dérive littorale à travers le récif frangeant côtier du canal de la Havannah.
Dans le réseau de suivi général, la station la plus proche de la baie Kwé est ST08 (Puka).
La station ST08 est à l'interface entre les conditions hydrodynamiques intenses du canal de la Havannah, les conditions hyper sédimentaires et les phénomènes de dessalure des eaux de surface des baies (Port Boisé et Kwé) et des pollutions liées aux eaux usées (Port Boisé). Ces paramètres de l'environnement ont été accentués par les phases dépressionnaires de 2011, 2013, 2015, 2017, 2018, 2020 et 2021 ainsi que les évènements pluviométriques du 2 au 4 juillet 2013 (cf. § 7.1.1.2). Cette station est donc perturbée et dégradée depuis mars 2011 et son état de santé est fluctuant par rapport à l'ensemble des récifs composant le réseau de suivi biologique.
De mars 2011 à 2015, les bio indicateurs s'orientaient vers un état de santé biologique relativement mauvais (maladie de la bande blanche, anomalies de croissance, hypermycose endolithique, lésions coralliennes liées à l'apport particulaire, cyanobactéries, turf algal, gastéropodes corallivores, variation de richesse spécifique en dent de scie).
De mars 2015 à novembre 2016, les indicateurs biologiques se stabilisaient et l'assemblage des espèces coralliennes se diversifiait lentement (résilience lente). Bien que l'inventaire recensait de nouvelles espèces coralliennes, ces dernières mettaient en avant une perturbation sédimentaire car elles étaient caractéristiques de milieux contraints par la turbidité. Ces changements lents dans l'assemblage spécifique corallien et les réactions en chaîne observées depuis plusieurs années peuvent être induits par un apport régulier de particules terrigènes.
Depuis 2017, l'inventaire des coraux n'est plus réalisé et il n'est plus possible d'évaluer des changements dans les assemblages d'espèces coralliennes. Cependant, depuis octobre 2019, la station montre une amélioration particulière concernant l'état de santé des colonies coralliennes.

Hypothèse : la source de particules sédimentaires perturbant les récifs de Puka et les alentours proviendrait de la baie Kwé. Cet apport de MES ne parait pas être soutenu, ni continu mais serait tout de même assez important dans le temps pour perturber les organismes benthiques depuis le début d'année 2011.

Remarques :
- Si les conditions environnementales d'un milieu évoluent de manière modérée, l'assemblage des espèces va également suivre cette évolution. Les espèces les mieux adaptées résisteront et se développeront, les espèces non adaptées diminueront peu à peu d'abondance et elles seront potentiellement remplacées par d'autres.
- Si les variations d'un ou plusieurs paramètres de l'environnement sont importantes sur une période prolongée alors le seuil critique létal des colonies peut rapidement être dépassé et elles meurent en place.
- Le réseau de suivi biologique n'a pas de station biologique d'observation en baie Kwé et en baie de Port Boisé.
- En novembre 2018, la visibilité de l'eau était la plus importante jamais observée en baie de Prony.

En novembre 2021, les stations présentant des **dégradations liées à la sédimentation** sont ST02 (Creek baie nord) et ST03 (Port). Le blanchissement n'est généralement pas observé pour cette perturbation car les colonies coralliennes sont recouvertes par un dépôt de de sédiment.

La station ST08 (Puka) ne montre pas de dégradation récente liée à la sédimentation (aucun dépôt sédimentaire).

Ces dégradations se caractérisent par :

- des colonies partiellement (nécroses) ou entièrement mortes en place
- des colonies coralliennes présentant de l'hypermycose endolithique (ST08), mais ces colonies ne meurent pas
- le développement des cyanobactéries sur les colonies coralliennes mortes en place et les débris coralliens recouverts de sédiment terrigène
- le développement de l'algue brune *Lobophora* qui est alarmant en ST03 (compétition spatiale à la défaveur des coraux).

Les perturbations liées aux anomalies de températures / UV (hausse) et salinité (dessalure)

Les anomalies de température et de salinité peuvent entraîner le blanchissement total ou partiel des organismes vivants en symbiose avec les zooxanthelles (coraux, alcyonaires, anémones, bénitiers), le déplacement des organismes mobiles et/ou la mort de colonies et d'organismes benthiques ne pouvant pas se déplacer (coraux, bivalves, ascidies…). Les platiers sont les zones récifales où ces anomalies sont les plus importantes puis leur influence va diminuer avec la profondeur et/ou la circulation des masses d'eau.
En période estivale et surtout La Niña, les anomalies positives de température influencent particulièrement les platiers récifaux (0 à 5 m) puis dans une moindre mesure les niveaux inférieurs (jusqu'à 15 m). Les biotopes les plus vulnérables sont généralement caractérisés par une faible circulation des masses d'eau.
En période humide (ou durant les phases dépressionnaires), les fortes précipitations peuvent engendrer la dessalure des eaux de surface sur les platiers récifaux (0 à 3 m). Les zones les plus vulnérables sont généralement situées à l'embouchure des creeks et rivières, les platiers récifaux dans les baies. L'épaisseur de la couche d'eau saumâtre va dépendre de plusieurs facteurs dont l'intensité des précipitations et la direction du vent qui peut concentrer les masses d'eau saumâtre au fond des baies (0 à 5 m).

NB : ces perturbations ne peuvent pas être mises en valeur de manière quantitative car aucun transect n'est installé entre 0 et 3 m de profondeur. Cependant, lors de chaque suivi biologique, des observations qualitatives sont tout de même réalisées sur les stations, leurs pourtours et les platiers récifaux.

La période de février/mars 2016 marque le phénomène de blanchissement corallien le plus important observé autour de la Nouvelle-Calédonie depuis 1996. Les récifs ont été perturbés par des anomalies positives de température, UV et/ou de dessalure particulièrement dans les niveaux bathymétriques supérieurs. Cet évènement s'est produit durant une phase El Niño, mais il serait indépendant et exceptionnel.
Ainsi lors de la **mission d'avril 2016**, les récifs peu profonds du réseau d'observation, particulièrement de la baie de Prony et du canal Woodin, ont été perturbés par cet évènement exceptionnel. Les récifs du canal de la Havannah ont été beaucoup moins touchés par ces anomalies car la circulation des masses d'eaux est importante dans ce secteur.

En novembre 2021, le blanchissement corallien induit par des variations de températures, UV et/ou salinité est absent. Aucune colonie corallienne ne semble perturbée par des variations de ces paramètres de l'environnement (cf. tableau 116).
NB : L'espèce d'*Alveopora* en ST10 (Ilot Kié), qui blanchit régulièrement (sensible aux variations de température), avait ses zooxanthelles pour cette mission.

8.2.3 Synthèse

De manière générale, la zone d'étude est composée par de multiples biotopes (récifs frangeants de baie, de chenaux et d'ilots ; pentes récifales et sédimentaires à massifs coralliens). La conjugaison des paramètres de l'environnement est variée et permet à de très nombreuses espèces de coloniser ces différents habitats.

Les observations sur les indicateurs coralliens et les espèces cibles restent, en novembre 2021, sur **un état de santé « Médiocre » à « Bon ».** L'état de santé des stations avec les perturbations enregistrées pour cette mission est donné tableau 138.
Suite aux deux évènements dépressionnaires (Lucas et Niran) de début d'année 2021, les dégradations ont été très importantes dans le canal de la Havannah et le canal Woodin (ordre mécanique) et dans la baie de Prony (ordre sédimentaire) (constats de la mission de mai 2021).
Pour cette mission, la recolonisation des invertébrés (hors coraux durs) et des macrophytes est marquée

sur l'ensemble des récifs. Cependant, l'ensemble des indicateurs de qualité écologique ne permettent pas (encore) d'estimer une amélioration de l'état de santé des récifs par rapport à la dernière mission.

Tableau 138 : Etat de santé des stations / perturbations enregistrées (pour cette mission)

ETAT DE SANTE	STATION	PERTURBATIONS / AMELIORATIONS
Médiocre	ST02 (Creek baie nord)	Ancienne prolifération *d'Acanthaster planci* couplée à des perturbations sédimentaires entrainant une mortalité corallienne importante (surtout en B) et le développement de *Lobophora* (algue brune potentiellement envahissante)
	ST03 (Port)	Ancienne prolifération d'*Acanthaster planci,* couplée à des perturbations sédimentaires importantes et régulières, développement **très préoccupant** de *Lobophora* (espèce envahissante) et mortalité corallienne importante. Limite état mauvais
	ST04 (Woodin)	Ancienne prolifération d'*Acanthaster planci,* perturbations sédimentaires, mortalité corallienne importante et perturbations mécaniques depuis mars 2015 (effondrement de colonies de *Tubastraea micranthus)* et en mai 2021 où le niveau bathymétrique supérieur a été fortement dégradé (effondrements de colonies coralliennes et nombreux débris)
	ST12 (Ugo)	Présence variable de corallivores *(Acanthaster planci*, *Drupella cornus* et *Chicoreus brunneus)* et perturbations mécaniques (couloirs d'effondrement de débris) et en mai 2021 perturbations mécaniques intenses suite aux cyclones (déstructuration de l'éperon en A et nombreuses zones d'accumulation de débris)
Moyen	ST01 (Casy)	Ancienne prolifération *d'Acanthaster planci* ayant entrainé une mortalité corallienne importante. L'assemblage d'espèces benthiques varie avec le temps, les coraux scléractiniaires ont été très perturbés par les *Acanthaster* et ils sont remplacés au fur et à mesure par les alcyonnaires
	ST06 (Ionontea)	Perturbations mécaniques intenses suite aux cyclones ; maladie de la bande blanche absente
	ST07 (B. Chambeyron)	Perturbations mécaniques intenses suite aux cyclones ; croissance des *Acropora* tabulaire en A ; maladie de la bande blanche variable
	ST09 (Bancs Kié)	Perturbations mécaniques intenses suite aux cyclones ; maladie de la bande blanche variable
	ST10 (Ilot Kié)	Perturbations mécaniques intenses suite aux cyclones (déstructuration de l'éperon en A et nombreuses zones d'accumulation de débris) ; maladie de la bande blanche absente, *Drupella cornus* variable et *Acanthaster planci* très faible
	ST11 (Toémo)	Perturbations mécaniques intenses suite aux cyclones ; *Drupella cornus* variable ; maladie de la bande blanche absente
Bon	ST05 (Ioro)	Perturbations mécaniques suite aux cyclones : le niveau bathymétrique supérieur présente des effondrements de colonies coralliennes et de nombreux débris. De manière générale, abrasion des colonies coralliennes par les sédiments carbonatés ; maladie de la bande blanche variable
	ST08 (Puka)	Perturbations mécaniques suite aux cyclones : quelques colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat et de grands *Acropora* tabulaires métriques sont retournés ; maladie de la bande blanche variable et croissance des colonies coralliennes en A

L'ensemble des récifs a subi des perturbations naturelles depuis le début du suivi d'août 2007. Les dégradations sur les biocénoses benthiques sont localisées et les réactions en chaîne se multiplient pour certaines stations. L'importance de ces dégradations dépend de la conjonction des sources perturbatrices (sédimentation et/ou variations de températures, UV, salinité et/ou hydrodynamisme et/ou prédation et/ou maladies…), mais aussi du degré et du temps d'explosion et de la périodicité.

Les proliférations d'*Acanthaster planci* (corallivores) sont une menace importante pour les récifs coralliens. La raison pour laquelle l'étoile épineuse envahit périodiquement les récifs demeure encore un mystère. Cette astérie toxique est ainsi connue pour être une espèce invasive à fort potentiel de destruction sur les récifs coralliens, dont elle consomme les polypes en grande quantité. Les anciennes proliférations d'*Acanthaster* ont entrainé des dégradations récifales en **ST01**, **ST02**, **ST03** et **ST04** importantes et se traduisent par de nombreuses colonies coralliennes mortes en place (particulièrement *Acropora* branchus et tabulaires, mais les *Acanthaster* dévorent également d'autres espèces).

Dans la zone d'étude, **les perturbations anthropiques ne sont pas négligeables**, elles ne sont pas forcément de forte intensité mais elles sont généralement répétitives tout au long de l'année. Ces perturbations sont d'ordre sédimentaire (apport ou remobilisation de particules terrigènes) puis se sont les réactions en chaine entrainant le développement de maladies coralliennes, de turf algal, de cyanobactéries et de corallivores.
En ST03 : c'est la circulation des bateaux dans le port qui entraîne la remobilisation des sédiments.
En ST08 c'est l'activité minière qui entraîne l'apport de MES charriées par la rivière Kwé, provoquant des réactions en chaîne (développement de maladies coralliennes, de turf algal, de cyanobactéries et de corallivores). Cela y est couplé avec les impacts de l'hôtel (eaux usées principalement).

Les dégradations récifales naturelles sont exacerbées par les dégradations anthropiques. Les récifs coralliens sont très vulnérables et le changement d'un seul paramètre de l'environnement peut rompre l'équilibre fragile de ces écosystèmes d'intérêt patrimonial.

La résilience des récifs est déterminante dans l'évaluation de l'état de santé.
En novembre 2021, l'état écologique des récifs coralliens de la zone d'étude est en voie d'amélioration par rapport au passage des deux cyclones (Lucas et Niran) en début d'année 2021. Cependant, il est très difficile de s'exprimer sur cet état car la diversité et l'abondance des coraux n'ont pas été évaluées.

La résilience des récifs dépend beaucoup des conditions des paramètres de l'environnement des prochains mois (voire années). Cependant elle parait être plus lente depuis que les évènements dépressionnaires sont de plus en plus fréquents. En effet, les conditions hydrodynamiques et météorologiques intenses entrainent, notamment, des perturbations mécaniques et sédimentaires dans le lagon.
Par ailleurs, les perturbations anthropiques (dont les apports de particules terrigènes) ne sont pas négligeables dans la zone d'étude. Ainsi l'état écologique de trois stations (ST02 Creek baie Nord, ST03 Port et ST08 Puka) est à surveiller avec une grande attention. Ces récifs, ayant une résilience lente et en dent de scie, sont soumis comme toutes les stations du réseau de suivi aux perturbations naturelles mais aussi et plus que les autres aux perturbations induites par les activités anthropiques (perturbations répétitives sans forcément être intenses : activités portuaire et apports particulaires terrigènes de la baie Kwé).
Enfin, les proliférations d'*Acanthaster planci* en baie de Prony (ST01, ST02, ST03) et canal Woodin (ST04) ont augmenté significativement la mortalité corallienne dans ces zones, retardant la résilience.

8.3 Les populations ichtyologiques

8.3.1 Résultats

Relativement aux Indices IAS et IGm (calculés à partir des paramètres de densité, de biomasse et de biodiversité), une appréciation de la qualité du peuplement peut être donnée par une cotation à 12 niveaux pour les stations (cf. tableau 139) et pour les missions (cf. tableau 140).

Qualité des stations

Lors de cette mission aucune station n'a de meilleure note.
Les stations de Casy, Creek baie nord, Port Woodin, basse Chambeyron et Puka ont une note en baisse alors que les autres stations restent stables (cf. tableau 139).

Soulignons que :

- La station de Woodin qui n'avait pas été « marquée » lors de la mission précédente voit son état se dégradé
- La note de la station de Ionontea continue à rester basse : cela confirme qu'elle doit faire partie d'un site de pêche.
- La station de l'Ilot Kié (réserve Merlet) paraît sérieusement endommagée... même la biodiversité 3 a très sensiblement changée.

Tableau 139 : Note de chaque station selon la qualité du peuplement de poissons

	ST01	ST02	ST03	ST04	ST05	ST06	ST07	ST08	ST09	ST10	ST11	ST12
	Casy	Creek	Port	Woodin	Ioro	Ionontea	Chamb.	Puka	B. Kié	I. Kié	Toémo	Ugo
2017 a	9	7	6	12	6	12	11	6	7	*11*	6	8
2017 b	11	3	6	11	6	12	10	5	9	*11*	7	6
2018 a	12	2	8	12	8	12	*10*	7	12	*11*	9	7
2018 b	11	7	6	12	5	12	11	8	6	*11*	8	4
2019 a	12	8	5	12	8	11	12	5	9	*11*	10	5
2019 b	8	4	7	12	6	8	12	5	7	*11*	9	8
2020 a	8	3	6	12	9	9	11	4	6	11	6	7
2020 b	7	6	8	10	6	5	12	5	6	10	5	4
2021 a	8	4	6	11	5	5	11	6	5	5	5	3
2021 b	5	3	3	7	5	5	7	5	5	5	5	3

Comparaison de la mission de novembre 2021 à la moyenne des précédentes, par station

Les quatre graphiques de la figure 124 présentent station par station, l'écart relatif de la valeur de cette mission à la moyenne de la station sur la période du suivi (depuis 2007) :

$$\Delta = (X_{2018a} - X_{moy}) / X_{moy}$$

Pour rappel et comparaison, la figure 125 présente ces mêmes graphes pour les 2 missions précédentes.

Cette présentation montre de façon synoptique et sur un an, l'évolution des 4 paramètres à chacune des stations. L'effondrement de la densité et de la biomasse a précédé les deux phénomènes climatiques de début d'année 2021 puis cette baisse s'est accentuée après leur passage qui a affecté, en plus, la biodiversité.

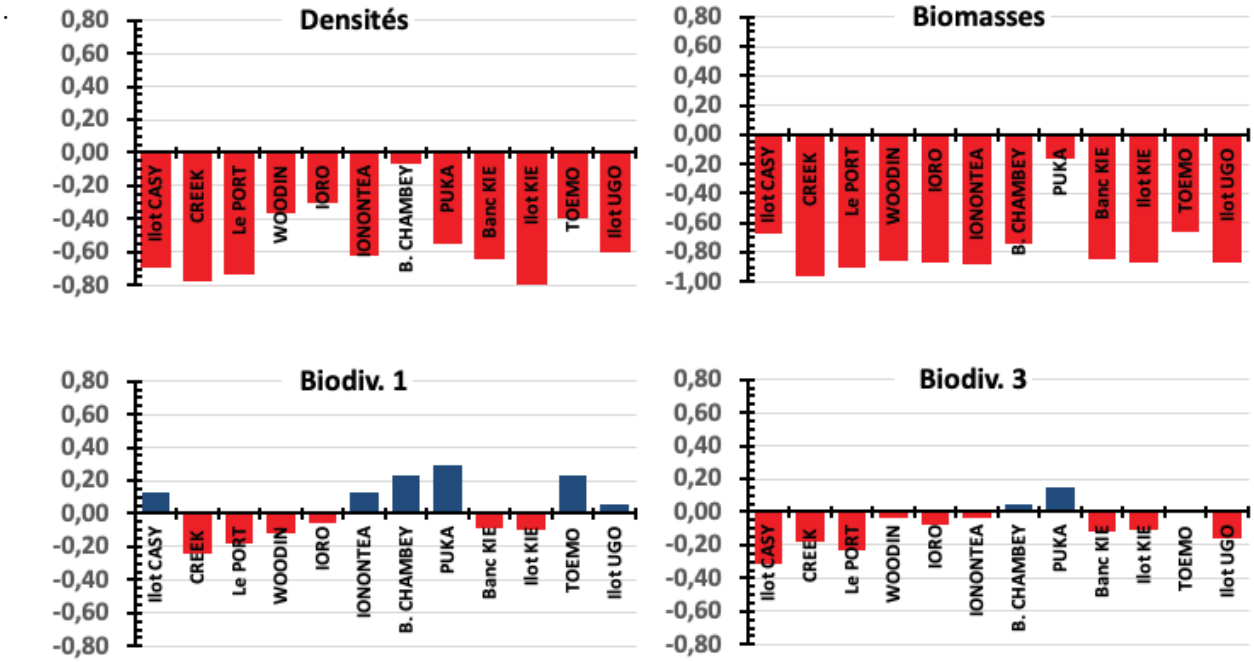


Figure 124 : Ecarts des valeurs obtenues en novembre 2021 à chaque station, avec la moyenne depuis 2007 (Ichtyologie)

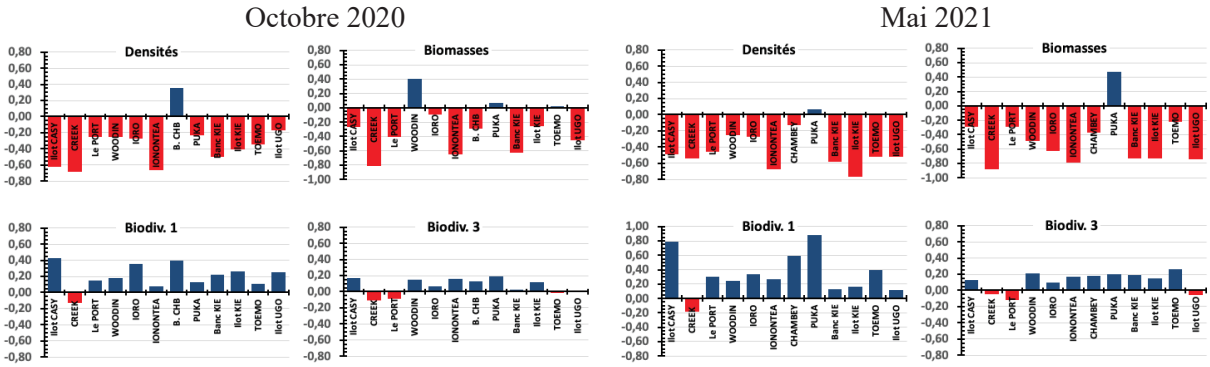


Figure 125 : Ecarts des valeurs obtenues en octobre 2020 et mai 2021 à chaque station, avec la moyenne depuis 2007 (Ichtyologie)

- Comparaison de la mission de novembre 2021 à la moyenne globale des stations, par mission

Les quatre graphiques de la figure 126 présentent mission par mission, l'écart relatif de la valeur moyenne X_i (pour les 4 paramètres) calculée sur ladite mission à la moyenne des moyennes établie sur la période du suivi (depuis 2007) :

$$\Delta = (X_{2018\,b} - X_{moy})/\ X_{moy}$$

Les classements et notations précédents montrent des écarts entre stations lors d'une même mission d'un ordre de grandeur moins important que les écarts entre missions à une même station. Cette différence est forte pour la biomasse, appréciable pour la densité et peu significative pour les biodiversités.

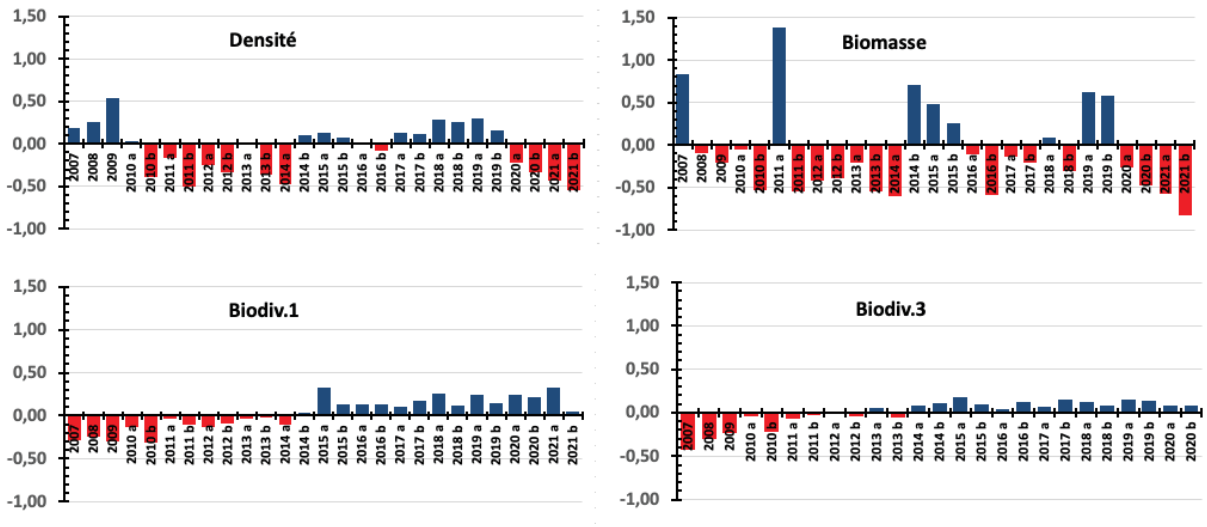


Figure 126 : Ecarts par mission des résultats ichtyologiques en novembre 2021 de l'ensemble des stations, avec la moyenne depuis 2007 (Ichtyologie)

Qualité des peuplements depuis 2007

Une appréciation synthétique globale de qualité peut être donnée par la prise en compte de toutes les stations de la zone dans une cotation comparative à 4 niveaux et douze degrés au total (cf. § 3.4.3).
L'application aux missions depuis 2007 est donnée dans le tableau 140.

Tableau 140 : Qualité du peuplement ichtyologique depuis 2007

2007	7	2011 a	9	2013 b	8	2016 a	9	2018 b	8	2021 a	5
2008	6	2011 b	6	2014 a	8	2016 b	8	2019 a	9	2021 b	5
2009	6	2012 a	6	2014 b	9	2017 a	8	2019 b	8		
2010 a	8	2012 b	7	2015 a	11	2017 b	8	2020 a	7		
2010 b	4	2013 a	8	2015 b	9	2018 a	12	2020 b	6		

Le constat, sur cette période d'observations allant de 2007 à 2021, est que les peuplements de poissons du canal de la Havannah et de la baie de Prony demeurent de bonne qualité. Toutefois, depuis le printemps 2020 l'état du peuplement ichthyologique se dégrade

Sous cet angle de vue, l'état du peuplement de poissons lors de cette mission est à un niveau médiocre.
C'est la deuxième plus mauvaise note de la série historique après septembre 2010.

8.3.2 Discussion

Les fluctuations observées sont pour partie naturelles et pour partie artificielles, puisqu'elles sont consubstantielles à la méthode de prise de données.
En effet, naturelles car elles sont dues aux comportements des poissons en rapport avec leurs habitudes et rythmes nycthéméraux et saisonniers, leurs divagations naturelles et leur mode de vie et artificielles car en réaction à la présence des plongeurs d'une part et induite par la méthode du TLV d'autre part. Cette méthode est inappropriée à ce suivi, thème qui a été largement démontré, développé et argumenté dans les rapports précédents.
Toutes ces fluctuations ne traduisent donc pas de réelles variations du peuplement dues à une quelconque pollution ou surpêche, mais des variations dans le système qui lie les comportements des poissons aux modes d'observation et à la présence du plongeur. Ce système dual « poisson-plongeur » affecte les paramètres de densité et de biomasse qui sont donc pour ces raisons, de médiocres indicateurs d'état.

Nous insistons sur le fait, que contrairement à ce qui est souvent avancé, la méthode du TLV (imposée par le cahier des charges) ne fait pas partie des méthodes de "distance sampling" [R36 à R39, R71], comme le suggère par exemple le Guide du Milieu Marin [R35].
En effet, le TLV déroge aux hypothèses de base de ces méthodes d'évaluation à distance, d'une part du fait de la distribution de l'objet à dénombrer (i.e. les poissons) et d'autre part du fait que l'opérateur influence, par sa seule présence, la distribution et le positionnement de cet objet.
Ces deux points importants, sont contraires aux premières hypothèses qui encadrent impérativement et incontournablement ces méthodes. Et soulignons de plus, que le deuxième travers du TLV vis à vis de ces méthodes de « distance sampling », c'est-à-dire l'impact du plongeur sur le positionnement du poisson [R34, R41, R62], est parfaitement démontré dans l'article de Kulbicki et Sarramegna (1999) [R59] pourtant souvent malencontreusement cité à l'appui de l'utilisation dudit TLV.

En revanche, il apparaît après toutes ces années de suivi que la biodiversité est un paramètre naturellement stable si bien que ses variations sont informatives… Tout du moins, le seraient-elles, si ce paramètre (Biodiversité 1) n'était entravé par le cahier des charges qui limite et encadre le nombre d'espèces à prendre en compte[28]. Ces restrictions tamponnent et masquent les variations, tant quantitatives que qualitatives de ce paramètre et obèrent, ainsi, une bonne part de son intérêt d'indicateur.
Ce paramètre de biodiversité (totale, soit la Biodiversité 3, que nous ajoutons) permet une analyse comparative des peuplements ichtyologiques sous l'angle de vue de leur fonctionnement et de leur structure. Ce sont, en effet, ces deux thèmes qui sont véritablement sensibles à la qualité du milieu - et pas la biomasse ni la densité - et qui confèrent donc un véritable intérêt informatif à l'ichtyofaune dans le cadre d'un tel suivi. La biomasse et la densité présentent des variations naturelles très importantes et selon des rythmes impossibles à suivre.
Toutes ces remarques correspondent aux conclusions du rapport INERIS [R55].

8.3.3 Conclusion

Si l'on revient à la question initiale : Les activités de l'usine, du port et de la mine affectent-elles l'ichtyofaune ?

- Sur le long temps

Le constat sur cette période d'observation depuis 2007, donc de « temps long », est que le peuplement de poissons du canal de la Havannah et de la baie de Prony demeure de bonne qualité (cf. tableau 140).

Les 27 notes de qualité calculées à partir des paramètres de densité, de biomasse et de biodiversités fluctuent pour 21 d'entre-elles entre 6/12 et 9/12
Cinq missions ont des notes exceptionnelles (tableau 140) :

- 3 missions ont obtenu de mauvaises notes : 2010b, 2021a et 2021b
- 2 missions ont obtenu de très bonnes notes : 2015a et 2019a.

Les résultats de cette mission la place dans le groupe de queue, 26ème /27 (ex aequo avec la missions précédente) : la qualification du peuplement de poissons observé en novembre 2021 est « médiocre ».

- Sur le temps court

En revanche, sur le « temps court », d'une mission à l'autre les peuplements ichtyologiques changent : les espèces qui forment ces peuplements se renouvellent.
Bien que la biodiversité quantitative α soit assez stable sur une station elle représente un ensemble très plastique. En effet, la biodiversité qualitative α, présente, sur l'ensemble des stations, une composition changeante. Seul, un petit nombre d'espèces a, sur une même station, une présence constante mission après mission. Beaucoup d'espèces disparaissent des inventaires pendant un ou plusieurs semestres, puis réapparaissent ou pas, puis peuvent disparaitre à nouveau ou pas.

[28] Ainsi, pour cette mission, en considérant la biodiversité 1, ce sont 151 espèces réparties en 21 familles qui sont retenues, sur les 278 réellement observées (réparties en 38 familles) (biodiversité 3)

Le peuplement ichthyologique est par nature dynamique et instable à petite échelle de temps mais stable sur le long terme.

Plus concrètement, après de 16 années d'observations (2007-2021), il apparait que chaque station *i* présente une Biodiversité totale ($B\gamma_i$) qui lui est propre et constituée de 210±20 espèces en baie de Prony et de 320±30 espèces sur les stations de la Havannah ou de Woodin.
Du fait du comportement et du mode de vie des espèces, à chaque mission *j* et sur chaque station *i*, environ la moitié des taxons de cette $B\gamma_i$ est vue par l'opérateur et forme la $B\alpha_{ij}$. Dans cet ensemble $B\alpha_{ij}$ moins de 10% (soit 20 à 25 espèces) sont présentes de manière régulière mission après mission.
Et c'est le même schéma sur l'ensemble de la zone surveillée. A chaque mission, sur l'ensemble des stations, seule la moitié de la biodiversité totale $B\gamma$ - évaluée à 720 ± 30 espèces – est repérée par l'opérateur, soit 350 ± 20 espèces ; et 10% d'entre elles (de $B\gamma$), soit environ 70 ± 5 espèces, forment un lot ubiquiste commun à l'ensemble des stations.

Les causes des variations observées sur le long terme laissent une large place à la conjoncture, si bien que seule une variation durable mérite d'être prise en compte.
Il est probable que les intempéries (le système ENSO) soient responsables de la baisse générale de qualité observée depuis quelque temps. Dans le cas présent, La Niña et les cyclones de début d'année ont eu une influence. Il ne fait aucun doute que les intempéries soient responsables de l'état de la station de l'îlot Kié dans la réserve intégrale Yves Merlet.

Jusqu'à présent, malgré des variations semestrielles et annuelles importantes mais jamais durables, le peuplement ichtyologique du sud était considéré comme stable. Cependant, pour la troisième fois consécutive ce peuplement est noté médiocre. Pour l'instant, seules, les intempéries semblent responsables, mais cette dégradation est à surveiller.

9 Discussion

L'objectif de cette étude est d'effectuer un suivi de l'état des communautés coralliennes sur un ensemble de stations de mesures afin d'alimenter une base de données qui permettra de :

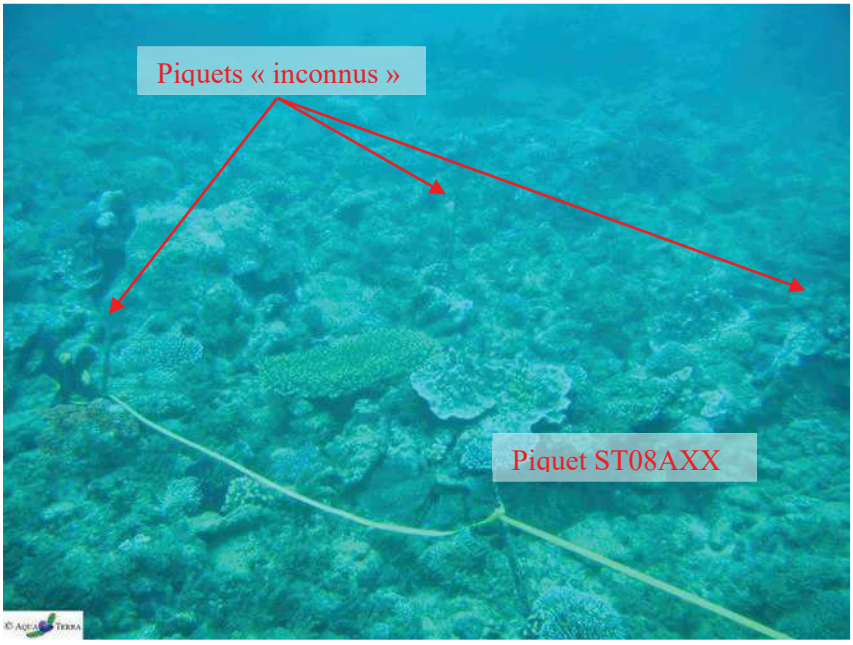
- Evaluer la variabilité naturelle des stations et d'optimiser l'effort d'échantillonnage par une étude de puissance ;
- Suivre dans le temps les effets potentiels des activités industrielles de l'usine du Sud.

L'équipe qui a effectué ce travail possède de solides connaissances dans le domaine de l'échantillonnage et en particulier sur la résolution des problèmes sur le terrain, qui peuvent entacher les résultats finaux.
Pour faciliter tant le travail terrain qu'ensuite le traitement des données et surtout la précision des résultats un certain nombre de recommandations est donné dans ce paragraphe.

9.1 Améliorations propres à ce suivi

- Marquage des piquets

La méthode de suivi temporel statistique retenue par prony Resources Nouvelle-Calédonie, exige que les échantillonnages soient toujours réalisés sur les mêmes zones.
Cette précision implique la matérialisation physique de la station sous l'eau.
Or, les conditions en mer ne sont pas toujours favorables et de plus, de nombreuses études ont été réalisées dans la zone, ce qui laisse plusieurs autres piquets de marquage, en sus de ceux devant être trouvés (exemple : photographie 29).



Photographie 29 : Station 08 : fin de transect A : 3 autres piquets formant un quadrat

Pour mieux retrouver les stations devant être étudiées et donc les bons piquets (pour éviter notamment la perte de temps et diminuer les risques de dérouler le ruban sur un mauvais piquet), ces derniers devraient être marqués.
Cette identification pourrait être une étiquette (métallique, plastique) poinçonnée, avec un code correspondant à chaque piquet, du type : numéro de la station, lettre du transect, métrage sur le transect (en lettre romaine pour éviter de confondre avec la profondeur)
Exemple comme pour la photographie 29 : c'est le piquet de fin du transect le plus haut station Puka = ST08AXX.

Positionnement et description des stations

Toujours pour permettre de mieux retrouver les stations et de s'orienter dans l'eau, nous proposons depuis plusieurs années de faire réaliser un schéma - horizontal - descriptif de chaque station (exemple succinct figure 127).
En effet, ce type d'outil permet, une fois arrivés sur zone avec le GPS et qu'un 1er piquet est trouvé (surtout s'il est identifié), de savoir exactement où on se positionne sur la station et d'aller alors directement à la bonne profondeur et dans la bonne direction pour dérouler les rubans métrés.

Ce type de schéma doit comporter : la disposition des transects, des piquets, des points remarquables du paysage, le sens de déroulement des rubans, les profondeurs, etc. avec un métré le plus précis possible et les orientations.

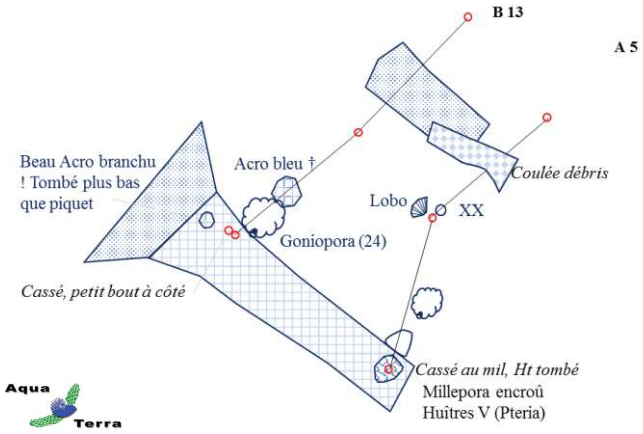


Figure 127 : Exemple de schéma descriptif d'une station

Cet outil (associé au marquage des piquets) serait particulièrement utile pour permettre à d'autres équipes de retrouver les sites. Car à l'heure actuelle pour des intervenants nouveaux, il est quasiment impossible de retrouver tous les transects avec la seule indication du point GPS surface.
Cela conférerait à Prony Resources une autonomie certaine pour les missions terrain.

NB : Pour faciliter notre travail et augmenter sa qualité, nous avons commencé à réaliser, bénévolement, ce travail. Ces différents schémas sont améliorés/enrichis au fur et à mesure des missions.

9.2 Améliorations au cahier des charges

Avec le recul de plusieurs campagnes (avec celles de suivis et les autres, près d'une quarantaine), **le cahier des charges, qui date de 2006, doit être revu**.
Des améliorations pourraient être apportées, sur la méthodologie, dont :

Plan d'échantillonnage

Le nombre de station n'est pas suffisant dans le réseau de suivi biologique : La biodiversité de chaque site est dépendante des conditions du milieu mais également du nombre de stations échantillonnées car les espèces se répartissent à travers le récif (ainsi le nombre potentiel d'espèces recensées augmente généralement avec la surface prospecté).
La diversité entre les trois sites est très contrastée mais le plan d'échantillonnage est également très disparate dans la zone d'étude car 7 à 8 stations sont étudiées dans le canal de la Havannah, 3 stations dans la baie de Prony et une station seulement dans le canal Woodin.

Par ailleurs, la baie de Prony et le canal Woodin renferme une multitude de biotopes très vulnérables qui ne sont pas explorés dans le cadre de cette étude. Il faudrait donc compléter l'échantillonnage en positionnant des stations supplémentaires dans ces deux sites.

Il faudrait donc élargir le réseau de suivi biologique, en installant des stations :

- en Rade nord (augmenter le poids de la baie de Prony et mieux suivre cette zone où les risques sont élevés (embouchure du Creek baie nord, port)),
- autour et dans les baies de Port Boisé et Kwé (pour mieux cibler les impacts de ces baies révélés par la station actuelle Puka),
- en Grande Rade (Bonne Anse, Carénage : comme témoins).

Les récifs littoraux de la baie de Prony ne sont pas considérés dans le réseau de suivi : il apparait un autre problème dans le plan l'échantillonnage de la baie de Prony. Les récifs de cette baie sont régulièrement influencés/dégradés par la dessalure des eaux de surface et les panaches turbides sur des gradients d'éloignement des embouchures, des creeks, des rivières et des résurgences.

Lors de cyclones, ces anomalies sont d'autant plus accentuées. Le cyclone Freda a entrainé une grande anomalie négative de dessalure des eaux de surface en début d'année 2013 [R81]. Les précipitations ont été très abondantes et le vent a concentré les masses d'eau douce au fond des différentes rades. Ainsi l'ensemble des récifs littoraux compris dans les petites profondeurs (0 à 3 m) de la baie de Prony a été gravement perturbé par le phénomène de blanchissement corallien et de mortalité des invertébrés.
Il en a été de même lors des anomalies climatiques du début d'année 2016, qui ont entraîné un phénomène de blanchissement massif.

Malheureusement ces données ne sont pas enregistrées par le réseau de suivi biologique car les transects sont tous implantés sous 5 m de profondeur (en dehors de la zone d'influence de l'eau douce de surface 0 à 3 m). A ce jour, les quelques colonies concernées par le blanchissement dans les stations de suivi général de la baie de Prony sont perturbées par la sédimentation ou la prédation des corallivores.

Cas particulier de la station Puka (ST08) : Compte tenu des dégradations relevées sur cette station en 2011 / 2013 liées aux apports particulaires provenant de la baie Kwé et de la pollution organique de la baie de Port boisé [R17], la mise en place d'un suivi périodique de cette zone semble être primordiale. Le réseau de 14 stations mis en place en décembre 2013 devrait faire l'objet d'un suivi régulier.

Cas particulier de la station Port (ST03) : La remobilisation des sédiments par les hélices et les chaines de bateaux dans la zone portuaire ne doit pas être négligée et devrait faire l'objet d'une étude complémentaire plus détaillée. De plus, sur les récifs avoisinants le port, le développement pérenne et progressif de l'algue brune du genre *Lobophora* (compétitrice spatiale avec les coraux) est préoccupant (espèce invasive). **Un suivi détaillé de ces algues brunes devrait être mis en place en ST03 (Port) sur une périodicité trimestrielle**.

=> Afin de suivre les activités anthropiques :
- Nécessité d'installer des stations supplémentaires en : baie Kwé, baie de Port boisé, autour du Port et le long du récif frangeant du canal de la Havannah
- Nécessité d'installer des transects supplémentaires à 2-3 m de profondeur en baie de Prony pour étudier les phénomènes de variations de températures, salinité, UV et les panaches de MES charriées par les creeks et rivières
- Suivi régulier du réseau Puka
- Suivi rapproché des algues invasives au Port.

- La périodicité d'échantillonnage des macrophytes

Les relevés semestriels de suivi biologique ne sont pas adaptés aux cycles de développement des macrophytes. Les missions semestrielles septembre/octobre et de mars/avril ne permettent pas d'appréhender les valeurs maximales et minimales de diversité et de recouvrement des macrophytes.
Un suivi des macrophytes sur une période trimestrielle serait plus adéquat pour identifier l'ensemble des variations et surtout les amplitudes maximales et minimales de diversité et d'abondance.

De plus, une étude plus détaillée du genre *Asparagopsis* (dans le canal de la Havannah) et du genre *Lobophora* (dans la baie de Prony) serait pertinente pour une meilleure surveillance des risques potentiels d'envahissement, d'invasion, de prolifération et de dégradations sur les communautés coralliennes. Ces investigations complémentaires seraient à mettre en place avec un pas de temps plus court (trimestriel) et une méthodologie adaptée (quadras) afin d'évaluer leur potentielle nuisance sur l'environnement ainsi que leur

développement dans le temps et dans l'espace.

- Taxons cibles

Dans le cahier des charges, un certain nombre de taxons cibles ont été listés, car ils sont identifiés comme indicateurs biologiques de l'état du milieu naturel.
Ils doivent donc être échantillonnés.
Nous proposons de rajouter :

- Les **scléractiniaires** qui constituent l'habitat essentiel d'un écosystème récifal et regroupe la majorité des ressources marine tropical. Ils constituent une information capitale en terme de suivi car ils sont très sensibles aux variations de l'environnement marin et sont sessiles (fixes). Une étude comparative peut ainsi aisément être réalisée en prenant en compte la richesse spécifique, l'abondance, le recrutement, la mortalité et le blanchissement **(sentinelle avancée semestrielle)** ;
- Les **alcyonaires** qui représentent un recouvrement biotique conséquent dans les stations d'études et qui sont en compétition territoriale constante avec les macrophytes et les scléractiniaires ;
- Les **cyanobactéries**, qui sont les marqueurs d'un déséquilibre du milieu (eutrophisation) et qui sont directement alors en compétition avec les coraux ;
- Les espèces particulières qui sont **prédatrices du corail** : *Acanthaster*, *Culcita*, *Drupella*, etc. ;
- Les **espèces exogènes**.

Une liste d'inventaire très détaillée des biocénoses benthiques avec de nombreuses espèces cibles comprenant tous ces taxons, même s'ils ne sont pas inscrits au cahier des charges imposé par le suivi règlementaire, a été réalisé de façon volontaire de notre part ainsi que de celle du Client de 2007 à 2016.

Cependant, au vu du coût engendré, depuis 2017 le Client n'a pas maintenu ces études et a strictement commandé en échantillonnage les exigences du cahier des charges provincial.
La diversité et l'abondance des coraux n'ont donc pas été étudiées depuis la mission d'avril 2017. Hors, l'étude de ce compartiment biologique de 2007 à 2016 et les informations recueillies sur cette période (9 ans) ont été déterminantes pour détecter les perturbations dans la zone d'étude.
En effet, les coraux sont des **sentinelles avancées** car ils sont fixes et très sensibles aux variations de l'environnement. Ainsi ils sont considérés comme le meilleur indicateur pour décrire l'état de santé des récifs et pour détecter des perturbations à court et moyen terme.
Désormais il n'est plus possible de constater s'il y a des variations dans les assemblages d'espèces et si ce compartiment biologique varie dans le temps et l'espace.

Hors, la question posée, est : l'usine et la mine affectent-elles le milieu marin ?
Ce que nous enseignent ces années de suivi est que, dans le cadre de ce questionnement, le suivi du corail est primordial (biodiversité, épidémiologie et dynamique des populations : recrutement, croissance et mortalité). La conséquence en est que l'agencement d'une station pour un suivi environnemental, doit être fait en regard de l'étude du corail.
Le LIT, la faune et flore benthiques doivent venir en appoint et sont aussi nécessaires pour leurs apports de données quantitatives.
L'ichtyofaune, quant à elle, ne doit son intérêt qu'au fait de sa très grande biodiversité. Si bien que, même si l'on savait estimer avec précision et fiabilité la densité et la biomasse des poissons, cela n'aurait qu'un intérêt mineur au regard de la problématique posée. Il sera donc tiré parti des poissons par le truchement du fonctionnement de cette exceptionnelle diversité, c'est-à-dire par la prise en compte des régimes alimentaires spécifiques et donc des réseaux et des liens avec le benthos et le pélagos.
Par ailleurs la méthode du TLV a ses limites ici (cf. § 8.3.2).

Il est donc primordial de revoir la liste des thèmes d'études du Cahier des charges :
- maintenir le LIT (avec des réplicats (cf. § plus bas))
- étudier les coraux scléractiniaires
- étudier l'ichtyofaune par sa diversité (biodiversités, régimes alimentaires, juvéniles).

Choix efficient des stations

Ce suivi se fait à travers l'échantillonnage de 3 thèmes (le substrat, le benthos et les poissons), de taxons cibles et de paramètres biologiques clés.

L'un de ces paramètres est le recouvrement et l'abondance/biodiversité en scléractiniaires. En effet ces coraux sont :

- les constructeurs des récifs et donc à la base de l'écosystème corallien (habitat, nourriture, …),
- sensibles aux perturbations du milieu.

Or, pour pouvoir suivre l'évolution des colonies de coraux (par le LIT ou la méthode du couloir), les stations doivent donc « naturellement » (c'est-à-dire pendant la phase de référence) posséder des taux moyens de recouvrement corallien (pouvant varier, dans les deux sens).
En effet, une station possédant un taux de recouvrement proche de « 0 » ne pourra voir ses pourcentages qu'augmenter, et ne pourra pas servir de marqueur si une dégradation se produit. A l'inverse, des taux trop élevés ne pourront que diminuer.

Il est donc recommandé de choisir pour ce type d'étude des stations possédant entre 30 et 60% de recouvrement corallien.

Sur le réseau actuel, depuis le début du suivi, la moyenne de recouvrement des scléractiniaires a varié de 14% à 22% selon les missions. Et cela est très fluctuant selon les stations et encore plus selon les transects, les valeurs extrêmes étant de 0% (ST05C - novembre 2016, ST01A - mai 2020) pour la plus faible à 74% (ST10A, mai 2020) pour la plus forte.
Le déplacement / ajout de certaines stations ou transects est à étudier.

Choix efficient des transects et réplicats

Les transects fixes existants (trois théoriquement pour chaque station) permettent, sous réserve d'être échantillonnés exactement au même endroit chaque année, de quantifier la stabilité ou non de la zone, **mais considérée globalement**.
C'est un suivi global, dans le temps, car c'est la « différence annuelle » qui sert de variable aléatoire. La variable statistique sera donc l'ensemble des différences « année n-1/année n » obtenues à chaque station, chacune des stations donnant donc une valeur et une seule, à cette variable.

Pour permettre un suivi statistique temporel station par station, il faut une variable aléatoire par station. Pour ce faire, l'échantillonnage de transects en réplicats aléatoires - en plus des transects existants - est nécessaire.

La mise en œuvre de ces réplicats est donc à étudier, car ils permettront d'une part d'affiner la probabilité de l'avis donné pour l'ensemble de la zone (dans le temps) et d'autre part de préciser (dans l'espace) s'il y a des différences spatiales et donc juger de ces différences le long d'un gradient d'éloignement des sources potentielles de pollution de manière à préciser si, dans le cas où l'on détecterait des variations, ces variations sont dues ou non à l'usine.

Prises de photographies de spécimens remarquables

Le cahier des charges ne prévoit pas la surveillance des stations par un suivi photographique, comme cela est possible par différentes méthodes.
Cependant, certains spécimens, à certaines stations étant remarquables (par leur taille, leur emplacement, leur espèce, etc.), leur identification est facilitée et leur évolution temporelle peut donc être envisagée facilement par photographie.
Nous proposons de faire établir une liste (avec leur position, et notamment sur les schémas descriptifs des stations) de ces spécimens, pour ensuite les photographier à chaque mission.

9.3 Suggestions au niveau provincial ou territorial

- Guide d'échantillonnage

L'étude de 2008 avait permis de montrer que les chiffres globaux biotiques/abiotiques de certaines stations avaient beaucoup évolué par rapport à la campagne précédente de 2007.
Cependant, cette évolution n'était pas du fait d'un changement dans la structure des fonds des stations étudiées, mais plutôt de la différence d'appréciation et d'interprétation du substrat par les opérateurs sous l'eau lors de l'échantillonnage LIT.
C'est pourquoi nous suggérons la réalisation d'un « Guide de l'interprétation des catégories pour le LIT », qui comprendrait le listing des classes, leur description précise et surtout des photos prises *in situ*, sur les stations concernées. Ce travail pourrait être entrepris au niveau de toute la Nouvelle-Calédonie (ou au moins la Province Sud) et par exemple sous pilotage de l'ŒIL.
Cela permettrait ainsi à Prony Resources mais aussi à tous les autres intervenants (autres miniers, décideurs, etc.) de limiter les risques d'interprétations différentes selon les échantillonneurs et d'obtenir une base de données générale et comparable.

9.4 Suggestions au niveau des activités anthropiques

Afin d'améliorer l'état de santé des récifs dans la zone d'étude, il est recommandé de **réduire l'apport de particules terrigènes en baie Kwé** (surveillance et gestion des eaux de ruissellement provenant des bassins versants de la mine).

De même, un **bilan complet des rejets d'eaux usées de l'hôtel situé à Port Boisé** devrait être effectif : lieux, volume, composition, ... Au vu des dégradations cycliques enregistrées à la station Puka, un plan de surveillance et de réduction de la pollution organique est nécessaire.

La **remobilisation des sédiments par les hélices et les chaînes de bateaux** en baie de Prony au niveau du port ne doit pas être négligée et devrait faire l'objet d'une étude complémentaire plus détaillée. Le développement de l'algue brune du genre *Lobophora* (compétitrice spatiale avec les coraux) devient préoccupant.
Par ailleurs, les mouillages fréquents des bateaux provoquent la destruction des fonds.
L'étude de la mise en place de **coffres d'amarrage** pour les bateaux en attente d'accostage à quai devrait être réalisée.

Toutes les observations et photographies de ce document ont été réalisées en novembre 2021. Un réseau de suivi environnemental (piquets permanents) a été installé et permet de revenir sur les mêmes sites. Les données recueillies lors de cette campagne ne peuvent en aucun cas être considérées comme pérennes. Ceci implique le renouvellement de cette étude, à six mois d'intervalle, afin de percevoir les changements éventuels.

10 Sources

Les différentes sources ayant servi à la rédaction du rapport sont présentées ci-dessous, avec, le cas échéant, les numéros qui rappellent les références citées dans le texte de cette étude.

Aeby G.S., Tribollet A., Lasne G., Work T.M., 2015. Assessing threats from coral and CCA disease on the reefs of New Caledonia. Journal of Marine and Freshwater Research. http://dx.doi.org/10.1071/MF14151

Adjeroud M. et Lasne G., 2011. Fiche n° 19 : Abondance des colonies coralliennes. In Beliaeff B., Bouvet G., Fernandez J.-M., David C., Laugier T. Guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie. Programme ZONECO et programme CNRT Nikel et son environnement, pages 152-153

Adjeroud M. et Lasne G., 2011. Fiche 20 : Recouvrement corallien. In Beliaeff B., Bouvet G., Fernandez J.-M., David C., Laugier T. Guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie. Programme ZONECO et programme CNRT Nikel et son environnement, pages 154-155

R01 AEL / LEA, 2013. Rapport d'analyses du 16/07/13, 2p

Andréfouët S., Torres-Pulliza D., 2004. Atlas des récifs coralliens de Nouvelle-Calédonie, IFRECOR Nouvelle-Calédonie, IRD, Nouméa, Avril 2004, 26p + 22 planches

Andréfouët S., Chagnaud N., Chauvin C., Kranenburg CJ., 2008. Atlas des récifs coralliens de France Outre-Mer, Centre IRD de Nouméa. 153 p

Aqua Terra, 2007. Suivi de l'état biologique du milieu marin, avant à la pose de l'émissaire de l'effluent liquide, Projet Goro Nickel. Septembre 2007 Affaire 012-07 C1499-StationPlatier-Ver E (23 p) & Doc C1499-Stations00à05-Ver D (53 p)

R02 AQUA TERRA, 2008. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission Octobre 2008. Contrat 1996. Document : AQUA TERRA_Rap_047-08_V02. 222p

Aqua Terra, 2008. Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission Octobre 2008. Contrat 1996. Document : AquaTerra_AtlasPho_047-08_V01. 96p

Aqua Terra, 2009. Suivi de l'état biologique du milieu marin, suite à la pose de l'émissaire de l'effluent liquide, Projet Goro Nickel. Mars 2009 Affaire 005-09C1499-Ppt présentation ver 03 Ile Ouen 25 mars 27 diapos

R03 Aqua Terra, 2009. Rapport final pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission 1, avril 2009. PO E13690. Document : AquaTerra_Rap_009-09_V02. 176p

Aqua Terra, 2009. Atlas photographique pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission avril 2009. PO E13690. Document : AquaTerra_AtlasPho_009-09_V01. 104p

R04 Aqua Terra, 2009. Rapport final pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission 2, juin 2009. PO E15217. Document : AquaTerra_Rap_018-09_V03. 182p

Aqua Terra, 2009. Atlas photographique pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission juin 2009. PO E15217. Document : AquaTerra_ AtlasPho _018-09_V01. 96p

R05 Aqua Terra, 2009. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission juin 2009. Contrat 1996 av1. Document : AquaTerra_Rap_006-09_V01. 256p

Aqua Terra, 2009. Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission juin 2009. Contrat 1996 av1. Document : AquaTerra_AtlasPho_006-09_V01. 190p

R06 Aqua Terra, 2010. Rapport final pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin »

Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission 3, décembre 2009. PO E18597. Document : AquaTerra_Rap_048-09_V02. 205p

Aqua Terra, 2010. Atlas photographique pour « Evaluation de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission décembre 2009. PO E18597. Document : AquaTerra_AtlasPho_048-09_V01. 98p

R07 Aqua Terra, 2010. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission mars-avril 2010. Contrat C2415. Document : AquaTerra_Rap_064-09_V01. 271p

Aqua Terra, 2010. Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission mars-avril 2010. Contrat C2415. Document : AquaTerra_AtlasPho_064-09_V01. 180p

R08 Aqua Terra, 2010. Rapport final pour « Suivi de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission 4, avril 2010. PO E29830. Document : AquaTerra_Rap_019-10_V01. 205p

Aqua Terra, 2010. Atlas photographique pour « Suivi de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission avril 2010. PO E29830. Document : AquaTerra_ AtlasPho _019-10_V01. 96p

R09 Aqua Terra, 2010. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission septembre 2010. Contrat C2415. Document : AquaTerra_Rap_058-10_V01. 276p

Aqua Terra, 2010. Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale Inco NC. Mission septembre 2010. Contrat C2415. Document : AquaTerra_AtlasPho_058-10_V01. 200p

Aqua Terra, 2011. Etude d'impact environnementale sur la zone P1 pour le dossier de demande de régularisation. Massif minier de Cap Bocage, SMCB : Rapport 046-10 A Ver04 : 286p

Aqua Terra, 2011. Etude d'impact environnementale sur les zones P2-P3 pour le dossier de demande de régularisation. Massif minier de Cap Bocage, SMCB : Rapport 046-10 B Ver02 : 298p

Aqua Terra, 2011. Suivi du milieu marin, Demande de Régularisation de travaux miniers, Compléments de l'état initial. Centre minier de Tiebaghi, mine Alpha et projet Dôme (SLN). Mission décembre 2010. Rap 060-10 Ver02 Partie A. 153 p

Aqua Terra, 2011. Suivi du milieu marin, Demande de Régularisation de travaux miniers, Recommandations. Centre minier de Tiebaghi, mine Alpha et projet Dôme (SLN). Rap 060-10 Ver02 Partie B (Recommandations). 47 p

R10 Aqua Terra, 2011. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission mars 2011. Contrat C2415. Document : AquaTerra_Rap_001-11_V01. 320p

Aqua Terra, 2011. Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission mars 2011. Contrat C2415. Document : AquaTerra_AtlasPho_001-11_V01. 210p

Aqua Terra, 2011. Suivi de l'état biologique du milieu marin, autour de l'émissaire de l'effluent liquide, Projet Goro Nickel. Juin 2011 CR 011-11 Ver 01 (16 p)

R11 Aqua Terra, 2011. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission octobre 2011. Contrat C2415. Document : AquaTerra_Rap_040-11_V01. 342p

Aqua Terra, 2011. Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission octobre 2011. Contrat C2415. Document : AquaTerra_AtlasPho_040-11_V01. 211p

Aqua Terra, 2012. Programme de suivi biologique des eaux douces et du milieu marin. Massif minier de Cap Bocage, SMCB : Campagne décembre 2011. Rapport 072-11 Ver01 : 129p

R12 Aqua Terra, 2012. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission mars 2012. Contrat

C2415. Document : AquaTerra_Rap_006-12_V01. 436p

Aqua Terra, 2012. Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission mars 2012. Contrat C2415. Document : AquaTerra_AtlasPho_006-12_V01. 234p

Aqua Terra, 2012. Rapport final pour « Suivi de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission 5, avril 2012. PO E45335. Document : AquaTerra_Rap_016-12_V01. 210p

Aqua Terra, 2012. Atlas photographique pour « Suivi de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission avril 2012. PO E453350. Document : AquaTerra_Rap_016-12_V01. 205p

R13 Aqua Terra, 2012. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission octobre 2012. Contrat C2415 E20545. Document : AquaTerra_Rap_041-12_V01. 496p

Aqua Terra, 2012. Atlas photographique pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission octobre 2012. Contrat C2415 E20545. Document : AquaTerra_AtlasPho_041-12_V01. 234p

Aqua Terra, 2013. Programme de suivi biologique des eaux douces et du milieu marin. Massif minier de Cap Bocage, SMCB : Campagne avril 2013. Rapport 053-12 Ver01 : 134p

Aqua Terra, 2013. Rapport final pour « Synthèse des données algues, Baie de Prony et canal Woodin et de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Missions de 2007 à mars 2012. PO E40362 et E40363. Document : AquaTerra_Rap_070-13_V02. 76p

Aqua Terra, 2013. Compte rendu succinct pour « Suivi de l'état de santé du milieu marin, zone du Creek baie nord. Conséquences potentielles du cyclone tropical Freda sur l'étage infralittoral supérieur » Projet Goro Nickel, Vale NC. Janvier 2013. Ppt24p

R14 Aqua Terra, 2013. Rapport final pour « Suivi de l'état de santé du milieu marin, zone du Creek baie nord » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission 6, janvier 2013. PO E54932. Document : AquaTerra_Rap_004-13_V00. 183p

Aqua Terra, 2013. Atlas photographique pour « Suivi de l'état de santé du milieu marin, zone du Creek baie nord » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission janvier 2013. PO E549320. Document : AquaTerra_AtlasPho_004-13_V01. 180p

R15 Aqua Terra, 2013. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission mars 2013. Contrat C2415 PO E53799. Document : AquaTerra_Rap_003-13_V01. 441p

R16 Aqua Terra, 2013. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission septembre 2013. Contrat C2415 PO E53799. Document : AquaTerra_Rap_061-13_V01. 431p

Aqua Terra, 2013. Compte-rendu de mission, novembre 2013 : Etat initial du milieu marin sous le quai vraquier. Document : AquaTerra_CR084-13_V00. 16p

Aqua Terra, 2013. Volet C (Etude d'impact) de la Demande d'Autorisation d'Exploiter le site minier de Kadjitra. Document : AquaTerra_Rap_027-10_V04. 380p

Aqua Terra, 2014. Rapport final pour « Diagnostic de l'état de santé des peuplements récifaux et organismes associés sur et à proximité de l'émissaire » Projet Goro Nickel, Vale NC. Suivi de l'émissaire, novembre 2013. Contrat PO E64212. Document : AquaTerra_Rap_083-13_V01. 134p

R17 Aqua Terra, 2014. Rapport final pour « Suivi de l'état de santé du milieu marin, Suivi spécifique Puka » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission décembre 2013. PO E62786 et E64977, Document : AquaTerra_Rap_068-13_V02. 246p

Aqua Terra, 2014. Rapport final pour « Herbier de la Baie Kwé : Première approche : Descriptif général, Cartographie, Etat des lieux initial » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission avril 2014. PO E66764, Document : AquaTerra_Rap_008-14_V00. 53p

R18 Aqua Terra, 2014. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission avril 2014. Contrat

C2415 PO E53801. Document : AquaTerra_Rap_027-14_V01. 392p

Aqua Terra, 2014. Etat de référence pour "Etat des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Nakéty » NMC, SMN et SMT. Mission avril 2014. Document : AquaTerra_Rap_066-13_V02. 211p

R19 Aqua Terra, 2014. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission octobre 2014. Contrat C2415 PO E53801. Document : AquaTerra_Rap_058-14_V00. 329p

Aqua Terra, 2014. Suivi quantitatif pour "Etat des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Poya" NMC. Mission octobre 2014. Document : AquaTerra_Rap_012-14_V01. 105p

Aqua Terra, 2014. Programme de suivi biologique des eaux douces, site minier de Cap Bocage. SMCB. Campagne 2014. Document : AquaTerra_Rap_078-13_V01. 105p

Aqua Terra, 2014. Programme de suivi biologique du milieu marin : Suivi quantitatif de l'état des peuplements récifaux et organismes associés, site minier de Cap Bocage. SMCB. Campagne 2014. Document : AquaTerra_Rap_078-13_V01. 164p

Aqua Terra, 2015. Programme de suivi du milieu marin concerné par les activités minières du Centre de Ouaco NMC / Étude bibliographique - Proposition d'un programme de suivi. Document : AquaTerra_Rap_072-14_V03. 33p

R20 Aqua Terra, 2015. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission mars 2015. Contrat C2415 PO E53801. Document : AquaTerra_Rap_028-15_V00. 348p

Aqua Terra, 2015. Programme de suivi biologique des eaux douces, site minier de Cap Bocage, SMCB: Résultats de la campagne 2015. Rapport 099-15 Ver02 : 108p

Aqua Terra, 2015. Programme de suivi biologique du milieu marin : Suivi qualitatif de l'état des peuplements récifaux et organismes associés, site minier de Cap Bocage. SMCB. Campagne 2015. Document : AquaTerra_Rap_070-14_V01. 112p

R21 Aqua Terra, 2015. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission octobre 2015. Contrat C2415 E53801. Document : AquaTerra_Rap_071-15_V00. 367p

Aqua Terra, 2016. Etat de santé des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Nakéty. Suivi biologique qualitatif. NMC, SMN et SMT. Mission décembre 2015. Document : AquaTerra_Rap_026-15_V01. 106p

Aqua Terra, 2016 : Rapport pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés au port de Prony. Avant / après travaux de dragage » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission novembre 2014 / août 2015. Contrat E73528. Document : AquaTerra_Rap_065-14_V00. 85p

Aqua Terra, 2016. Etat de santé des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Poya Suivi biologique qualitatif. NMC. Mission décembre 2015. Document : AquaTerra_Rap_096-15_V01. 63p

R22 Aqua Terra, 2016. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission avril 2016. Contrat C2415 E53801. Document : AquaTerra_Rap_028-16_V00. 374p

Aqua Terra, 2016. Programme de suivi biologique des eaux douces, site minier de Cap Bocage. SMCB. Campagne 2016. Document : AquaTerra_Rap_085-16_V02. 108p

Aqua Terra, 2016. Programme de suivi biologique du milieu marin : Suivi qualitatif de l'état des peuplements récifaux et organismes associés, site minier de Cap Bocage. SMCB. Campagne 2016. Document : AquaTerra_Rap_063-16_V01. 91p

R23 Aqua Terra, 2016. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission novembre 2016. Contrat C2415 E53801. Document : AquaTerra_Rap_090-16_V00. 371p

Aqua Terra, 2017. Etat de santé des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Nakéty. Suivi biologique qualitatif. NMC, SMN et SMT. Mission décembre 2016. Document : AquaTerra_Rap_094-16_V01. 93p

Aqua Terra, 2017. Etat de santé des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Poya Suivi biologique qualitatif. NMC. Mission janvier 2017 (Suivi 2016). Document : AquaTerra_Rap_092-

17_V01. 58p

Aqua Terra, 2017. Etat des lieux du milieu marin, baie de Kûrö, centre minier de Kouaoua, Recherche de stations. NMC. Mission mai 2017. Document : AquaTerra_Rap_011-17_V01. 52p

Aqua Terra, 2017. Etat des lieux du milieu marin, Anse Pörö, centre minier de Bogota. NMC. Mission août 2017. Document : AquaTerra_Rap_028-17_V01. 100p

R24 Aqua Terra, 2017. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission avril-mai 2017. Contrat E98083. Document : AquaTerra_Rap_003-17_V00. 284p

Aqua Terra, 2018. Programme de suivi du milieu marin, centre minier de Kouaoua. NMC. Document : AquaTerra_Rap_082-17_V00. 28p

R25 Aqua Terra, 2018. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission septembre 2017. Contrat E98083. Document : AquaTerra_Rap_047-17_V00. 294p

Aqua Terra, 2018. Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés : biologique qualitatif et physico-chimique, site minier de Cap Bocage. SMCB. Campagne 2017. Document : AquaTerra_Rap_045-17_V01. 100p

Aqua Terra, 2018. Suivi de la qualité des eaux douces, site minier de Cap Bocage. SMCB. Campagne 2017. Document : AquaTerra_Rap_070-16_V01. 105p

Aqua Terra, 2018. Etat de santé des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Nakéty. Suivi biologique qualitatif et physico-chimique. NMC, SMN et SMT. Mission novembre 2017. Document : AquaTerra_Rap_068-17_V01. 99p

Aqua Terra, 2018. Etat des lieux du milieu marin & Validation des stations de suivi du programme, baie de Gomen, Centre minier de Ouaco NMC. Document : AquaTerra_Rap_029-17_V01. 31p

Aqua Terra, 2018. Etat de santé des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Poya Suivi biologique qualitatif + Physico-chimique. NMC. Mission décembre 2017. Document : AquaTerra_Rap_069-17_V01. 61p

Aqua Terra, 2018. DAODPM - Notice d'Impact : Travaux de curage, bord de mer de Porwi, centre de Poya. NMC. Document : AquaTerra_Rap_026-18_V00. 43p

R26 Aqua Terra, 2018. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission mai 2018. PO n°L06374. Document : AquaTerra_Rap_014-18_V00. 297p

Aqua Terra, 2019. Etat des peuplements récifaux et organismes associés. Suivi biologique qualitatif. Site minier de Cap Bocage. SMCB. Campagne 2018. Document : AquaTerra_Rap_073-18_V01. 96p

R27 Aqua Terra, 2019. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission novembre 2018. PO n°L06374. Document : AquaTerra_Rap_071-18_V00. 308p

Aqua Terra, 2019. Etat de santé des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Nakéty. Suivi biologique qualitatif. NMC, SMN et SMT. Mission novembre 2018. Document : AquaTerra_Rap_074-18_V00. 91p

Aqua Terra, 2019. Etat de santé des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Poya : Suivi biologique qualitatif. NMC. Mission octobre 2018. Document : AquaTerra_Rap_67-18_V01. 58p

Aqua Terra, 2019. Etat de santé des peuplements récifaux et organismes associés. Centre minier de Kouaoua : Suivi biologique quantitatif et physico-chimique. NMC. Mission décembre 2018. Document : AquaTerra_Rap_069-18_V02. 126p

R28 Aqua Terra, 2019. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission avril 2019. PO n°L06374. Document : AquaTerra_Rap_001-19_V00. 311p

R29 Aqua Terra, 2019. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission octobre 2019. PO n°L06374. Document : AquaTerra_Rap_041-19_V01. 326p

Aqua Terra, 2020. Rapport final pour « Caractérisation de l'herbier de la baie Kwé » Projet Goro Nickel,

Vale NC. Mission juin 2020. PO n° L26698. Document : AquaTerra_Rap004-20 V01. 37p

Aqua Terra, 2020. Compte-rendu de mission « Inspection du diffuseur » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission juin 2020. PO n° L31128. Document PowerPoint : AquaTerra_CRMission_InspectionEmissaire_Juin2020. 15p

Aqua Terra, 2020. Film commenté « Inspection du diffuseur » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission juin 2020. PO n° L31128. Film du 30/06/20 : AquaTerra_017-20_Film_ InspectionEmissaire_Juin2020. 5'52 mn

Aqua Terra, 2020. Film : Extrait non commenté de la station E11 « Inspection du diffuseur » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission juin 2020. PO n° L31128. Film du 06/07/20 : AquaTerra_017-20_Film_ InspectionEmissaire_Juin2020. 1'15 mn

Aqua Terra, 2020. Rapport final pour « Inspection du diffuseur » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission juin 2020. PO n° L31128. Document : AquaTerra_Rap017-20 V01. 30p

Aqua Terra, 2020. Présentation PPT : Etat du milieu marin à proximité du quai général, Port de Prony. Document : AquaTerra_Rap038-20 V02. 18p

R30 Aqua Terra, 2020. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission mai 2020. PO n°L26698. Document : AquaTerra_Rap003-20_V01. 347p

Aqua Terra, 2020. Porter A Connaissance au titre de l'arrêté minier n°2698-2016/ARR/DIMENC du 29 septembre 2016 et de l'arrêté d'occupation de dépendances du domaine public maritime concernant le port de Prony n°763-2003/PS du 5 juin 2003. Cessions de minerai saprolitique à la SLN, Aménagements et opérations logistiques pour les premières cargaisons – test opérationnel. Projet Goro Nickel, Vale NC. Document : AquaTerra_Rap008-20_V01. 169p

R31 Aqua Terra, 2021. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Vale NC. Mission octobre 2020. PO n°L26698. Document : AquaTerra_Rap040-20_V01. 355p

Aqua Terra, 2021. Etat des peuplements récifaux et organismes associés. Suivi biologique qualitatif et physico-chimique. Site minier de Cap Bocage. SMCB. Campagne 2020. Document : AquaTerra_Rap_050-20_V01. 137p

R32 Aqua Terra, 2021. Rapport final pour « Suivi de l'état des peuplements récifaux et organismes associés en baie de Prony et canal de la Havannah » Projet Goro Nickel, Prony Resources NC. Mission mai 2021. PO n°L36942. Document : AquaTerra_Rap008-21_V01. 362p

Atiqullah M., 1962. On the effect of non-normality on the estimation of components of variance. J. Roy. Statist. Soc., Ser. B 24, 140-147

Avias J., 1959. Les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie et quelques-uns de leurs problèmes. Extrait du Bul. Soc. Géo. Fr, 7è série, t.I, p 424-430

R33 Baker F.B., et Collier O., 1966. Some empirical results on variance ratios under permutation in the completely randomized design. J. Amer. Statist. Ass. 61, 813-820

R34 Barnabé G., 1976. Utilisation des techniques de la pêche sous-marine pour l'étude des populations de poissons littoraux. Rapp. Comm. int. Mer Medit., 23 (6) : 63-64

Baudry et Baudry-Lavel, 1982. La mesure de la diversité spatiale. Relation avec la diversité spécifique, utilisation dans les évaluations d'impact. Acta Oecologica, Oecol. Applic., 3(2), 177-190

R35 Beliaff B., Bouvet G., Fernandez J-M., David C., Laugier T., 2011. Guide pour la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie. Programme ZONECO et programme CNRT Le Nickel. 169p

Bellwood D.R., Hughes T.P., 2001. Regional-scale assembly rules and biodiversity of coral reefs. Science 292, 1532–1534

Bellwood D.R., Hughes T.P., Connolly S.R., Tanner J., 2005. Environmental and geometric constraints on Indo_Pacific coral reef biodiversity. Ecology Letters 8, 643–651

Benzoni F., Lasne G., Pichon M., Payri C., 2008. Patterns of zooxanthellate scleractinia biodiversity in New Caledonia Biodiversity and Diversification of Reef Organisms. Coral reef symposium 2008

Biocenose marine, 2014. CR de mission du 08 mai 2014 (Partenariat Biocenose marine, AQUA TERRA et ACREM). Evaluation de l'état de santé du milieu marin de la zone du creek baie nord (7ème mission

/ 08 mai 2014). PO E68 779. Document : BIOCENOSE MARINE CR_135_15052014 (23 diapos)

Biocenose marine, AQUA TERRA et ACREM, 2014. Evaluation de l'état de santé du milieu marin de la zone du creek baie nord (7ème mission / 08 mai 2014). Rapport d'étude n°135_2014_V03. 146 p

Biocenose marine, 2014. CR de mission du 21 mai 2014 (Partenariat Biocenose marine, AQUA TERRA et ACREM). Evaluation de l'état de santé du milieu marin de la zone du creek baie nord (8ème mission / 21 mai 2014). PO E68 779. CR_136_109062014 (29 diapos)

Biocenose marine, AQUA TERRA et ACREM, 2014. Evaluation de l'état de santé du milieu marin de la zone du creek baie nord (8ème mission / 21 mai 2014). PO E68 779. Rapport d'étude n°135_2014_V03. 146 p

Bird E.C.F., Dubois J.P. et Iltis J., 1981. The impacts of opencast mining on the rivers and coasts of New Caledonia. NRTS- 25/UNEP-505 : 53p

R36 Buckland S. T., 1992. Fitting density functions with polynomials. Applied Statistics ,41, 63:76

R37 Buckland S. T., 2006. Point transect surveys for songbirds : obust methodologies. The Auk,123, (2), 345-345

R38 Buckland S. T., Anderson D. R., Burnham K. P., Laak J. L., Borchers D. L. and Thomas L., 2001. Introduction to distance sampling - Estimating abundance of biological populations. Oxford University Press, Oxford

R39 Buckland S. T., Anderson D. R., Burnham K. P., Laake J. L., Borchers D. and Thomas L., 2004. Advanced Distance Sampling. Oxford University. Press, Oxford

R40 Box et Andersen, 1955. Permutation theory in the derivationof robust criteria and the study of departures from assumption. J. Roy. Statist. Soc., Ser. B 26, 211-252 B 17, 1-26

Cabioch G., 1988. Récifs frangeants de Nouvelle-Calédonie (Pacifique sud-ouest). Structure interne et influences de l'eustatisme et de la néotectonique. Publications de l'Université de Provence (ed.), Aix en Provence : 291 p. + 25 planches-photos

Chakravorti S., 1967. Effect of the inequality of variances in analysis of variance ratio. Biometrika 16, 103-120

R41 Chapman C. J., Johnstone A. D. F., Dunn J. R. and Creasy D. J., 1974. Reactions of fish to sound generated by divers' open-circuit underwater breathing apparatus. Marine Biology 27 : 357-366

Chevalier J.P., 1973. Coral reefs of New Caledonia. in : JONES O.A, ENDEAN R. (ed.) : Biology and geology of coral reefs. New York : Acad. Press. Vol 1, Geol. 1 : 143-166

Chevalier J.P., 1975. Les Scléractiniaires de la Mélanésie française. 2ème partie. in : Expéd. fr. sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie. Paris : Singer-Polignac. Vol. 7 : 407 p

Chevalier J.P., 1980. Les coraux du lagon de la Nouvelle-Calédonie. in : DUGAS F., DEBENAY J.P. Carte sédimentologique et carte annexe du lagon de Nouvelle-Calédonie à 1/50 000. Feuille la Tontouta. Paris : ORSTOM. Not. Explic., 86 : 17-22

Chevillon C., 1989. Sédimentologie descriptive et cartographie des fonds meubles du lagon de la côte Est. ORSTOM

Chevillon C., 1997. Sédimentologie descriptive et cartographie des fonds meubles du lagon de la côte Est de Nouvelle-Calédonie. in B. RICHER DE FORGES (ed.), Les fonds meubles des lagons de Nouvelle-Calédonie (Sédimentologie, Benthos). Etudes & Thèses, volume 3, ORSTOM : Paris : 7-30. ISBN 2-7099-1376-3

Clua E., Legendre P., Vigliola L., Magron F., Kulbicki M., Sarramegna S., Galzin R., 2006. Medium scale approach (MSA) for improved assessment of coral reef fish habitat. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 333(2), 219–230

R42 Cochran W.G., 1947. Some consequences when the assumptions for the analysis of variance are not satisfied. Biometrics 3, 22-38

Cochran W. G., 1951. Testing a linear relation among variances. Biometrics 7: 17-32

Dagnelie P., 1980. Théorie et méthodes statistiques, Les Presses Agronomiques de Gembloux, (Vol II) 463 p

R43 Donaldson, 1968. Robustness of the F-test to error of both kinds and the correlation between the

numerator and denominator of the F-ratio. J. Amer. Statist. Ass. 63. 660-676

Douillet P. et Fernandez J.M., 2009. Etude sur le comportement, la dispersion et les effets biologiques des effluents industriels dans le lagon sud de la NC. Modélisation et simulation du transport des formes particulaires d'origine naturelle. Simulation annuelle de la sédimentation des particules naturelles en contact avec l'effluent. Convention IRS/Goro-Ni n°1124, 55p

R44 English S. and *al*., 1997. Survey manual for tropical marine resources (2nd Edition). Australian Institute of Marine Science. 390p

Faure G., Thomassin B., Vasseur P., 1981. Reef coral assemblages on the windward slopes in the Noumea Lagoon (New Caledonia). Proc. 4th int. Coral Reef Symp., Manila, 18-22 May 1981. 293-301

Fernandez J-M., Chevillon C., Belhandouz A., Di Matéo A., 2006. Etude des apports sédimentaires à l'embouchure cu creek de la rade Nord (Baie de Prony). UR-103 CAMELIA, IRD-Noumé Nouvelle-Calédonie

R45 Fernandez J-M. et Moreton B., 2013. Rade Nord : physico-chimie de la colonne d'eau consécutivement au passage du cyclone Fréda. Rapport AEL A130117-V-002, contrat Vale-NC/AEL n°E54930, 33p

Fernandez J.M., Moreton B., Le Grand H., Pluchino S., 2013. Suivi des densités de flux verticaux de particules dans le Canal de la Havannah et la baie Kwé : mission de janvier et février 2013. Contrat Vale-NC/AEL n° 2684, Rapport AEL 110308-VI-11, 60p

R46 Fisk D., 2009. Best practice for LIT survey. Coral list Vol4 Issue 28

R47 Friedman M., 1937. The use of ranks to avoid the normality implicit in the analysis of variance. J. Amer. Statist. Ass. (32) 675-701p

Gabrié C., Cros A., Chevillon C., Downer A. 2005. Analyse Eco-régionale marine de Nouvelle-Calédonie. Atelier d'identification des aires de conservation prioritaire. 112p

Gabrié C., Garrigue C., Kulbicki M., Laboute P., Lebigre J.M., Lasne G., Payri C., Pichon M., Richer de Forges B., Spaggiari J., Renoux R., Dec 2008. Analyse Ecorégionale Marine de la Nouvelle-Calédonie

Garrigue C., 1985. Répartition et production organique et minérale de macrophytes benthiques du lagon de Nouvelle Calédonie. Thèse, Université des Sciences et Techniques du languedoc, Montpellier, 270 pp

Garrigue C. & Tsuda R.T., 1988. Catalog of marine benthic algae from New Caledonia. Micronesico, 21, 53-70

Garrigue C. & Di Matteo A., 1991. La biomasse végétale benthique du lagon sud-ouest de Nouvelle-Calédonie. Résultats bruts : liste taxonomique, biomasses, pigments chlorophylliens. Arch. Sci. Mer, Biol. iiiur., ORSTOM, Nouniea, 1, 143 pp

R48 Geary, 1956. Test de la normalité. Ann. Inst. Poincaré 15, 35-65

R49 Glynn P.W., 1993. Coral reef bleaching: ecological perspectives. Coral Reefs, 12, 1-17

R50 Green H., 1979. Sampling design and statistical methods for environmental biologists. Wiley Interscience, Chichester, England

R51 Ginger Soproner, 2013. Avis sur les mortalités observées en juillet 2013, Rapport final, 29p

Goldman J.C. & Carpenter E.J., 1974. A kinetic approach to the effect of temperature on algal growth. Limnol. Oceanogr. 19: 756-66

Guille A., Menou J. L., Laboute P., 1986. Guide des étoiles de mer, oursins et autres échinodermes du lagon de Nouvelle-Calédonie. Edition de l'ORSTOM. 238p

R52 Hack, 1958. An empirical investigation into the distribution of the F-ratio in samples from two non-normal populations. Biometrika 45, 260-265

Harborne A.R., Mumby P.J., Zychaluk K., Hedley J.D., Blackwell P.G., 2006. Modeling the beta diversity of coral reefs. Ecology 87, 2871–2881

R53 Harmelin-Vivien M. L., J.G. Harmelin, C. Chauvet, C. Duval, Galzin, P. Lejeune, G. Barnabé, F. Blanc, Chevalier, J. Duclerc, G. Lasserre, 1985 – Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons : méthodes et problèmes. Revue d'Ecologie (Terre et Vie), vol. 40 : 80p

R54 Haszprunar G., Vogler C. et Wörheide G., 2017. Persistent gaps of knowledge for naming and

distinguishing multiple species of crown-of-thorns-seastar in the Acanthaster planci species complex. Diversity (www.mdpi.com/1424-2818/9/2/22/pdf)

Hily C., Duchêne J., Bouchon C., Bouchon-Navaro Y., Gigou A., Payri C., Védie F., 2010. Les herbiers de phanérogames marines de l'outre-mer français. Hily C., Gabrié C., Duncombe M. coord. IFRECOR, Conservatoire du littoral. 140 p

Horsnell G., 1953. The effect of unequal group variances on the F-test for homogeneity of group means. Biometrika 40, 128-136

R55 Ineris, 2016. Rapport principal "Optimisation du plan de suivi environnemental du milieu marin autour des installations industrielles, minières et portuaires de VALE NC". Rapport d'étude N° DSC-15-148566-12273A. 04 février 2016 72p

Kelleher T., Robinson H.F., et Comstock R.E., 1958. Precision of estimates of variance components. Biometrics 14, 69-77

Keuls M., 1952. The use of the studentized range in connection with an amalysis of variance. Euphytica 1, 112+122

R56 Kinne O., 1980. Introduction to the treatise and to Volume 1, in : Kinne, O. (1980). Diseases of marine animals : 1. General aspects, Protozoa to Gastropoda. pp. 1-11

R57 Kinne O., 1980. Diseases of marine animals : general aspects, in : Kinne, O. (1980). Diseases of marine animals : 1. General aspects, Protozoa to Gastropoda. pp. 13-73

Kruskal W.H., Wallis W.A., 1952. Use of ranks in one-criterion variance analysis. Journal of the American Statistical Association 47 (260) : 583–621 et 48, 907-911

R58 Kulbicki M., Guillemot N., Amand M., 2005. A general approach to length-weight relationships for New Caledonian lagoon fishes. Cybium 2005, 29 (3) : 235-252

R59 Kulbicki M., Sarramagna S., 1999. Adequacy of several density estimates obtained from underwater visual censuses : a case study of Chaetodontidae and Pomacanthidae. Aquatic Living Resources 12,

Laboute P., Grandperrin R., 2000. Poissons de Nouvelle-Calédonie, Nouméa : Catherine Ledru, 519p

R60 Labrosse P., Kulbicki M., Ferraris J., 2001. Comptage de poissons en plongée. Conditions d'utilisation et de mise en œuvre. Ed. SPC Nouméa, Nouvelle-Calédonie. 54p

Lasne G., 2006. Synthèse bibliographique des coraux de Nouvelle-Calédonie. C. de coord. CRISP / IRD 93p

Lasne G., 2007. Les coraux de Nouvelle-Calédonie : Synthèse bibliographique. Cellule de coordination CRISP, IRD, WWF, MNHN, EPHE. 93p

Lasne G., 2009. Inventaire des coraux scléractiniaires du Grand Lagon Nord – Mission CoRalCal 3-IRD. (CRISP). 119p

Lasne G., 2010. Inventaire des coraux scléractiniaires du Grand Lagon Nord de la Nouvelle-Calédonie – Campagne CORALCAL III, 10-30 mars 2009. 122p / Cellule de coordination CRISP, IRD. 120p

Lasne G., 2014. Estimation temporelle de la colonisation biotique sur la partie rompue de l'émissaire marin et évaluation de l'état de santé des communautés récifales aux abords de cette rupture. Rap 135-2014_V02. 19p

Lasne G. in Clua E., McKenna S., Vieux C., 2011. Contribution à l'inventaire biologique et à l'évaluation des ressources des récifs des Chesterfield – Apia, Samoa : SPREP

Legendre P., Borcard D. and Peres-Neto R.P., 2005. Analysing Beta Diversity : Ecological Monographs, 75 (4) :435-50

Legendre P. et Legendre L., 1998. Numerical Ecology. Ed. : Elsevier. p 852

R61 Leroy A., 2006, Utilisation des prévisions saisonnières en Nouvelle-Calédonie. Note de la DP no. 6, Direction de la Météorologie, MétéoFrance. 169 pp

Levi C., Bargibant G., Menou J.L., Laboute P., 1998. Sponges of the New Caledonian Lagoon. Edition de l'ORSTOM. 214p

R62 Lobel PS., 2005. Scuba Bubble Noise and Fish Behavior : A Rationale for Silent Diving Technology. American Academy of Underwater Sciences

MacArthur R.H. et MacArthur J., 1961. On bird species diversity. Ecology, 42, 594-598

R63 Météo France, 2013. Bulletin météorologique exceptionnel. http://www.meteo.nc/actualites/364-episode-pluvieux-debut-juillet-2013

Motomura I., 1932. A statistical treatment of associations, Jpn. J. Zool. 44: 379–383

R64 Mundy C., 1985. These about accuracy and precision of the LIT method. James Cook University Townsville

Newman D., 1939. The distribution of range in samples from a normal population expressed in terms of an independent estimate of standard deviation. Biometrika 31, 20-30

Œil, 2012. Communautés récifales dans le périmètre d'influence de Vale Nouvelle Calédonie : Etat de référence en 2011. 4 Parties

Ormond R.F.G., Roberts C., 1997. The biodiversity of coral reef fishes. In: Ormond, R.F.G., Gage, J.D., Angel, M.V. (Eds.), Marine Biodiversity: Patterns and Processes. Cambridge University Press, pp. 216–257

Ornellas A.B. and Coutinho R., 1998. Spatial and temporal patterns of distribution and abundance of a tropical fish assemblage in a seasonal Sargassumbed, Cabo Frio Island, Brazil. J. Fish Biol, 53 (A). 198-208

Parrish J. D., 1989. Fish communities of interacting shallow-water habitats in tropical oceanic regions. Mar. Ecol. Prog. Ser. 58 : 143-160

R65 Payri C. et Richer de Forges B., 2006. Compendium of marine species from New Caledonia. Doc. Sci. Tech. II7 volume spécial, IRD

Payri C., Petek S., Menou J.L., Lasne G., Butscher J., 2007. Biodiversité et substances marines des îles Fidji (Algues, Eponges, Ascidies, Echinodermes)

Pearson E.S. et Hartley H.O., 1966. Biometrika tables for statisticians (Vol I) University Press, Cambridge, 264p

R66 Pichon M., 2006. Scleractinia of New-Caledonia. in Payri C. et Richer de Forges B., (eds). Compendium of marine species from New Caledonia. Doc. Sci. Tech. II7 volume spécial, IRD : 148-155

Randall J.E., Allen G.R. and R.C. Steene, 1990. Fishes of the Great Barrier Reef and Coral Sea. University of Hawaii Press, Honolulu, Hawaii. 506p

R67 Randall J.E., 2005. Reef and shore fishes of the South Pacific. University of Hawaii, Press book. 707 p

Richer de Forges B., 1998. Thèse : La diversité du Benthos marin de Nouvelle-Calédonie : de l'espèce à la notion de patrimoine. Muséum national d'histoire naturelle. 326p

Richer de Forges B., 1991. Les fonds meubles des lagons de Nouvelle-Calédonie : généralités et échantillonnages par dragages. Dragages dans les lagons, ORSTOM. 148 p

R68 Richer de Forges B., Laboute P., 2004. Lagons et récifs de Nouvelle-Calédonie, 1600 espèces. Edition Catherine Ledru-IRD

R69 Risk M.J., Risk A.C., 1997. Reef surveys as an aid in management. Proc. 8th Intl. Coral Reef Sym. 2, 1471±1474

SLE 1995. Projet Goro Nickel, Nouvelle-Calédonie. Etude de caractérisation de l'environnement. Rapp. SNC-Lavalin/INCO Exploration & Technical Services Inc. 007445 : 242p + annexes

Soubeyran Y., Meyer J.Y. et le Groupe de travail « Espèces Exogènes », 2011. Expertise du « Plan opérationnel pour la maîtrise des espèces exogènes » de la société Vale Nouvelle-Calédonie. Rapport final. 34p

Spalding M.D., Ravilious C. & Green E.P., 2001. World atlas of coral reefs. University of California Press, 424 p

R70 Srivastava, 1959. Effect of non-normality on the power of the analysis of variance test. Biometrika 46, 114-122

Thollot P., 1992. Les poissons de mangrove du lagon Sud-Ouest de Nouvelle-Calédonie. Ecologie des peuplements. Relations avec les communautés ichtyologiques côtières. Thèse Doct. : Univ. Aix-Marseille II (France) : 406p

Thollot P. et Wantiez L., 1996. Evaluation des impacts du projet Goro Nickel sur les communautés biologiques marines de la Baie Kwé et de la zone portuaire de Prony. 38p

R71 Thomas L., Laake J., Rexstad E., Strindberg S., Marques F., Buckland S., Borchers D., Anderson D., Burnham K., Burt M., Hedley S., Pollard J., Bishop J. and Marques T., 2009. Distance 6.0. release 1. Research Unit for Wildlife Population Assessment, University of St. Andrews, UK. (http://www.ruwpa.st-and.ac.uk/distance/)

UICN, 2001. Catégories et Critères de l'UICN pour la Liste Rouge : Version 3.1. Commission de la sauvegarde des espèces de l'UICN. UICN, Gland, Suisse et Cambridge, Royaume-Uni. ii + 32pp

R72 Van Oppen, M. J., Souter, P., Howells, E. J., Heyward, A., & Berkelmans, R., 2011. Novel genetic diversity through somatic mutations : fuel for adaptation of reef corals? Diversity, vol.3, no3, p.405-423

R73 Veron J.E.N., 1995. Corals in space and time, the biogeography and evolution of the Scleractinia. UNSW Press, Sydney. 321p

R74 Veron J.E.N., 2000. Corals of the world. Australian Institute of Marine Science, Townsville, 1410pp

R75 Vimal, J., 2007. Physiopathologie des coraux. Thèse de Doctorat, Université Claude-Bernard, Lyon, Paris, 122p

R76 Wallace C., 1999. Staghorn Corals of the World. A revision of the Genus Acropora. (ed) CSIRO Publishing pp. 422p

Wells J.W., 1961. Notes on Indo-Pacific Scleractinian corals, Part 3. A new reef coral from New Caledonia. Pac. Sci., 15 : 189-191

Whittaker, R. H., 1972. Evolution and measurement of species diversity taxon. 21 : 213-251

Whittaker, R H.,1975. Communities and Ecosystems, Macmillan. ISBN 0-02-427390-2

Whittaker R.H., 1977. Species diversity in land communities. Evolutionary Biology 10, 1–67

Wijsman-Best M., 1972. Systematics and ecology of New Caledonia Faviidae (Coelenterata, Scleractinia). Bijdr. Dierk., 42 (1) : 1-90

Wijsman-Best M., 1973. A new species of the Pacific coral genus Blastomussa from New Caledonia. Pac. Sci., 27 (2) : 154-155

R77 Wilcoxon F., 1945. Individual comprarisons by ranking methods. Biometrics Bulletin 1 (6): 80–83

Work T.M., Aeby G.S., Lasne G., Tribollet A., 2014. Gross and microscopic pathology of hard and soft corals in New Caledonia. Journal of Invertebrate Pathology 120: 50-8

R78 http://www.bom.gov.au/climate/enso/history/ln-2010-12/three-phases-of-ENSO.shtml

R79 ht https://www.climate.gov/media/13866

www.com.univ-mrs.fr/IRD

http://www.com.univ-mrs.fr/IRD/atollpol/ecorecat/recifs.htm

www.coraux.univ-reunion.fr

www.crisponline.net/Portals/1/PDF/CRISP_Synthese_bibliographique_coraux.pdf

R80 http://www.fishbase.org/search.php?lang=french

www.ird.fr

http://en.wikipedia.org/wiki/Relative_species_abundance

R81 www.meteo.nc

R82 https://www.mercator-ocean.eu/en/ocean-science/glorys

http://old.biodiversite.wallonie.be/outils/methodo/similarite_distance.htm

www.sealifebase.org/

http://www.sgnis.org/

www.wikipedia.org

A n n e x e s

Annexe n°01

Méthodologie générale d'échantillonnage des communautés récifales

Les classes retenues pour la détermination du substrat sont celles préconisées par English et al. 1994 [R44] pour le « Line Intersept Transect » (« life forms ») et présentées dans le tableau 141.

Tableau 141 : Catégories et composantes de substrat retenues pour l'échantillonnage et le traitement des données

	COMPOSANTES (12)	CATEGORIES (28)	CODE	DESCRIPTION
Biotique	Coraux scléractiniaires	*Acropora* Branchu	ACB	Au moins 2 niveaux de branches
		Acropora Encroûtant	ACE	
		Acropora Submassif	ACS	
		Acropora Digité	ACD	Branches en forme de doigts
		Acropora Tabulaire	ACT	Branches aplaties horizontalement
		Non-*Acropora* Branchu	CB	Au moins 2 niveaux de branches *NB : les non Acropora digité ont été placés ici*
		Non-*Acropora* Encroûtant	CE	
		Non-*Acropora* Foliaire	CF	Corail en forme de feuille
		Non-*Acropora* Massif	CM	
		Non-*Acropora* Submassif	CS	
		Fungia	CMR	Corail solitaire
	Autres coraux	*Millepora*	CME	Corail de feu
	Coraux mous	Corail mou	SC	
	Autres organismes vivants	Éponges	SP	
		Zoanthaires	ZO	
		Autres	OT	Ascidies, Anémones, Gorgones, Bénitiers
	Algues	Assemblages	AA	
		Calcaire	CA	
		Halimeda	HA	
		Macroalgue	MA	
		Filamenteuse	F	*NB : les cyanobactéries ont été placées ici*
	Corail mort avec algues	Corail mort avec algues	DCA	Corail mort recouvert d'algues
Abiotique	Corail mort	Corail mort	DC	Couleur blanche
	Sable	Sable	S	Particules < 2 cm
	Débris	Débris	R	Particules > 2 cm
	Vase	Vase	SI	
	Eau	Eau	W	Crevasse de plus de 50 cm
	Dalle - Roche	Dalle - Roche	RC	

Les cellules grisées correspondent à ce qui est noté « macrophytes et invertébrés » pour le suivi du benthos.

Tous les poissons seront comptabilisés avec un traitement particulier pour ceux qui sont listés dans le tableau 142, car ils correspondent aux taxons indicateurs de la santé des récifs, ainsi qu'aux espèces comestibles.

Tableau 142 : Liste des poissons indicateurs

FAMILLE	GENRE	ESPECE	GENRE	ESPECE
Requins		spp		
Raies		spp		
Scorpaenidae	Rascasses "poules"	spp		
Serranidae	*Anthias* et *Pseudanthias*	spp	Autres loches	spp
	Cromileptes	*altivelis*	*Plectropomus*	spp
	Epinephelus	*cyanopodus*		
Pseudchromidae	*Pictichromis*	*coralensis*		
Carangidae		spp		
Lutjanidae	*Aphareus*	*furca*	*Lutjanus*	*sebae*
	Aprion	*virescens*	*Lutjanus*	spp
	Lutjanus	*adetii*	*Symphorus*	*nematophorus*
Caesionidae		spp		
Haemulidae	*Diagramma*	*pictum*	*Plectorhinchus*	spp
Lethrinidae	*Lethrinus*	*nebulosus*	Autres bossus et bec	spp
Nemipteridae	*Scolopsis*	*bilineatus*		
Mullidae		spp		
Kyphosidae		spp		
Ephippidae	*Platax*	spp		
Chaetodontidae	*Chaetodon*	*auriga*	*Chaetodon*	*speculum*
	Chaetodon	*baronessa*	*Chaetodon*	*semeion*
	Chaetodon	*bennetti*	*Chaetodon*	*trifascialis*
	Chaetodon	*citrinellus*	*Chaetodon*	*lunulatus*
	Chaetodon	*ephippium*	*Chaetodon*	*ulietensis*
	Chaetodon	*flavirostris*	*Chaetodon*	*unimaculatus*
	Chaetodon	*kleinii*	*Chaetodon*	*vagabundus*
	Chaetodon	*lineolatus*	*Coradion*	*altivelis*
	Chaetodon	*lunula*	*Forcipiger*	*flavissumus*
	Chaetodon	*melannotus*	*Forcipiger*	*longirostris*
	Chaetodon	*mertensii*	*Hemitaurichthys*	*polylepis*
	Chaetodon	*ornatissimus*	*Heniochus*	*acuminatus*
	Chaetodon	*pelewensis*	*Heniochus*	*chrysostomus*
	Chaetodon	*plebeius*	*Heniochus*	*monoceros*
	Chaetodon	*rafflesi*	*Heniochus*	*singularis*
	Chaetodon	*reticulatus*	*Heniochus*	*varius*
Pomacanthidae	*Centropyge*	*bicolor*	*Chaetodontoplus*	*conspicillatus*
	Centropyge	*bispinosus*	*Pomacanthus*	*imperator*
	Centropyge	*flavissima*	*Pomacanthus*	*semicirculatus*
	Centropyge	*heraldi*	*Pomacanthus*	*sextriatus*
	Centropyge	*tibicen*	*Pygoplites*	*diacanthus*
	Centropyge	*vroliki*		
Pomacentridae	*Abudefduf*	spp	*Dascyllus*	*reticulatus*
	Amphiprion	*perideraion*	*Dascyllus*	*trimaculatus*
	Amphiprion	spp	*Neopomacentrus*	*azysron*
	Chromis	*viridis*	*Neopomacentrus*	*violascens*
	Chromis	*fumea*	*Pomacentrus*	*coelestis*
	Chrysiptera	*taupou*	*Pomacentrus*	*moluccensis*
	Chrysiptera	*rollandi*	*Pomacentrus*	*aurifrons*

	Dascyllus	*aruanus*	*Stegastes*	spp
Labridae	*Bodianus*	*loxozonus*	*Halichoeres*	*trimaculatus*
	Bodianus	*perditio*	*Hemigymnus*	*melapterus*
	Cheilinus	*chlorourous*	*Labroides*	*dimidiatus*
	Cheilinus	*trilobatus*	*Novaculichthys*	*taeniourus*
	Cheilinus	*undulatus*	*Stethojulis*	*bandanensis*
	Choerodon	*graphicus*	*Stethojulis*	*strigiventer*
	Coris	*aygula*	*Thalassoma*	*amblycephalum*
	Coris	*gaimard*	*Thalassoma*	*hardwicke*
	Gomphosus	*varius*	*Thalassoma*	*lunare*
	Halichoeres	*hortulanus*	*Thalassoma*	*lutescens*
	Halichoeres	*margaritaceus*		
Scaridae	*Bolbometopon*	*muricatum*	*Chlorurus*	*microrhinos*
	Scarus	*ghobban*	Scaridae	spp
Blenniidae	*Ecsenius*	*bicolor*	*Meicanthus*	*atrodorsalis*
Gobiidae	*Amblygobius*	*phalaena*		
Ptereleotridae	*Ptereleotris*	*evides*	*Ptereleotris*	*microlepis*
Acanthuridae	*Acanthurus*	*dussumieri*	*Ctenochaetus*	spp
	Acanthurus	*blochii*	*Naso*	*unicornis*
	Acanthurus	*triostegus*	*Naso*	spp
	Acanthurus	spp	*Zebrasoma*	spp
Siganidae	*Siganus*	*argenteus*	*Siganus*	spp
Zanclidae	*Zanclus*	*cornutus*		
Scombridae	*Scomberomorus*	*commerson*		
Balistidae	*Balistoides*	*conspicillum*	*Rhinecanthus*	*aculeatus*
	Oxymonacanthus	*longirostris*	*Rhinecanthus*	*rectangulus*
Tetraodontidae	*Canthigaster*	spp		

Annexe n°02

Caractéristiques terrain de la campagne d'échantillonnage de novembre 2021

Tableau 143 : Rapport de plongée

Date	Heure *	Marée **	Station	Etat station / maintenance	Météo			Sous l'eau		
			Nom		Soleil/pluie	Vent (direction, force)	Courant surface	Courant	Visibilité (m)	Température (°C, profondeur)
15/11/2021	10h	Etal bas	Casy	OK	Couvert 20%	SE 12 nds	Clapot 40 cm	Nul	6-7 m	24°C à 7,2 m
16/11/2021	14h	Mi flot	Creek baie nord	OK	Couvert 20%	SE 15 nds	Clapot 10 cm	Nul	8-11 m	24,8°C à 9,4 m
16/11/2021	12h30	Début flot	Port	OK	Couvert 20%	SE 12 nds	Clapot faible	Nul	5 à 8 m	24,8°C à 8 m
15/11/2021	14h	Mi flot	Woodin	OK	Couvert 30%	SE 15-18 nds	Clapot 15 cm	Moyen	7 à 10 m	24,6°C à 10,6 m
19/11/2021	10h	Mi jusant	Ioro	OK	Couvert 30%	SE 4 nds	Clapot faible	Faible	13 à 18 m	24,3°C à 8,9 m
17/11/2021	15h	Mi flot	Ionontea	OK	Couvert 20%	SE 8 nds	Clapot 40-50 cm	Moyen	19-20 m	23,7°C à 11,1 m
19/11/2021	14h	Début flot	Basse Chambeyron	Piquets TAX et XX remis	Couvert 40%	SE 4 nds	Houle faible	Faible	17 à 20 m	24,1°C à 12,1 m
18/11/2021	14h30	Début flot	Puka	OK	Couvert 90%	SE 10 nds	Clapot léger	Faible	12 à 17 m	24,5°C à 7,7 m
20/11/2021	14h	Etal bas	Bancs Kié	Piquets TA0, X et XX / TBX remis	Couvert 10%	SE 5 nds	Houle faible	Faible à moyen	>20 m	23,7°C à 11,9 m
17/11/2021	12h	Etal bas	Ilot Kié	OK	Couvert 10%	SE 5 nds	Clapot faible	Faible à moyen	20 m	23,6°C à 13,5 m
20/11/2021	10h30	Mi jusant	Toémo	Piquets TBX remis	Couvert 90%	SE 2 nds	Clapot 30 cm	Moyen à fort	18-21 m	24°C à 10,7 m
18/11/2021	11h	Fin jusant	Ugo	OK	Couvert 45%	SE 5 nds	Clapot faible	Faible	17-18 m	24,3°C à 8,6 m

* en moyenne, mise à l'eau

** par rapport à l'agenda corrigé (voir tableaux suivants)

Tableau 144 : Corrections des marées pour les stations dans le canal de la Havannah

	Heure		Hauteur (m)		Niveau moyen
	PM	BM	PM	BM	(m)
Port Boisé	- 30 mn	- 35 mn	-0,35	0	0,76
Port de référence = Nouméa			1,45 < 0,95 < 0,40		

Tableau 145 : Agenda des marées

Canal Havannah			
Jour	Date	Heure	Hauteur
Mercredi	17/11/2021	0:05	0,09
		6:17	1,41
		12:15	0,28
		18:10	1,44
Jeudi	18/11/2021	0:39	0,02
		6:56	1,48
		12:57	0,28
		18:45	1,43
Vendredi	19/11/2021	1:12	-0,03
		7:33	1,53
		13:36	0,28
		19:18	1,41
Samedi	14/05/2021	1:38	0,3
		8:12	1,21
		14:08	0,64
		19:55	1,03

Baie de Prony / Canal Woodin			
Jour	Date	Heure	Hauteur
Lundi	15/11/2022	4:35	0,93
		10:23	0,5
		16:51	1,15
		23:23	0,4
Mardi	16/11/2022	5:31	1,03
		11:18	0,53
		17:30	1,15

Annexe n°03

Résultats bruts de l'échantillonnage LIT de novembre 2021

Tableau 146 : Recouvrement du substrat (en %) pour toutes les catégories

	Station	Casy		Creek Baie Nord		Port			Canal Woodin			Ioro			Ionontea			Chambeyron			Puka		Bancs Kie			Ilot Kie			Toemo			Ugo	
Substrat /	Transect	A	B	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B
Code	Catégories																																
ACB	*Acropora* branchu	0,5	0,5	19	2		2,5		6	1,5		6,5	0,5		9	3,5	0,5	7	2,5	1	9,5		7,5	5,5	2	6	3,5		5	3	0,5	4	6
ACE	*Acropora* encroûtant																																
ACS	*Acropora* submassif																																
ACD	*Acropora* digité																																
ACT	*Acropora* tabulaire											2,5	4		8,5			7	1		9,5	1			4,5	2	1,5		2			0,5	
CB	Corail branchu	1				0,5			9,5	13,5	10	0,5	1,5	0,5	6,5	3	2	4	2,5	1,5	3	1	3	2	1,5	3	4		12		0,5	1,5	0,5
CE	Corail encroûtant	1	0,5	1	3			0,5		0,5		16,5	9,5	1,5	8	6,5	5,5	5	0,5	0,5	9		7	4	7	4,5	12	4,5	5,5	17,5	2	1,5	5
CF	Corail foliaire		0,5	0,5			1,5	1,5	1			4,5	0,5									0,5				1						1	
CM	Corail massif			1	2	1	6,5	1	1	1		7,5	12,5		7	13,5	1,5	6	2	1	1	0,5	7	4,5	1,5	2	11	2,5	3	1	7,5	8,5	7
CS	Corail submassif		0,5							0,5											1,5				0,5	0,5			4				
CMR	*Fungia*			1,5	1		1,5		0,5							0,5											1			0,5	0,5	1	0,5
CME	*Millepora*			2	0,5				10,5	4,5																							
SC	Coraux mous	9,5	4,5	4	4,5		0,5	1	0,5						2			0,5	0,5		1,5	3,5	9	5	1,5			1,5	0,5	3	1,5		1,5
SP	Éponges	0,5			0,5	1	0,5	1		1,5	3	1,5	3,5	0,5	1	4,5	0,5		3,5	1,5	0,5	7		2,5	1		2	0,5		0,5	3,5	0,5	3
ZO	Zoanthaires																																
OT	Autres organismes		0,5							2,5	2	1,5		0,5									0,5	0,5	1,5								
AA	Assemblages algales			5	1,5																11												
CA	Algue calcaire			4	3		2		2,5						5,5	4,5	6,5	7	4	4			6	10	7				6	6,5	7,5		
HA	*Halimeda*			3	0,5																												
MA	Macroalgues		0,5				25								4	17							3	4	4,5	15,5			6	6	5,5		
F	Algue filamenteuse	0,5															4,5				0,5												
DCA	Corail mort avec algues	10	7	59	46,5	17,5	52	5	68,5	68,5	8	23,5	15,5	2,5	48,5	42,5	64,0	63,5	74	76,5	49,5	11,5	56,5	57,5	64	63,5	63,5	5,5	55,5	57	66	77,5	64,5
DC	Corail mort																		0,5		0,5		0,5										
S	Sable	77	85,5							6	77	35,5	52,5	94,5		1	15		9	14	3	75		4,5	3,5	2	1,5	85,5	0,5	5	5	1,5	12
R	Débris															3,5																2,5	
RC	Dalle - Roche																																
SI	Vase				35	80	8	90																									
W	Eau																																
	Abiotique	77	85,5	0	35	80	8	90	0	6	77	35,5	52,5	94,5	0	4,5	15	0	9,5	14	3,5	75	0,5	4,5	3,5	2	1,5	85,5	0,5	5	5	4	12
	Biotique	23	14,5	100	65	20	92	10	100	94	23	64,5	47,5	5,5	100	95,5	85	100	90,5	86	96,5	25	99,5	95,5	96,5	98	98,5	14,5	99,5	95	95	96	88
Dont coraux scléractiniaires		2,5	2	23	8	1,5	12	3	18	17	10	38	28,5	2	39	27	9,5	29	8,5	4	33,5	3	24,5	16	17	19	33	7	31,5	22	11	18	19

Tableau 147 : Répartition du recouvrement (en %) du substrat, partie biotique/abiotique

	ST0 1A	ST0 1B	ST0 2A	ST0 2B	ST0 3A	ST0 3B	ST0 3C	ST0 4A	ST0 4B	ST0 4C	ST0 5A	ST0 5B	ST0 5C	ST0 6A	ST0 6B	ST0 6C	ST0 7A	ST0 7B	ST0 7C	ST0 8A	ST0 8B	ST0 9A	ST0 9B	ST0 9C	ST1 0A	ST1 0B	ST1 0C	ST1 1A	ST1 1B	ST1 1C	ST1 2A	ST12 B
Macrophytes et invertébrés	20,5	12,5	77	57	18,5	80	7	82	77	13	26,5	19	3,5	61	68,5	75,5	71	82	82	63	22	75	79,5	79,5	79	65,5	7,5	68	73	84	78	69
Coraux scléractiniaires	2,5	2	23	8	1,5	12	3	18	17	10	38	28,5	2	39	27	9,5	29	8,5	4	33,5	3	24,5	16	17	19	33	7	31,5	22	11	18	19
Abiotique	77	85,5	0	35	80	8	90	0	6	77	35,5	52,5	94,5	0	4,5	15	0	9,5	14	3,5	75	0,5	4,5	3,5	2	1,5	85,5	0,5	5	5	4	12

Annexe n°04

Résultats bruts de l'échantillonnage du benthos de novembre 2021

Données brutes transmises par Biocénose Marine

Tableau 148 : Inventaire des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations baie de Prony et du canal Woodin)

Groupe	Sous-groupe	Famille	Genre	Espèce	UICN	PS	ST01A	ST01B	ST02A	ST02B	ST03A	ST03B	ST03C	ST04A	ST04B	ST04C
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Dictyota*	sp.	/						2	2				
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Lobophora*	sp.	/		3	3	4	2	4	5	4			
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Padina*	sp.	/							2				
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	*Turbinaria*	*ornata*	DD		2				1					
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	*Amphiroa*	sp.	/		2	2	2	2	2	4	2			
Algues rouges	Rhodophycées	Liagoraceae	*Trichogloea*	*requienii*	DD		2	1			1					
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	*Caulerpa*	*serrulata*	DD						2					
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	*Neomeris*	*vanbosseae*	DD		2	2								
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	*Halimeda*	sp.	/		2(2spp)	2(2spp)	5(3spp)	2(2spp)	2	2	2	2(2spp)		
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	*Chlorodesmis*	*fastigiata*	DD				1		1			1		
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	sp. (blanche)	/				2		1			2	2	
Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	*Clavelina*	*detorta*	DD		2	2	2					2	1	2
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*aurita*	DD		2								2	2
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*cryptocarpa*	DD		2	2			1		2		2	
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*glabra*	DD			-1								
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*nigricans*	DD		2	-3			2	2	-2		2	
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*papilata*	DD										1	
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	sp. (blanche)	/			-1								
Bryozoaires	Cyclostomes	Tetraplariidae	*Alcyionidium*	sp.	/				2	2				2	3	3
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	*Discosoma*	sp.	/		2						2			
Cnidaires	Actiniaires	Thalassianthidae	*Cryptodendrum*	*adhaesivum*	DD				1							
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Cladiella*	sp.	/		3	2	2	2	1		1			
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Lobophytum*	sp.	/		2	2								-2
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sarcophyton*	sp.	/		5	4	5	5	2	4	3	2	1	-1
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	*dura*	DD		3	3	3	3	2		2			
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	*flexibilis*	DD		3	3								
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	*leptoclados*	DD				2	2						
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	sp.	/		3	3	2	3		2	2	-2		2
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	*Dendronephthya*	sp.	/				2							
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	*Nephthea*	sp.	/		2	-2	2	-2	-2	2	2			
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	*Xenia*	sp.	/		2	2	2							
Cnidaires	Hydrozoaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/									3	4	3
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	Indéterminé	sp.	/						2	2	2			
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	*Palythoa*	*tuberculosa*	DD		2	2	2						2	2
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	*Zoanthus*	sp.	/		2	2	2	2						
Cyanobactéries	Cyanophycées	Phormidiaceae	*Phormidium*	sp.	/		2	1	2	2	2	2		-2	-2	
Cyanobactéries	Cyanophycées	Phormidiaceae	*Symploca*	*hydnoides*	DD				2	2						
Échinodermes	Astéries	Acanthasteridae	*Acanthaster*	*solaris*	DD						1					
Échinodermes	Astéries	Echinasteridae	*Echinaster*	*callosus*	DD								1			
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Celerina*	*heffernani*	DD			2					1		1	
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*indica*	DD										1	
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*monilis*	DD							1		1		
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Gomophia*	*egyptiaca*	DD		2		1	1				-1	1	
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Linckia*	*multifora*	DD		2		2						2	-2
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Nardoa*	*gomophia*	DD		2	1	1	-1	1	-1	1			
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Nardoa*	*novaecaledoniae*	DD									1		
Échinodermes	Astéries	Oreasteridae	*Culcita*	*novaeguineae*	DD						-1					
Échinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	*Indéterminé*	sp.	/		2	2						1	4	5
Échinodermes	Échinides	Diadematidae	*Diadema*	*savignyi*	DD		-1	-1								
Échinodermes	Échinides	Diadematidae	*Diadema*	*setosum*	DD		2	2	2	1	-2	2	2		3	2
Échinodermes	Échinides	Echinometridae	*Echinometra*	*mathaei*	DD				2	2						
Échinodermes	Échinides	Echinometridae	*Echinostrephus*	*aciculatus*	DD		2	2								
Échinodermes	Échinides	Echinometridae	*Parasalenia*	*gratiosa*	DD				2	2	1		2		2	
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*palauensis*	LR-lc	1	1									
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*edulis*	LR-lc	1	2	2	2	2	2		1		1	-1
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*flavomaculata*	LR-lc	1			2	2	2	3	3			
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*fuscopunctata*	LR-lc	1	1	1								
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*whitmaei*	EN	1	1	-1								
Échinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Thelenota*	*anax*	DD	1		-1								

Échinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiomastix*	*caryophyllata*	DD		2	2	3	3	2	3	2	2	2	
Échinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	Ophiure	ind.	/		2	2	2	2	2	3	2	3	3	3
Échinodermes	Synaptes	Synaptidae	*Synapta*	*maculata*	DD					2			1			
Éponges	Spongiaires	Anchinoidae	*Hamigera*	*strongylata*	DD		2	2					2	2	3	3
Éponges	Spongiaires	Axinellidae	*Cymbastela*	*cantharella*	DD		1	1						-2	2	2
Éponges	Spongiaires	Callyspongiidae	*Dactylia*	*delicata*	DD						1				2	1
Éponges	Spongiaires	Clionaidae	*Cliona*	*jullieni*	DD		2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
Éponges	Spongiaires	Clionaidae	*Cliona*	*orientalis*	DD		3	2	2	2	2	2	2	2	4	2
Éponges	Spongiaires	Dysideidae	*Dysidea*	*arenaria*	DD							2			1	
Éponges	Spongiaires	Dysideidae	*Dysidea*	*frondosa*	DD		2	2								
Éponges	Spongiaires	Dysideidae	*Dysidea*	*herbacea*	DD				1				2		2	
Éponges	Spongiaires	Indéterminé	*Indéterminé*	sp. (noire)	/		2	2	2					2	3	3
Éponges	Spongiaires	Indéterminé	*Indéterminé*	sp. (orange)	/						1					
Éponges	Spongiaires	Indéterminé	*Indéterminé*	sp. (rouge)	/									1	2	
Éponges	Spongiaires	Leucettidae	*Leucetta*	*chagosensis*	DD							-1				
Éponges	Spongiaires	Petrosiidae	*Xetospongia*	*exigua*	DD		2	2								
Éponges	Spongiaires	Spirastrellidae	*Spheciospongia*	*vagabunda*	DD		2	2	2	2	2	1	2	2	2	2
Mollusques	Bivalves	Arcidae	*Arca*	*ventricosa*	DD		2	2	2	2	2				2	
Mollusques	Bivalves	Gryphaeidae	*Hyotissa*	*hyotis*	DD		2		2				2		2	2
Mollusques	Bivalves	Gryphaeidae	*Hyotissa*	sp.	/											
Mollusques	Bivalves	Isognomonidae	*Isognomon*	*isognomon*	DD		3	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mollusques	Bivalves	Mytilidae	*Septifer*	*bilocularis*	DD		3	3	2	3	2		-2		2	
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Saccostrea*	*cucullata*	DD						2					
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Saccostrea*	sp.	/				2							
Mollusques	Bivalves	Pinnidae	*Pinna*	sp.	/					1						
Mollusques	Bivalves	Pteridae	*Pteria*	sp.	/			2							2	2
Mollusques	Bivalves	Spondylidae	*Pedum*	*spondyloideum*	DD		2	2	2	2	2			2	2	
Mollusques	Bivalves	Spondylidae	*Spondylus*	sp.	/		2	3	2	2	2		2		2	2
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*maxima*	LR-cd	1			1							
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*squamosa*	LR-cd	1	1	1		1						
Mollusques	Gastéropodes	Coralliophillidae	*Coralliophila*	*violacea*	DD				2	2						
Mollusques	Gastéropodes	Cypraeidae	*Cypraea*	*tigris*	DD					1						
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Chromodoris*	*leopardus*	DD		2	1								
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidia*	*coelestis*	DD										-1	
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidiella*	*pustulosa*	DD			-1								
Vers	Annélides polychètes	Serpulidae	*Spirobranchus*	*giganteus*	DD		3	3	3	3	2		2	3	3	

Tableau 149 : Inventaire des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah)

Groupe	Sous-groupe	Famille	Genre	Espèce	UICN	PS	ST05A	ST05B	ST05C	ST06A	ST06B	ST06C	ST07A	ST07B	ST07C	ST08A	ST08B	ST09A	ST09B	ST09C	ST10A	ST10B	ST10C	ST11A	ST11B	ST11C	ST12A	ST12B
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Dictyota*	sp.	/							2				2					3							
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Lobophora*	sp.	/																	2					-2	-2
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Padina*	sp.	/						2	2			2	2	2						2					-2
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	*Turbinaria*	*ornata*	DD								2															
Algues rouges	Rhodophycées	Bonnemaisonniaceae	*Asparagopsis*	*taxiformis*	DD						5	4				4	4	2	3	3	4	2		3	5	4		
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	*Amphiroa*	sp.	/													2	2	2	2	2	2	2	2			
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	*Plocamium*	*armatum*	DD					-2	-2					2	-2		-2					-2	-2	-2		
Algues rouges	Rhodophycées	Hypneaceae	*Hypnea*	*spinella*	DD		-2	-2																				
Algues rouges	Rhodophycées	Liagoraceae	*Trichogloea*	*requienii*	DD						1							2	2	2				2	2	2		
Algues rouges	Rhodophycées	Peyssonneliaceae	*Peyssonnelia*	sp.	/														-2									
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	*Caulerpa*	*serrulata*	DD											2												
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	*Caulerpa*	sp.	/																			2				
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*platyclados*	DD															2								
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	sp.	/													2	3(2spp)	**3(2spp)**								
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	*Neomeris*	*vanbosseae*	DD		2				2	2				2	2							2	2	2		
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	*Halimeda*	sp.	/		2				2	2				2			2			2			2		-2	
Algues vertes	Chlorophycées	Siphonocladaceae	*Dictyosphaeria*	*verluysii*	DD													2										
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	*Chlorodesmis*	*fastigiata*	DD		2	-2			2							1			1				2	1	-1	
Ascidies	Ascidies	Diazonidae	*Atriolum*	*robustum*	DD														2	2								
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	*molle*	DD													2								2		
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	sp. (blanche)	/		2	2	2		2	2		2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	sp. (jaune)	/															-2								
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	sp. (rouge)	/							-2							2									
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	sp. (violet)	/						2	2							2	2								
Ascidies	Ascidies	Indéterminé	Encroûtante	sp. (verte)	/														2	2								
Ascidies	Ascidies	Indéterminé	Encroûtante	sp. (violet, blanc)	/													2	2	2								

Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	*Clavelina*	*detorta*	DD																				2	2		
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*aurita*	DD		1	2	-1	2	1	-2	3	2	2			2	3	3	3	2	2	2	3	3		1
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*clavata*	DD			-1	-1	1	2	2		2	2				1	2		1				1		1
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*cryptocarpa*	DD		1	2	2	3	2	2	3	2	2	2	2	5	2	3	2	3	2	4	3	2	1	1
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*nigricans*	DD		-2	3	-2	3	2	2	3	2	3	2	2	3	-3	-3	2	3	2	4	2	2		
Bryozoaires	Cyclostomes	Tetraplariidae	*Alcyionidium*	sp.	/		2	2	3	2	2					2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Cnidaires	Actiniaires	Actiniidae	*Entacmaea*	*quadricolor*	DD														1		1							
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	*Discosoma*	*rhodostoma*	DD											2									2		-2	
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	*Discosoma*	sp.	/			2			2									2		2					2	
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	*Heteractis*	*aurora*	DD		1										1											
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	*Heteractis*	*crispa*	DD												1											
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	*Heteractis*	*magnificus*	DD														1			1						
Cnidaires	Actiniaires	Thalassianthidae	*Cryptodendrum*	*adhaesivum*	DD																	1						
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Cladiella*	sp.	/											-2	-2		2	3		-2		2	2			
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*klyxum*	sp.	/														2	2		-2						
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Lobophytum*	sp.	/				-1	1	1	-2		1		-2	2	4	-2	-2	2	2	2	2	3	2		-2
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Rhytisma*	sp.	/														2	2								
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sarcophyton*	sp.	/		2	2	2	-4	-2	2		-2	2	-2	2	3	2	4	2	-2	2	2	2	2	3	5
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	*dura*	DD																						-2	
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	sp.	/					1	1	-2		2	2	2	2	3	2	4	2	-2	1	2	3	2	-2	-2
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	*Dendronephthya*	sp.	/						2			-1	2			3	2	3					2			
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	*Nephthea*	sp.	/														3	3		-2	2	3	2	2		
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	*Xenia*	sp.	/									1						3	2	-2	2	2				
Cnidaires	Alcyonaires	Nidaliidae	*Chironephthya*	sp.	/				2											2								
Cnidaires	Hydrozoaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/						2	2				2	2		2	2		2			2	2	2	2
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	*Palythoa*	*tuberculosa*	DD		2	2		2	2	2	2	2		2	2	2	2	3	2	-2	2	2	2	2	-1	-1
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	*Zoanthus*	sp.	/		2																					
Cyanobactéries	Cyanophycées	Phormidiaceae	*Phormidium*	sp.	/		2	2		-2	-2	2		2	-2	3	2	-1	-2		2	2	2	2	2	2	2	2
Échinodermes	Astéries	Acanthasteridae	*Acanthaster*	*solaris*	DD																	1						
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Celerina*	*heffernani*	DD					1	1	1											1		1			1
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*indica*	DD							1	-1	1	1	1	2	2	2	2		1	1	2				
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*monilis*	DD					1																		1
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Gomophia*	*egyptiaca*	DD						1		1	1		1	1	1	1		1				1	1		
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Gomophia*	*watsoni*	DD																					1		
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Linckia*	*multifora*	DD		2	1		2	2	1	2	2	2	2	1	2	2	3	1	2	1	1	2	2		
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Nardoa*	*gomophia*	DD				1							1	-1	1	1							1		1
Échinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/			2	1	3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-2
Échinodermes	Échinides	Diadematidae	*Diadema*	*savignyi*	DD														2	2								
Échinodermes	Échinides	Diadematidae	*Diadema*	*setosum*	DD		2	2				2		3	1		1		2	2					-1	-2	3	1
Échinodermes	Échinides	Diadematidae	*Echinometrix*	*diadema*	DD		-1	-2	-2		-1			1					2	2						-1	2	1
Échinodermes	Échinides	Echinometridae	*Echinometra*	*mathaei*	DD		2						2					2										
Échinodermes	Échinides	Echinometridae	*Echinostrephus*	*aciculatus*	DD		2	2	2	2	2	1	2	2		2	1	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*flammea*	LR-lc	1								1														
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*palauensis*	LR-lc	1		-1	1			2	-1	1	2		1					1	1					
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Bohadschia*	*argus*	LR-lc	1							-1															
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*atra*	LR-lc	1						2			2							1						
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*edulis*	LR-lc	1	1				1	2	-1	1	2							1	1		2	2		
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*fuscogilva*	VU	1						1																
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*fuscopunctata*	LR-lc	1	1									1	2					2	2					
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*whitmaei*	EN	1			2	1		1																
Échinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Stichopus*	*chloronotus*	LR-lc	1	2	-2	-2																			
Échinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Stichopus*	*herrmanni*	VU	1			1																			
Échinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Thelenota*	*ananas*	EN	1						1		-1										1				
Échinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Thelenota*	*anax*	DD	1											1						1					
Échinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiomastix*	*caryophyllata*	DD		2	2	2							2	2				2	2	2	2	2	2	2	2
Échinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	Ophiure	ind.	/		2	2	2				2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2
Échinodermes	Synaptes	Synaptidae	*Synapta*	*maculata*	DD																							
Éponges	Spongiaires	Anchinoidae	*Hamigera*	*strongylata*	DD			2	2		2	2		2	2		2					2	2			2	1	2
Éponges	Spongiaires	Axinellidae	*Cymbastela*	*cantharella*	DD				1			2					1		2	1						2		-1
Éponges	Spongiaires	Clionaidae	*Cliona*	*jullieni*	DD		2	2	2	2	2	2		2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Éponges	Spongiaires	Clionaidae	*Cliona*	*orientalis*	DD		3	3	2	3	3	2	2	3	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	3	3
Éponges	Spongiaires	Dysideidae	*Dysidea*	*arenaria*	DD							1																
Éponges	Spongiaires	Dysideidae	*Dysidea*	*frondosa*	DD										2													
Éponges	Spongiaires	Dysideidae	*Dysidea*	*herbacea*	DD		1	-1		-2	1		-2	1				2	2	2	2	1		2	1	1		
Éponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp. (noire)	/		2	2	2		2	3		2	2	2	2	3	3	3	2	2	2		2	2	-2	2
Éponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp. (orange)	/			2	2		2	2		2	2				2	2			2		2	2	-1	1
Éponges	Spongiaires	Leucettidae	*Leucetta*	*chagosensis*	DD										2			2	2							1		
Éponges	Spongiaires	Microcionidae	*Clathria*	*rugosa*	DD			2	2						2		1					2	1				-1	1

Éponges	Spongiaires	Spirastrellidae	*Spheciospongia*	*vagabunda*	DD		2	2	2				2	2		2	2	2	2	2	2	2		2	2		2
Mollusques	Bivalves	Arcidae	*Arca*	*ventricosa*	DD		2	2		2					2							2	2				2	2
Mollusques	Bivalves	Gryphaeidae	*Hyotissa*	*hyotis*	DD		-2	2	2		1	1		2		2			2	2						1	2	2	2
Mollusques	Bivalves	Gryphaeidae	*Hyotissa*	sp.	/																	-2	2	2					
Mollusques	Bivalves	Isognomonidae	*Isognomon*	*isognomon*	DD		2	2								2	2		2	2			2					2	2
Mollusques	Bivalves	Mytilidae	*Septifer*	*bilocularis*	DD		5	5	2		2			2		2		2	2			2	2	2		2		5	2
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Lopha*	*cristagalli*	DD			2	2																				
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Saccostrea*	*cucullata*	DD			2	2																	2	2		
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Saccostrea*	sp.	/									2	2							2	2						
Mollusques	Bivalves	Pteridae	*Pinctada*	*margaritifera*	DD																								1
Mollusques	Bivalves	Pteridae	*Pteria*	sp.	/				2						2					2								2	
Mollusques	Bivalves	Spondylidae	*Pedum*	*spondyloideum*	DD		3	3		2	-2	2	3	2		2		2	2	2	2	3	2	2	2		3	2
Mollusques	Bivalves	Spondylidae	*Spondylus*	sp.	/		2	2	2				3	2	2	2	2	4	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*crocea*	LR-lc	1												2										
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*maxima*	LR-cd	1	3			2			2	1				2	2			2		1	2		1	
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*squamosa*	LR-cd	1	1						1					1				1						
Mollusques	Gastéropodes	Bursidae	*Bursa*	sp.	/						-1																		
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*capitaneus*	LR-lc													1										
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*miles*	LR-lc									1														
Mollusques	Gastéropodes	Coralliophillidae	*Coralliophila*	*violacea*	DD		2	2	2	2	2		2	2		2	2	3	2	2		2			2	2	2	2
Mollusques	Gastéropodes	Fasciolariidae	*Latirolagena*	*smaragdula*	DD					2																			
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Drupella*	*cornus*	DD			2		-2												2		2	2			
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Lambis*	*lambis*	DD														2									
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Lambis*	*scorpius*	DD																	1						
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Lambis*	*truncata*	DD											1						1						
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Strombus*	*latissimus*	DD														1									
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*pyramis*	DD																							1
Mollusques	Gastéropodes	Turbinidae	*Astraea*	*rhodostoma*	DD														1	1								2
Mollusques	Nudibranches	Aglagidae	*Cheilidonura*	*inornata*	DD																							1
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Chromodoris*	*elisabethina*	DD							1																
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Chromodoris*	*kuniei*	DD		1	2									2											
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Chromodoris*	*leopardus*	DD		-1																					
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Noumea*	*catalai*	DD							1																
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Risbecia*	*tryoni*	DD		2																					
Mollusques	Nudibranches	Doridiidae	*Halgerda*	*reticulidia*								1																
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidia*	*ocellata*	DD										1													
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidiella*	*pustulosa*	DD										-1									2		-1	-1	
Vers	Annélides polychètes	Serpulidae	*Spirobranchus*	*giganteus*	DD		3	3	3	5	4	3	3	5	4	4	3	4	4	4	3	3	3	3	3	4	3	3

Tableau 150 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques par groupes et transect (*hors coraux durs)*

Groupe	Sous-groupe	ST01 A	ST01 B	ST02 A	ST02 B	ST03 A	ST03 B	ST03 C	ST04 A	ST04 B	ST04 C	ST05 A	ST05 B	ST05 C	ST06 A	ST06 B	ST06 C	ST07 A	ST07 B	ST07 C	ST08 A	ST08 B	ST09 A	ST09 B	ST09 C	ST10 A	ST10 B	ST10 C	ST11 A	ST11 B	ST11 C	ST12 A	ST12 B
Algues brunes	Phéophycées	2	1	1	1	3	3	1	0	0	0	0	0	0	0	1	2	1	0	1	2	1	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	0
Algues rouges	Rhodophycées	2	2	1	1	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0	2	1	3	3	3	2	2	1	3	3	2	0	0
Algues vertes	Chlorophycées	3	3	4	2	3	1	1	3	0	0	3	0	0	0	3	2	0	0	0	3	1	3	3	3	1	1	0	2	3	2	0	0
Cyanobactéries	Cyanophycée	1	1	2	2	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Bryozoaires	Cyclostomes	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cnidaires	Alcyonaires	8	7	8	5	3	3	5	1	1	1	1	1	2	2	3	1	0	3	3	1	3	4	7	9	4	1	5	6	6	4	1	1
Cnidaires	Actiniaires	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	2	1	1	3	0	0	1	0	1	0
Cnidaires	Hydrozoaires	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1
Cnidaires	Zoanthaires	2	2	2	1	1	1	1	0	1	1	2	1	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	0	0
Échinodermes	Astéries	3	2	3	1	2	1	3	2	4	0	1	1	1	3	3	3	2	3	2	4	3	4	4	2	2	3	3	2	3	4	0	3
Échinodermes	Crinoïdes	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0
Échinodermes	Échinides	2	2	3	3	1	1	2	0	2	1	3	2	1	1	1	2	2	3	1	1	2	2	4	4	1	1	1	0	1	1	3	3
Échinodermes	Holothurides	4	2	2	2	2	1	2	0	1	0	3	0	3	1	1	6	0	3	3	1	3	0	0	0	0	4	4	1	1	1	0	0
Échinodermes	Ophiurides	2	2	2	2	2	2	2	2	2	1	2	2	2	0	0	0	1	1	1	2	2	1	1	1	2	2	2	2	2	2	2	2
Échinodermes	Synaptes	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Éponges	Spongiaires	8	8	5	3	5	4	5	6	10	7	5	7	8	2	6	7	2	7	8	4	7	6	8	7	5	7	7	3	6	9	3	7
Mollusques	Mollusques	8	8	9	9	6	1	3	2	7	4	10	11	7	5	3	5	5	8	5	7	4	9	11	5	4	13	5	5	8	4	9	11
Ascidies	Ascidies	4	2	2	0	3	1	1	2	6	2	3	4	2	4	6	5	3	5	5	3	3	5	9	8	4	5	4	4	5	7	2	3
Vers	Annélides polychètes	1	1	1	1	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total		**52**	**44**	**47**	**35**	**35**	**21**	**30**	**22**	**38**	**20**	**37**	**34**	**29**	**22**	**35**	**39**	**19**	**37**	**31**	**37**	**38**	**41**	**57**	**48**	**32**	**48**	**38**	**33**	**45**	**42**	**26**	**34**
Sous-total Invertébrés		44	37	39	29	26	15	27	19	38	20	33	33	29	22	29	33	18	36	30	29	34	35	51	42	27	43	35	27	38	37	25	33
Sous-total Algues		7	6	6	4	8	5	3	3	0	0	3	0	0	0	6	5	1	0	1	7	3	6	6	6	4	4	2	5	6	4	0	0
Sous-total Cnidaires		11	9	11	6	4	4	7	2	3	3	4	3	2	3	6	3	1	4	3	4	7	5	11	12	6	5	6	7	9	6	3	2
Sous-total Échinodermes		12	9	10	9	7	5	10	5	10	3	9	6	8	6	6	12	6	11	8	9	11	8	10	8	6	11	11	6	8	9	6	8

Tableau 151 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques par groupes et station (*hors coraux durs)*

Groupe	Sous-groupe	ST01	ST02	ST03	ST04	ST05	ST06	ST07	ST08	ST09	ST10	ST11	ST12
Algues brunes	Phéophycées	1	4	0	0	2	2	2	0	3	0	0	0
Algues rouges	Rhodophycées	1	2	0	0	2	0	2	3	2	3	0	0
Algues vertes	Chlorophycées	4	3	3	3	3	0	3	6	2	4	0	0
Cyanobactéries	Cyanophycée	2	1	0	1	1	1	1	0	1	1	1	1
Bryozoaires	Cyclostomes	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Cnidaires	Alcyonaires	8	5	2	2	4	5	3	10	5	7	1	1
Cnidaires	Actiniaires	1	1	0	2	1	0	3	3	4	1	1	1
Cnidaires	Hydrozoaires	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1
Cnidaires	Zoanthaires	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	0	0
Échinodermes	Astéries	3	5	6	2	5	3	4	4	5	6	3	3
Échinodermes	Crinoïdes	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Échinodermes	Echinides	3	2	2	3	2	4	2	5	1	1	3	3
Échinodermes	Holothurides	2	2	1	6	6	4	3	0	5	2	0	0
Échinodermes	Ophiurides	2	2	2	2	0	1	2	1	2	2	2	2
Échinodermes	Synaptes	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Éponges	Spongiaires	5	8	10	9	8	10	7	8	8	9	7	7
Mollusques	Mollusques	12	7	7	15	10	12	8	14	13	9	13	13
Ascidies	Ascidies	2	3	6	4	6	5	3	11	5	7	4	4
Vers	Annélides polychètes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total		**54**	**51**	**48**	**44**	**54**	**55**	**50**	**48**	**70**	**61**	**57**	**39**
Sous-total Invertébrés		46	43	38	41	50	47	47	40	61	53	49	38
Sous-total Algues		7	6	9	3	3	7	2	7	9	7	7	0
Sous-total Cnidaires		11	11	7	4	6	7	6	8	15	11	10	3
Sous-total Échinodermes		13	11	12	12	14	14	13	12	11	14	12	9

Tableau 152 : Richesse spécifique du macrobenthos par site

Groupe	Sous-groupe	Prony	Woodin	Havannah
Algues brunes	Phéophycées	4	0	4
Algues rouges	Rhodophycées	2	0	4
Algues vertes	Chlorophycées	6	3	9
Cyanobactéries	Cyanophycée	2	0	1
Bryozoaires	Cyclostomes	1	1	1
Cnidaires	Alcyonaires	10	2	10
Cnidaires	Actiniaires	2	0	7
Cnidaires	Hydrozoaires	0	1	1
Cnidaires	Zoanthaires	3	1	2
Échinodermes	Astéries	7	6	8
Échinodermes	Crinoïdes	1	1	1
Échinodermes	Echinides	4	2	5
Échinodermes	Holothurides	5	1	11
Échinodermes	Ophiurides	2	2	2
Échinodermes	Synaptes	1	0	0
Éponges	Spongiaires	12	10	12
Mollusques	Mollusques	15	7	35
Ascidies	Ascidies	5	6	12
Vers	Annélides polychètes	1	1	1
Total		**83**	**44**	**126**
Sous-total Invertébrés		69	41	108
Sous-total Algues		12	3	17
Sous-total Cnidaires		15	4	20
Sous-total Échinodermes		20	12	27

Tableau 153 : Liste des espèces cibles (CdC DENV) et leur abondance (1 à 5) (stations de la baie de Prony et du canal Woodin)

Groupe	Sous-groupe	Famille	Genre	Espèce	UICN	PS	ST01A	ST01B	ST02A	ST02B	ST03A	ST03B	ST03C	ST04A	ST04B	ST04C
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Dictyota*	sp.	/						2	2				
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Lobophora*	sp.	/		3	3	4	2	4	5	4			
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Padina*	sp.	/							2				
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	*Turbinaria*	*ornata*	DD		2				1					
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	*Amphiroa*	sp.	/		2	2	2	2	2	4	2			
Algues rouges	Rhodophycées	Liagoraceae	*Trichogloea*	*requienii*	DD		2	1			1					
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	*Caulerpa*	*serrulata*	DD						2					
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	*Neomeris*	*vanbosseae*	DD		2	2								
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	*Halimeda*	sp.	/		2(2spp)	2(2spp)	5(3spp)	2(2spp)	2	2	2	2(2spp)		
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	*Chlorodesmis*	*fastigiata*	DD				1		1			1		
Cyanobactéries	Cyanophycées	Phormidiaceae	*Phormidium*	sp.	/		2	1	2	2	2	2		-2	-2	
Cyanobactéries	Cyanophycées	Phormidiaceae	*Symploca*	*hydnoides*	DD				2	2						
Échinodermes	Astéries	Acanthasteridae	*Acanthaster*	*solaris*	DD						1					
Échinodermes	Astéries	Echinasteridae	*Echinaster*	*callosus*	DD								1			
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Celerina*	*heffernani*	DD			2					1		1	
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*indica*	DD										1	
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*monilis*	DD							1		1		
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Gomophia*	*egyptiaca*	DD		2		1	1				-1	1	
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Linckia*	*multifora*	DD		2		2						2	-2
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Nardoa*	*gomophia*	DD		2	1	1	-1	1	-1	1			
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Nardoa*	*novaecaledoniae*	DD									1		
Échinodermes	Astéries	Oreasteridae	*Culcita*	*novaeguineae*	DD						-1					
Échinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	*Indéterminé*	sp.	/		2	2						1	4	5
Échinodermes	Échinides	Diadematidae	*Diadema*	*savignyi*	DD		-1	-1								
Échinodermes	Échinides	Diadematidae	*Diadema*	*setosum*	DD		2	2	2	1	-2	2	2		3	2
Échinodermes	Échinides	Echinometridae	*Echinometra*	*mathaei*	DD				2	2						
Échinodermes	Échinides	Echinometridae	*Echinostrephus*	*aciculatus*	DD		2	2								
Échinodermes	Échinides	Echinometridae	*Parasalenia*	*gratiosa*	DD				2	2	1		2		2	
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*palauensis*	LR-lc	1	1									
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*edulis*	LR-lc	1	2	2	2	2	2		1		1	-1
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*flavomaculata*	LR-lc	1			2	2	2	3	3			
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*fuscopunctata*	LR-lc	1	1	1								
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*whitmaei*	EN	1	1	-1								
Échinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Thelenota*	*anax*	DD	1		-1								
Échinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiomastix*	*caryophyllata*	DD		2	2	3	3	2	3	2	2	2	
Échinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiure*	*ind.*	/		2	2	2	2	2	3	2	3	3	3
Échinodermes	Synaptes	Synaptidae	*Synapta*	*maculata*	DD					2			1			
Éponges	Spongiaires	Clionaidae	*Cliona*	*jullieni*	DD		2	2	2	2	2	2	2	2	3	3
Éponges	Spongiaires	Clionaidae	*Cliona*	*orientalis*	DD		3	2	2	2	2	2	2	2	4	2
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*maxima*	LR-cd	1			1							
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*squamosa*	LR-cd	1	1	1		1						

Tableau 154 : Liste des espèces cibles (CdC DENV) et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah)

Groupe	Sous-groupe	Famille	Genre	Espèce	UICN	PS	ST05A	ST05B	ST05C	ST06A	ST06B	ST06C	ST07A	ST07B	ST07C	ST08A	ST08B	ST09A	ST09B	ST09C	ST10A	ST10B	ST10C	ST11A	ST11B	ST11C	ST12A	ST12B
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Dictyota*	sp.	/							2				2					3							
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Lobophora*	sp.	/																	2					-2	-2
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Padina*	sp.	/						2	2			2	2	2						2					-2
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	*Turbinaria*	*ornata*	DD								2															
Algues rouges	Rhodophycées	Bonnemaisonniaceae	*Asparagopsis*	*taxiformis*	DD						5	4				4	4	2	3	3	4	2		3	5	4		
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	*Amphiroa*	sp.	/													2	2	2	2	2	2	2	2			
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	*Plocamium*	*armatum*	DD					-2	-2					2	-2		-2					-2	-2	-2		
Algues rouges	Rhodophycées	Hypneaceae	*Hypnea*	*spinella*	DD		-2	-2																				
Algues rouges	Rhodophycées	Liagoraceae	*Trichogloea*	*requienii*	DD						1							2	2	2				2	2	2		
Algues rouges	Rhodophycées	Peyssonneliaceae	*Peyssonnelia*	sp.	/														-2									
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	*Caulerpa*	*serrulata*	DD											2												
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	*Caulerpa*	sp.	/																			2				
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*platyclados*	DD															2								
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	sp.	/													2	3(2spp)	**3(2spp)**								
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	*Neomeris*	*vanbosseae*	DD		2				2	2				2	2							2	2	2		
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	*Halimeda*	sp.	/		2				2	2				2			2			2			2		-2	
Algues vertes	Chlorophycées	Siphonocladaceae	*Dictyosphaeria*	*verluysii*	DD													2										
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	*Chlorodesmis*	*fastigiata*	DD		2	-2			2							1			1				2	1	-1	
Cyanobactéries	Cyanophycées	Phormidiaceae	*Phormidium*	sp.	/		2	2		-2	-2	2		2	-2	**3**	**2**	-1	-2		**2**	2	2	**2**	2	2	2	2
Échinodermes	Astéries	Acanthasteridae	*Acanthaster*	*solaris*	DD																	1						
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Celerina*	*heffernani*	DD					1	1	1											1		1			1
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*indica*	DD							1	-1	1	1	1	**2**	2	2	2		1	1	2				
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*monilis*	DD					1																		1
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Gomophia*	*egyptiaca*	DD						1		1	1		1	1	1	1		1				1	1		
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Gomophia*	*watsoni*	DD																					1		
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Linckia*	*multifora*	DD		2	1		2	2	**1**	2	2	2	2	1	2	2	3	1	2	1	**1**		2		
Échinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Nardoa*	*gomophia*	DD				1							1	-1	1	1							1		1
Échinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	*Indéterminé*	sp.	/			2	1	**3**	2	2	3	**2**	**2**	2	2	**2**	**2**	**2**	2	**2**	2	2	2	2	2	-2
Échinodermes	Échinides	Diadematidae	*Diadema*	*savignyi*	DD														**2**	2								
Échinodermes	Échinides	Diadematidae	*Diadema*	*setosum*	DD		2	**2**				2		**3**	1		1		2	2					-1	-2	**3**	1
Échinodermes	Échinides	Diadematidae	*Echinometrix*	*diadema*	DD		-1	-2	-2		-1			1					2	2						-1	2	1
Échinodermes	Échinides	Echinometridae	*Echinometra*	*mathaei*	DD		2						2					2										
Échinodermes	Échinides	Echinometridae	*Echinostrephus*	*aciculatus*	DD		2	2	2	2	2	1	2	2		2	1	2	2	2	2	2	2		2	2	2	2
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*flammea*	LR-lc	1								1														
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*palauensis*	LR-lc	1		-1	1			2	-1	1	**2**		1					1	1					
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Bohadschia*	*argus*	LR-lc	1							-1															
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*atra*	LR-lc	1						**2**			**2**							1						
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*edulis*	LR-lc	1	1				1	**2**	-1	1	2							**1**	1		2	2		
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*fuscogilva*	VU	1						1																
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*fuscopunctata*	LR-lc	1	1									1	2					**2**	2					
Échinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*whitmaei*	EN	1			2	1		1																
Échinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Stichopus*	*chloronotus*	LR-lc	1	2	-2	-2																			
Échinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Stichopus*	*herrmanni*	VU	1			1																			
Échinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Thelenota*	*ananas*	EN	1						1		-1										1				
Échinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Thelenota*	*anax*	DD	1											1						1					
Échinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiomastix*	*caryophyllata*	DD		2	2	2							2	2				2	2	2	2	2	2	2	2
Échinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiure*	*ind.*	/		2	2	2				2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2	2	2
Échinodermes	Synaptes	Synaptidae	*Synapta*	*maculata*	DD																							
Éponges	Spongiaires	Clionaidae	*Cliona*	*jullieni*	DD		2	2	2	2	2	2		2	2	3	3	2	2	2	2	2	2	2	**2**	2	**2**	2
Éponges	Spongiaires	Clionaidae	*Cliona*	*orientalis*	DD		3	3	2	3	3	2	2	3	2	3	2	2	2	**3**	2	2	2	2	**2**	2	3	**3**
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*crocea*	LR-lc	1												2										
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*maxima*	LR-cd	1	**3**			2			2	1				**2**	2			2		1	2		1	
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*squamosa*	LR-cd	1	1						1					1				1						
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Drupella*	*cornus*	DD			2		-2												2		2	2			
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*pyramis*	DD																							1

Annexe n°05

Nomenclature UICN

La liste rouge de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) est un système simple et compréhensible par tous pour classer les espèces selon le risque d'extinction à l'échelle mondiale.

Fondée sur une solide base scientifique, la Liste rouge de l'UICN est reconnue comme l'outil de référence de l'état de la diversité biologique spécifique à l'échelle mondiale. Sur la base d'une information précise sur les espèces menacées, son but essentiel est d'identifier les priorités d'action, de mobiliser l'attention du public et des responsables politiques sur l'urgence et l'étendue des problèmes de conservation, et d'inciter tous les acteurs à agir en vue de limiter le taux d'extinction des espèces.

Cependant en milieu marin, le recensement des espèces d'invertébrés enregistre de nombreuses lacunes à travers le monde. Les coraux scléractiniaires et les bénitiers sont les mieux référencés mais le reste des invertébrés est le plus souvent enregistré comme données insuffisantes (data deficient).

La figure 128 illustre le classement des catégories employées selon le risque d'extinction qui pèse sur les espèces. Les définitions de chaque catégorie sont données tableau 155.

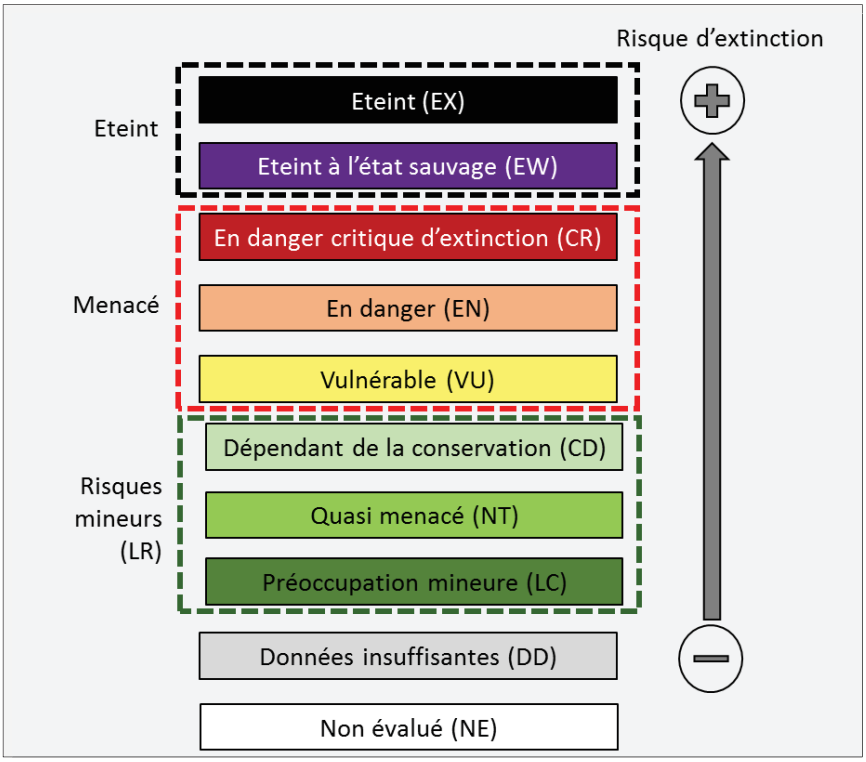


Figure 128 : Classification de la liste rouge UICN

Tableau 155 : Liste Définitions des catégories UICN

CATEGORIE	SIGLE	DEFINITION
Éteint (Extinct)	EX	Un taxon est dit *Éteint* lorsqu'il ne fait aucun doute que le dernier individu est mort. Un taxon est présumé *Éteint* lorsque des études exhaustives menées dans son habitat connu et/ou présumé, à des périodes appropriées (rythme diurne, saisonnier, annuel), et dans l'ensemble de son aire de répartition historique n'ont pas permis de noter la présence d'un seul individu. Les études doivent être faites sur une durée adaptée au cycle et aux formes biologiques du taxon.

Éteint à l'état sauvage (Extinct in the wild)	EW	Un taxon est dit *Éteint à l'état sauvage* lorsqu'il ne survit qu'en culture, en captivité ou dans le cadre d'une population (ou de populations) naturalisée(s), nettement en dehors de son ancienne aire de répartition. Un taxon est présumé *Éteint à l'état sauvage* lorsque des études détaillées menées dans ses habitats connus et/ou probables, à des périodes appropriées (rythme diurne, saisonnier, annuel), et dans l'ensemble de son aire de répartition historique n'ont pas permis de noter la présence d'un seul individu. Les études doivent être faites sur une durée adaptée au cycle et aux formes biologiques du taxon.
En danger critique d'extinction (Critically endangered)	CR	Un taxon est dit *En danger critique d'extinction* lorsque les meilleures données disponibles indiquent qu'il remplit l'un des critères A à E correspondant à la catégorie *En danger critique d'extinction* et, en conséquence, qu'il est confronté à un risque extrêmement élevé d'extinction à l'état sauvage.
En danger (Endanged)	EN	Un taxon est dit *En danger* lorsque les meilleures données disponibles indiquent qu'il remplit l'un des critères A à E correspondant à la catégorie *En danger* et, en conséquence, qu'il est confronté à un risque très élevé d'extinction à l'état sauvage.
Vulnérable (Vulnerable)	VU	Un taxon est dit *Vulnérable* lorsque les meilleures données disponibles indiquent qu'il remplit l'un des critères A à E correspondant à la catégorie *Vulnérable*, en conséquence, qu'il est confronté à un risque élevé d'extinction à l'état sauvage.
Risques mineurs (Lower Risk)	LR	Un taxon est dit *Risques mineurs* lorsqu'il a été évalué et ne satisfait pas aux critères de l'une des catégories *En danger critique d'extinction*, *En danger* et *Vulnérable.* Les taxons inscrits dans cette catégorie peuvent être séparés en trois sous-catégories.
→ Dépendant de la conservation (Conservation Dependant)	CD	Un taxon est dit *Dépendant de la conservation* lorsqu'il fait l'objet d'un programme de conservation spécifique du taxon ou spécifique de l'habitat typique du taxon, et dont la cessation entraînerait la qualification du taxon dans l'une des catégories ci-dessus dans un délai de cinq ans.
→ Quasi menacé (Near Threatened)	NT	Un taxon est dit *Quasi menacé* lorsqu'il a été évalué d'après les critères et ne remplit pas, pour l'instant, les critères des catégories *En danger critique d'extinction*, *En danger* ou *Vulnérable* mais qu'il est près de remplir les critères correspondant aux catégories du groupe *Menacé* ou qu'il les remplira probablement dans un proche avenir.
→ Préoccupation mineure (Least Concern)	LC	Un taxon est dit de *Préoccupation mineure* lorsqu'il a été évalué d'après les critères et ne remplit pas les critères des catégories *En danger critique d'extinction*, *En danger*, *Vulnérable* ou *Quasi menacé*. Dans cette catégorie sont inclus les taxons largement répandus et abondants.
Données insuffisantes (Data Deficient)	DD	Un taxon entre dans la catégorie *Données insuffisantes* lorsqu'on ne dispose pas d'assez de données pour évaluer directement ou indirectement le risque d'extinction en fonction de sa distribution et/ou de l'état de sa population. Un taxon inscrit dans cette catégorie peut avoir fait l'objet d'études approfondies et sa biologie peut être bien connue, sans que l'on dispose pour autant de données pertinentes sur l'abondance et/ou la distribution. Il ne s'agit donc pas d'une catégorie *Menacé*. L'inscription d'un taxon dans cette catégorie indique qu'il est nécessaire de rassembler davantage de données et n'exclut pas la possibilité de démontrer, grâce à de futures recherches, que le taxon aurait pu être classé dans une catégorie *Menacé*. Il est impératif d'utiliser pleinement toutes les données disponibles. Dans de nombreux cas, le choix entre *Données insuffisantes* et une catégorie *Menacé* doit faire l'objet d'un examen très attentif. Si l'on soupçonne que l'aire de répartition d'un taxon est relativement circonscrite, s'il s'est écoulé un laps de temps considérable depuis la dernière observation du taxon, le choix d'une catégorie *Menacé* peut parfaitement se justifier.
Non évalué (Not Evaluated)	NE	Un taxon est dit *Non évalué* lorsqu'il n'a pas encore été confronté aux critères.

Aqua Terra

Ingénierie de l'Environnement et de la Réhabilitation

