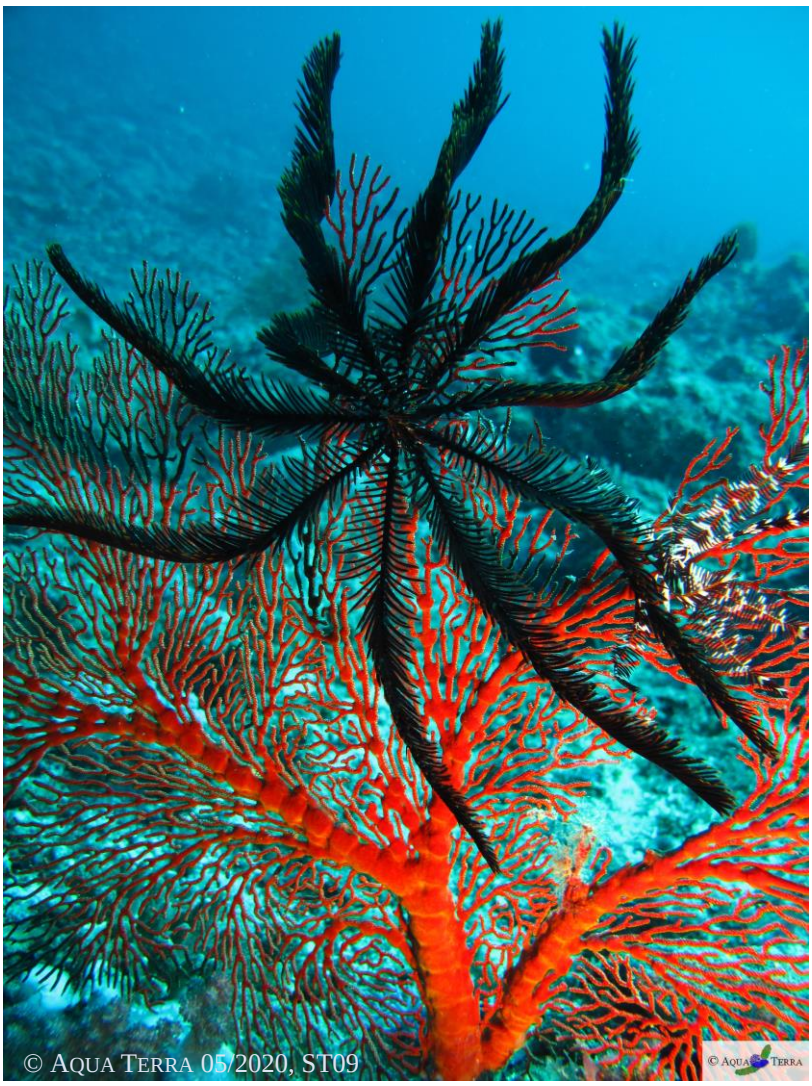
Aqua Terra

Bureau d'études en environnement

Ingénierie de l'Environnement et de la Réhabilitation

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 003-20_Ver01
Référence du contrat		PO n°L26698 / 0001 du 06/01/20
Numéro de l'affaire		003-20
Client		Vale Nouvelle-Calédonie
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

Suivi des modifications :

N° de version	Transmis à	Action / Etat	Date
00	AQUA TERRA	En interne : pour relecture pour contrôle qualité	Juin 2020
	Experts partenaires	Rapport remis (format électronique) : version préliminaire (draft) pour relecture du fond	
01	VALE NC	Rapport remis au Client (format électronique)	28/08/2020
01	VALE NC	Rapport final remis au Client (1 CDRom)	30/09/2020

Les responsables du suivi des modifications sont :

Maître d'Ouvrage	Nicolas MARIN (Vale NC)
Entreprise	Valérie VAILLET (AQUA TERRA)

N° Document	Émis le	Par	Approuvé par	Le
Rap 003-20_V01	28/08/2020	AQUA TERRA	VALE NC	28/09/2020

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 Valérie VAILLET comme chef de projet, avec l'aide d'experts scientifiques.

Les principaux intervenants étaient donc :

Pour AQUA TERRA :

Valérie VAILLET : 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 plusieurs missions dans le cadre du suivi des communautés coralliennes pour le projet Goro Nickel, 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 :

Claude CHAUVET : 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 le projet Goro Nickel. Plongeur niveau III.

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

Pour BIOCENOSE MARINE :

Grégory LASNE : 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 48
4.2.1 Le substrat (ST02) *52*
4.2.2 Le benthos (ST02) *53*
4.2.2.1 Benthos Transect 02 A 54
4.2.2.2 Benthos Transect 02 B 55
4.2.3 Les poissons (ST02) *56*
4.3 STATION 03 = PORT 61
4.3.1 Le substrat (ST03) *66*
4.3.2 Le benthos (ST03) *67*
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 80
4.4.2.2 Benthos Transect 04 B 81
4.4.2.3 Benthos Transect 04 C 82
4.4.3 Les poissons (ST04) *83*
4.5 STATION 05 = RECIF IORO 90
4.5.1 Le substrat (ST05) *93*
4.5.2 Le benthos (ST05) *94*
4.5.2.1 Benthos Transect 05 A 94
4.5.2.2 Benthos Transect 05 B 95
4.5.2.3 Benthos Transect 05 C 96

4.5.3 Les poissons (ST05) *97*
4.6 STATION 06 = BANC IONONTEA 103
4.6.1 Le substrat (ST06) *107*
4.6.2 Le benthos (ST06) *108*
4.6.2.1 Benthos Transect 06 A 109
4.6.2.2 Benthos Transect 06 B 110
4.6.2.3 Benthos Transect 06 C 111
4.6.3 Les poissons (ST06) *112*
4.7 STATION 07 = BASSE CHAMBEYRON 119
4.7.1 Le substrat (ST07) *123*
4.7.2 Le benthos (ST07) *124*
4.7.2.1 Benthos Transect 07 A 125
4.7.2.2 Benthos Transect 07 B 126
4.7.2.3 Benthos Transect 07 C 127
4.7.3 Les poissons (ST07) *128*
4.8 STATION 08 = POINTE PUKA 135
4.8.1 Le substrat (ST08) *139*
4.8.2 Le benthos (ST08) *140*
4.8.2.1 Benthos Transect 08 A 141
4.8.2.2 Benthos Transect 08 B 142
4.8.3 Les poissons (ST08) *143*
4.9 STATION 09 = BANCS KIE 149
4.9.1 Le substrat (ST09) *153*
4.9.2 Le benthos (ST09) *154*
4.9.2.1 Benthos Transect 09 A 155
4.9.2.2 Benthos Transect 09 B 156
4.9.2.3 Benthos Transect 09 C 157
4.9.3 Les poissons (ST09) *158*
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 170
4.10.2.3 Benthos Transect 10 C 170
4.10.3 Les poissons (ST10) *171*
4.11 STATION 11 = RECIF TOEMO 177
4.11.1 Le substrat (ST11) *181*
4.11.2 Le benthos (ST11) *182*
4.11.2.1 Benthos Transect 11 A 183
4.11.2.2 Benthos Transect 11 B 184
4.11.2.3 Benthos Transect 11 C 185
4.11.3 Les poissons (ST11) *186*
4.12 STATION 12 = ILOT UGO 193
4.12.1 Le substrat (ST12) *197*
4.12.2 Le benthos (ST12) *198*
4.12.2.1 Benthos Transect 12 A 199
4.12.2.2 Benthos Transect 12 B 200
4.12.3 Les poissons (ST12) *201*
5 RESULTATS GENERAUX / SYNTHESE ***207***
5.1 SUBSTRAT 207
5.2 BENTHOS 208
5.2.1 Biodiversité du benthos : généralités *208*
5.2.1.1 Les contraintes en termes de potentiel « indicateur » et « réactivité » 208
5.2.1.2 Les contraintes naturelles de la zone d'étude 210
5.2.1.3 Les contraintes anthropiques de la zone d'étude 210
5.2.2 Répartition des 4 groupes biotiques par transect *211*
5.2.3 Composition spécifique par site *211*
5.2.3.1 Assemblage spécifique du benthos dans le canal de la Havannah 212
5.2.3.2 Assemblage spécifique du benthos dans le canal Woodin 212
5.2.3.3 Assemblage spécifique du benthos dans la baie de Prony 213
5.2.4 Répartition spatiale de la diversité benthique *214*
5.2.4.1 La biodiversité des invertébrés 214
5.2.4.2 La biodiversité des macrophytes 214
5.3 ICHTYOLOGIE 217

5.4 ESPECES EXOGENES / ESPECES INVASIVES / ENVAHISSANTES 219
5.4.1 Définitions *219*
5.4.2 Espèces exogènes / invasives *219*
5.4.3 Espèces envahissantes *220*
5.4.3.1 Les macroalgues 220
5.4.3.2 Les corallivores 220
6 COMPARAISON AVEC LES DONNEES HISTORIQUES 223
6.1 SUBSTRAT 223
6.2 BENTHOS 225
6.2.1 Variation de la biodiversité α dans le temps *225*
6.2.1.1 Pour les invertébrés, généralités 226
6.2.1.2 Pour les invertébrés, depuis la dernière mission 227
6.2.1.3 Pour les invertébrés, depuis le début 227
6.2.1.3.1 Analyse par Anovar 228
6.2.1.3.2 Analyse par le test de Friedman 230
6.2.1.4 Pour les macrophytes, généralités 231
6.2.1.5 Pour les macrophytes, depuis le début 233
6.2.1.5.1 Analyse par Anovar 234
6.2.1.5.2 Analyse par le test de Friedman 235
6.2.2 Indicateurs de l'état de santé des récifs de la zone d'étude *238*
6.2.2.1 Le blanchissement des coraux 238
6.2.2.2 Les maladies et les lésions coralliennes 241
6.2.2.2.1 Les maladies ou lésions les plus fréquemment rencontrées dans la zone d'étude 242
6.2.2.2.2 Les lésions rencontrées de manière épisodique dans la zone d'étude 247
6.2.2.3 Les principales espèces concurrentes 247
6.2.2.3.1 Les cyanobactéries 249
6.2.2.3.2 Les algues 250
6.2.2.3.3 Les éponges encroûtantes 252
6.2.2.3.4 Les astéries corallivores 254
6.2.2.3.5 Les mollusques corallivores 255
6.2.3 Evolution globale des stations par rapport à la mission précédente *256*
6.3 ICHTYOLOGIE 266
6.3.1 Test paramétrique par analyse des variances (ANOVAR) *266*
6.3.1.1 Variance temporelle : comparaison entre les missions 267
6.3.1.1.1 En baie de Prony 268
6.3.1.1.2 Dans le canal de la Havannah / Woodin 269
6.3.1.2 Variance spatiale : comparaison entre les stations 274
6.3.1.2.1 En baie de Prony 274
6.3.1.2.2 Dans le canal de la Havannah / Woodin 275
6.3.1.3 Les structures de peuplement – Présence / absence des espèces 276
6.3.2 Test non paramétrique *278*
6.3.3 Indice Annuel par Station (IAS) et Indice Global de mission (IGm) *280*
6.3.4 Résumé *281*
6.3.4.1 Synopsis des résultats par station 281
6.3.4.2 Synopsis des résultats par mission 281
6.3.4.3 Le peuplement de poissons 282
7 SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE 284
7.1 SYNTHESE DES EVENEMENTS CLIMATOLOGIQUES SUR LA PERIODE D'ETUDE 285
7.1.1 Les événements météorologiques marquants par année *285*
7.1.1.1 2011 286
7.1.1.2 2013 286
7.1.1.3 2015 286
7.1.1.4 2016 288
7.1.1.5 2017 290
7.1.1.1 2018 291
7.1.1.2 2019 292
7.1.1.3 2020 292
7.1.2 Le phénomène ENSO *293*
7.1.2.1 Généralités 293
7.1.2.2 El Niño 294
7.1.2.3 La Niña 295
7.2 CONTEXTE REGLEMENTAIRE 296
7.2.1 Liste rouge UICN *296*
7.2.2 Code de l'Environnement de la Province Sud *297*
7.2.2.1 Ecosystèmes patrimoniaux 297

7.2.2.2 Espèces endémiques, rares ou menacées 298
7.2.2.3 Espèces protégées 300
7.2.2.4 Espèces exotiques envahissantes 300
8 CONCLUSION 302
8.1 LE SUBSTRAT 302
8.2 LES COMMUNAUTES BENTHIQUES 303
8.2.1 Etat général 303
8.2.1.1 Les coraux 303
8.2.1.2 Les invertébrés 303
8.2.1.3 Les macrophytes 304
8.2.1.4 Les espèces exogènes 305
8.2.2 Les perturbations 305
8.2.3 Synthèse 308
8.3 LES POPULATIONS ICHTYOLOGIQUES 309
8.3.1 Résultats 309
8.3.2 Discussion 311
8.3.3 Conclusion 312
9 DISCUSSION 314
9.1 AMELIORATIONS PROPRES A CE SUIVI 314
9.2 AMELIORATIONS AU CAHIER DES CHARGES 315
9.3 SUGGESTIONS AU NIVEAU PROVINCIAL OU TERRITORIAL 318
9.4 SUGGESTIONS AU NIVEAU DES ACTIVITES ANTHROPIQUES 319
10 SOURCES 320
A N N E X E S 331
ANNEXE N°01 332
METHODOLOGIE GENERALE D'ECHANTILLONNAGE DES COMMUNAUTES RECIFALES 332
ANNEXE N°02 335
CARACTERISTIQUES TERRAIN DE LA CAMPAGNE D'ECHANTILLONNAGE DE MAI 2020 335
ANNEXE N°03 336
RESULTATS BRUTS DE L'ECHANTILLONNAGE LIT DE MAI 2020 336
ANNEXE N°04 337
RESULTATS BRUTS DE L'ECHANTILLONNAGE DU BENTHOS DE MAI 2020 337
ANNEXE N°05 345
NOMENCLATURE UICN 345

Liste des Cartes

Carte 01 : Localisation des stations sur carte topographique (source DITTT) 17
Carte 02 : Localisation des stations sur photographie aérienne (source Google Earth) 18
Carte 03 : Localisation de la station 01 (Casy) 36
Carte 04 : Localisation de la station 02 (Creek baie nord) 50
Carte 05 : Localisation de la station 03 (Port) 64
Carte 06 : Localisation de la station 04 (Woodin) 77
Carte 07 : Localisation de la station 05 (Ioro) 91
Carte 08 : Localisation de la station 06 (Ionontea) 105
Carte 09 : Localisation de la station 07 (Basse Chambeyron) 121
Carte 10 : Localisation de la station 08 (Pointe Puka) 137
Carte 11 : Localisation de la station 09 (Bancs Kié) 151
Carte 12 : Localisation de la station 10 (Ilot Kié) 166
Carte 13 : Localisation de la station 11 (Toémo) 179
Carte 14 : Localisation de la station 12 (Ilot Ugo) 195
Carte 15 : Résultats généraux : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station de la baie de Prony – canal Woodin 221
Carte 16 : Résultats généraux : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station pour le canal de la Havannah 222

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) 47
Figure 09 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01) 47
Figure 10 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02A 52
Figure 11 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02B 52
Figure 12 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST02) 53
Figure 13 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST02) 57
Figure 14 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02) 60
Figure 15 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02) 60
Figure 16 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03A 66
Figure 17 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03B 66
Figure 18 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C 66
Figure 19 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST03) 67
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) 86
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 93
Figure 31 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05B 93
Figure 32 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05C 93
Figure 33 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST05) 94
Figure 34 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST05) 100
Figure 35 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05) 102
Figure 36 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05) 102
Figure 37 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06A 107
Figure 38 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06B 107
Figure 39 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06C 107
Figure 40 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST06) 108
Figure 41 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST06) 115
Figure 42 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06) 118
Figure 43 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06) 118
Figure 44 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07A 123
Figure 45 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07B 123
Figure 46 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07C 123
Figure 47 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux

durs) (ST07) *124*
Figure 48 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST07) *131*
Figure 49 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07) *134*
Figure 50 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07) *134*
Figure 51 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08A *139*
Figure 52 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08B *139*
Figure 53 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST08) *140*
Figure 54 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST08) *145*
Figure 55 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08) *148*
Figure 56 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08) *148*
Figure 57 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09A *153*
Figure 58 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09B *153*
Figure 59 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09C *153*
Figure 60 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST09) *154*
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) *174*
Figure 69 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST10) *176*
Figure 70 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST10) *176*
Figure 71 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11A *181*
Figure 72 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11B *181*
Figure 73 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11C *181*
Figure 74 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST11) *182*
Figure 75 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST11) *189*
Figure 76 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11) *192*
Figure 77 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11) *192*
Figure 78 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12A *197*
Figure 79 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12B *197*
Figure 80 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST12) *198*
Figure 81 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST12) *204*
Figure 82 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12) *206*
Figure 83 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12) *206*
Figure 84 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat partie biotique/abiotique *207*
Figure 85 : Richesse taxonomique du benthos dans 2 groupes clés *211*
Figure 86 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal de la Havannah *212*
Figure 87 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal Woodin *213*
Figure 88 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour la baie de Prony *213*
Figure 89 : Assemblage des invertébrés (hors coraux durs) et des macrophytes par groupe pour les trois sites. *215*
Figure 90 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques selon les groupes par station* *215*
Figure 91 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques selon les groupes par transect* *216*
Figure 92 : Richesse spécifique de l'ichtyofaune par station *218*
Figure 93 : Densité (nb ind/m²) de l'ichtyofaune par station *218*

Figure 94 : Biomasse (g/m²) de l'ichtyofaune par station *218*
Figure 95 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010 ..... *229*
Figure 96 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des macrophytes depuis 2012 ..... *234*
Figure 97 : Abondance semi-quantitative (1 à 5) des principales espèces cibles depuis septembre 2013 ..... *248*
Figure 98 : Recouvrement du corail blanchi, par transect, depuis 2012 ..... *257*
Figure 99 : Richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs), par transect, depuis 2010 ..... *258*
Figure 100 : Richesse spécifique des macrophytes, par transect, depuis 2010 ..... *258*
Figure 101 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par campagne et station (baie de Prony) *268*
Figure 102 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par campagne et station (canal de la Havannah / Woodin) *269*
Figure 103 : Synopsis des valeurs moyennes de Densités ichtyologiques depuis 2007 ..... *270*
Figure 104 : Synopsis des valeurs moyennes de Biomasses ichtyologiques depuis 2007 ..... *271*
Figure 105 : Synopsis des valeurs moyennes de Biodiversités 1 ichtyologiques depuis 2007 ..... *272*
Figure 106 : Synopsis des valeurs moyennes de Biodiversités 3 ichtyologiques depuis 2007 ..... *273*
Figure 107 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par station et campagne (baie de Prony) *274*
Figure 108 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par station et campagne (canal de la Havannah / Woodin) *275*
Figure 109 : Représentation de la variabilité des peuplements ichtyologiques des stations *277*
Figure 110 : Positionnement de chaque station par rapport à la moyenne *281*
Figure 111 : Positionnement de chaque mission par rapport à la moyenne *282*
Figure 112 : Météorologie dans la zone d'étude durant le mois de mars 2015 ..... *288*
Figure 113 : Trajectoire du cyclone Winston entre le 22 et le 26 février 2016 ..... *289*
Figure 114 : Cartes des anomalies de température de surface de la mer dans le Pacifique, début 2016 ..... *290*
Figure 115 : Trajectoire des cyclones Cook et Donna (début 2017) *291*
Figure 116 : Variation de l'anomalie de la température moyenne de la surface de la mer 1980-2016 ..... *294*
Figure 117 : Anomalies de températures de surface de la mer (9 et le 15 novembre 2017) *295*
Figure 118 : Ecarts des valeurs obtenues en mai 2020 à chaque station, avec la moyenne depuis 2007 (Ichtyologie) *310*
Figure 119 : Ecarts par mission des résultats ichtyologiques en mai 2020 de l'ensemble des stations, avec la moyenne depuis 2007 (Ichtyologie) *311*
Figure 120 : Exemple de schéma descriptif d'une station *315*
Figure 121 : Classification de la liste rouge UICN *345*

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) *50*
Photographie 05 : Vue d'ensemble des transects (ST02, présente mission) *51*
Photographie 06 : Vue aérienne : emplacement par rapport aux structures portuaires (ST03) *63*
Photographie 07 : Position en surface par rapport aux structures portuaires (ST03) *64*
Photographie 08 : Vue d'ensemble des transects (ST03, présente mission) *65*
Photographie 09 : Position en surface par rapport à la côte (ST04) *77*
Photographie 10 : Vue d'ensemble des transects (ST04, présente mission) *78*
Photographie 11 : Position en surface par rapport au feu signal (ST05) *91*
Photographie 12 : Vue d'ensemble des transects (ST05, présente mission) *92*
Photographie 13 : Position en surface (ST06) *105*
Photographie 14 : Vue d'ensemble des transects (ST06, présente mission) *106*
Photographie 15 : Position en surface (ST07) *121*
Photographie 16 : Vue d'ensemble des transects (ST07, présente mission) *122*
Photographie 17 : Position en surface par rapport à la côte (ST08) *137*
Photographie 18 : Vue d'ensemble des transects (ST08, présente mission) *138*

Photographie 19 : Position en surface (ST09) *151*
Photographie 20 : Vue d'ensemble des transects (ST09, présente mission) *152*
Photographie 21 : Position en surface (ST10) *166*
Photographie 22 : Vue d'ensemble des transects (ST10, présente mission) *167*
Photographie 23 : Position en surface par rapport à la côte (ST11) *179*
Photographie 24 : Vue d'ensemble des transects (ST11, présente mission) *180*
Photographie 25 : Position en surface par rapport à la côte (ST12) *195*
Photographie 26 : Vue d'ensemble des transects (ST12, présente mission) *196*
Photographie 27 : Evolution du blanchissement corallien : colonie témoin du transect A de la ST04 (Woodin) . *246*
Photographie 28 : Station 08 : fin de transect A : 3 autres piquets formant un quadrat *314*

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 octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST01A)* *40*
Tableau 14 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST01B)* *41*
Tableau 15 : Données sur les poissons (ST01) *42*
Tableau 16 : Liste des espèces complémentaires (ST01) *43*
Tableau 17 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST01) *43*
Tableau 18 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST01) *45*
Tableau 19 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01) *45*
Tableau 20 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST02A)* *54*
Tableau 21 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST02B)* *55*
Tableau 22 : Données sur les poissons (ST02) *56*
Tableau 23 : Liste des espèces complémentaires (ST02) *56*
Tableau 24 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST02) *57*
Tableau 25 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST02) *58*
Tableau 26 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02) *59*
Tableau 27 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST03A)* *67*
Tableau 28 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST03B)* *68*
Tableau 29 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : 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 octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST04A)* *80*
Tableau 36 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST04B)* *81*
Tableau 37 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST04C)* *82*
Tableau 38 : Données sur les poissons (ST04) *83*
Tableau 39 : Liste des espèces complémentaires (ST04) *84*
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 octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST05A)* *94*
Tableau 44 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST05B)* *95*
Tableau 45 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST05C)* *96*
Tableau 46 : Données sur les poissons (ST05) *97*
Tableau 47 : Liste des espèces complémentaires (ST05) *98*
Tableau 48 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST05) *99*
Tableau 49 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST05) *100*
Tableau 50 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05) *101*
Tableau 51 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST06A)* *109*
Tableau 52 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST06B)* *110*
Tableau 53 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST06C)* *111*
Tableau 54 : Données sur les poissons (ST06) *112*
Tableau 55 : Liste des espèces complémentaires (ST06) *113*
Tableau 56 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST06) *114*
Tableau 57 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST06) *116*
Tableau 58 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06) *116*
Tableau 59 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST07A)* *125*
Tableau 60 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST07B)* *126*
Tableau 61 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST07C)* *127*
Tableau 62 : Données sur les poissons (ST07) *128*
Tableau 63 : Liste des espèces complémentaires (ST07) *129*
Tableau 64 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST07) *130*
Tableau 65 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07) *132*
Tableau 66 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST07) *132*
Tableau 67 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST08A)* *141*
Tableau 68 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST08B)* *142*
Tableau 69 : Données sur les poissons (ST08) *143*
Tableau 70 : Liste des espèces complémentaires (ST08) *144*
Tableau 71 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST08) *145*
Tableau 72 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST08) *146*
Tableau 73 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08) *146*
Tableau 74 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST09A)* *155*
Tableau 75 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST09B)* *156*
Tableau 76 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST09C)* *157*
Tableau 77 : Données sur les poissons (ST09) *158*
Tableau 78 : Liste des espèces complémentaires (ST09) *159*
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 : Données sur les poissons (ST10) *171*
Tableau 83 : Liste des espèces complémentaires (ST10) *172*
Tableau 84 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST10) *173*
Tableau 85 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST10) *175*
Tableau 86 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST10) *175*
Tableau 87 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST10A)* *183*
Tableau 88 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST10B)* *184*
Tableau 89 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST10C)* *185*
Tableau 90 : Données sur les poissons (ST11) *186*
Tableau 91 : Liste des espèces complémentaires (ST11) *187*
Tableau 92 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST11) *188*
Tableau 93 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST11) *190*
Tableau 94 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11) *190*
Tableau 95 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST12A)* *199*
Tableau 96 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST12B)* *200*

Tableau 97 : Données sur les poissons (ST12) 201
Tableau 98 : Liste des espèces complémentaires (ST12) 202
Tableau 99 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST12) 203
Tableau 100 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST12) 204
Tableau 101 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST12) 205
Tableau 102 : Récapitulatif des paramètres biologiques pour l'ichtyofaune 217
Tableau 103 : Valeur de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2010 227
Tableau 104 : Analyse de la Variance de la biodiversité α des invertébrés (hors coraux durs), depuis 2012 228
Tableau 105 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2020 228
Tableau 106 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2012 230
Tableau 107 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2012 230
Tableau 108 : Valeur de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2010 233
Tableau 109 : Analyse de la Variance de la biodiversité α des macrophytes depuis 2012 234
Tableau 110 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2012 234
Tableau 111 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2010 235
Tableau 112 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2012 236
Tableau 113 : Surface et causes des colonies coralliennes blanchies 241
Tableau 114 : Evolution du taux de recouvrement du substrat entre octobre 2019 et mai 2020 (différence en %) 259
Tableau 115 : Evolution de la richesse spécifique du benthos (hors coraux durs) entre octobre 2019 et mai 2020 (gain/perte en taxa) 259
Tableau 116 : Particularités de chaque station et évolution entre avril 2019 et octobre 2019 260
Tableau 117 : Analyse de la Variance temporelle des paramètres ichtyologiques (densité, biomasse, biodiversités) en baie de Prony 268
Tableau 118 : Analyse de la Variance temporelle des paramètres ichtyologiques (densité, biomasse, biodiversités) dans le canal de la Havannah / Woodin 269
Tableau 119 : Densités moyennes ichtyologiques (ind./m²) par campagne et station 270
Tableau 120 : Biomasses ichtyologiques (g/m²) moyennes par campagne et station 271
Tableau 121 : Biodiversités 1 ichtyologiques par campagne et station 272
Tableau 122 : Biodiversités 3 ichtyologiques par campagne et station 273
Tableau 123 : Analyse de la Variance spatiale des paramètres ichtyologiques (densité, biomasse, biodiversités) en baie de Prony 274
Tableau 124 : Analyse de la Variance spatiale des paramètres ichtyologiques (densité, biomasse, biodiversités) dans le canal de la Havannah / Woodin 275
Tableau 125 : Valeur des écarts (quadratiques moyens) des structures de peuplement par rapport à la structure moyenne (depuis 2007) 276
Tableau 126 : Fréquence moyenne de l'observation des espèces ichtyologiques 277
Tableau 127 : Test de Friedman (analyses spatiales et temporelles) des paramètres ichtyologiques suivis 279
Tableau 128 : Classement des stations (A) et des missions (B) (ichtyologie) 279
Tableau 129 : Cotation des stations : IAS, depuis 2012 b (ichtyologie) 280
Tableau 130 : Cotation des missions : IGm, depuis 2007 (ichtyologie) 281
Tableau 131 : Qualité du peuplement ichtyologique depuis 2007 283
Tableau 132 : Principaux phénomènes dépressionnaires touchant la zone d'étude depuis 2003 285
Tableau 133 : Invertébrés inscrits sur la liste UICN et échantillonnés lors de cette mission 296
Tableau 134 : Extrait de la liste des espèces endémiques, rares ou menacées en Province Sud, potentiellement présentes sur la zone d'étude 299
Tableau 134 : Etat de santé des stations / perturbations enregistrées (pour cette mission) 308
Tableau 135 : Note de chaque station selon la qualité du peuplement de poissons 310

Tableau 136 : Qualité du peuplement ichtyologique depuis 2007 ..... *311*
Tableau 137 : Catégories et composantes de substrat retenues pour l'échantillonnage et le traitement des données *332*
Tableau 138 : Liste des poissons indicateurs *333*
Tableau 139 : Rapport de plongée *335*
Tableau 140 : Corrections des marées pour les stations dans le canal de la Havannah *335*
Tableau 141 : Agenda des marées *335*
Tableau 142 : Recouvrement du substrat (en %) pour toutes les catégories *336*
Tableau 143 : Répartition du recouvrement (en %) du substrat, partie biotique/abiotique *336*
Tableau 144 : Inventaire des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations baie de Prony et du canal Woodin) *337*
Tableau 145 : Inventaire des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah) *339*
Tableau 146 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques par groupes et transect (*hors coraux durs)* *342*
Tableau 147 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques par groupes et station (*hors coraux durs)* *342*
Tableau 148 : Richesse spécifique du macrobenthos par site *342*
Tableau 149 : Liste des espèces cibles (CdC DENV) et leur abondance (1 à 5) (stations de la baie de Prony et du canal Woodin) *343*
Tableau 150 : Liste des espèces cibles (CdC DENV) et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah) *344*
Tableau 151 : Liste Définitions des catégories UICN *345*

Crédit photographique : Grégory Lasne 2020 pour Biocénose Marine, Valérie Vaillet 2020, pour AQUA TERRA.
NB : les photographies sous-marines (sauf mention contraire) datent toutes de cette mission
Photographies aériennes : Google Earth

1 Préambule

La société Goro Nickel S.A.S. a réalisé un « état de référence » des habitats coralliens en 2005 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.
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, la société Goro Nickel avait alors préconisé l'utilisation d'une variante de la méthode du Line Intercept Transect (LIT) de English & al (1997) [R41] 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) a émis un certain nombre de commentaires notamment sur la méthodologie employée. La DENV a demandé à la société Goro Nickel SAS 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 dernièrement Vale Nouvelle-Calédonie, a alors fait réaliser une nouvelle campagne en septembre 2007, en octobre 2008, en juin 2009, en mars-avril et septembre 2010, en mars et septembre 2011, en avril et octobre 2012, en avril et septembre 2013, en avril et octobre 2014, en mars et octobre - novembre 2015, en avril et novembre 2016, en avril et septembre 2017, en mai et novembre 2018 puis en avril et octobre 2019 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 au démarrage de l'usine Goro Nickel.

Ce rapport présente les résultats de la campagne du 1er semestre, réalisée en mai 2020 (S20) et répond aux exigences du cahier des charges initial, transmis lors de l'appel d'offre[1].

Le Mandataire est ici la SARL AQUA TERRA, représentée par Valérie VAILLET, aidé par deux partenaires majeurs : ACREM pour la partie Ichtyologique et BIOCENOSE MARINE pour la partie Benthique[2].

[1] Avec le rajout d'une nouvelle station : ST12, près de l'îlot Ugo depuis juin 2009 et la suppression d'une station : ST10, près de l'îlot Kié à partir de 2017 sur demande de Vale NC (possédant l'accord de la DENV) / commande trop tardive pour que l'autorisation de pénétrer dans la réserve soit accordée dans les temps

[2] 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 Vale Nouvelle-Calédonie.

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.

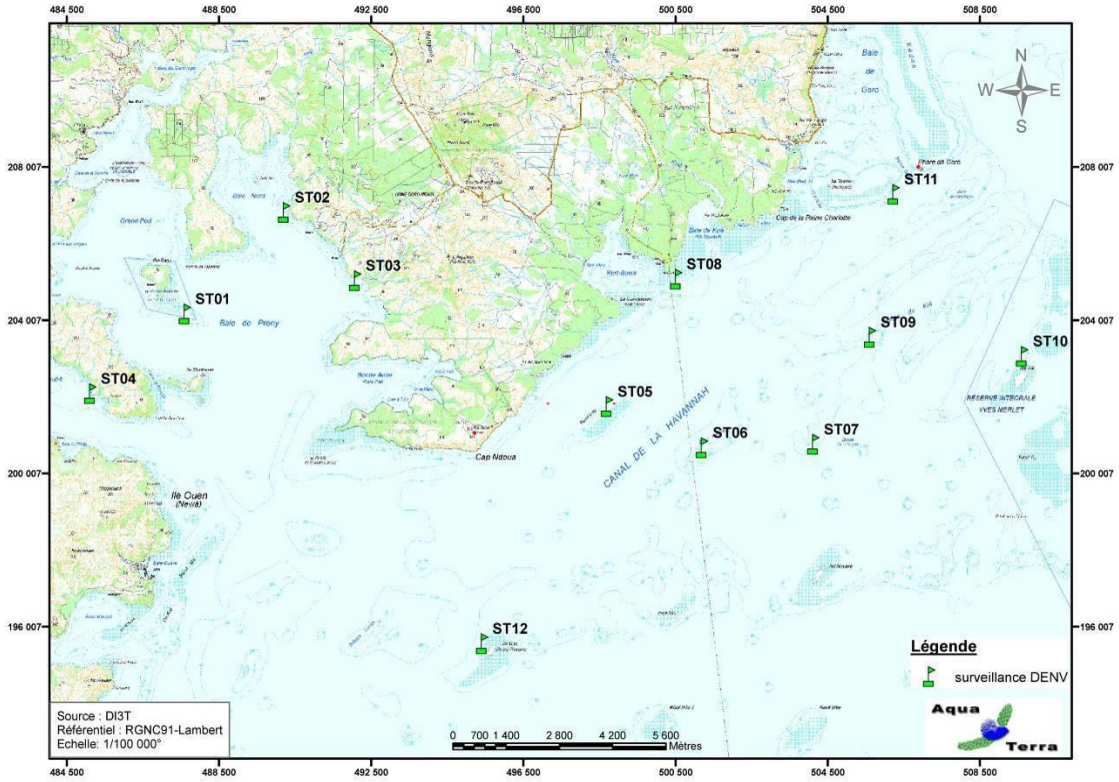
3 Méthodologie

Les méthodologies appliquées dans le cadre de cette étude ont rigoureusement respecté le cahier des charges élaboré sous contrôle de la DENV et fourni par Vale Nouvelle-Calédonie 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 (source DITTT)

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 cette mission. 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 [R32, R47].
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 (source Google Earth)

3.1.2.2 Les transects

En accord avec le cahier des charges de la méthodologie générale applicable pour le projet Goro Nickel 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.

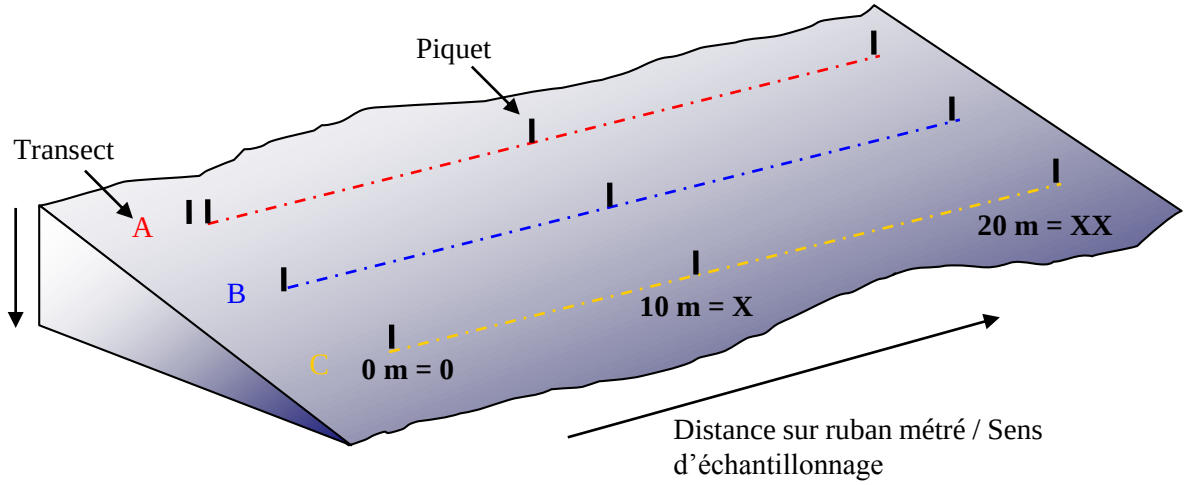


Figure 01 : Schéma théorique d'une station composée de 3 transects (A, B, C), de 20 m de long

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 pour le projet Goro Nickel. 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 60CSx), 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 pour le projet Goro Nickel, 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 140 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) [R41] 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.

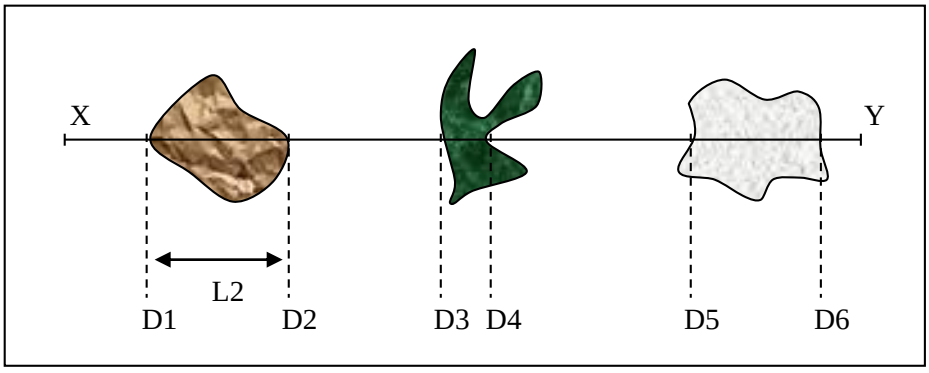


Figure 02 : Diagramme schématique d'un transect



Les classes retenues (au nombre de 28) sont adaptées de celles préconisées par English et al. [R41] pour le « Line Intersept Transect » (« life forms »), et présentées dans le tableau 138 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, Vale NC n'a pas élargie 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 [R73, R70, R71, R63, R65, R62] 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 [R41]. 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, Vale NC n'a pas élargie 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).

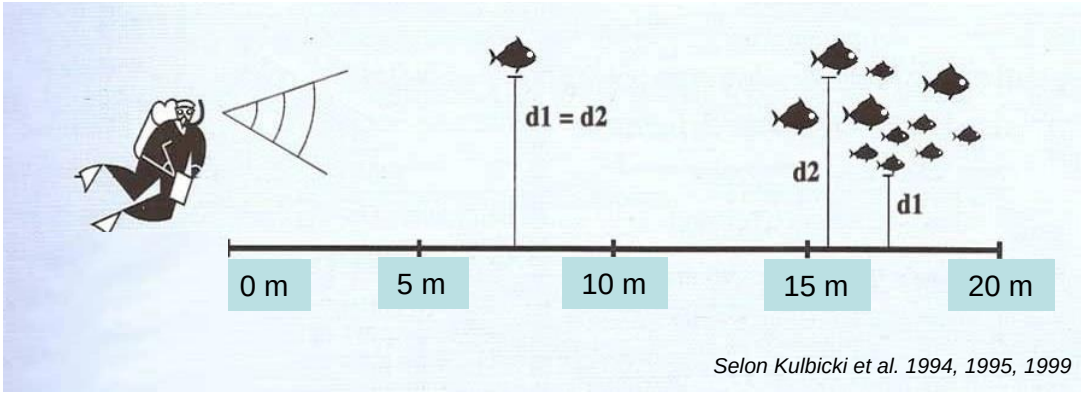


Figure 03 : Comptage visuel des poissons : méthode des transects à largeur variable

Les poissons qui doivent être comptabilisés sont listés dans le tableau 139 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 [R50]. Le cahier des charges de la DENV impose donc la méthode des Transects à Largeurs Variables (TLV [R57]) 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 mai 2020 (S20)[3].

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.

[3] La mission était prévue fin mars, mais du fait du confinement lié à l'épidémie de Covid 19 le planning a dû être modifié / retardé


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 138 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
∆Ai /+ x	L'espèce est abondante au degré « i » mais a **augmenté d'abondance** de **«+x»** degré(s) depuis la mission précédente
∆Ai /- 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**	
∆B +i	Le blanchissement de l'espèce a augmenté de « i » degré(s) depuis la mission précédente (le degré actuel apparait dans les espèces blanchies)
∆B -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, Vale NC n'a pas élargie 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. [R64] ou Fish Base [R76].
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**	**Epinephelinae**	**Epi** (Serranidae)	Ophidiidae	Oph
Anthiinidae	**Ant** (Serranidae)	Fistulariidae	Fist	Ostraciidae	Ost
Apogonidae	Apo	**Gobiidae ***	**Gob**	Pinguipedidae	Pin
Atherinidae	Ath	Grammistidae	Gra (Serranidae)	Platacidae	Pla
Aulostomidae	Aul	**Haemulidae**	**Hae**	Plesiopidae	Ple
Balistidae *	**Bal**	Holocentridae	Hol	**Pomacanthidae**	**Poc**
Blenniidae *	**Ble**	**Kyphosidae**	**Kyp**	**Pomacentridae ***	**Pom**
Caesionidae	**Cae**	**Labridae ***	**Lab**	Priacanthidae	Pri
Canthigasteridae *	**Can**	Latridae	Lat	**Pseudochromidae ***	**Pse**
Carangidae	**Car**	Leiognathidae	Lei	Ptereleotridae	Pte
Carcharhinidae	**Cac**	**Lethrinidae**	**Let**	**Scaridae**	**Sca**
Centriscidae	Cen	**Lutjanidae**	**Lut**	**Scombridae**	**Scom**
Chaetodontidae	**Cha**	Malacanthidae	Mal	**Scorpaenidae ***	**Sco**
Cirrhitidae	Cir	Microdesmidae	Mic	**Siganidae**	**Sig**
Dasyatidae	**Das**	Monacanthidae	Mon	Sphyraenidae	Sph
Diodontidae	Dio	**Mullidae**	**Mul**	Synodontidae	Syn
Dussumieriidae	Dus	Muraenidae	Mur	Tetraodontidae	Tet
Echeneidae	Ech	Myliobatidae	Myl	Uranoscopidae	Ura
Ephippidae	Eph	**Nemipteridae ***	**Nem**	**Zanclidae**	**Zan**

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) = $$\mathbf{D = (2L)^{-1} \sum_{i=1}^{p} n_i \, d_i^{-1}}$$

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

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 : $w_i = a l_i^b$

Où :

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

Ces variables sont des coefficients mis au point par Kulbicki & al. [R55] 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 139 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/m²) 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_β) est la diversité des valeurs de diversités α ;
La biodiversité γ (B_γ) 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 misision 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./m^2)	0,00 - 0,49	0,50 - 1,09	1,10 - 1,69	≥ 1,70
	Biomasse (g/m^2)	0 - 10	11 - 20	21 - 40	≥ 40
	Biodiv.(1)	0-7	8 - 15	16 - 24	≥ 25
Canal de la Havannah	Densité (ind./m^2)	< 1,00	1,00 - 1,99	2,00 - 3,00	> 3,00
	Biomasse (g/m^2)	< 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. Attention, la bouée de balisage de réserve (croix jaune) a été déplacée en raison d'un élargissement de la zone de réserve. La station biologique n'est plus localisable grâce à ce repère.
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*). La taille des colonies coralliennes scléractiniaires reste de taille 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 relativement faibles en B (pente sédimentaire sableuse, manque de substrats durs).

Par ailleurs, de nombreuses colonies coralliennes juvéniles s'édifient sur les massifs et même sur les piquets des transects.

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*)
- 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, en septembre 2017 en B
  - 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 en octobre 2019

Variations entre octobre 2019 et mai 2020

Indicateur Corail :

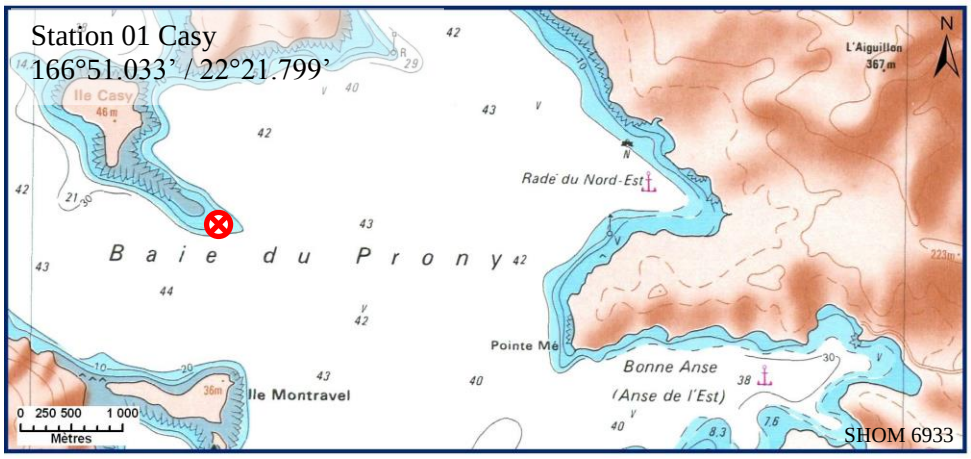
- Le recouvrement corallien est de 0% et 0.5% aux transects A et B. Baisse
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.15% ; Avril 2016 : 2.6% ; Novembre 2016 : 0.6% ; Avril 2017 : 1.9% ; Septembre 2017 : 2.5% (lié à Acanthaster planci) ; Mai 2018 : 0.6% (lié à Acanthaster planci) ; Novembre 2018 : 0.45% ; Avril 2019 : 0.25% ; Octobre 2019 : 0% ;* Mai 2020 : 0.2%
- Lésions coralliennes : de nombreuses colonies coralliennes sont mortes en place (partiellement ou entièrement) suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, à la maladie de la bande blanche et à la prolifération d'*Acanthaster* (depuis novembre 2016) :
    - Prédation des *Acanthaster* : 0.4 m² de coraux blanchis sans polype en A
    - Maladie de la bande blanche : RAS
    - Perturbations sédimentaires : RAS pour cette mission, absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : stable en A et B (respectivement 2/1). Elles colonisent des colonies coralliennes mortes en place (*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* : augmentation en A (niveau 2 à 3) et stable en B (niveau 2)
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absence et stable
- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona jullieni* : diminution en A (niveau 3 à 2) et stable en B (niveau 3)

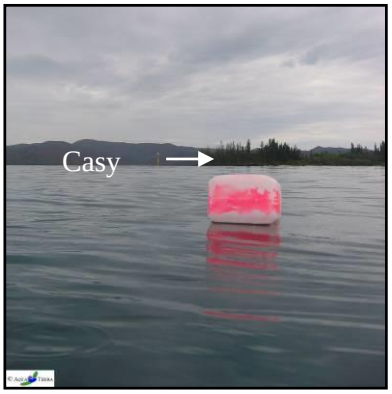
Les corallivores :

- *Acanthaster planci* : augmentation : 1 spécimen en A
- *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Drupella cornus* : absence, stable

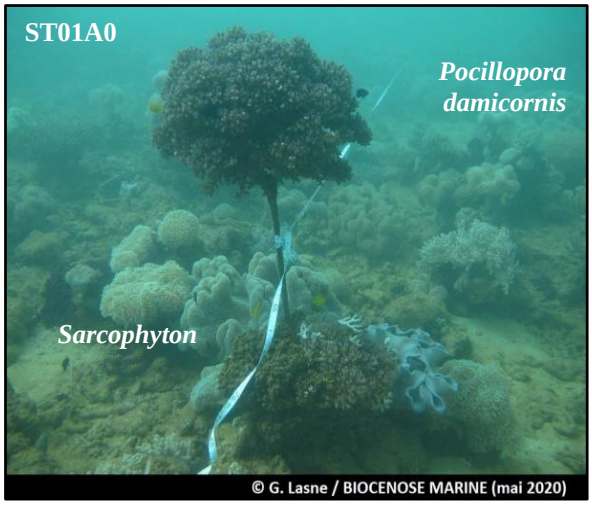


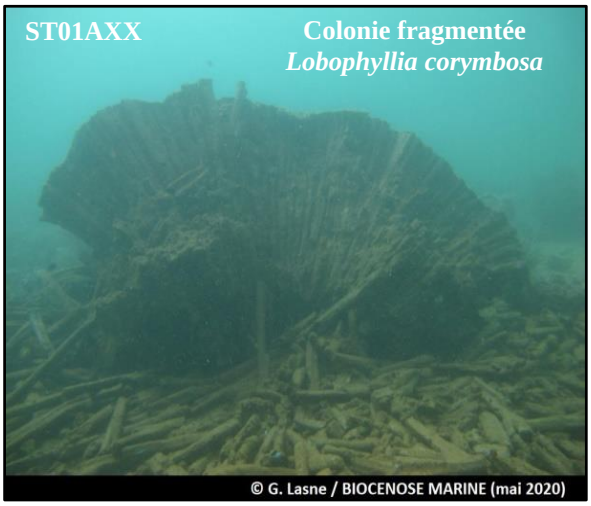


Carte 03 : Localisation de la station 01 (Casy)

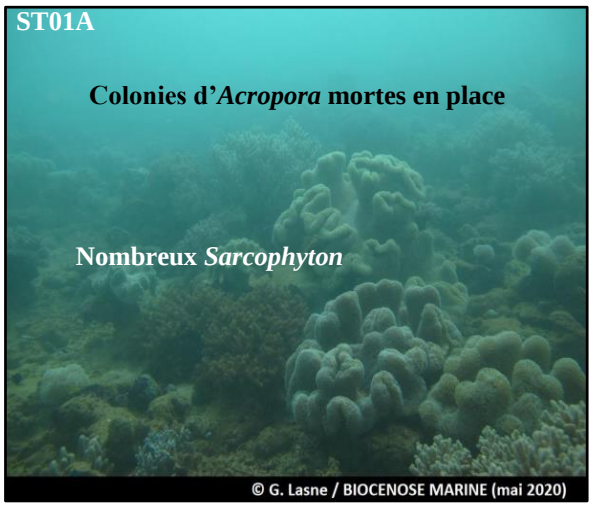


Photographie 02 : Position en surface par rapport à la pointe sud de l'îlot (ST01)





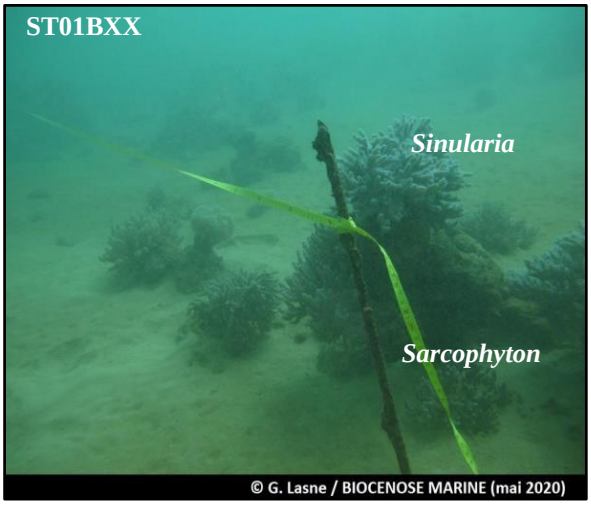
Pente sédimentaire avec colonies, massifs coralliens et très nombreux alcyonaires





Le recouvrement corallien a fortement diminué depuis la prolifération *d'Acanthaster planci* cf. *solaris*. De très nombreuses colonies coralliennes sont mortes en place avec recouvrement par du turf algal





Pente sédimentaire recouverte par alcyonaires et petits massifs coralliens métriques 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.

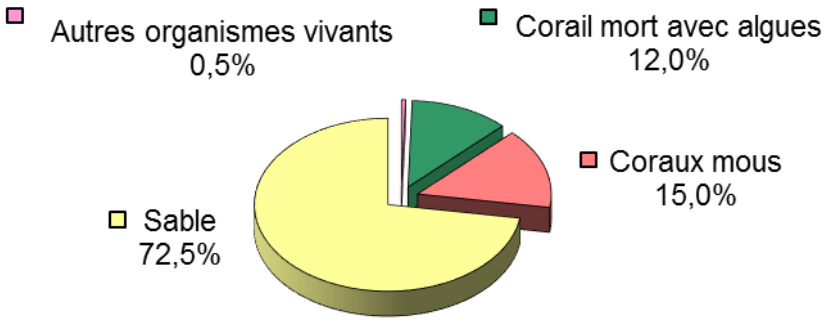


Figure 04 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01A

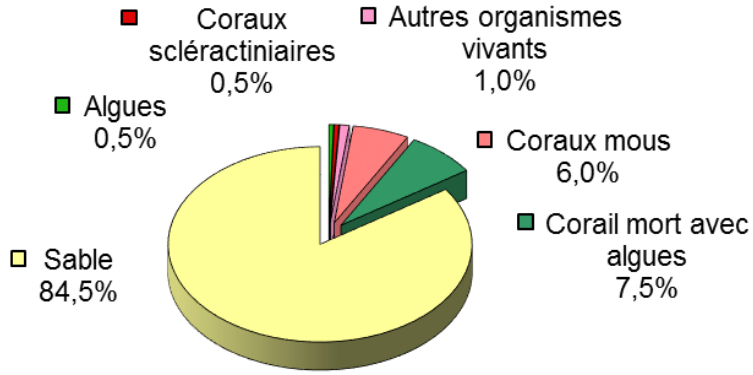


Figure 05 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01B

Le sable est prédominant avec respectivement 72.5% et de 84.5% 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 ne reste que 0.5% au transect B).
Le reste de la partie biotique est constitué essentiellement par des alcyonaires et la classe « coraux mort recouverts d'algues ».

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 pas revenues.

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.

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 mai 2020, la richesse spécifique de la station Casy (ST01) est composée de :

- **51 espèces d'invertébrés** dont 12 espèces de mollusques ; 11 espèces de cnidaires : alcyonaires (8 taxons), zoanthaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon) ; 14 espèces d'échinodermes : astéries (5 taxons), échinides (3 taxons), holothurides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- **4 espèces de macrophytes :** algues vertes (3 taxons), algues brunes (1 taxon)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

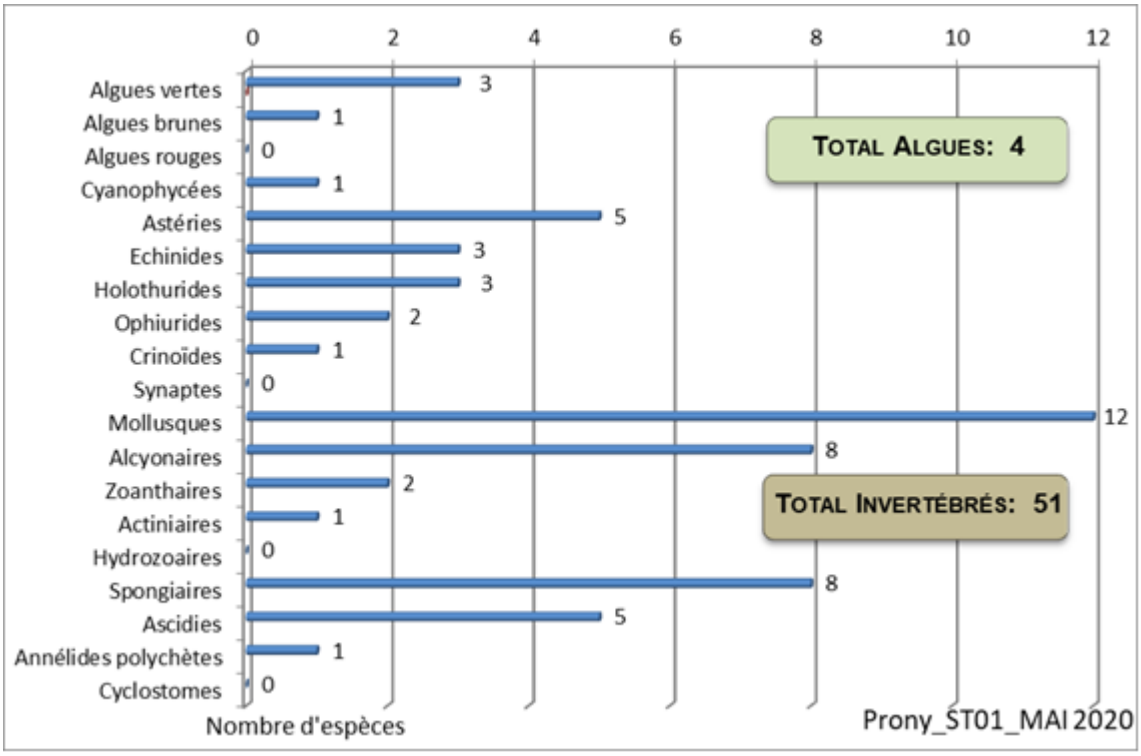


Figure 06 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST01)

4.1.2.1 Benthos Transect 01 A

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST01A est composée de :

- 48 espèces d'invertébrés dont 11 espèces de mollusques ; 9 espèces de cnidaires : alcyonaires (7 taxons), actiniaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 14 espèces d'échinodermes : astéries (5 taxons), échinides (3 taxons), holothurides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- 4 espèces de macrophytes : algues vertes (3 taxons), algues brunes (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 13 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST01A)*

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.	Une espèce d'algue recensée une espèce algues brunes : •*Lobophora* sp. (A3/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Xenia* sp. (A2) ; ➢ pour les actiniaires (1 espèce) : •*Discosoma* sp. (A2). Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •Zoanthidae ind.sp. (A0/-2).	3 espèces de cnidaires augmentent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (3 espèces) : •*Cladiella* sp. (A4/+ 1), •*Sinularia flexibilis* (A3/+ 1), •*Nephthea* sp. (A4/+ 1).
Échinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 espèces) : •*Acanthaster planci* (A1), •*Fromia indica* (A1) ; ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Diadema savignyi* (A1). 3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Echinometra mathaei* (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-2 espèce) : •*Actinopyga lecanora* (A0/-1), •*Thelenota anax* (A0/-1).	3 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Linckia multifora* (A2/+ 1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A2/+ 1) ; ➢ pour les ophiurides (1 espèce) : •Ophiure ind. (A3/+ 1).
Mollusques	
3 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Conus litteratus* (A1) ; ➢ pour les nudibranches (2 espèces) : •*Halgerda johnsonorum* (A1), •*Phyllidiella pustulosa* (A1). 3 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-2 sp) : •*Pinna* sp. (A0/-1), •*Pteria* sp. (A0/-2) ; ➢ pour les nudibranches (-1 sp) : •*Chromodoris leopardus* (A0/-1).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Arca ventricosa* (A3/+ 1).
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Cymbastela cantharella* (A2). Une espèce d'éponges disparue : •*Dysidea herbacea* (A0/-2).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •Spongiaires ind. (noire) (A3/+ 1). 2 espèces d'éponges diminuent d'abondance : •*Cliona jullieni* (A2/- 1), •*Dysidea frondosa* (A2/- 1).
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Clavelina detorta* (A2).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : •*Polycarpa cryptocarpa* (A3/+ 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.1.2.2 Benthos Transect 01 B

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST01B est composée de :

- 40 espèces d'invertébrés dont 8 espèces de mollusques ; 10 espèces de cnidaires : alcyonaires (8 taxons), zoanthaires (2 taxons) ; 8 espèces d'échinodermes : astéries (2 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- 3 espèces de macrophytes : algues vertes (2 taxons), algues brunes (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 14 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST01B)*

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 verte : •*Neomeris vanbosseae* (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
☑	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Xenia* sp. (A3/+ 1). Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires : •*Sarcophyton* sp. (A4/- 1).
Échinodermes	
2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Diadema setosum* (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-1 espèce) : •*Thelenota anax* (A0/-1).	3 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Nardoa gomophia* (A2/+ 1) ; ➢ pour les holothurides (2 espèces) : •*Holothuria edulis* (A2/+ 1), •*Holothuria fuscopunctata* (A2/+ 1).
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (2 espèces) : •*Arca ventricosa* (A2), •*Tridacna squamosa* (A1). Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les nudibranches (-1 espèce) : •*Risbecia tryoni* (A0/-1).	☑
Éponges	
☑	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •*Spheciospongia vagabunda* (A3/+ 1). Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •*Dysidea frondosa* (A2/- 1).
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : •*Phallusia julinea* (A0/-1).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : •*Polycarpa cryptocarpa* (A3/+ 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*	2	0,02	0,88				1,00	0,01	0,44
Aca	*Acanthurus mata*	5	0,05	1,73	3	0,03	1,04	4,00	0,04	1,38
Aca	*Zebrasoma veliferum*	1	0,01	0,55				0,50	0,01	0,27
Cha	*Chaetodon auriga*	1	0,01	0,10				0,50	0,01	0,05
Cha	*Chaetodon melannotus*	2	0,02	0,14				1,00	0,01	0,07
Cha	*Coradion altivelis*	1	0,01	0,15				0,50	0,01	0,07
Epi	*Cephalopholis boenak*				2	0,02	0,14	1,00	0,01	0,07
Epi	*Epinephelus maculatus*	2	0,02	1,35				1,00	0,01	0,68
Epi	*Plectropomus leopardus*	1	0,01	3,13				0,50	0,01	1,56
Gob	*Amblygobius phalaena*	2	0,02	0,14	2	0,02	0,20	2,00	0,02	0,17
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	0,01	0,20	1	0,01	0,15	1,00	0,01	0,17
Lab	*Labroides bicolor*	1	0,01	0,04				0,50	0,01	0,02
Lab	*Labroides dimidiatus*	3	0,03	0,10				1,50	0,02	0,05
Lab	*Thalassoma lunare*	2	0,02	0,09	1	0,01	0,10	1,50	0,02	0,09
Mul	*Parupeneus barberinoides*				1	0,01	0,27	0,50	0,01	0,13
Nem	*Scolopsis bilineatus*	3	0,03	0,44				1,50	0,02	0,22
Poc	*Centropyge bicolor*	2	0,02	0,09				1,00	0,01	0,04
Poc	*Centropyge tibicen*	1	0,01	0,04				0,50	0,01	0,02
Pom	*Abudefduf whitleyi*	5	0,05	0,34				2,50	0,03	0,17
Pom	*Chrysiptera rollandi*	4	0,04	0,02	3	0,03	0,02	3,50	0,04	0,02
Pom	*Dascyllus aruanus*	15	0,15	0,08	10	0,10	0,05	12,50	0,13	0,07
Pom	*Dascyllus reticulatus*	20	0,20	0,11	15	0,15	0,08	17,50	0,18	0,09
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	3	0,03	0,03	4	0,04	0,05	3,50	0,04	0,04
Sca	*Chlorurus sordidus*				3	0,03	2,03	1,50	0,02	1,01
Sca	*Scarus flavipectoralis*	2	0,02	1,97	2	0,02	2,33	2,00	0,02	2,15
Sca	*Scarus schlegeli*	1	0,01	1,60				0,50	0,01	0,80
Sig	*Siganus vulpinus*	4	0,04	0,80				2,00	0,02	0,40
Zan	*Zanclus cornutus*	1	0,01	0,20				0,50	0,01	0,10
Total		**85**	**0,85**	**14,29**	**47**	**0,47**	**6,45**	**66,00**	**0,66**	**10,37**
Biodiversité		**25**			**12**			**28**		
Indice de Shannon =		3,821								
Equitabilité =		0,795								

Sur l'ensemble des transects de la station, 132 individus appartenant à 28 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.66 poisson/m² pour une biomasse de 10.37 g/m².
73 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 16).

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

Tableau 16 : Liste des espèces complémentaires (ST01)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus blochii*	Gra	*Diploprion bifasciatum*	Nem	*Scolopsis bilineatus*
Aca	*Acanthurus mata*	Hol	*Neoniphon sammara*	Pin	*Parapercis hexophtalma*
Aca	*Acanthurus nigricans*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Poc	*Centropyge bicolor*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Bodianus axillaris*	Poc	*Centropyge tibicen*
Apo	*Apogon doederleini*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Apo	*Apogon fucata*	Lab	*Cheilinus trilobatus*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Apo	*Archamia leai*	Lab	*Choerodon fasciatus*	Pom	*Chromis atripes*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Halichoeres melanurus*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Cha	*Chaetodon lineolatus*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Pomacentrus adelus*
Cha	*Chaetodon melannotus*	Lab	*Labroides bicolor*	Pom	*Pomacentrus aurifrons*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Pomacentrus chrysurus*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Lab	*Labropsis australis*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Coradion altivelis*	Lab	*Oxycheilinus digrammus*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Lab	*Stethojulis bandanensis*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Heniochus monoceros*	Lab	*Thalassoma lunare*	Sca	*Scarus ghobban*
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	Lut	*Lutjanus fulvus*	Sca	*Scarus schlegeli*
Epi	*Cephalopholis boenak*	Lut	*Symphorus nematophorus*	Sig	*Siganus doliatus*
Epi	*Epinephelus maculatus*	Mic	*Ptereleotris evides*	Sig	*Siganus puellus*
Epi	*Epinephelus merra*	Mul	*Parupeneus barberinoides*	Sig	*Siganus vulpinus*
Epi	*Plectropomus leopardus*	Mul	*Upeneus tragula*	Syn	*Synodus variegatus*
Gob	*Amblygobius phalaena*	Nem	*Pentapodus aureofasciatus*	Zan	*Zanclus cornutus*
Gob	*Oplopomus oplopomus*				

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	1,25	7,50	3,13
Chaetodontidae	30	3	1,75	10,00	5,83
Epinephelinae	26	3	1,63	11,54	6,25
Labridae	97	4	2,42	4,12	2,49
Lethrinidae	16	0	0,00	0,00	0,00
Lutjanidae	22	0	0,00	0,00	0,00
Mullidae	14	1	0,25	7,14	1,79
Pomacanthidae	14	2	0,79	14,29	5,65
Pomacentridae	92	5	5,63	5,43	6,11
Scaridae	23	3	1,71	13,04	7,43

Siganidae	10	1	0,67	10,00	6,67
Autres	257	3	2,92	1,17	1,13
Khi2 obs		**10,1**		**10,6**	
Khi2 tab				**16,9**	

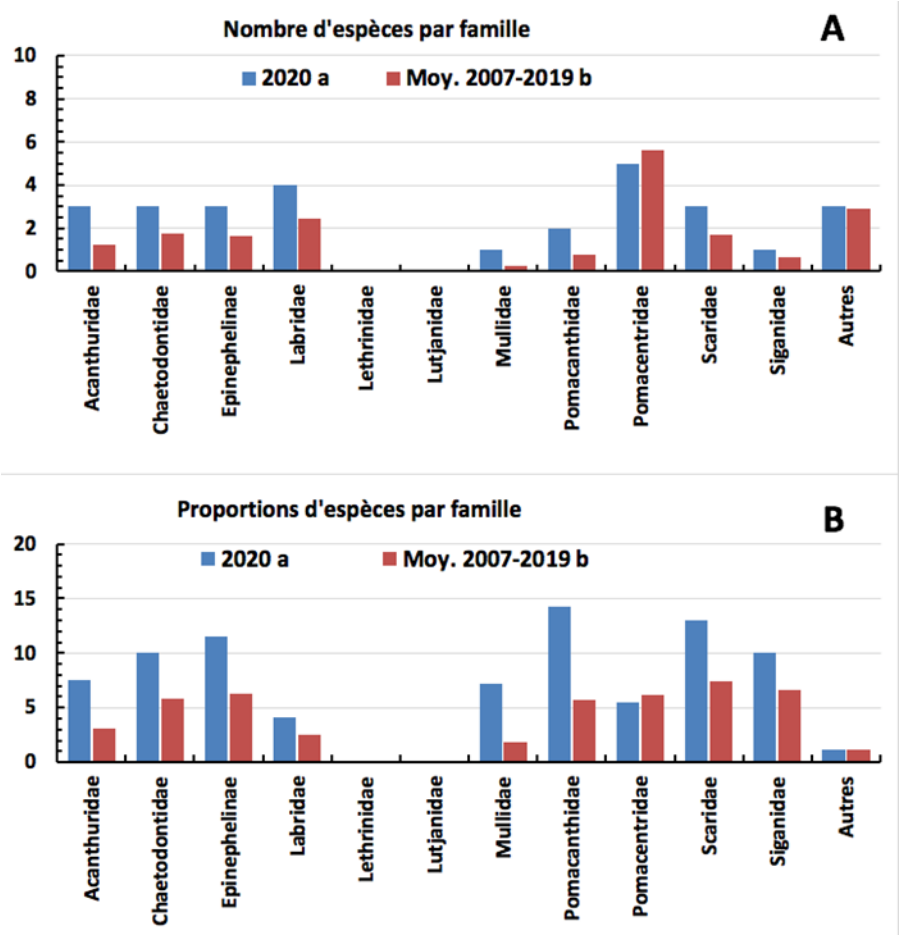


Figure 07 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST01)

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

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.

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/m^2	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2020 a	Transect A	85	0,85	14,29	25		
	Transect B	47	0,47	6,45	12		
	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	2 303,7	0,7	231,7	60,6	130,1	245,1
Ecart type	48,0	0,8	15,2	7,8	11,4	15,7
Moyenne	76,2	1,3	16,3	19,0	38,5	63,3
Coef. de Var.	0,6	0,6	0,9	0,4	0,3	0,2

Commentaires :

- La valeur de la biodiversité 1 est haute et la biodiversité 3 toujours entre 70 et 80 pour une surface inventoriée de 1000 m² environ.
- Beaucoup d'espèces sont présentes à l'état juvénile.
- La biomasse a diminué en restant à un niveau moyen.

- Le faible nombre de Chaetodontidae (3 espèces) sur les transects ne reflète pas leur présence sur la station qui en compte au total 9.
- Cette station longtemps pauvre, présente depuis mars 2014 des valeurs en augmentation notamment en ce qui concerne la biodiversité. Le développement des coraux sur le zone de surveillance n'est sans doute pas étranger à cela. L'augmentation sensible du paramètre « Nombre d'individus » provient en partie des Pomacentridae installés dans les madrépores qui ont poussé sur les piquets des transects.
- Les valeurs des paramètres du Nombre d'individus et Biomasse présentent des écarts à la moyenne de plus de 150 % et cet écart dépasse 200 % pour la densité. A l'inverse, les paramètres de biodiversité sont stables notamment la biodiversité 3.
- Toutefois, cette la stabilité des Biodiv. 1, 2, 3 masque une structure spécifique changeante.

La structure spécifique considérée en nombre d'espèces, observée lors de cette mission ne diffère pas de la structure moyenne (cf. § 3.4.3) obtenue sur la période de suivi (cf. tableau 17). C'est également le cas, lorsqu'elle est exprimée par rapport aux nombres d'espèces possibles présentes dans l'ensemble du canal de la Havannah.

Les précédents rapports montrent qu'au cours du temps, mission après mission, un grand nombre d'espèces disparaissaient des listes au profit d'autres, puis elles réapparaissent - ou pas - plusieurs missions plus tard. L'analyse des structures de peuplement en utilisant les valeurs transformées : « nombre d'espèces vues » par rapport au « nombre possible des tableaux n° X-3 » (cf. § 3.4.3), montre qu'aucun peuplement n'a de structures pérennes qui se retrouvent à l'identique au long des séries historiques de mission en mission. Et c'est aussi le cas ici, bien que cette station soit en zone protégée.

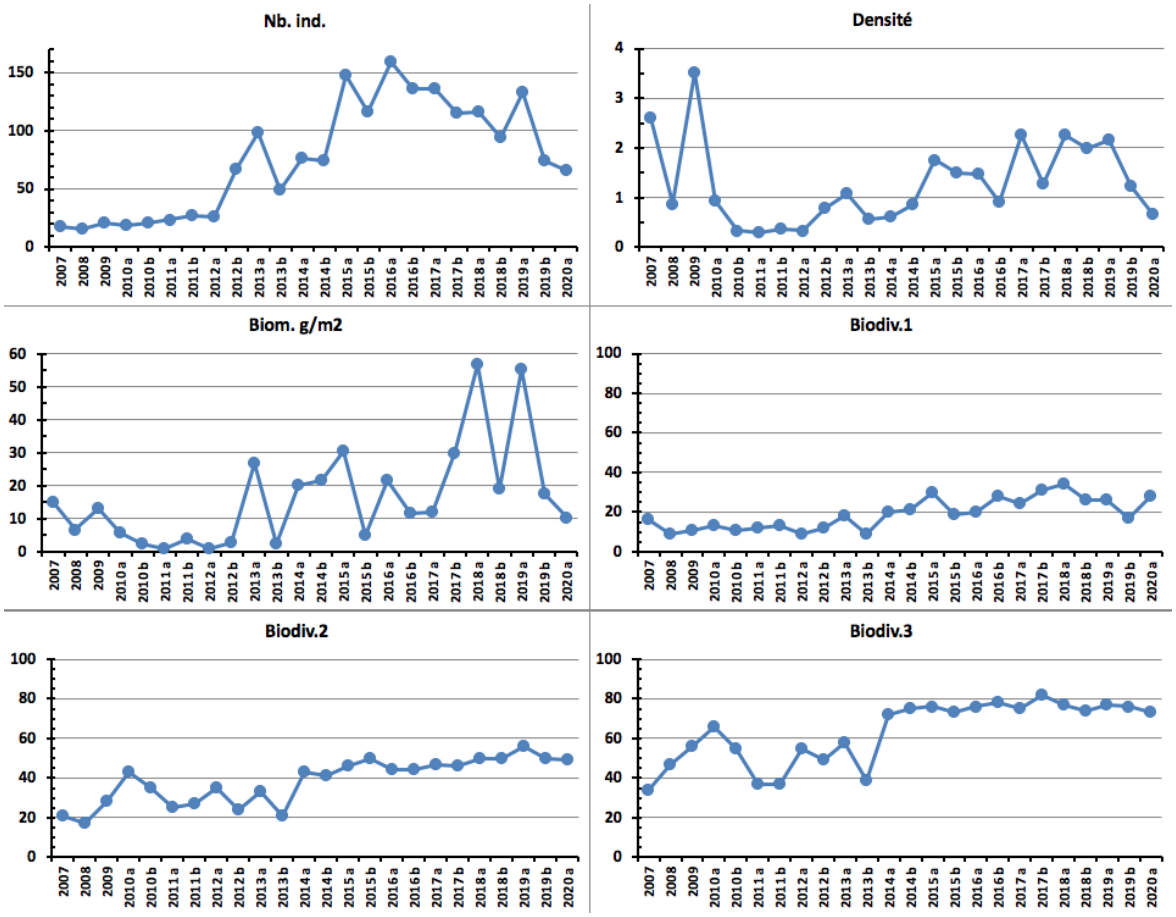


Figure 08 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01)

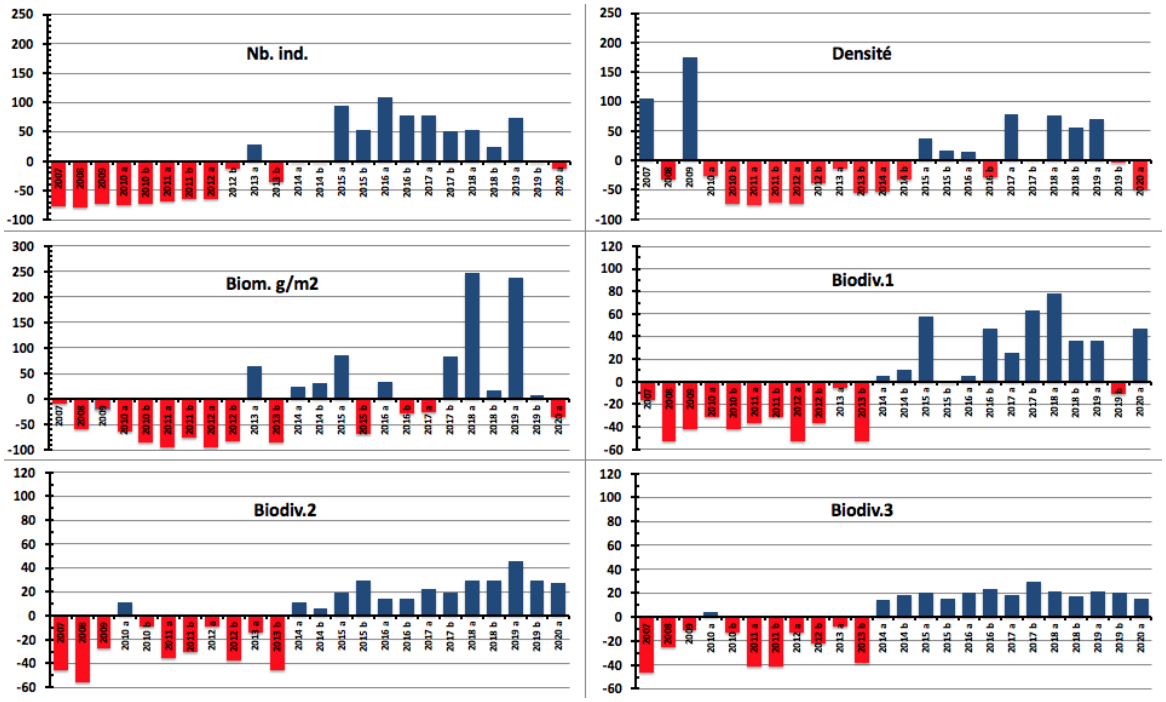


Figure 09 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01)

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).
- 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 2019 en A et B (respectivement 5 et 2 spécimens)
- Prolifération en octobre 2019 en A et B (respectivement 3 et 5 spécimens)
- **Présence de 1 spécimen en A et en B en mai 2020**

Variations entre octobre 2019 et mai 2020

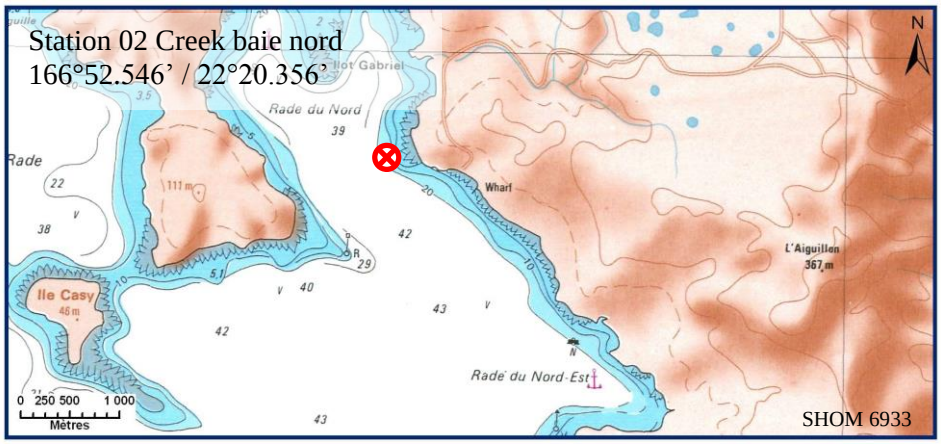
Indicateur Corail :

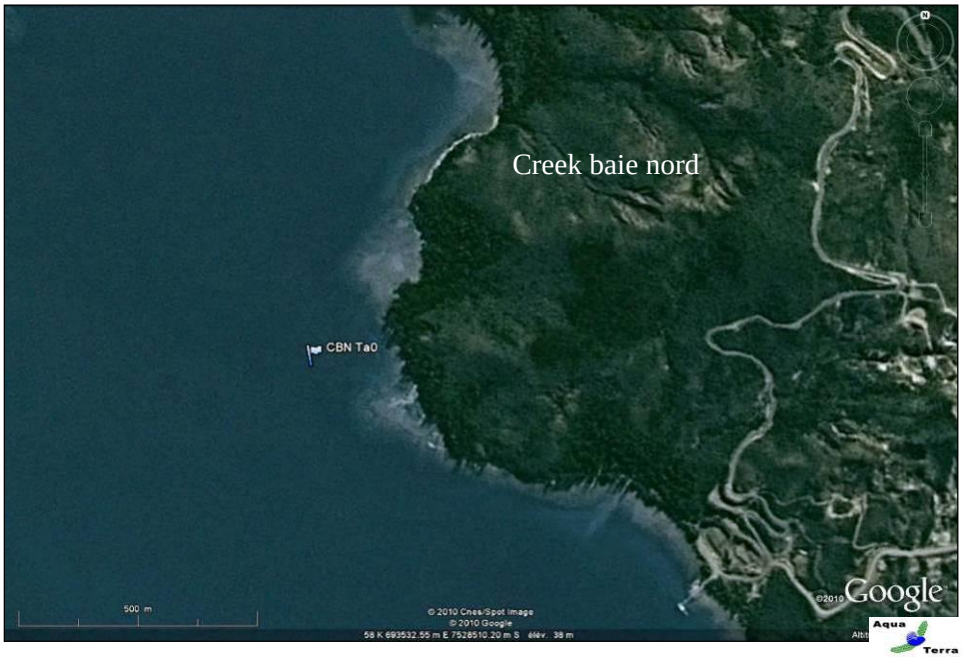
- Le recouvrement corallien est de 35% au transect A et 8.5% en B. Stable
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.23% ; Avril 2016 : 3.35% ; Novembre 2016 : 0.15% ; Avril 2017 : 0.35% ; Septembre 2017 : 0 % ; Mai 2018 : 0.4% ; Novembre 2018 : 0.05% ; Avril 2019 : 2.95% ; Octobre 2019 : 4% ;* Mai 2020 : 0.9%
- Lésions coralliennes : de nombreuses colonies coralliennes sont mortes en place (partiellement ou entièrement) suite à la prolifération d'*Acanthaster* (avril 2019 à octobre 2019), aux maladies coralliennes et aux perturbations sédimentaires :
  - Prédation des *Acanthaster* : 0.3 et 1.5 m² de coraux blanchis sans polype en A et B
  - Maladies : absence de la maladie de la bande blanche, quelques taches noires (hypermycose endolithique) induites ponctuellement par la sédimentation (sans mortalité)
  - Perturbations sédimentaires : quelques colonies coralliennes sont recouvertes partiellement par la sédimentation

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : absence : diminution en A & B (niveau 2/1 à 0/0)
- Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens
- Algue brune *Lobophora* : présence importante mais stable en A et B (respectivement niveau 5 et 2) → caractère envahissant potentiel, particulièrement en A
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente et stable
- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona jullieni :* stable en A (niveau 2) et augmentation en B (niveau 2 à 3)

Les corallivores :
- *Acanthaster planci* : 1 spécimen en A et B
- *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Drupella cornus* : absence, stable





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

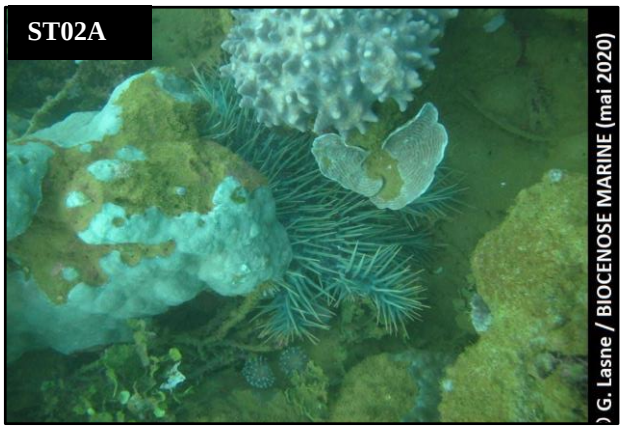


Photographie 04 : Position en surface par rapport à la côte (ST02)



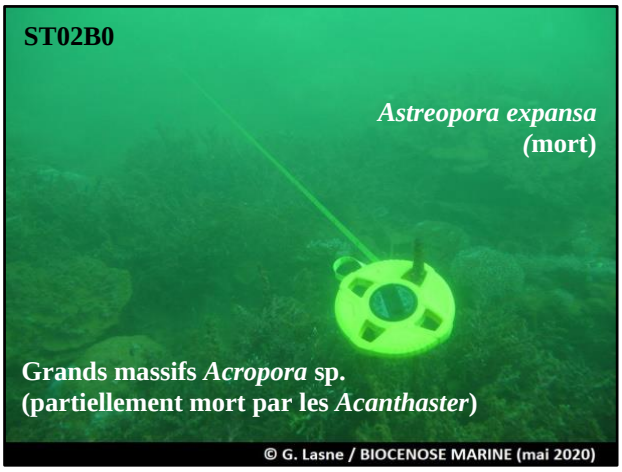


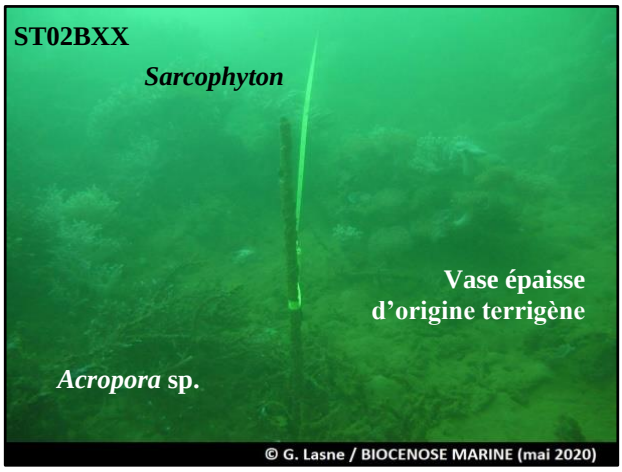




***Acanthaster planci* cf. *solaris* (1 spécimen)**

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





ST02B *:* Pente sédimentaire vaseuse avec nombreux massifs coralliens de taille métrique. La mortalité corallienne est conséquente par la présence des *Acanthaster.*

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.

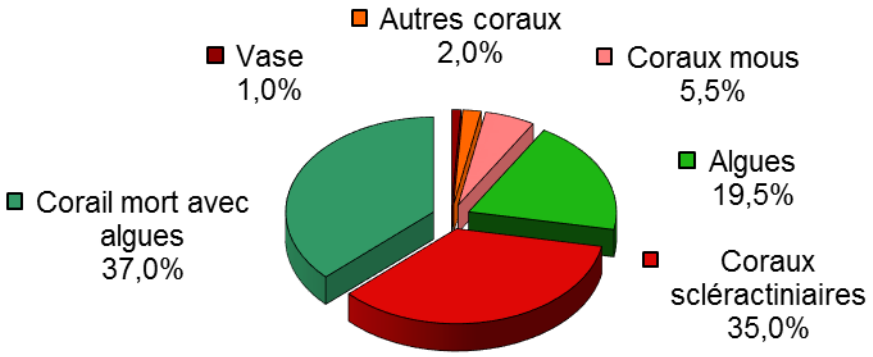


Figure 10 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02A

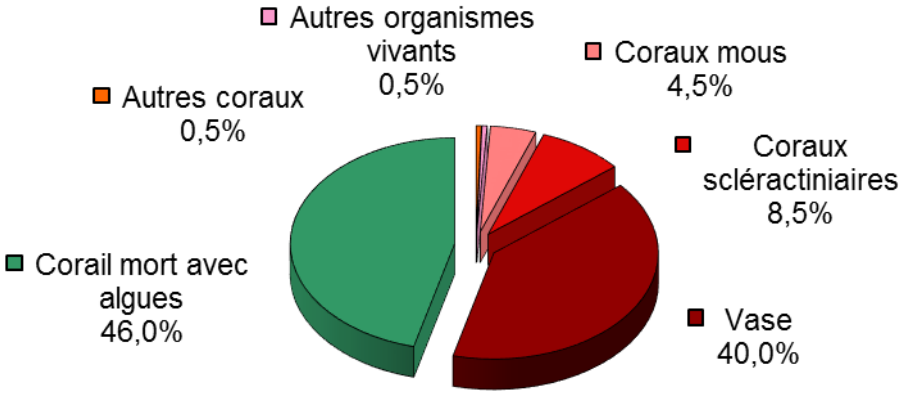


Figure 11 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02B

Le transect A est caractérisé par un substrat quasiment totalement biotique (99%). Le recouvrement des coraux scléractiniaires est redevenu stable (345). Par ailleurs, les cyanobactéries sont toujours absentes et il n'y a pas de blanchissement.
Le substrat au transect B est aussi majoritairement biotique (60%), avec ici aussi une stabilisation du recouvrement des coraux scléractiniaires (8.5%), sur un fond de vase.

Historiquement, le recouvrement est 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* (apparition en avril 2019).
Les taux sont stables pour cette mission.

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 mai 2020, la richesse spécifique de la station Creek baie nord (ST02) est composée de :

- **38 espèces d'invertébrés** dont 10 espèces de mollusques ; 9 espèces de cnidaires : alcyonaires (6 taxons), zoanthaires (3 taxons) ; 9 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), échinides (1 taxon), synaptes (1 taxon) ; 3 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- **6 espèces de macrophytes** : algues vertes (3 taxons), algues brunes (2 taxons), algues rouges (1 taxon)
- **Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.**

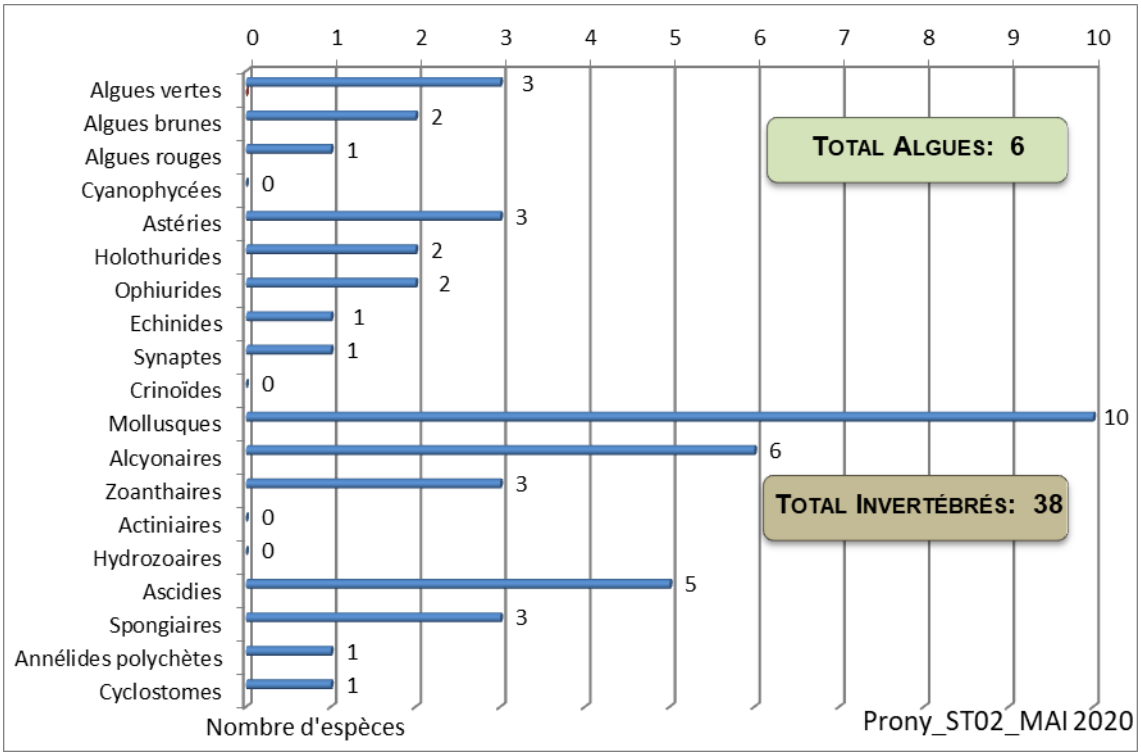


Figure 12 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST02)

4.2.2.1 Benthos Transect 02 A

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST02A est composée de :

- 33 espèces d'invertébrés dont 8 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (6 taxons), zoanthaires (1 taxon) ; 8 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), échinides (1 taxon) ; 3 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- 6 espèces de macrophytes : algues vertes (3 taxons), algues brunes (2 taxons), algues rouges (1 taxon)
- Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau 20 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST02A)*

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. (3spp., A4/- 1).
Cyanobactéries	
Une sp de cyanobactéries disparue : •*Phormidium* sp. (A0/-2).	☑
Cnidaires	
☑	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sinularia* sp. (A2/- 1).
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A2). 3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1), •*Nardoa gomophia* (A0/-2) ; ➢ pour les crinoïdes (-1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A0/-2).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les ophiurides (1 espèce) : •*Ophiomastix caryophyllata* (A4/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Acanthaster planci* (A1/- 1).
Mollusques	
☑	☑
Éponges	
Une espèce d'éponges disparue : •*Cymbastela cantharella* (A0/-1).	☑
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Clavelina detorta* (A2).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A3/+ 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.2.2.2 Benthos Transect 02 B

En mai 2020octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST02B est composée de :

- 30 espèces d'invertébrés dont 7 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), zoanthaires (3 taxons) ; 6 espèces d'échinodermes : holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), astéries (1 taxon), synaptes (1 taxon) ; 3 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- 5 espèces de macrophytes : algues brunes (2 taxons), algues vertes (2 taxons), algues rouges (1 taxon)
- Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau 21 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : 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. 2 espèces d'algues diminuent, dont 2 espèces d'algues vertes : •*Halimeda* sp. (2spp., A2/- 1).
Cyanobactéries	
Une espèce de cyanobactéries disparue : •*Phormidium* sp. (A0/-1).	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les zoanthaires (1 espèce) : •*Zoanthus* sp. (A2). Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Chironephthya* sp. (A0/-1).	☑
Échinodermes	
3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : •*Echinaster varicolor* (A0/-1), •*Nardoa gomophia* (A0/-2) ; ➢ pour les crinoïdes (-1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A0/-2).	3 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A2/+ 1) ; ➢ pour les ophiurides (1 espèce) : •Ophiure ind. (A3/+ 1) ; ➢ pour les synaptes (1 espèce) : •*Euapta godeffroyi* (A2/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Acanthaster planci* (A1/- 1).
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Tridacna squamosa* (A1) ; ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : •*Cheilidonura inornata* (A1). Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les nudibranches (-1 espèce) : •*Cheilidonura electra* (A0/-1).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Septifer bilocularis* (A2/- 1).
Éponges	
Une espèce d'éponges disparue : •*Cymbastela cantharella* (A0/-1).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •*Cliona jullieni* (A3/+ 1).
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : •*Didemnum* sp. (blanche) (A2), •*Clavelina detorta* (A2).	☑
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**
Aca	*Acanthurus blochii*				1	0,01	0,56	0,50	0,00	0,28
Cae	*Caesio cuning*				10	0,07	1,04	5,00	0,04	0,52
Cha	*Chaetodon bennetti*				2	0,02	0,17	1,00	0,01	0,09
Cha	*Chaetodon flavirostris*				3	0,01	0,55	1,50	0,01	0,27
Cha	*Chaetodon lunulatus*				3	0,03	0,26	1,50	0,01	0,13
Cha	*Chaetodon melannotus*				2	0,01	0,02	1,00	0,00	0,01
Cha	*Chaetodon ulietensis*	1	0,01	0,03	1	0,01	0,09	1,00	0,01	0,06
Epi	*Cephalopholis boenak*				1	0,05	0,34	0,50	0,03	0,17
Nem	*Scolopsis bilineatus*				3	0,08	1,50	1,50	0,04	0,75
Pom	*Abudefduf whitleyi*	4	0,04	0,10	5	0,04	0,37	4,50	0,04	0,23
Pom	*Chrysiptera rollandi*	3	0,03	0,02	1	0,01	0,01	2,00	0,02	0,01
Pom	*Pomacentrus aurifrons*	25	0,25	0,14	1	0,02	0,01	13,00	0,13	0,07
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	3	0,03	0,04	1	0,01	0,01	2,00	0,02	0,02
Sca	*Scarus flavipectoralis*	3	0,03	3,50				1,50	0,02	1,75
Total		**39**	**0,39**	**3,81**	**34**	**0,35**	**4,92**	**36,50**	**0,37**	**4,37**
Biodiversité		**6**			**13**			**14**		
Indice de Shannon =		3,108								
Equitabilité =		0,816								

Sur l'ensemble des transects de la station, 73 individus appartenant à 14 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.37 poisson/m² pour une biomasse de 4.37 g/m².
47 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	*Acanthurus blochii*	Gra	*Diploprion bifasciatum*	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	Nem	*Scolopsis bilineatus*
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	Hol	*Myripristis kuntee*	Ple	*Assessor macneilli*
Apo	*Cheilodipterus quinquelineatus*	Hol	*Myripristis murdjan*	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*
Cae	*Caesio cuning*	Hol	*Neoniphon sammara*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Cha	*Chaetodon auriga*	Hol	*Sargocentron spiniferum*	Pom	*Amblyglyphidodon melanopterus*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lab	*Cheilinus fasciatus*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Cha	*Chaetodon ephippium*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Neopomacentrus azysron*
Cha	*Chaetodon lineolatus*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Pomacentrus aurifrons*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*

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

Cha	*Chaetodon melannotus*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Sig	*Siganus doliatus*
Epi	*Cephalopholis boenak*	Lab	*Labropsis australis*	Sig	*Siganus puellus*
Epi	*Epinephelus maculatus*	Lab	*Thalassoma lunare*	Sig	*Siganus vulpinus*
Epi	*Epinephelus ongus*	Lut	*Lutjanus ehrenbergii*		

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.

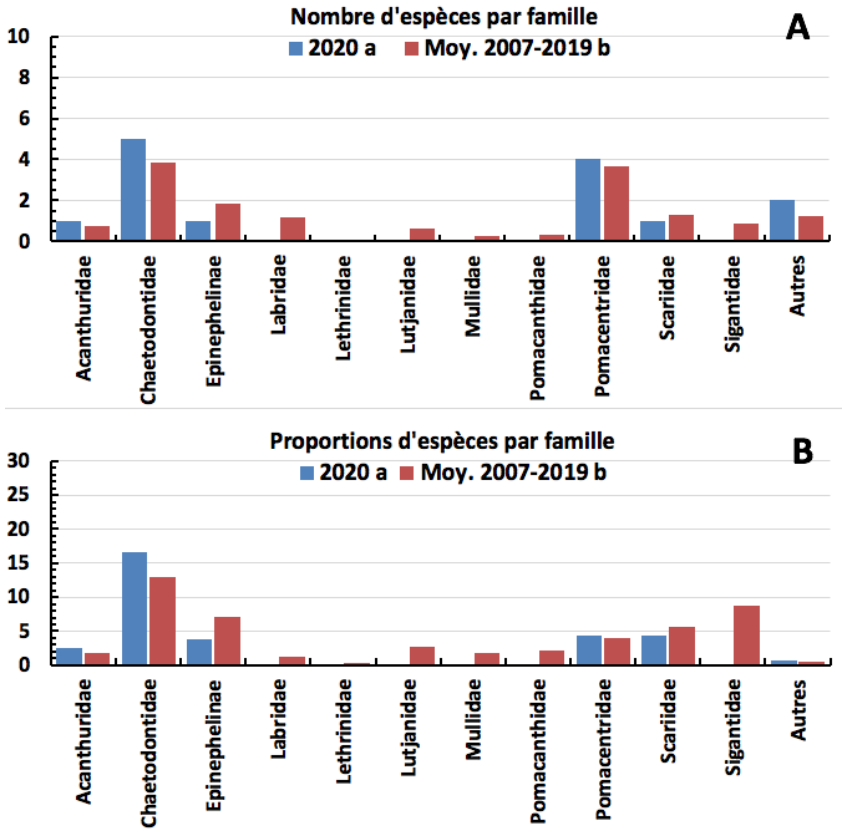


Figure 13 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST02)

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	1	0,74	2,50	1,85
Chaetodontidae	30	5	3,87	16,67	12,90
Epinephelinae	26	1	1,83	3,85	7,02
Labridae	97	0	1,17	0,00	1,21
Lethrinidae	16	0	0,04	0,00	0,27
Lutjanidae	22	0	0,61	0,00	2,77
Mullidae	14	0	0,26	0,00	1,86
Pomacanthidae	14	0	0,30	0,00	2,17
Pomacentridae	92	4	3,65	4,35	3,97

Scaridae	23	1	1,30	4,35	5,67
Siganidae	10	0	0,87	0,00	8,70
Autres	257	2	1,26	0,78	0,49
Khi2 obs		**5,0**		**22,2**	
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 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
2020 a	Transect A	39	0,39	3,81	08		
	Transect B	34	0,35	4,92	13		
	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	3 759,3	1,4	611,4	50,9	100,2	183,3
Ecart type	61,3	1,2	24,7	7,1	10,0	13,6
Moyenne	85,6	1,4	23,6	15,9	36,1	54,4
Coef. de Var.	0,7	0,9	1,0	0,4	0,3	0,3

Commentaires :

- De nombreuses espèces (Chaetodontidae, Siganidae, Acanthuridae, Epinephelinae…) sont à l'état de juvéniles.
- Les nombres d'individus, la densité et la biomasse sur les transects présentent des valeurs minimales.
- La diversité sur les transects (biodiversité 1, 2 et 3) est à des valeurs faibles sans doute dû à l'absence de visibilité.
- 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.
- Les observations, mission après mission, montrent des structures spécifiques changeantes. Mission après mission, de nombreuses espèces disparaissent des stations au profit d'autres, puis réapparaissent ou pas, une ou plusieurs missions plus tard.

Comme à la station précédente (ST01) de Casy, la structure spécifique considérée en nombre d'espèces (cf. § 3.4.3), observée lors de cette mission ne diffère pas de la structure moyenne obtenue sur la période. Mais en revanche, exprimée par rapport aux nombres d'espèces possibles (présentes dans la zone d'étude), les résultats divergent, et cette fois-ci, essentiellement du fait de l'absence totale non seulement des Siganidae comme lors de la dernière mission, mais également des Labridae, Lethrinidae, Lutjanidae et Pomacanthidae. Rappelons qu'en 2019 a c'était au contraire leur abondance accrue qui singularisait la station. Il faut donc noter donc encore une fois, que ce sont deux phénomènes *inverses* (absence *vs* abondance) qui laissent la même trace "mathématique".

Ces résultats, soulignent une fois de plus la grande instabilité qualitative (i.e. spécifique) des peuplements lorsqu'ils sont décrits à partir de surfaces trop réduites. En effet, les listes de biodiversité 3 montrent que le nombre d'espèces de Labridae, de Siganidae, de Pomacanthidae ou même d'Epinephelinae n'a en fait pas beaucoup changé.

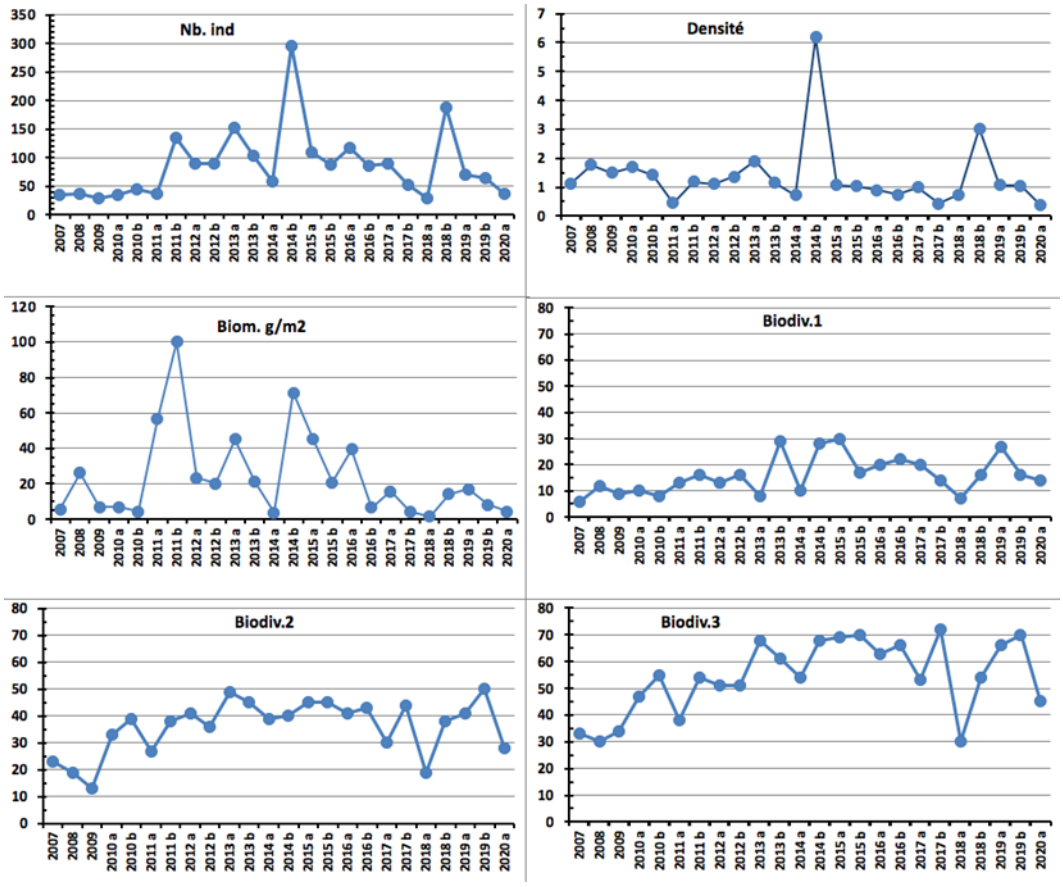


Figure 14 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02)

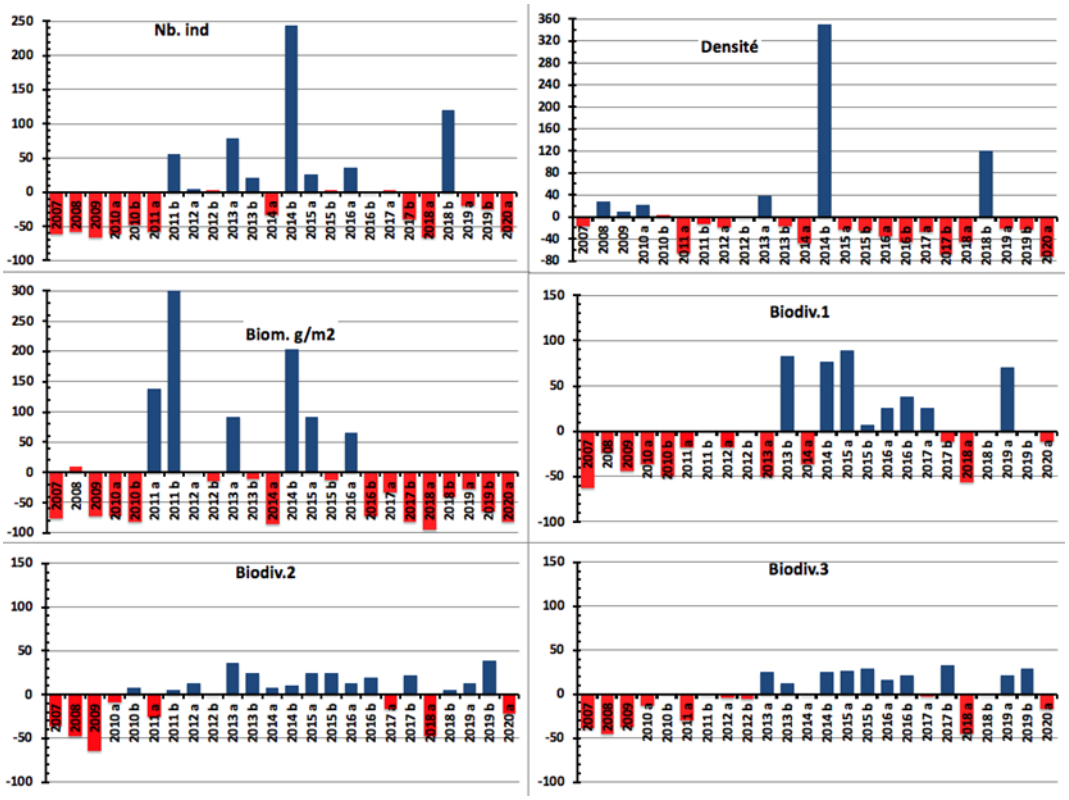


Figure 15 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02)

4.3 Station 03 = Port

Localisation géographique	Au sud-est des quais du projet Goro Nickel (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 en mai 2020**

Variations entre octobre 2019 et mai 2020

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 4% au transect A, 14% en B et 3.5% en C. Stable
- 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%
- Lésions coralliennes : le développement très important des algues brunes *(Lobophora)* entraîne des lésions partielles et irréversibles sur de nombreuses colonies coralliennes (surtout en B & C)
  - Maladie corallienne : 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

Autres indicateurs :

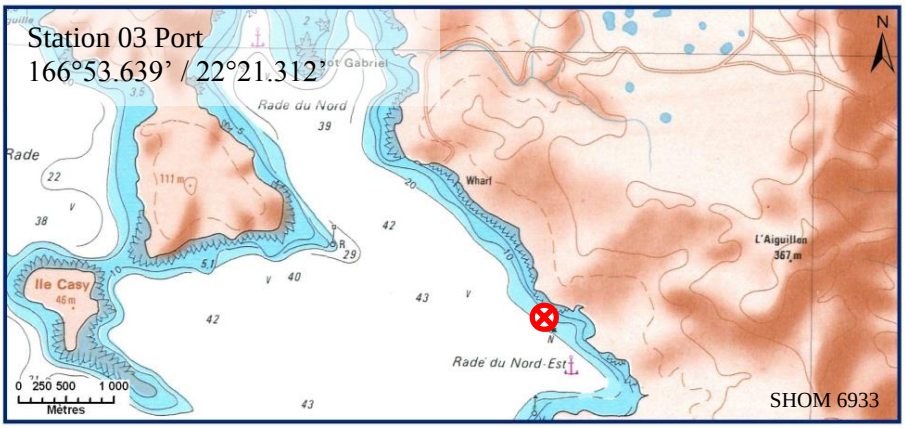
- Cyanobactéries : stable en A & B (niveau 2). Elles se développent sur les débris coralliens et le substrat d'origine terrigène. Absence en C
- Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens et les colonies mortes en place
- Algue brune *Lobophora* : stable aux 3 transects (respectivement niveau 3, 5 et 3) → caractère envahissant potentiel, particulièrement en B
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente et stable
- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona jullieni :* augmentation en A (niveau 2 à 3) et diminution en B et C (niveau 2/2 à 1/1)

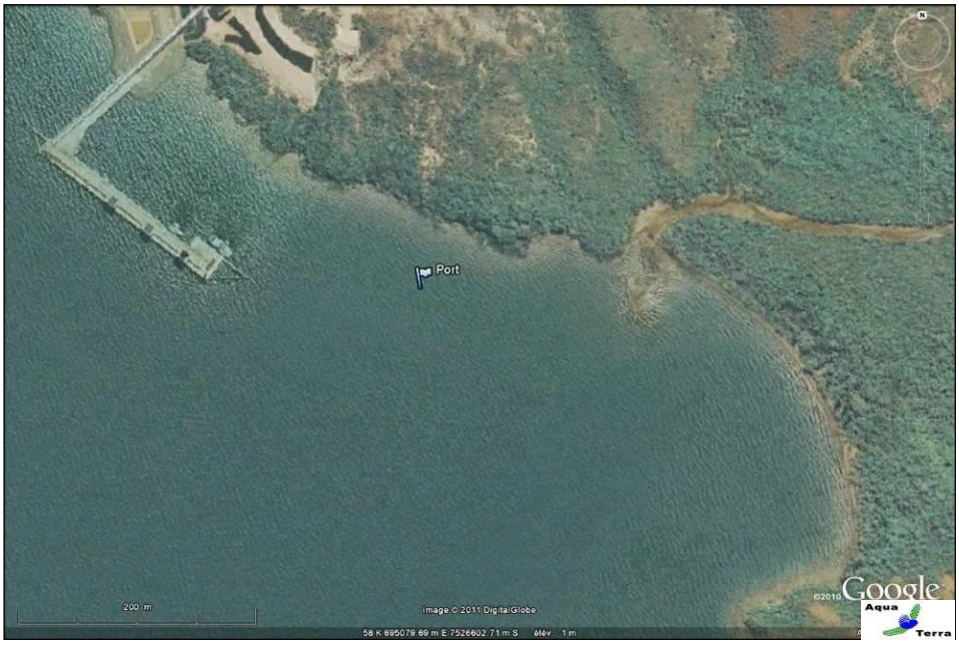
Les corallivores :

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



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

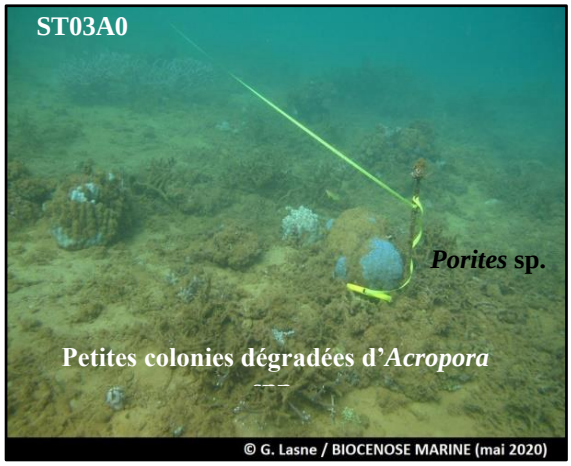


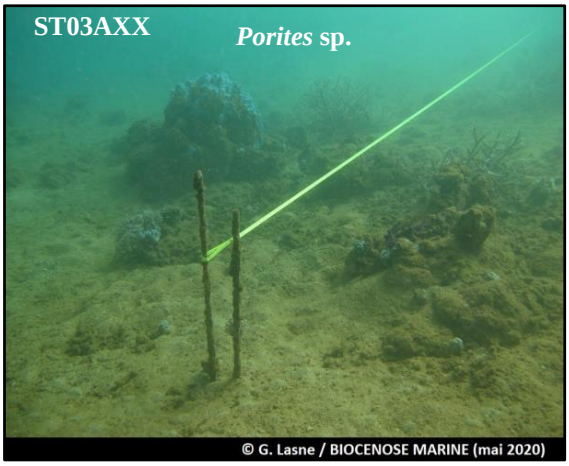


Carte 05 : Localisation de la station 03 (Port)

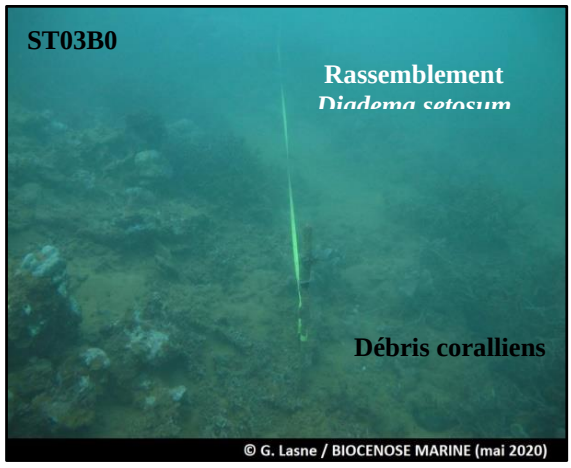


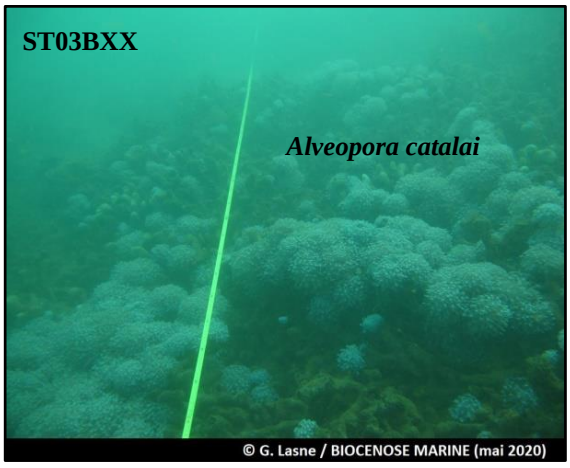
Photographie 07 : Position en surface par rapport aux structures portuaires (ST03)



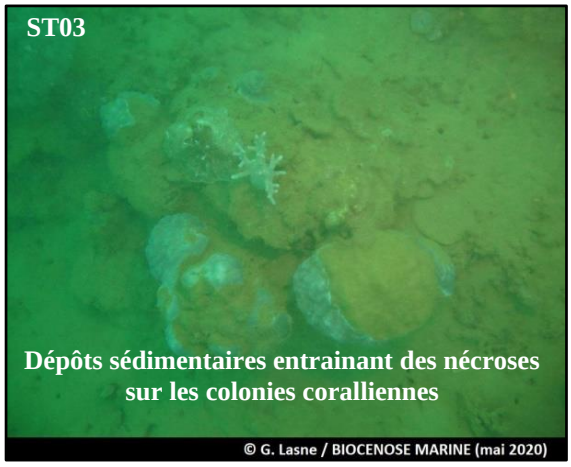


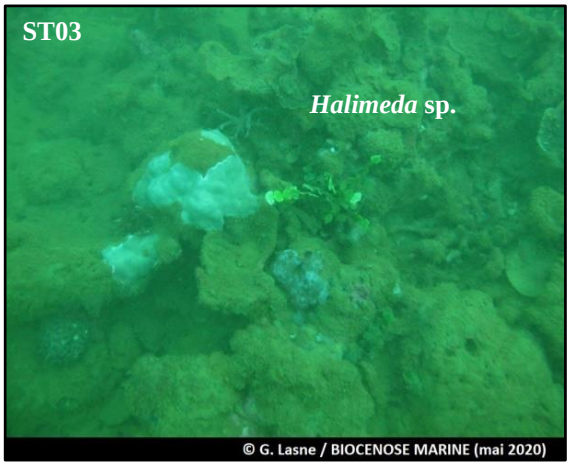
Nombreuses colonies coralliennes dégradées (sédimentation).
Substrat composé de sable vaseux (particules terrigènes) à articles d'*Halimeda* et débris coralliens





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





Photographie 08 : 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.

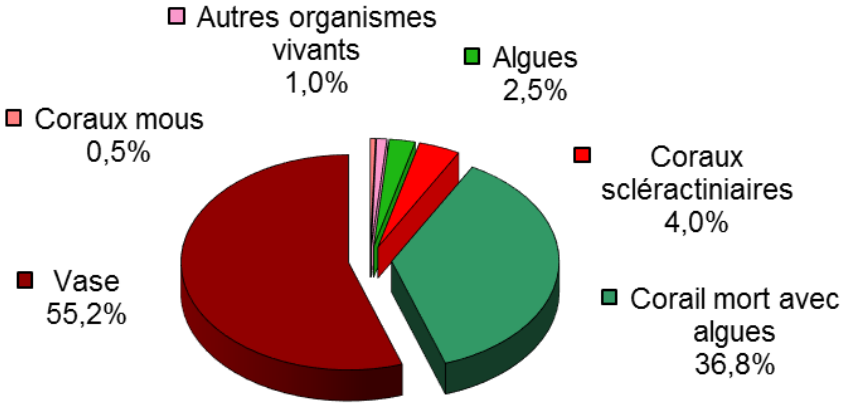


Figure 16 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03A

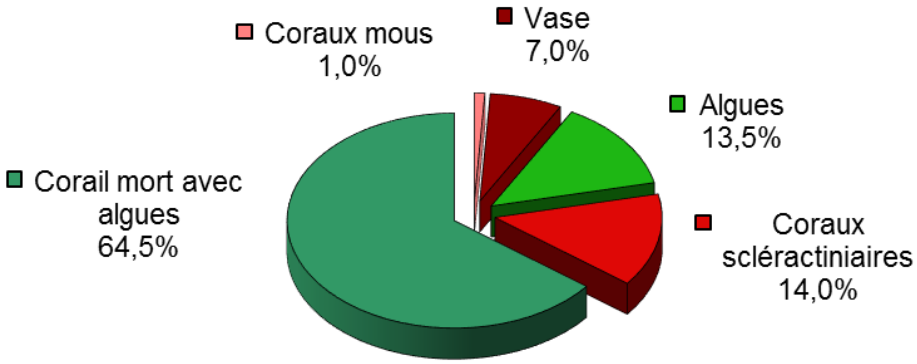


Figure 17 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03B

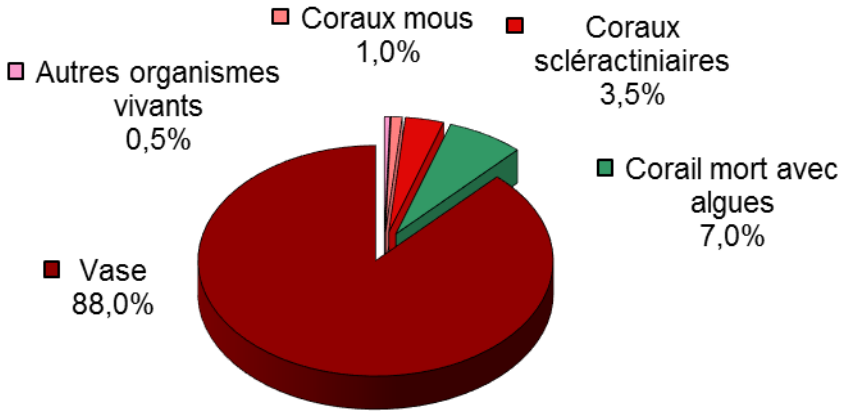


Figure 18 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C

Le transect A est caractérisé par des fonds abiotiques du fait de la présence de vase (55.2 %). La partie biotique est essentiellement due à la classe « corail mort avec algues » (36.8%), les coraux scléractiniaires étant faiblement présents (4%).
Le transect B a un recouvrement biotique important (93%) dû en partie aux coraux scléractiniaires qui sont à mi-pente moyennement représentés (14%) mais surtout à la classe « corail mort avec algues » (64.5%)
Le transect C est très vaseux (88% de vase et d'abiotique), avec un peu de coraux scléractiniaires (3.5%).

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 mai 2020, la richesse spécifique de la station Port (ST03) est composée de :

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

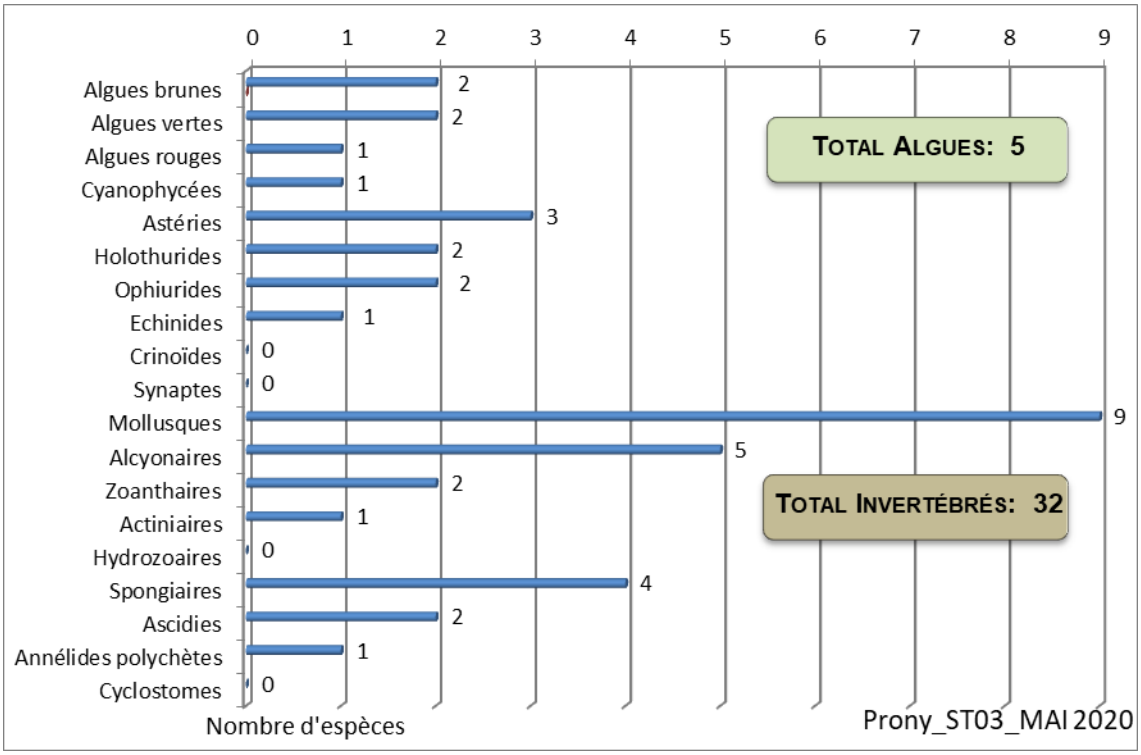


Figure 19 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST03)

4.3.2.1 Benthos Transect 03 A

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST03A est composée de :

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

Tableau 27 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST03A)*

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 verte : •*Neomeris vanbosseae* (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	

☑	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sinularia* sp. (A2/- 1).
Échinodermes	
Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Acanthaster planci* (A0/-1).	3 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Nardoa gomophia* (A2/+ 1) ; ➢ pour les holothurides (1 sp) : •*Holothuria edulis* (A2/+ 1) ; ➢ pour les ophiurides (1 sp) : •*Ophiomastix caryophyllata* (A3/+ 1) Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les holothurides (1 sp) :•*Holothuria flavomaculata* (A2/- 1)
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Tridacna squamosa* (A1) ; ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : •*Phyllidiella pustulosa* (A1). Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les nudibranches (-1 sp) : •*Cheilidonura inornata* (A0/-1).	☑
Éponges	
Une espèce d'éponges disparue : •*Dysidea herbacea* (A0/-1).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •*Cliona jullieni* (A3/+ 1).
Ascidies	
2 espèces d'ascidies disparues : •*Polycarpa aurita* (A0/-2), •*Polycarpa* sp. (blanche) (A0/-2).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.3.2.2 Benthos Transect 03 B

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST03B est composée de :

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

Tableau 28 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST03B)*

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 verte : •*Halimeda* sp. (A0/-3).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •Zoanthidae ind.sp. (A0/-2).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 sp) : •*Sarcophyton* sp. (A3/- 1)
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A2). 4 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-4 espèce) : •*Acanthaster planci* (A0/-1), •*Celerina heffernani* (A0/-1), •*Nardoa gomophia* (A0/-1), •*Culcita novaeguineae* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria flavomaculata* (A4/+ 1).
Mollusques	

Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : •*Spondylus* sp. (A0/-1).	☑
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Spheciospongia vagabunda* (A1).	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •*Cliona jullieni* (A1/- 1).
Ascidies	
☑	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.3.2.3 Benthos Transect 03 C

En mai 2020 octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST03C est composée de :

- 20 espèces d'invertébrés dont 4 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (5 taxons), actiniaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 5 espèces d'échinodermes : holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), échinides (1 taxon) ; 3 espèces d'éponges. **Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries et des ascidies**
- 2 espèces de macrophytes : algues brunes (1 taxon), algues rouges (1 taxon)

Tableau 29 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST03C)*

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 verte : •*Halimeda* sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Une espèce d'algue diminue, l'algue rouge : •*Amphiroa* sp. (A2/- 2).
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •Zoanthidae ind.sp. (A0/-2).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 sp) : •*Sarcophyton* sp. (A3/- 1)
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A2). 4 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-4 espèce) : •*Acanthaster planci* (A0/-1), •*Celerina heffernani* (A0/-1), •*Nardoa gomophia* (A0/-1), •*Culcita novaeguineae* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria flavomaculata* (A4/+ 1).
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : •*Spondylus* sp. (A0/-1).	☑
Éponges	
2 espèces d'éponges disparues : •*Hamigera strongylata* (A0/-1), •*Cymbastela cantharella* (A0/-1).	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •*Cliona jullieni* (A1/- 2).
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**
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*				1	0,03	0,03				0,33	0,01	0,01
Can	*Canthigaster valentini*				1	0,03	0,00				0,33	0,01	0,00
Cha	*Chaetodon bennetti*				2	0,05	0,06				0,67	0,02	0,02
Cha	*Chaetodon lunulatus*	2	0,05	0,13	4	0,10	0,13				2,00	0,05	0,08
Cha	*Chaetodon plebeius*	1	0,03	0,03	1	0,03	0,01				0,67	0,02	0,02
Epi	*Cephalopholis boenak*				2	0,05	0,13				0,67	0,02	0,04
Epi	*Epinephelus merra*				1	0,03	0,11				0,33	0,01	0,04
Mul	*Parupeneus cyclostomus*							1	0,03	0,11	0,33	0,01	0,04
Mul	*Upeneus tragula*							3	0,08	0,32	1,00	0,03	0,11
Nem	*Scolopsis bilineatus*	2	0,05	0,51	2	0,05	0,51				1,33	0,03	0,34
Pom	*Abudefduf whitleyi*				8	0,20	0,86				2,67	0,07	0,29
Pom	*Chrysiptera rollandi*	4	0,10	0,05	4	0,10	0,05				2,67	0,07	0,04
Pom	*Dascyllus aruanus*	15	0,38	0,20							5,00	0,13	0,07
Pom	*Dascyllus reticulatus*	20	0,50	0,27	15	0,38	0,20				11,67	0,29	0,16
Pom	*Pomacentrus aurifrons*	20	0,50	0,27	20	0,50	0,27				13,33	0,33	0,18
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	5	0,13	0,16	4	0,10	0,13				3,00	0,08	0,10
Sca	*Chlorurus sordidus*	2	0,05	0,73							0,67	0,02	0,24
Sca	*Scarus flavipectoralis*	3	0,08	1,50							1,00	0,03	0,50
Sca	*Scarus ghobban*	1	0,03	0,86							0,33	0,01	0,29
Sig	*Siganus doliatus*	2	0,05	0,22	2	0,05	0,13				1,33	0,03	0,11
Sig	*Siganus vulpinus*	3	0,08	0,32	2	0,05	0,13				1,67	0,04	0,15
Total		**80**	**2,00**	**5,26**	**69**	**1,73**	**2,76**	**4,0**	**0,10**	**0,43**	**51,00**	**1,28**	**2,82**
Biodiversité		**13**			**15**			**2**			**21**		
Indice de Shannon =		3,413											
Equitabilité =		0,777											

Sur l'ensemble des transects de la station, 153 individus appartenant à 21 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.28 poissons/m² pour une biomasse de 2.82 g/m².
53 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*	Epi	*Epinephelus ongus*	Poc	*Centropyge bicolor*
Aca	*Naso unicornis*	Epi	*Plectropomus leopardus*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Gra	*Diploprion bifasciatum*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Apo	*Archamia fucata*	Lab	*Cheilinus undulatus*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Pomacentrus adelus*
Apo	*Ostorhinchus angustatus*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Pomacentrus aurifrons*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Pomacentrus coelestis*
Can	*Canthigaster valentini*	Lab	*Oxycheilinus celebicus*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*

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

Cha	*Chaetodon baronessa*	Let	*Lethrinus harak*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lut	*Lutjanus fulvus*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Chaetodon ephippium*	Mic	*Gunnellichthys viridescens*	Sca	*Scarus ghobban*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Mul	*Parupeneus cyclostomus*	Sig	*Siganus doliatus*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Mul	*Parupeneus indicus*	Sig	*Siganus fuscescens*
Epi	*Cephalopholis boenak*	Mul	*Upeneus tragula*	Sig	*Siganus vulpinus*
Epi	*Epinephelus maculatus*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Zan	*Zanclus cornutus*
Epi	*Epinephelus merra*	Pin	*Parapercis hexophtalma*		

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	0,87	0,00	2,17
Chaetodontidae	30	3	2,52	10,00	8,41
Epinephelinae	26	2	1,26	7,69	4,85
Labridae	97	0	1,09	0,00	1,12
Lethrinidae	16	0	0,04	0,00	0,27
Lutjanidae	22	0	0,00	0,00	0,00
Mullidae	14	2	0,83	14,29	5,90
Pomacanthidae	14	0	0,30	0,00	2,17
Pomacentridae	92	6	4,91	6,52	5,34
Scaridae	23	3	1,30	13,04	5,67
Siganidae	10	2	1,22	20,00	12,17
Autres	257	3	3,30	1,17	1,29
Khi2 obs		**5,9**		**31,2**	
Khi2 tab					**18,3**

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.

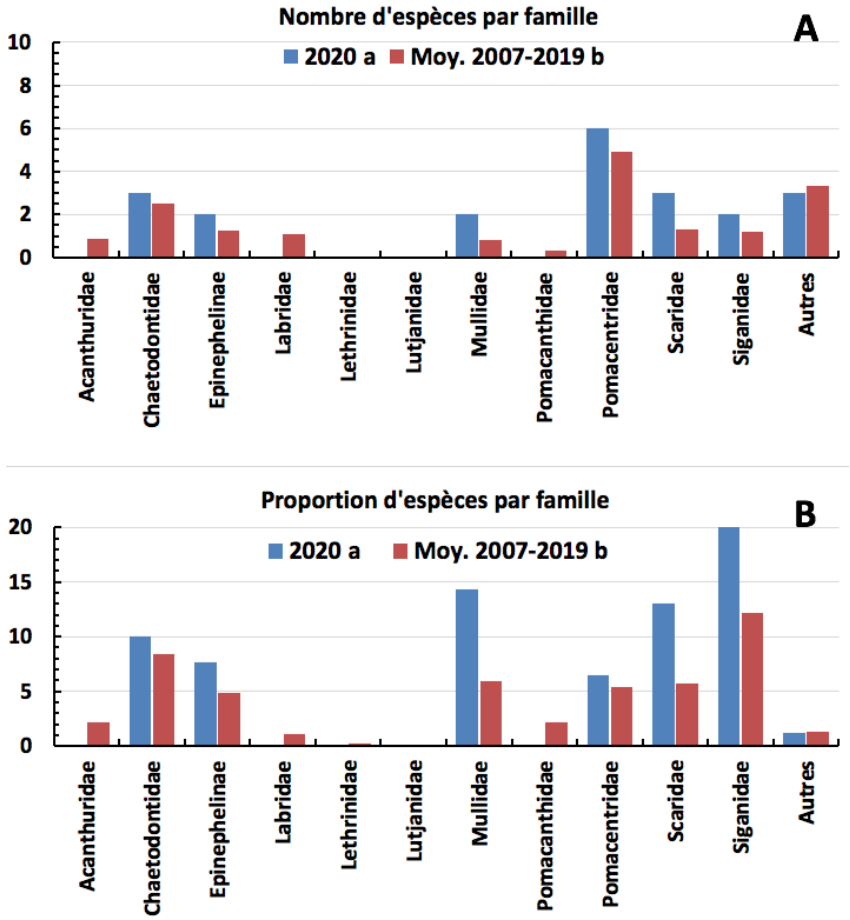


Figure 20 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST03)

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
2020 a	Transect A	80	2,00	5,26	13		
	Transect B	69	1,73	2,76	15		
	Transect C	4	0,10	0,43	02		
	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	581,75	0,45	24,29	28,26	109,13	101,57
Ecart type	24,12	0,67	4,93	5,32	10,45	10,08
Moyenne	48,58	1,03	4,86	17,79	40,54	59,50
Coef. de Var.	0,50	0,65	1,01	0,30	0,26	0,17

Commentaires :
- La totalité des poissons vus sur les transects sont des juvéniles.
- Les paramètres « nombre d'individus » et « densité » ont des valeurs moyennes et la biomasse retombe.
- La biodiversité sur les transects présente une valeur moyenne. La biodiversité 3 chute un peu.
- Les observations montrent comme à toutes les stations, des structures de peuplements fluctuantes qui traduisent des changements naturels d'organisation dans la Bα sans en modifier grandement la valeur.
- Si les écarts de structures n'apparaissent pas en nombre d'espèces, ils sont en revanche flagrants dès que l'on s'exprime relativement aux nombres d'espèces par famille possible sur cette station. Et même sur cette station très pauvre, il y a qualitativement un léger remaniement dans le temps.

Comme aux stations précédentes, la structure spécifique considérée en nombre d'espèces (cf. § 3.4.3), observée lors de cette mission ne diffère pas de la structure moyenne obtenue sur la période.
En revanche, exprimée par rapport aux nombres d'espèces possibles (c-à-d, observées dans la zone d'étude depuis 2007), les résultats divergent nettement de la moyenne du fait des Siganidae (Picots), des Pomacanthidae qui ont disparus, des Chaetodontidae (Poissons-Papillons) et des Scaridae qui reviennent. Or dans ce cas encore, les listes des biodiversité 3 montrent à nouveau une stabilité quantitative et qualitative pour ces deux familles, ce qui souligne l'impact de la longueur du transect sur les interprétations et les conclusions que l'on peut tirer de la dynamique du peuplement.

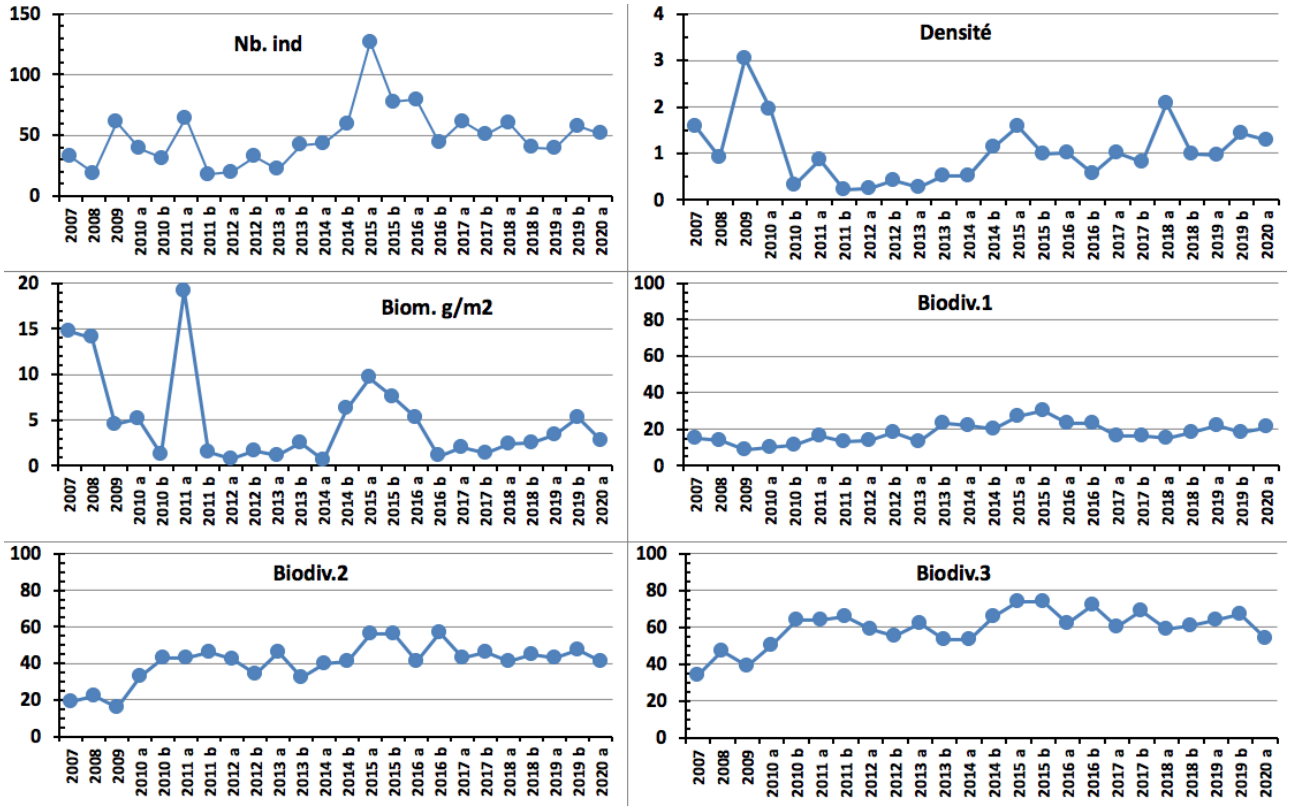


Figure 21 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03)

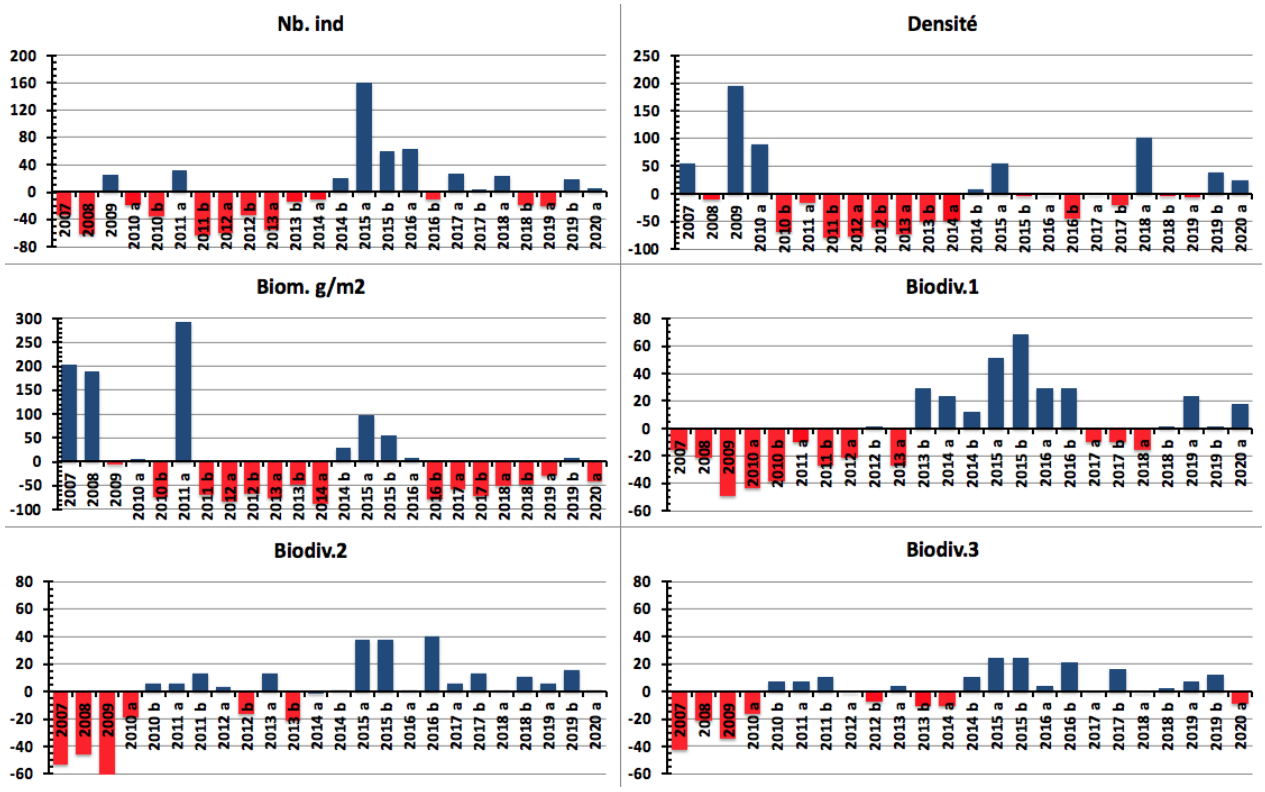


Figure 22 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03)

4.4 Station 04 = Woodin

Localisation géographique	Face à un rocher blanc qui se trouve en bordure du rivage est du canal Woodin (photographie 09). 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 micrantha* 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 micrantha*. En bas de tombant, les colonies de *Tubastraea micrantha* sont remarquablement bien développées.

Attention : Le courant dans ce canal peut être très fort et il est impératif de se présenter à un étale pour pouvoir échantillonner cette station.

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 micrantha* (taille plurimétrique). Les autres espèces sont de taille décimétrique à métrique
- La richesse spécifique des coraux diminue nettement avec la profondeur
- Mortalité corallienne et nombreux débris (hydrodynamisme important)
- 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 quelques grandes colonies de *Tubastraea micrantha* se sont effondrées en C 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 2019 en A et B (respectivement 2 et 1 spécimens)
- Présence en octobre 2019 en A et B (respectivement 3 et 2 spécimens)
- **Absence en mai 2020**

Variations entre octobre 2019 et mai 2020

Indicateur Corail :

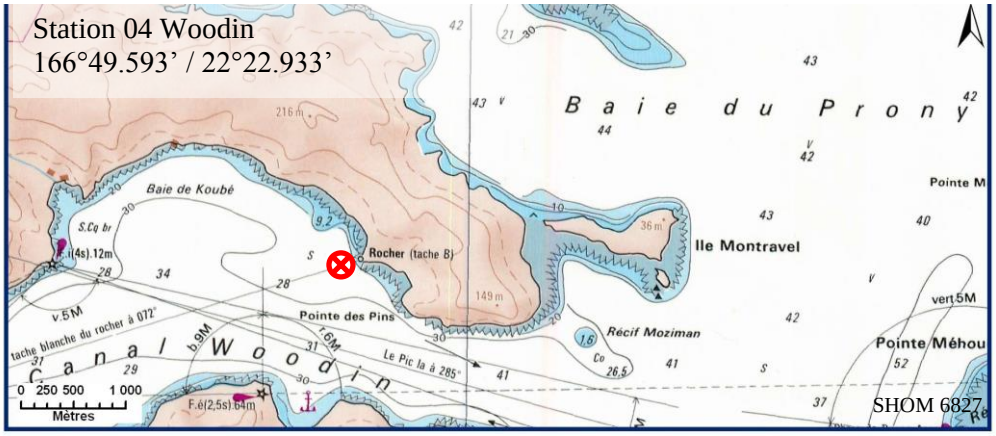
- Le recouvrement corallien est de 9% au transect A, 10% en B et 2% en C (légère baisse)
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.37% ; Avril 2016 : 11.57% ; Novembre 2016 : 0.43% ; Avril 2017 : 1.07% ; Septembre 2017 : 0.17 % ; Mai 2018 : 0.63% ; Novembre 2018 : 2% ; Avril 2019 : 1.43% ; Octobre 2019 : 1.23%,* Mai 2020 : 0%
- Lésions coralliennes : de nombreuses colonies coralliennes sont mortes en place (partiellement ou entièrement) suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, à la maladie de la bande blanche et surtout à la prolifération d'*Acanthaster* (depuis la mission de novembre 2018)
    - Maladie corallienne : RAS
    - Perturbations mécaniques et sédimentaires : le ruissellement sur la falaise au-dessus de la station apportant des particules terrigènes en surface et dégrade quelques colonies coralliennes en A

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : augmentation en A (niveau 0 à 2) et stable en B et C (niveau 0/2). Elles se développent sur les colonies coralliennes mortes en place (colonies affectées par *Acanthaster*)
- 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* : absente et stable
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente et stable
- *Cliona orientalis* : stable en A (niveau 2), augmentation en B (niveau 2 à 4) et diminution en C (niveau 3 à 2)
- *Cliona jullieni :* stable

Les corallivores :

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

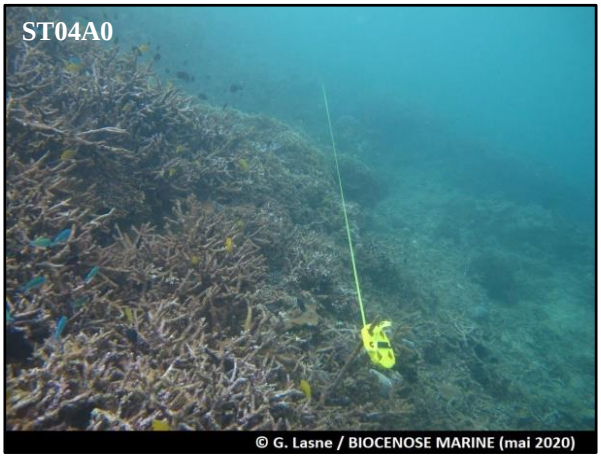




Carte 06 : Localisation de la station 04 (Woodin)

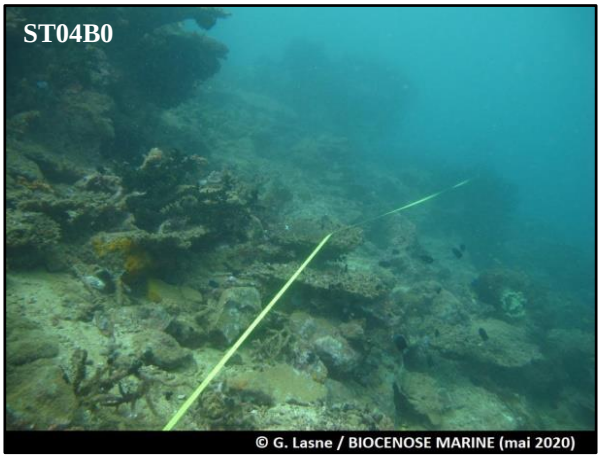


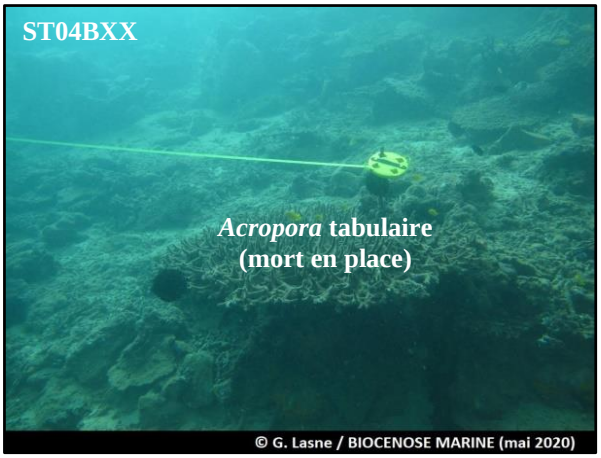
Photographie 09 : Position en surface par rapport à la côte (ST04)



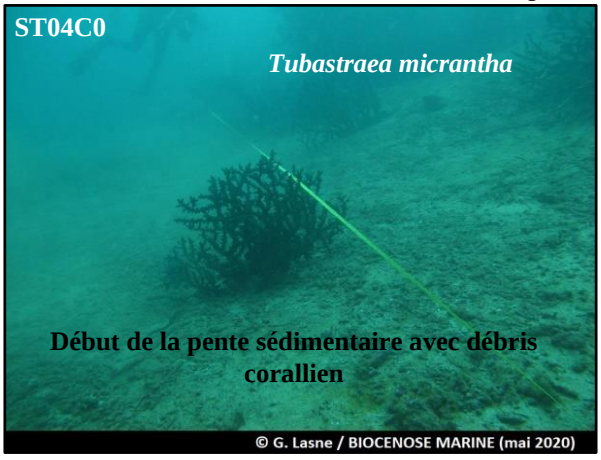


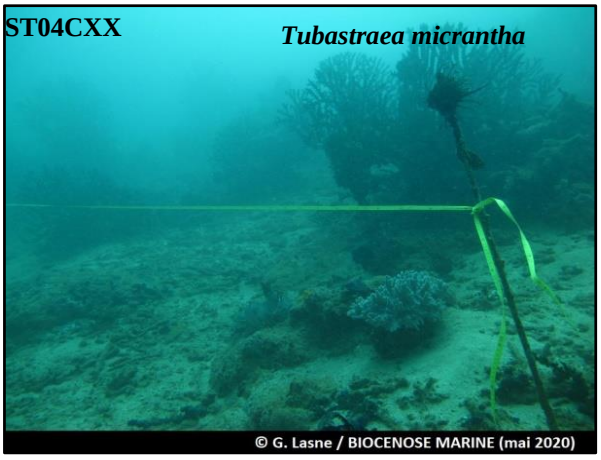
Colonies coralliennes mortes en place à cause de la prolifération d'*Acanthaster planci* cf. *solaris* observée depuis la mission de novembre 2018





De nombreuses colonies coralliennes sont mortes en place (surtout *Acropora* tabulaires). Ancienne prolifération d'*Acanthaster*





Les colonies de *Tubastraea micrantha* s'édifient sur la pente récifale (STB&C)

Photographie 10 : 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.

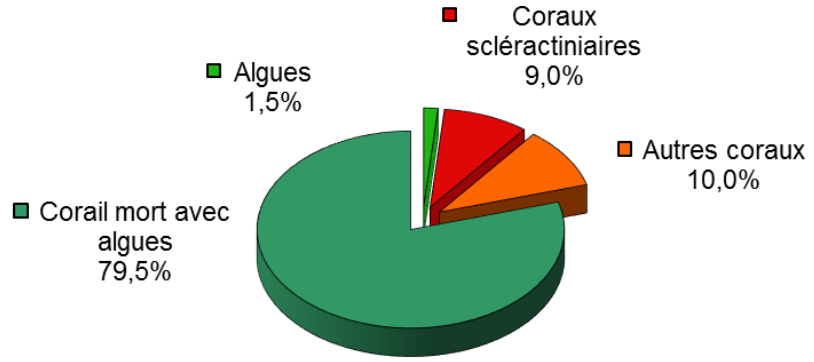


Figure 23 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04A

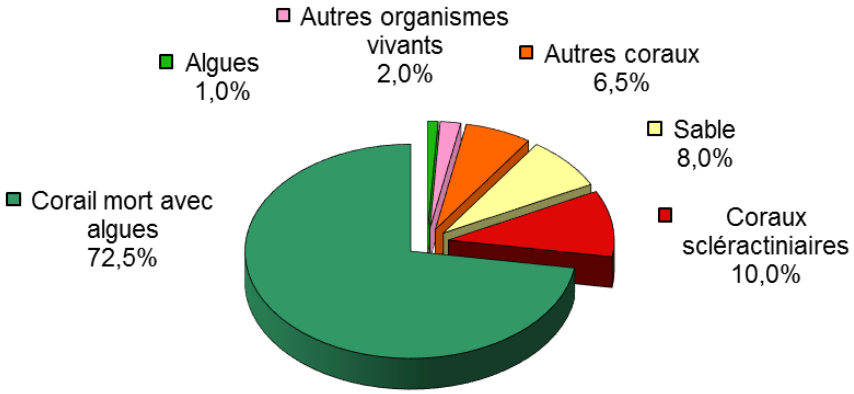


Figure 24 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04B

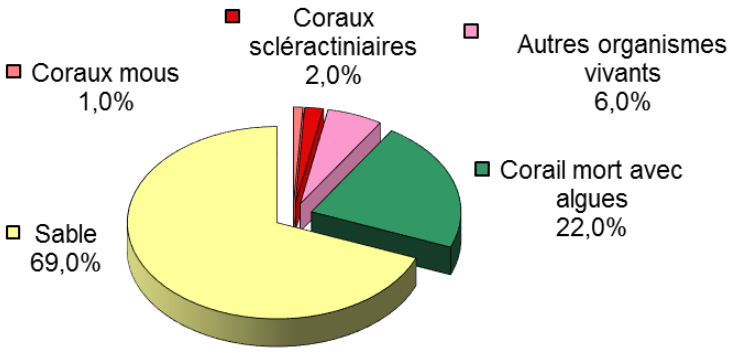


Figure 25 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04C

Les transects A et B ont classiquement un fort recouvrement biotique total (100% et 92%), 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 s'être stabilisé (9% et 10%).
Le recouvrement du substrat du transect C est majoritairement abiotique (69%) du fait de la dominance du sable. Taux de coraux très faible (2%).

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 entraîn é une forte mortalité des coraux scléractiniaires et une évolution négative de l'état de santé de l'ensemble du récif.

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 mai 2020, la richesse spécifique de la station Woodin (ST04) est composée de :

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

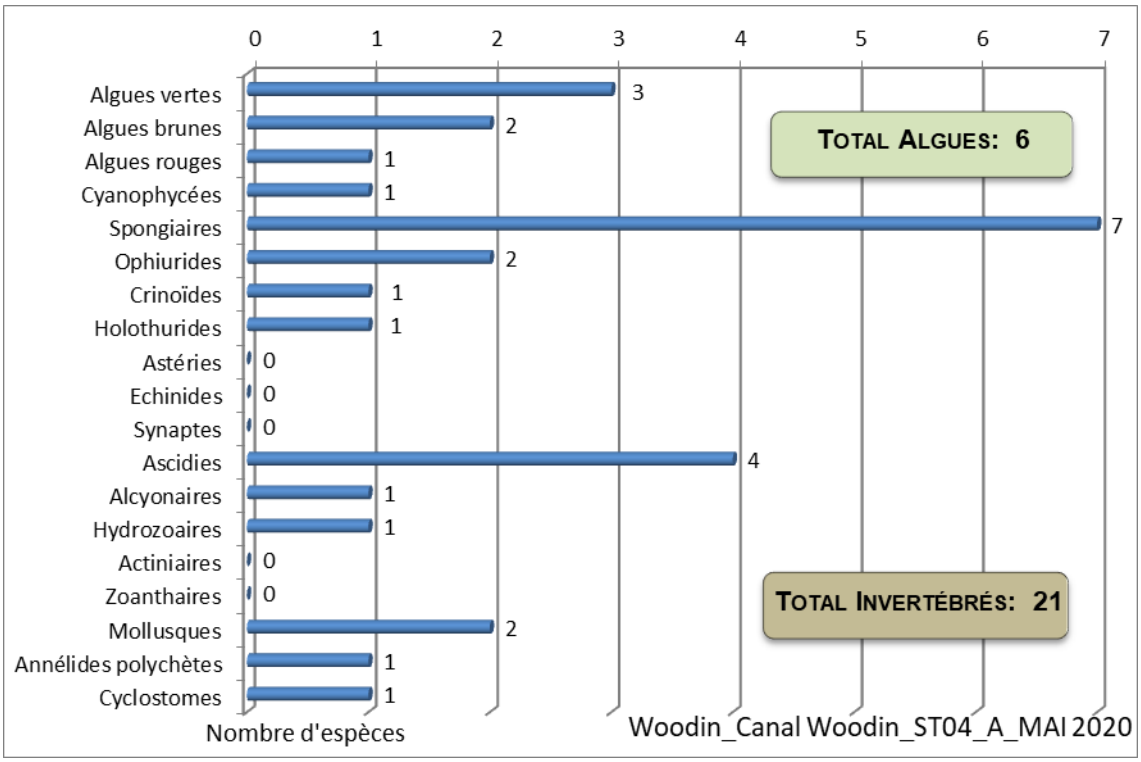


Figure 26 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST04)

4.4.2.1 Benthos Transect 04 A

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST04A est composée de :

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

Tableau 35 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST04A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
2 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A2) ; et l'algue verte : •*Caulerpa* sp. (A1) ; Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une nouvelle sp de cyanobactéries recensée : •*Phormidium* sp. (A2)	☑

Cnidaires	
4 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A0/-2) ; ➢ pour les hydrozoaires (-2 sp) :•Hydrozoaires ind. (1spp./-2spp., A2/-1) ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : •*Palythoa tuberculosa* (A0/-2).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les hydrozoaires (1 espèce) : •Hydrozoaires ind. (A2/- 1).
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A2). 3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-3 espèce) : •*Acanthaster planci* (A0/-2), •*Fromia indica* (A0/-1), •*Fromia monilis* (A0/-1).	☑
Mollusques	
☑	☑
Éponges	
2 nouvelles espèces d'éponges recensées : •*Cymbastela cantharella* (A1), •*Spheciospongia vagabunda* (A2).	☑
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Polycarpa nigricans* (A2).	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.4.2.2 Benthos Transect 04 B

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST04B est composée de :

- 41 espèces d'invertébrés dont 9 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 8 espèces d'échinodermes : échinides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), astéries (1 taxon), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 10 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies
- 1 espèce de macrophyte : algues vertes (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 36 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST04B)*

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 brune : •*Dictyota* sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➢ pour les alcyonaires (2 espèces) : •*Dendronephthya* sp. (A2), •*Nephthea* sp. (A2). 2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les hydrozoaires (-2 espèce) : •Hydrozoaires ind. (1spp./-2spp., A2/-3).	2 espèces de cnidaires augmentent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (2 espèces) : •*Sarcophyton* sp. (A3/+ 1), •*Sinularia* sp. (A2/+ 1). Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les hydrozoaires (1 sp) : •Hydrozoaires ind. (A2/- 3).
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Gomophia egyptiaca* (A1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A2). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : •*Acanthaster planci* (A0/-2), •*Nardoa gomophia* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les ophiurides (1 espèce) : •Ophiure ind. (A3/+ 1).
Mollusques	

Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les nudibranches (-1 espèce) : •*Chromodoris kuniei* (A0/-1).	☑
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Dysidea arenaria* (A1).	2 espèces d'éponges augmentent d'abondance : •*Cliona orientalis* (A4/+ 1), •*Spheciospongia vagabunda* (A3/+ 1). 4 espèces d'éponges diminuent d'abondance : •*Cymbastela cantharella* (A2/- 1), •*Dactylia delicata* (A1/- 1), •*Dysideaherbacea* (A1/- 1), •Spongiaires ind. (noire) (A3/- 1).
Ascidies	
3 nouvelles espèces d'ascidies recensées : •*Didemnum molle* (A2), •*Clavelina detorta* (A2), •*Polycarpa cryptocarpa* (A2).	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.4.2.3 Benthos Transect 04 C

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST04C est composée de :

- 19 espèces d'invertébrés dont 6 espèces de mollusques ; 4 espèces de cnidaires : zoanthaires (2 taxons), alcyonaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon) ; 2 espèces d'échinodermes : crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges
- **Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des ascidies, des macrophytes et des cyanobactéries.**

Tableau 37 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST04C)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée ni disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente.ni ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
3 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A2) ; ➢ pour les zoanthaires (2 sp) : •*Palythoa tuberculosa* (A2), •*Zoanthus* sp. (A2). Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les hydrozoaires (-1 sp) : •Hydrozoaires ind. (1spp./-1spp., A2/-1)	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les hydrozoaires (1 espèce) : •Hydrozoaires ind. (A2/- 1).
Échinodermes	
2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : •*Linckia multifora* (A0/-1), •*Nardoa gomophia* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les ophiurides (1 espèce) : •Ophiure ind. (A3/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A4/- 1).
Mollusques	
☑	☑
Éponges	
☑	4 espèces d'éponges diminuent d'abondance : •*Cymbastela cantharella* (A1/- 2), •*Cliona orientalis* (A2/- 1), •Spongiaires ind. (noire) (A2/- 1), •*Spheciospongia vagabunda* (A2/- 1).
Ascidies	
☑	☑
Bryozoaires	
☑	Une espèce de bryozoaires augmente d'abondance : •*Alcyonidium* sp. (A4/+ 1).

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	0,04	6,81	0,67	0,01	2,27
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*				2	0,03	1,26				0,67	0,01	0,42
Aca	*Ctenochaetus striatus*	2	0,03	1,46	2	0,03	0,99				1,33	0,02	0,82
Aca	*Naso lopezi*				30	0,43	336,89				10,00	0,14	112,30
Aca	*Naso maculatus*				25	0,36	140,59				8,33	0,12	46,86
Aca	*Zebrasoma scopas*	3	0,05	1,00	2	0,03	0,42				1,67	0,03	0,47
Aca	*Zebrasoma veliferum*	1	0,02	0,58	1	0,01	0,29				0,67	0,01	0,29
Cae	*Caesio caerulaurea*	35	0,58	8,51							11,67	0,19	2,84
Cae	*Caesio cuning*				100	1,43	166,63	100	1,67	416,67	66,67	1,03	194,43
Cha	*Chaetodon auriga*				2	0,03	0,57	2	0,04	0,22	1,33	0,02	0,26
Cha	*Chaetodon baronessa*				3	0,04	0,62				1,00	0,01	0,21
Cha	*Chaetodon bennetti*	2	0,03	0,49							0,67	0,01	0,16
Cha	*Chaetodon ephippium*	2	0,03	0,49							0,67	0,01	0,16
Cha	*Chaetodon flavirostris*							6	0,12	3,32	2,00	0,04	1,11
Cha	*Chaetodon lunulatus*	3	0,05	0,51	3	0,04	0,44				2,00	0,03	0,32
Cha	*Chaetodon plebeius*	1	0,02	0,07	1	0,01	0,06				0,67	0,01	0,04
Cha	*Chaetodon speculum*	2	0,03	0,23	2	0,03	0,20	2	0,04	0,33	2,00	0,03	0,25
Cha	*Chaetodon ulietensis*	3	0,05	0,34							1,00	0,02	0,11
Cha	*Chaetodon vagabundus*				2	0,03	0,29				0,67	0,01	0,10
Cha	*Coradion altivelis*				3	0,04	0,44	3	0,06	0,96	2,00	0,03	0,47
Cha	*Heniochus acuminatus*				4	0,06	2,51	4	0,08	3,51	2,67	0,05	2,01
Epi	*Cephalopholis boenak*				1	0,01	0,29				0,33	0,00	0,10
Epi	*Epinephelus maculatus*							2	0,04	19,07	0,67	0,01	6,36
Epi	*Epinephelus merra*	2	0,03	0,89	1	0,01	0,49				1,00	0,02	0,46
Epi	*Epinephelus ongus*	1	0,02	0,91							0,33	0,01	0,30
Epi	*Plectropomus leopardus*							1	0,02	18,98	0,33	0,01	6,33
Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*							1	0,02	20,48	0,33	0,01	6,83
Hae	*Plectorhinchus picus*							2	0,04	32,42	0,67	0,01	10,81
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	0,02	0,58	1	0,01	0,63	1	0,02	1,87	1,00	0,02	1,02
Lab	*Choerodon graphicus*	1	0,02	2,67	1	0,01	6,27				0,67	0,01	2,98
Lab	*Gomphosus varius*	3	0,05	19,68							1,00	0,02	6,56
Lab	*Hemigymnus melapterus*	1	0,02	1,94	2	0,03	4,57	1	0,02	2,19	1,33	0,02	2,90
Lab	*Labroides dimidiatus*	2	0,03	0,08	4	0,06	0,14	5	0,10	0,20	3,67	0,06	0,14
Lab	*Thalassoma hardwicke*	2	0,03	0,14							0,67	0,01	0,05
Lab	*Thalassoma lunare*	3	0,05	0,22	4	0,06	0,25				2,33	0,04	0,15
Lab	*Thalassoma lutescens*	3	0,05	0,34							1,00	0,02	0,11
Lut	*Lutjanus ehrenbergii*				2	0,03	15,43				0,67	0,01	5,14
Lut	*Lutjanus monostigma*	4	0,07	36,00				2	0,04	14,05	2,00	0,04	16,68
Mul	*Parupeneus barberinus*	3	0,05	8,00	3	0,04	6,86				2,00	0,03	4,95
Mul	*Parupeneus spilurus*				4	0,06	12,17				1,33	0,02	4,06
Nem	*Scolopsis bilineatus*	2	0,03	1,83	3	0,04	2,89				1,67	0,03	1,57
Poc	*Centropyge bicolor*	2	0,03	0,14	2	0,03	0,12	2	0,05	0,10	2,00	0,04	0,12
Poc	*Centropyge bispinosa*	1	0,02	0,07							0,33	0,01	0,02
Poc	*Centropyge tibicen*	1	0,02	0,04							0,33	0,01	0,01
Poc	*Pomacanthus semicirculatus*							1	0,03	5,53	0,33	0,01	1,84
Poc	*Pygoplites diacanthus*							2	0,05	5,49	0,67	0,02	1,83
Pom	*Abudefduf septemfasciatus*	10	0,17	0,72							3,33	0,06	0,24

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

Pom	*Abudefduf sexfasciatus*	10	0,17	0,72							3,33	0,06	0,24
Pom	*Abudefduf whitleyi*	15	0,25	0,63	10	0,14	0,98				8,33	0,13	0,54
Pom	*Amphiprion clarkii*	3	0,05	0,13							1,00	0,02	0,04
Pom	*Chromis viridis*	30	0,50	0,27	25	0,36	0,19				18,33	0,29	0,15
Pom	*Chrysiptera rollandi*	4	0,07	0,04	3	0,04	0,02	4	0,10	0,04	3,67	0,07	0,03
Pom	*Chrysiptera taupou*	10	0,17	0,09							3,33	0,06	0,03
Pom	*Dascyllus aruanus*	30	0,50	0,27	10	0,14	0,08	10	0,25	0,11	16,67	0,30	0,15
Pom	*Dascyllus reticulatus*	30	0,50	0,27	20	0,29	0,15	15	0,38	0,16	21,67	0,39	0,20
Pom	*Dascyllus trimaculatus*				15	0,21	0,27	10	0,25	0,11	8,33	0,15	0,13
Pom	*Pomacentrus aurifrons*	40	0,67	0,36							13,33	0,22	0,12
Pom	*Pomacentrus coelestis*	4	0,07	0,04	8	0,11	0,06				4,00	0,06	0,03
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	3	0,05	0,03	3	0,04	0,05	2	0,05	0,02	2,67	0,05	0,03
Pse	*Pictichromis coralensis*							2	0,06	0,03	0,67	0,02	0,01
Sca	*Chlorurus sordidus*	3	0,05	1,00	5	0,07	1,90				2,67	0,04	0,97
Sca	*Scarus flavipectoralis*							5	0,10	9,33	1,67	0,03	3,11
Sca	*Scarus ghobban*	1	0,02	5,21				1	0,02	13,72	0,67	0,01	6,31
Sca	*Scarus niger*	2	0,03	10,42	2	0,03	3,92				1,33	0,02	4,78
Sca	*Scarus schlegeli*				4	0,06	13,91	3	0,06	23,41	2,33	0,04	12,44
Scr	*Pterois radiata*							1	0,02	0,11	0,33	0,01	0,04
Sig	*Siganus corallinus*	2	0,03	1,83							0,67	0,01	0,61
Sig	*Siganus doliatus*	2	0,03	1,15	4	0,06	3,14				2,00	0,03	1,43
Sig	*Siganus fuscescens*							8	0,16	0,88	2,67	0,05	0,29
Sig	*Siganus vulpinus*	4	0,07	2,30							1,33	0,02	0,77
Total		**289**	**4,82**	**112,68**	**319**	**4,56**	**726,98**	**200**	**3,92**	**600,11**	**269,33**	**4,43**	**479,93**
Biodiversité			**44**			**39**			**29**			**70**	
Indice de Shannon =		4,665											
Equitabilité =		0,761											

Sur l'ensemble des transects de la station, 808 individus appartenant à 70 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 4.43 poissons/m² pour une biomasse de 479.93 g/m².
131 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*	Hae	*Plectorhinchus flavomaculatus*	Poc	*Pomacanthus imperator*
Aca	*Acanthurus mata*	Hae	*Plectorhinchus gibbosus*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*
Aca	*Acanthurus pyroferus*	Hae	*Plectorhinchus picus*	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	Hol	*Neoniphon sammara*	Poc	*Pygoplites diacanthus*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Kyp	*Kyphosus cinerascens*	Pom	*Abudefduf septemfasciatus*
Aca	*Naso brachycentron*	Lab	*Bodianus axillaris*	Pom	*Abudefduf sexfasciatus*
Aca	*Naso lopezi*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Aca	*Naso maculatus*	Lab	*Cheilinus trilobatus*	Pom	*Amblyglyphidodon aureus*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Choerodon fasciatus*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Choerodon graphicus*	Pom	*Amphiprion clarkii*
Apo	*Apogon aureus*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Chromis atripectoralis*
Apo	*Apogon doederleini*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Chromis leucura*
Apo	*Apogon novemfasciatus*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Chromis viridis*
Apo	*Ostorhinchus cyanosoma*	Lab	*Halichoeres melanurus*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Apo	*Ostorhinchus doederleini*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Apo	*Ostorhinchus flavus*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Dascyllus aruanus*

Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Bal	*Pseudobalistes fuscus*	Lab	*Labropsis australis*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Novaculichthys taeniourus*	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Oxycheilinus celebicus*	Pom	*Neopomacentrus nemurus*
Cae	*Caesio caerulaurea*	Lab	*Oxycheilinus digrammus*	Pom	*Pomacentrus aurifrons*
Cae	*Caesio cuning*	Lab	*Pseudodax moluccanus*	Pom	*Pomacentrus coelestis*
Cae	*Caesio pisang*	Lab	*Stethojulis bandanensis*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Pomacentrus simsiang*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Pom	*Stegastes aureus*
Cha	*Chaetodon ephippium*	Lut	*Lutjanus argentimaculatus*	Pri	*Priacanthus hamrur*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	Lut	*Lutjanus bohar*	Pse	*Pictichromis coralensis*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Lut	*Lutjanus ehrenbergii*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Lut	*Lutjanus fulviflamma*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Chaetodon speculum*	Lut	*Lutjanus monostigma*	Sca	*Scarus ghobban*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Lut	*Lutjanus russellii*	Sca	*Scarus niger*
Cha	*Chaetodon unimaculatus*	Lut	*Symphorus nematophorus*	Sca	*Scarus rivulatus*
Cha	*Chaetodon vagabundus*	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	Sca	*Scarus schlegeli*
Cha	*Coradion altivelis*	Mul	*Parupeneus barberinus*	Scr	*Pterois radiata*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Mul	*Parupeneus indicus*	Sig	*Siganus corallinus*
Cha	*Heniochus monoceros*	Mul	*Parupeneus spilurus*	Sig	*Siganus doliatus*
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Sig	*Siganus fuscescens*
Epi	*Cephalopholis boenak*	Ost	*Ostracion cubicus*	Sig	*Siganus puellus*
Epi	*Epinephelus maculatus*	Pin	*Parapercis hexophtalma*	Sig	*Siganus vulpinus*
Epi	*Epinephelus merra*	Poc	*Centropyge bicolor*	Sph	*Sphyraena forsteri*
Epi	*Epinephelus ongus*	Poc	*Centropyge bispinosa*	Syn	*Saurida gracilis*
Epi	*Plectropomus leopardus*	Poc	*Centropyge flavissima*	Zan	*Zanclus cornutus*
Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	Poc	*Centropyge tibicen*		

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.

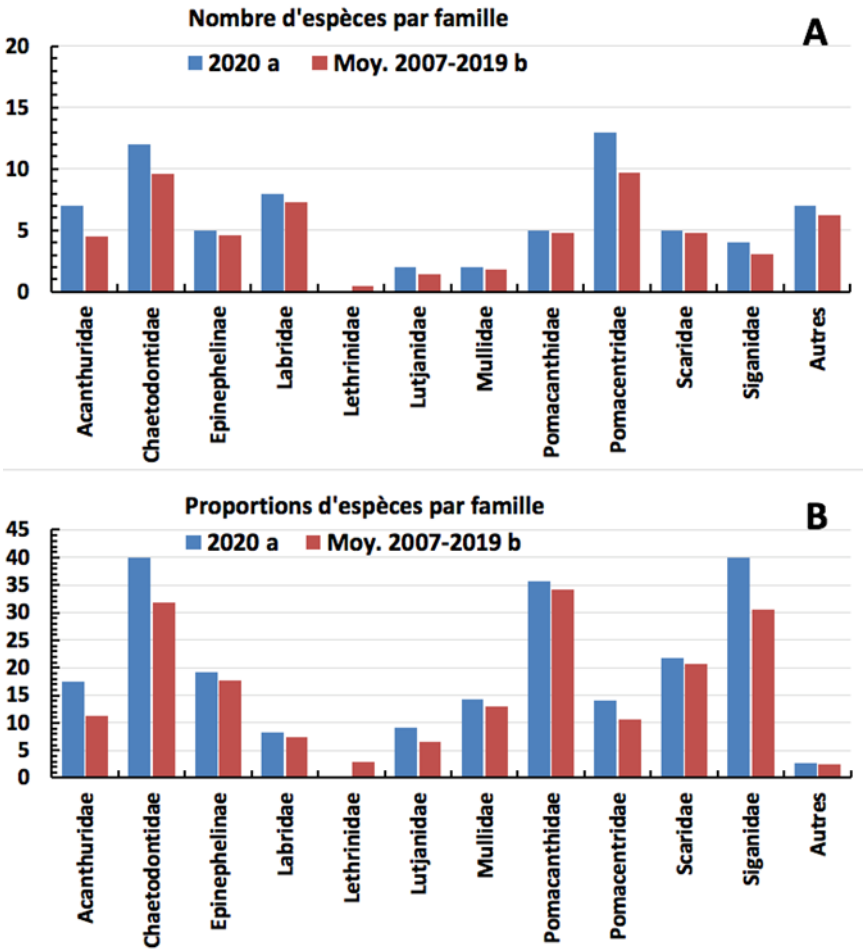


Figure 27 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST04)

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 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	7	4,48	17,50	11,20
Chaetodontidae	30	12	9,57	40,00	31,88
Epinephelinae	26	5	4,61	19,23	17,73
Labridae	97	8	7,26	8,25	7,49
Lethrinidae	16	0	0,48	0,00	2,99
Lutjanidae	22	2	1,43	9,09	6,52
Mullidae	14	2	1,83	14,29	13,04
Pomacanthidae	14	5	4,78	35,71	34,16
Pomacentridae	92	13	9,70	14,13	10,54
Scaridae	23	5	4,74	21,74	20,60
Siganidae	10	4	3,04	40,00	30,43
Autres	257	7	6,26	2,72	2,44
Khi2 obs		**1,7**		**7.1**	
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 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.

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
2020 a	Transect A	289	4,82	112,68			
	Transect B	319	4,56	726,98			
	Transect C	200	3,92	600,11			
	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	32 506	4,55	46 640	293	344	536
Ecart type	180,30	2,13	215,96	17,10	18,54	23,15
Moyenne	267,44	3,89	349,04	59,17	82,67	113,29
Coef. de Var.	0,73	0,62	0,67	0,31	0,23	0,21

Commentaires :
- Le nombre d'individus et la densité sont très chaotiques depuis 2015 et la biomasse depuis 2007.
- Les biodiversités sont stables et la biodiversité totale (biodiversité 3) a faibli mais concerve une valeur élevée.
- Les Chaetodontidae, Pomacentridae et Labridae, représentent la moitié de la biodiversité totale.

La structure spécifique du peuplement de cette mission ne diffère pas de la structure moyenne sur la période de suivi quel que soit le mode représentation : le nombre d'espèces ou leurs proportions dans le nombre total observé durant la série historique (cf. § 3.4.3).
Et la figure 27 montre qu'à l'exception des Lethrinae, toutes les familles ont vu leur nombre d'espèces diminuer légèrement et dans des proportions similaires.

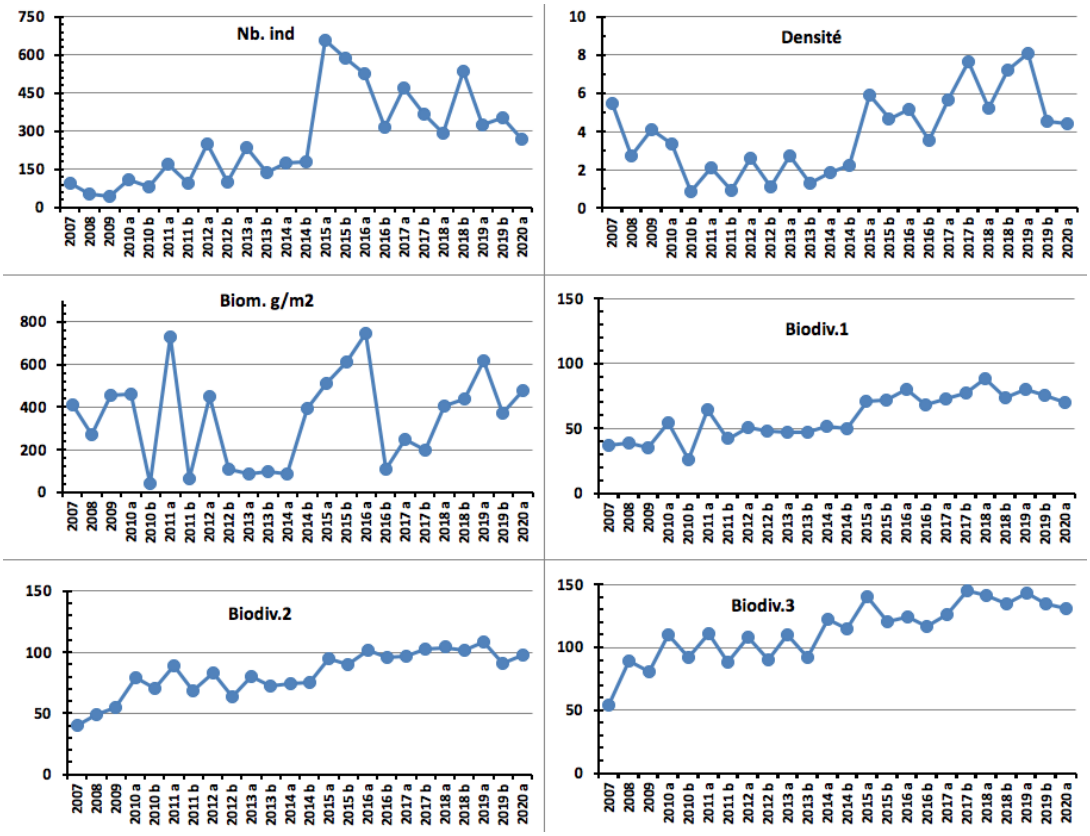


Figure 28 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04)

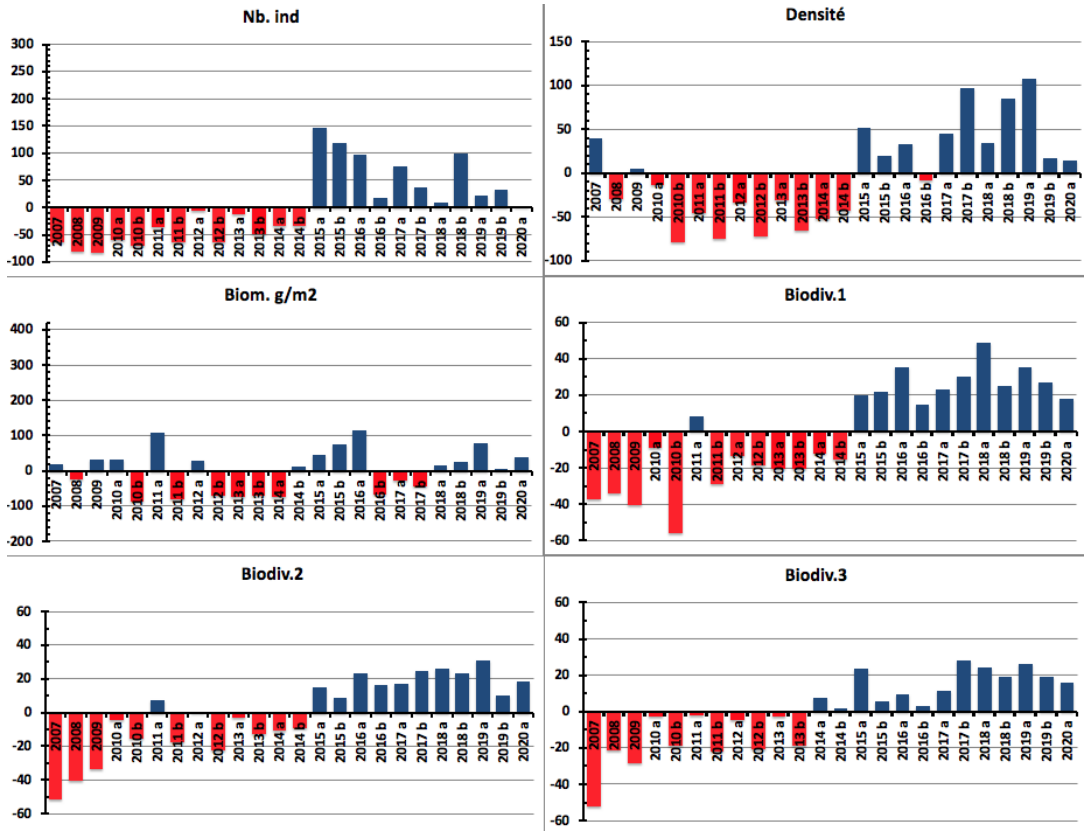


Figure 29 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04)

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 11). 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 micrantha* qui affectionnent les zones de courants.

Caractéristiques principales

- Présence en grand nombre de *Porites* massifs et branchus (diversité des Poritidae), *Millepora*, *Tubastraea micrantha* et d'une grande colonie pluri métrique de *Diploastrea heliopora*
- 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 mai 2018 en A et B (1 spécimen) et en novembre 2018 en B (1 spécimen)

Variations entre octobre 2019 et mai 2020

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 35% au transect A, 32% en B et 2% en C. Stable
- 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%
- Lésions coralliennes : des colonies coralliennes sont dégradées suite aux maladies coralliennes, aux perturbations mécaniques et sédimentaires :
  - Maladie corallienne : la maladie de la bande blanche peut être observée ponctuellement sur les *Acropora* spp. (tabulaire) en A. Les anomalies de croissance n'évoluent pas sur la grande colonie de *Diploastrea heliopora* (transect B)
  - Perturbations mécaniques et sédimentaires : les sédiments carbonatés peuvent entrainer de l'abrasion sur les colonies coralliennes

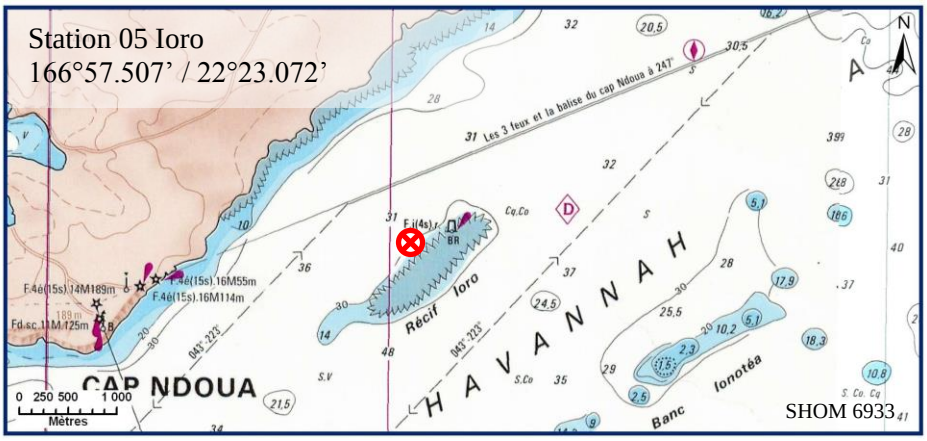
Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : absence et diminution pour les 3 transects (respectivement niveau 1/2/2 à 0)

- Le turf algal se développe modérément sur les débris
- Algue brune *Lobophora* : absente et stable
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : stable, présence seulement en A (niveau 2)
- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona jullieni :* stable

Les corallivores :

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

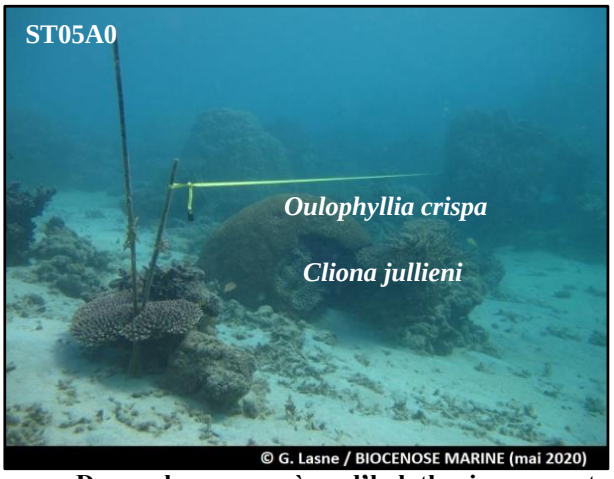


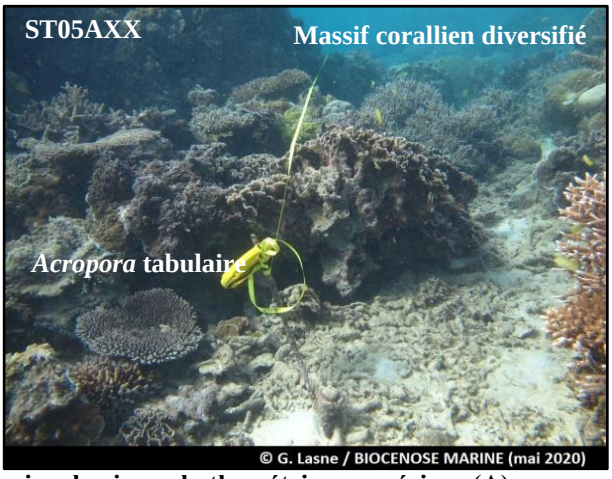


Carte 07 : Localisation de la station 05 (Ioro)

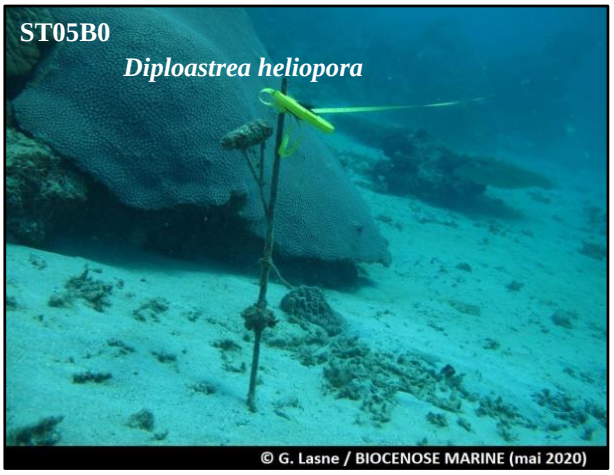


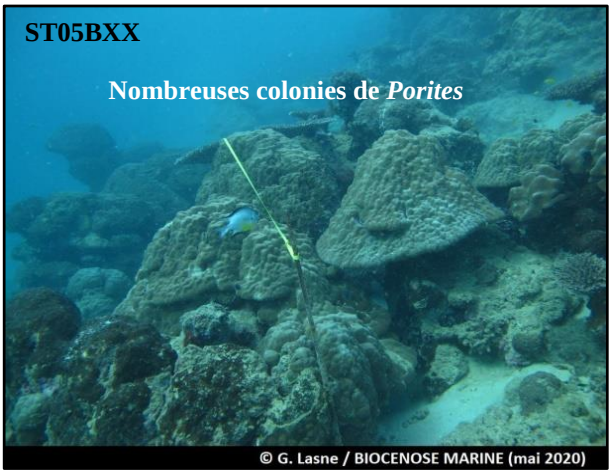
Photographie 11 : Position en surface par rapport au feu signal (ST05)

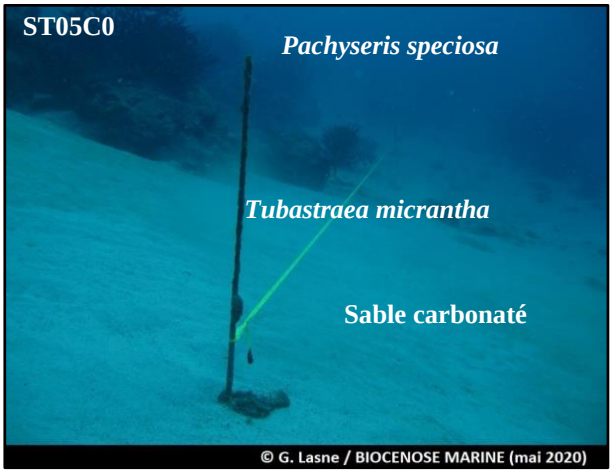


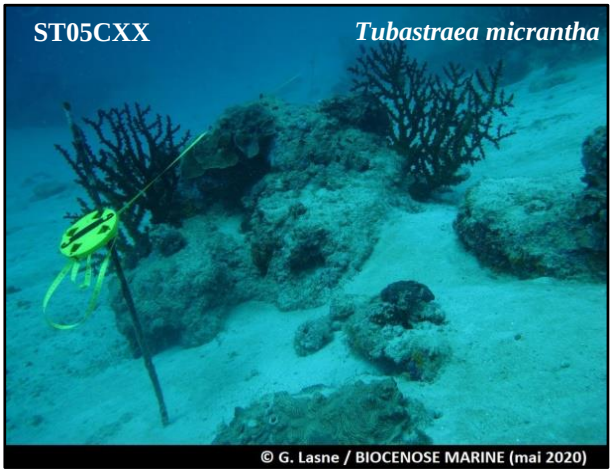


De nombreuses espèces d'holothuries peuvent coloniser le niveau bathymétrique supérieur (A) (variation entre les missions)









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

Photographie 12 : 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.

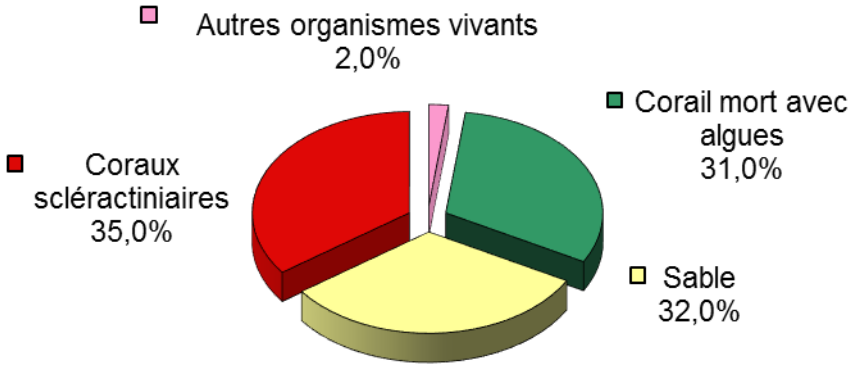


Figure 30 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05A

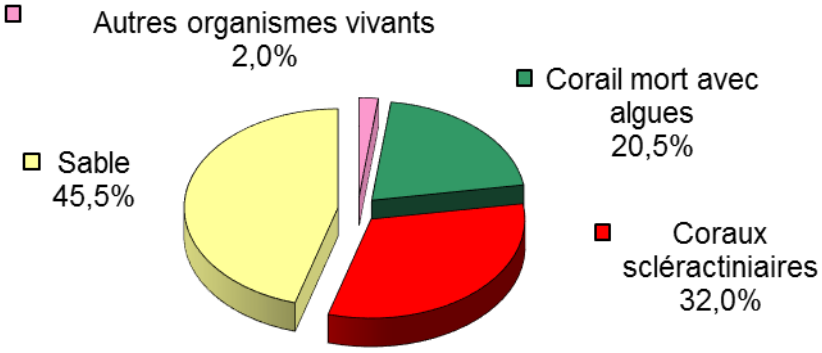


Figure 31 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05B

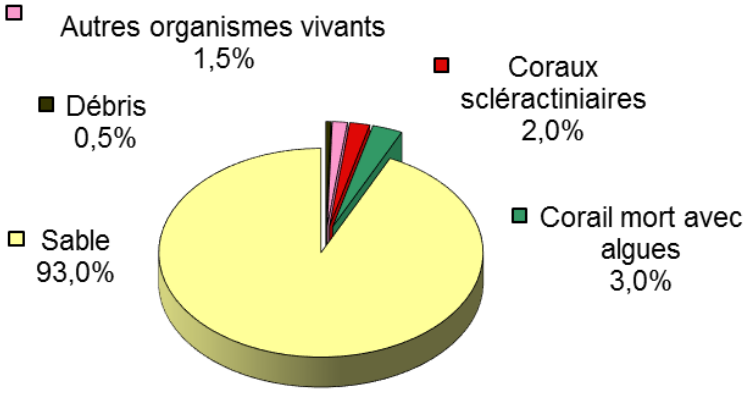


Figure 32 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05C

Le substrat est composé de sable dont la proportion augmente avec la profondeur (32%, 45.5% puis 93%).
Les coraux scléractiniaires ne sont correctement représentés que sur les deux premiers transects (35% et 32%), contre que 2% au transect C.

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 micrantha* 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 mai 2020, la richesse spécifique de la station Ioro (ST05) est composée de :

- **54 espèces d'invertébrés** dont 17 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (3 taxons), actiniaires (2 taxons), zoanthaires (1 taxon) ; 15 espèces d'échinodermes : holothurides (5 taxons), astéries (4 taxons), échinides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 9 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- **8 espèces de macrophytes** : algues vertes (5 taxons), algues rouges (2 taxons), algues brunes (1 taxon)
- **Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.**

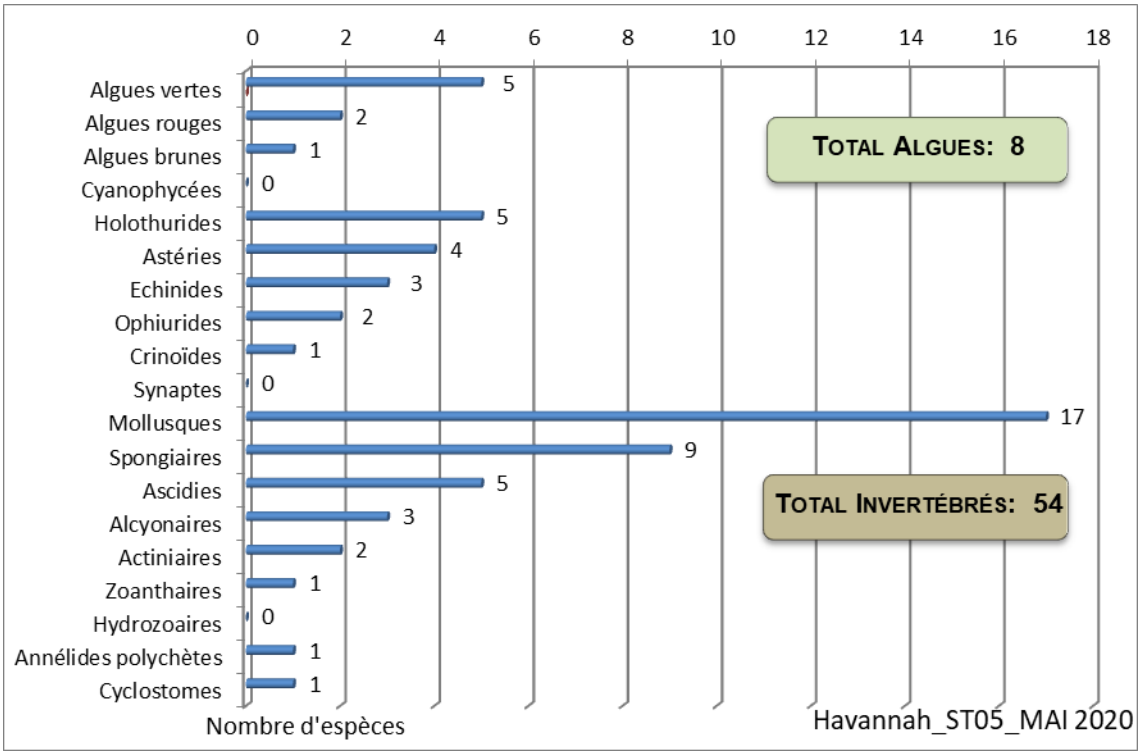


Figure 33 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST05)

4.5.2.1 Benthos Transect 05 A

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST05A est composée de :

- 39 espèces d'invertébrés dont 12 espèces de mollusques ; 3 espèces de cnidaires : alcyonaires (1 taxon), actiniaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 14 espèces d'échinodermes : holothurides (5 taxons), astéries (3 taxons), échinides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies ;
- 7 espèces de macrophytes : algues vertes (5 taxons), algues brunes (1 taxon), algues rouges (1 taxon).
- **Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.**

Tableau 43 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST05A)*

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 verte : •*Ventricaria ventricosa* (A1) ; 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 nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A2).	☑
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Thelenota ananas* (A1). Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les holothurides (-1 espèce) : •*Thelenota anax* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les échinides (1 sp) : •*Echinometra mathaei* (A2/+ 1) Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les holothurides (1 sp) : •*Actinopyga palauensis* (A1/- 1).
Mollusques	
3 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (1 sp) : •*Pinctada margaritifera* (A1) ; ➢ pour les gastéropodes (2 sp) : •*Lambis lambis* (A1), •*Lambis scorpius* (A1) 2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-2 sp) : •*Arca ventricosa* (A0/-2), •*Pteria* sp. (A0/-2)	4 espèces de mollusques diminuent d'abondance : ➢ pour les bivalves (4 espèces) : •*Septifer bilocularis* (A2/- 1), •*Pedum spondyloideum* (A3/- 1), •*Tridacna crocea* (A2/- 1), •*Tridacna maxima* (A2/- 1).
Éponges	
2 nouvelles espèces d'éponges recensées : •*Hamigera strongylata* (A1), •Spongiaires ind. (noire) (A1). 2 espèces d'éponges disparues : •*Dysidea herbacea* (A0/-1), •*Clathria rugosa* (A0/-2).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •*Spheciospongia vagabunda* (A2/+ 1).
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : •*Didemnum* sp. (blanche) (A2), •*Polycarpa aurita* (A2).	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.5.2.2 Benthos Transect 05 B

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST05B est composée de :

- 33 espèces d'invertébrés dont 9 espèces de mollusques ; 2 espèces de cnidaires : actiniaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 10 espèces d'échinodermes : échinides (3 taxons), holothurides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), astéries (1 taxon), crinoïdes (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies
- 5 espèces de macrophytes : algues vertes (3 taxons), algues brunes (1 taxon), algues rouges (1 taxon)
- **Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.**

Tableau 44 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST05B)*

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 : •*Amphiroa* sp. (A2). Une espèce d'algue disparue, l'algue verte : •*Neomeris vanbosseae* (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Une espèce d'algue diminue, l'algue verte : •*Ventricaria ventricosa* (A1/- 1).
Cyanobactéries	
Une espèce de cyanobactéries disparue : •*Phormidium* sp. (A0/-2)	☑
Cnidaires	
☑	☑
Échinodermes	

Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Thelenota ananas* (A1). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Nardoa gomophia* (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-1 sp) : •*Holothuria fuscopunctata* (A0/-1)	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A2/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Linckia multifora* (A1/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les nudibranches (1 sp) : •*Chromodoris reticulata* (A2). Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les nudibranches (-1 sp) : •*Halgerda punctata* (A0/-1).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 sp) : •*Pedum spondyloideum* (A4/+ 1). Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Septifer bilocularis* (A4/- 1).
Éponges	
☑	☑
Ascidies	
☑	☑
Bryozoaires	
☑	☑

4.5.2.3 Benthos Transect 05 C

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST05C est composée de :

- 26 espèces d'invertébrés dont 6 espèces de mollusques ; 2 espèces de cnidaires : alcyonaires (2 taxons) ; 5 espèces d'échinodermes : ophiurides (2 taxons), astéries (1 taxon), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- **Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des macrophytes et des cyanobactéries.**

Tableau 45 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST05C)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée ni n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente ni ne diminue.
Cyanobactéries	
Une espèce de cyanobactéries disparue : •*Phormidium* sp. (A0/-2).	☑
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A0/-2).	☑
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Celerina heffernani* (A1).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A1/- 1).
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Spondylus* sp. (A1) ; ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : •*Phyllidia ocellata* (A1).	☑
Éponges	
☑	3 espèces d'éponges diminuent d'abondance : •*Cymbastela cantharella* (A1/- 1), •Spongiaires ind. (noire) (A1/- 1), •*Clathria rugosa* (A2/- 1).
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Citorclinum laboutei* (A1).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A3/+ 1).
Bryozoaires	
☑	☑

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 achilles*				1	0,01	0,73				0,33	0,00	0,24
Aca	*Acanthurus blochii*				2	0,04	3,93	1	0,01	0,98	1,00	0,02	1,64
Aca	*Acanthurus mata*	5	0,06	2,75				7	0,05	2,20	4,00	0,04	1,65
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	3	0,04	1,65							1,00	0,01	0,55
Aca	*Ctenochaetus striatus*	2	0,03	1,10	3	0,06	2,64				1,67	0,03	1,24
Aca	*Naso unicornis*	2	0,03	21,44							0,67	0,01	7,15
Aca	*Zebrasoma scopas*	1	0,01	0,84	1	0,02	1,35				0,67	0,01	0,73
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	1	0,01	0,05							0,33	0,00	0,02
Can	*Canthigaster valentini*				1	0,02	0,01				0,33	0,01	0,00
Cha	*Chaetodon auriga*	2	0,03	0,17							0,67	0,01	0,06
Cha	*Chaetodon baronessa*	3	0,04	0,26							1,00	0,01	0,09
Cha	*Chaetodon ephippium*	30	0,19	4,99							10,00	0,06	1,66
Cha	*Chaetodon flavirostris*				4	0,08	1,60				1,33	0,03	0,53
Cha	*Chaetodon lunulatus*	3	0,04	0,09	4	0,08	0,55				2,33	0,04	0,21
Cha	*Chaetodon plebeius*	1	0,01	0,03	1	0,02	0,05				0,67	0,01	0,03
Cha	*Chaetodon ulietensis*	1	0,01	0,05							0,33	0,00	0,02
Cha	*Coradion altivelis*							2	0,02	1,94	0,67	0,01	0,65
Cha	*Heniochus acuminatus*							1	0,01	0,97	0,33	0,00	0,32
Epi	*Epinephelus coioides*							1	0,01	51,20	0,33	0,00	17,07
Epi	*Epinephelus maculatus*							2	0,02	21,33	0,67	0,01	7,11
Epi	*Plectropomus leopardus*	1	0,01	12,80	1	0,01	10,67	2	0,01	54,00	1,33	0,01	25,82
Hae	*Plectorhinchus flavomaculatus*				2	0,04	12,50	1	0,01	6,40	1,00	0,02	6,30
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	0,01	1,46	1	0,02	1,97	1	0,01	0,89	1,00	0,01	1,44
Lab	*Gomphosus varius*	2	0,03	0,50							0,67	0,01	0,17
Lab	*Hemigymnus melapterus*	1	0,01	1,71	1	0,02	2,33				0,67	0,01	1,35
Lab	*Labroides dimidiatus*	3	0,04	0,09				3	0,02	0,05	2,00	0,02	0,05
Lab	*Thalassoma hardwicke*	5	0,06	0,27							1,67	0,02	0,09
Lab	*Thalassoma lunare*	5	0,06	0,43	5	0,10	0,69	5	0,04	0,37	5,00	0,07	0,49
Lab	*Thalassoma lutescens*	4	0,05	0,34							1,33	0,02	0,11
Let	*Gymnocranius grandoculis*							1	0,01	2,23	0,33	0,00	0,74
Let	*Lethrinus atkinsoni*							1	0,01	6,40	0,33	0,00	2,13
Let	*Lethrinus miniatus*							2	0,01	12,80	0,67	0,00	4,27
Lut	*Lutjanus adetii*							10	0,17	35,49	3,33	0,06	11,83
Mul	*Parupeneus barberinus*	3	0,04	1,30	1	0,01	0,43	3	0,02	3,43	2,33	0,02	1,72
Mul	*Parupeneus ciliatus*							5	0,08	13,33	1,67	0,03	4,44
Mul	*Parupeneus cyclostomus*							5	0,04	5,71	1,67	0,01	1,90
Mul	*Parupeneus spilurus*							4	0,07	10,67	1,33	0,02	3,56
Nem	*Scolopsis bilineatus*	3	0,04	1,00	2	0,04	1,06				1,67	0,03	0,69
Poc	*Centropyge bicolor*				2	0,04	0,10				0,67	0,01	0,03
Poc	*Centropyge bispinosa*	2	0,03	0,06							0,67	0,01	0,02
Poc	*Centropyge tibicen*				3	0,06	0,15				1,00	0,02	0,05
Poc	*Pomacanthus semicirculatus*							2	0,01	6,00	0,67	0,00	2,00
Poc	*Pygoplites diacanthus*							1	0,01	0,42	0,33	0,00	0,14
Pom	*Abudefduf whitleyi*	10	0,13	0,54							3,33	0,04	0,18
Pom	*Amphiprion chrysopterus*	5	0,06	0,16							1,67	0,02	0,05
Pom	*Amphiprion perideraion*	5	0,06	0,08							1,67	0,02	0,03
Pom	*Chromis viridis*	20	0,25	0,32	25	0,50	0,64				15,00	0,25	0,32
Pom	*Chrysiptera rollandi*	1	0,01	0,01							0,33	0,00	0,00

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

Pom	*Chrysiptera taupou*	6	0,08	0,04							2,00	0,03	0,01
Pom	*Dascyllus aruanus*	10	0,13	0,07	5	0,10	0,13	10	0,08	0,11	8,33	0,10	0,10
Pom	*Dascyllus reticulatus*				5	0,10	0,05	10	0,13	0,16	5,00	0,08	0,07
Pom	*Dascyllus trimaculatus*	5	0,06	0,08	3	0,06	0,15	5	0,04	0,05	4,33	0,05	0,09
Pom	*Pomacentrus coelestis*	1	0,01	0,02							0,33	0,00	0,01
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	3	0,04	0,05	4	0,08	0,10				2,33	0,04	0,05
Sca	*Cetoscarus ocellatus*	1	0,01	0,09							0,33	0,00	0,03
Sca	*Chlorurus sordidus*	2	0,03	0,86	4	0,08	3,52				2,00	0,04	1,46
Sca	*Scarus chameleon*	1	0,01	0,84	1	0,02	1,10				0,67	0,01	0,65
Sca	*Scarus ghobban*	1	0,01	2,00				1	0,01	1,33	0,67	0,01	1,11
Sca	*Scarus niger*	1	0,01	1,00							0,33	0,00	0,33
Sca	*Scarus rivulatus*	1	0,01	3,91							0,33	0,00	1,30
Sca	*Scarus rubroviolaceus*				2	0,04	8,52	1	0,01	1,94	1,00	0,02	3,48
Sig	*Siganus doliatus*	2	0,03	3,43	2	0,03	4,57				1,33	0,02	2,67
Sig	*Siganus vulpinus*	2	0,02	0,33							0,67	0,01	0,11
Zan	*Zanclus cornutus*				1	0,02	2,74				0,33	0,01	0,91
Total		**161**	**1,81**	**67,21**	**87**	**1,70**	**62,27**	**87**	**0,87**	**240,41**	**111,67**	**1,46**	**123,30**
Biodiversité		**41**			**27**			**26**			**64**		
Indice de Shannon =		5,178											
Equitabilité =		0,863											

Sur l'ensemble des transects de la station, 335 individus appartenant à 64 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.46 poissons/m² pour une biomasse de 123.30 g/m².
99 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 achilles*	Gob	*Amblyeleotris stenotaeniata*	Poc	*Chaetodontoplus conspicillatus*
Aca	*Acanthurus blochii*	Gob	*Amblygobius phalaena*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*
Aca	*Acanthurus dussumieri*	Gra	*Diploprion bifasciatum*	Poc	*Pygoplites diacanthus*
Aca	*Acanthurus mata*	Hae	*Plectorhinchus flavomaculatus*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Pom	*Amblyglyphidodon aureus*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Lab	*Bodianus diana*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Aca	*Naso unicornis*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Amphiprion chrysopterus*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Amphiprion perideraion*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Chromis viridis*
Apo	*Apogon aureus*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Apo	*Apogon doederleini*	Lab	*Hemigymnus fasciatus*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Apo	*Apogon fuscus*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Apo	*Apogon indicus*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Bal	*Pseudobalistes fuscus*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*
Bal	*Sufflamen bursa*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Pom	*Plectroglyphidodon johnstonianus*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Let	*Gymnocranius grandoculis*	Pom	*Pomacentrus brachialis*
Ble	*Salarias fasciatus*	Let	*Lethrinus atkinsoni*	Pom	*Pomacentrus chrysurus*
Can	*Canthigaster valentini*	Let	*Lethrinus miniatus*	Pom	*Pomacentrus coelestis*
Cha	*Chaetodon auriga*	Let	*Lethrinus nebulosus*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lut	*Lutjanus adetii*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Cha	*Chaetodon ephippium*	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	Sca	*Cetoscarus ocellatus*

Cha	*Chaetodon flavirostris*	Mon	*Pervagor melanocephalus*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Mul	*Parupeneus barberinus*	Sca	*Scarus chameleon*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Mul	*Parupeneus ciliatus*	Sca	*Scarus ghobban*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Mul	*Parupeneus cyclostomus*	Sca	*Scarus niger*
Cha	*Coradion altivelis*	Mul	*Parupeneus spilurus*	Sca	*Scarus rivulatus*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Nem	*Pentapodus aureofasciatus*	Sca	*Scarus rubroviolaceus*
Cir	*Cirrhitichthys falco*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Sig	*Siganus doliatus*
Cir	*Paracirrhites forsteri*	Ost	*Ostracion cubicus*	Sig	*Siganus vulpinus*
Epi	*Epinephelus coioides*	Poc	*Centropyge bicolor*	Syn	*Saurida gracilis*
Epi	*Epinephelus maculatus*	Poc	*Centropyge bispinosa*	Syn	*Synodus variegatus*
Epi	*Plectropomus leopardus*	Poc	*Centropyge tibicen*	Zan	*Zanclus cornutus*

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.

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	7	4,74	17,50	11,85
Chaetodontidae	30	9	5,91	30,00	19,71
Epinephelinae	26	3	2,61	11,54	10,03
Labridae	97	7	6,00	7,22	6,19
Lethrinidae	16	3	0,74	18,75	4,62
Lutjanidae	22	1	1,00	4,55	4,55
Mullidae	14	4	2,13	28,57	15,22
Pomacanthidae	14	5	3,57	35,71	25,47
Pomacentridae	92	11	8,96	11,96	9,74
Scaridae	23	7	3,83	30,43	16,64
Siganidae	10	2	1,30	20,00	13,04
Autres	257	5	5,43	1,95	2,11
Khi2 obs		**6,3**		**24,5**	
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.

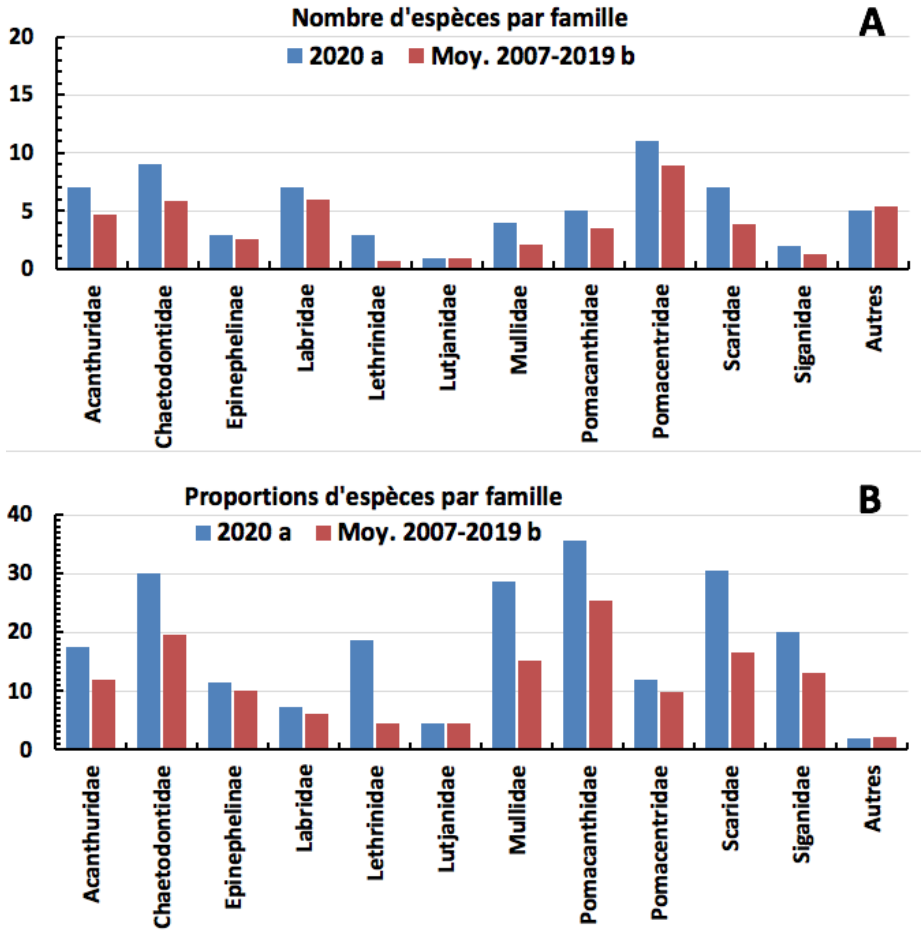


Figure 34 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST05)

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 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
2020 a	Transect A	161	1,81	67,21	41		
	Transect B	87	1,70	62,27	27		
	Transect C	87	0,87	240,41	26		
	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	2 320	1	21 668	134	142	330
Ecart type	48,17	0,78	147,20	11,59	11,91	18,16
Moyenne	107,8	1,5	139,2	46,1	66,4	92,8
Coef. de Var.	0,45	0,51	1,06	0,25	0,18	0,20

Commentaires :

- Tous les paramètres ont des valeurs proches de leur moyenne établie sur la période.
- Les changements qualitatifs à l'intérieur de la Bα sont sensibles mais nombre d'entre eux portent sur des espèces qui ne figurent pas sur la liste DENV. Ce sont des espèces nouvelles chez les Acanthuridés, des absences ou des remplacements chez les Pomacentridés (*Chromis*, *Pomacentrus*), des absences chez les Scaridés.

Ainsi, malgré son apparente stabilité, le peuplement de cette station, comme les autres, est qualitativement très plastique. Exprimée de façon relative (cf. § 3.4.3) la structure spécifique du peuplement de cette mission diffère de la structure moyenne obtenue sur la période du suivi. Sur les 24 missions effectuées, cette dernière s'ajoute aux 16 de la série historique qui diffèrent significativement de la structure moyenne.
En revanche, celle de 2019a, 2008, 2010a, 2011a, 2012a et b, et 2017a ne se distinguent pas de la moyenne.

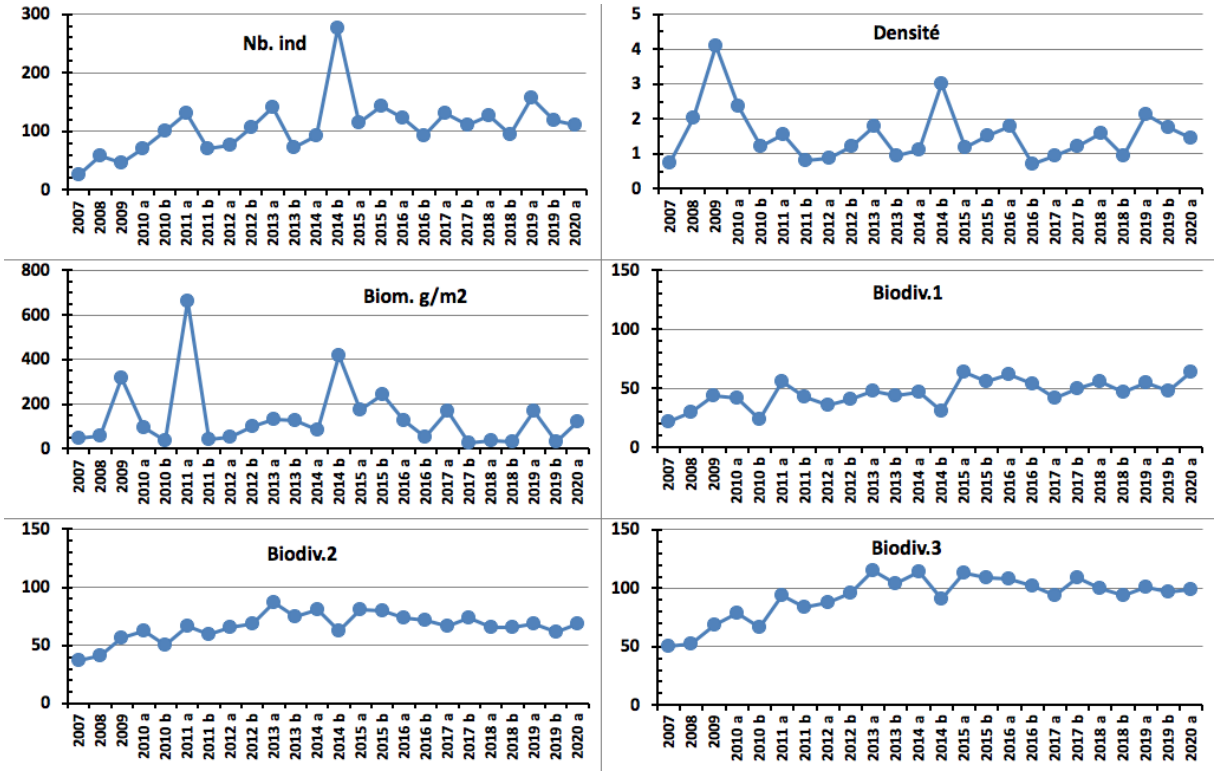


Figure 35 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05)

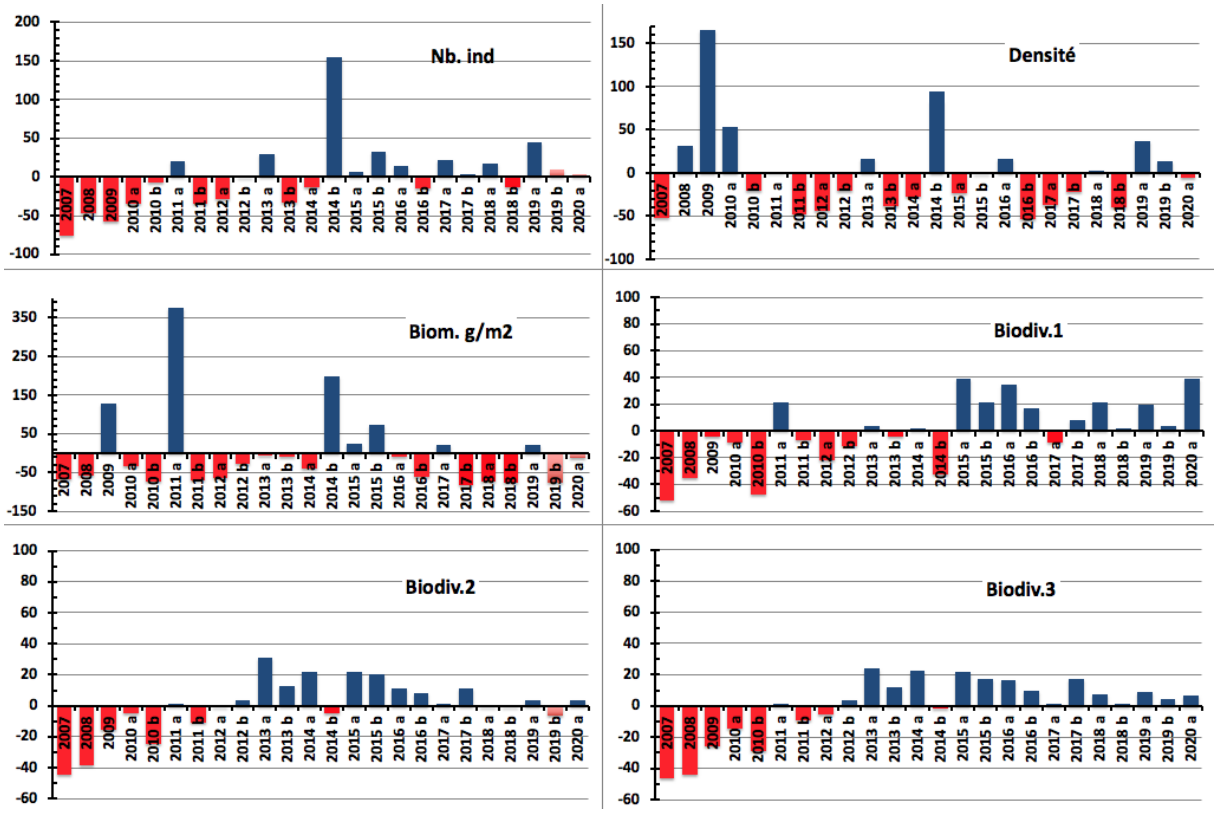


Figure 36 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05)

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 13) 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)
- 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
- 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 avril 2019 de 1 spécimen juvénile en C

Variations entre octobre 2019 et mai 2020

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 40.5% au transect A (3ème rang du réseau), 33.5% en B (3ème rang du réseau) et 11% en C. Stable
- 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%
- Lésions coralliennes : des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques, à la maladie de la bande blanche et à la prédation de corallivore :

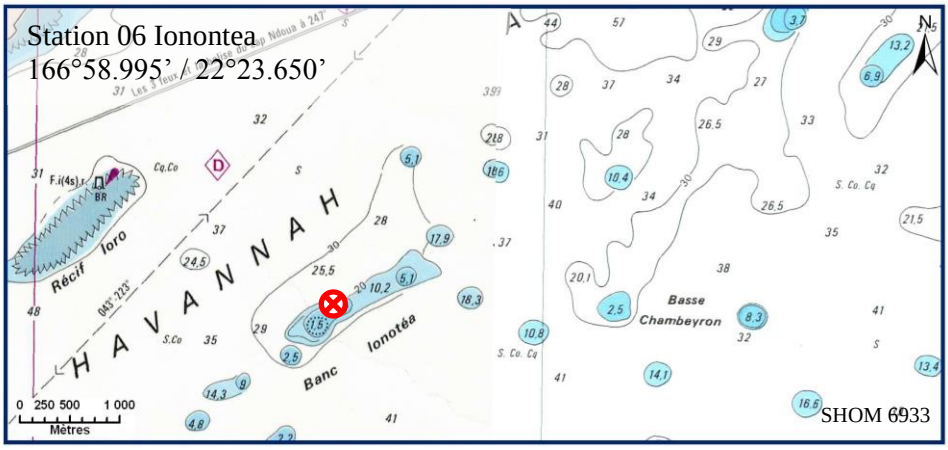
- Prédation des corallivores *Drupella cornus* : 1.2 et 1 m² de coraux blanchis sans polype en A et B
- Maladie corallienne : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) pour A et B : 0.3 et 0.8 m² de coraux blanchis sans polype
- Perturbations mécaniques : les conditions hydrodynamiques sont importantes, de nombreux débris et de nombreuses colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat suite aux évènements dépressionnaires

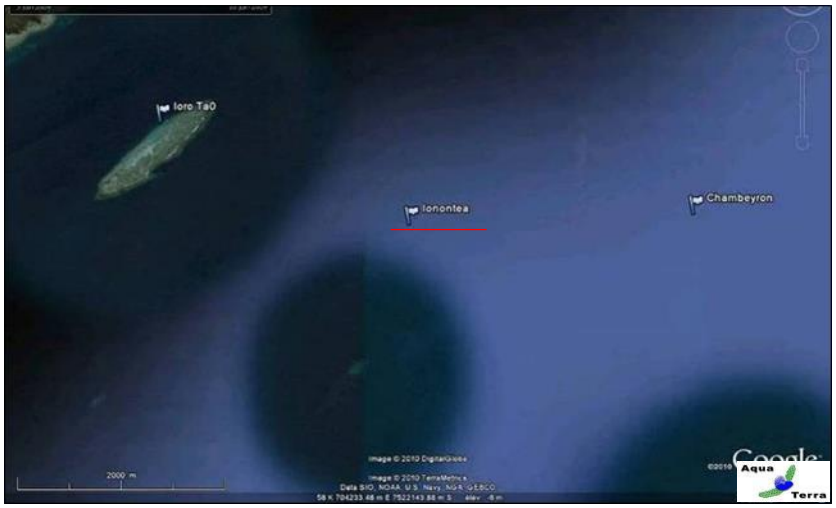
Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : absentes en A, stable en B (niveau 2) et diminution en C (niveau 2 à 1). Elles se développent sur les colonies mortes en place et les débris
- Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens et les colonies coralliennes au fur et à mesure de leur dégradation (effondrement de débris)
- Algue brune *Lobophora* : absente et stable
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente, forte diminution aux 3 transects (anciennement niveau 3/4/3)
- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona jullieni :* stable

Les corallivores :

- *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Drupella cornus* : augmentation en A (niveau 0 à 3)



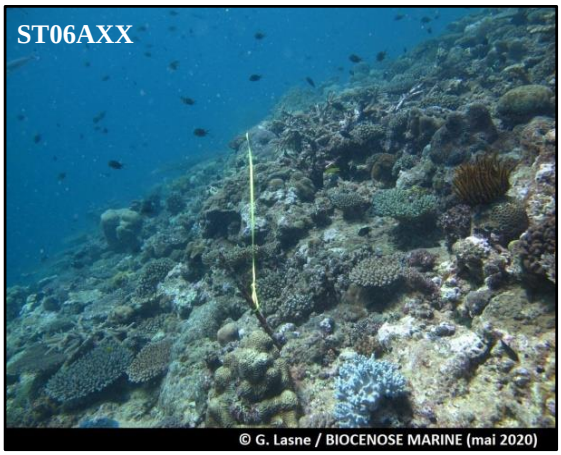


Carte 08 : Localisation de la station 06 (Ionontea)



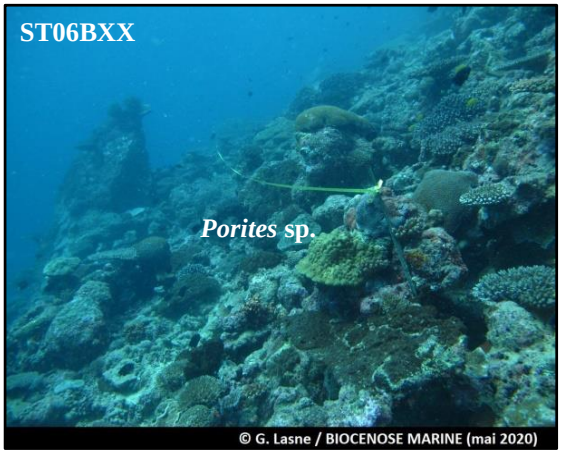
Photographie 13 : Position en surface (ST06)





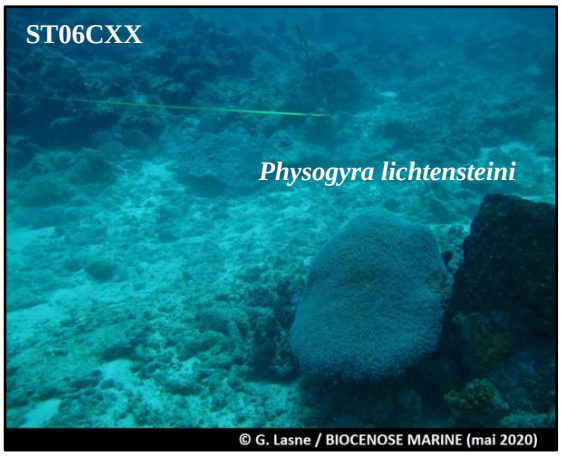
De nombreuses colonies d'*Acropora* tabulaires colonisent le niveau bathymétrique supérieur ainsi que des colonies coralliennes retournées (hydrodynamisme) et mortes en place (maladie bande blanche)





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 14 : 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.

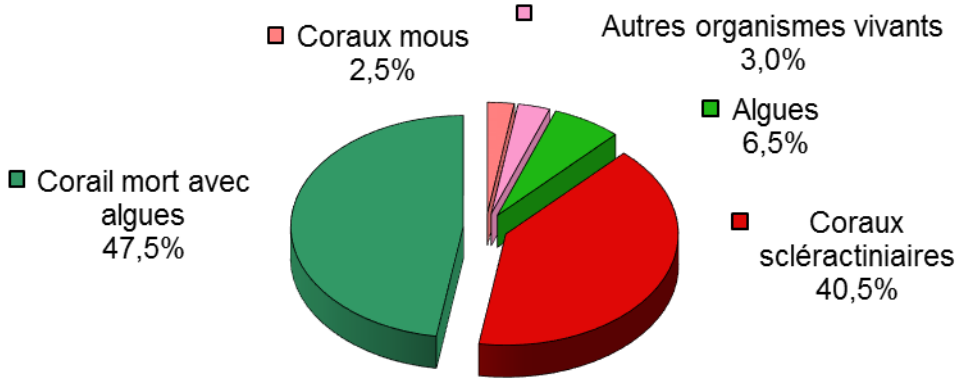


Figure 37 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06A

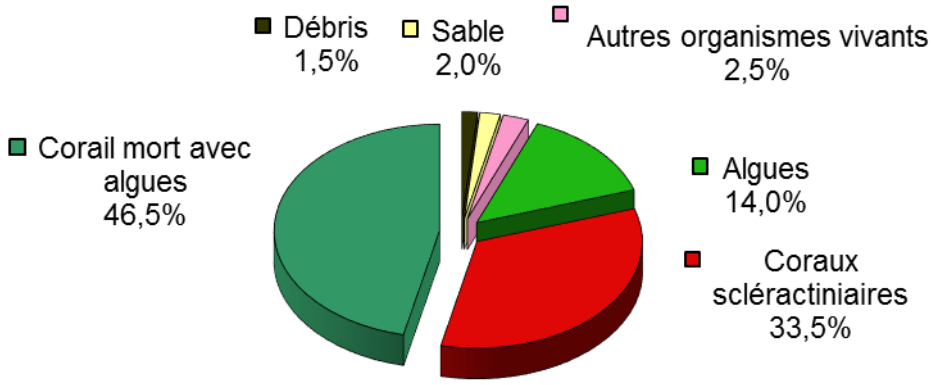


Figure 38 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06B

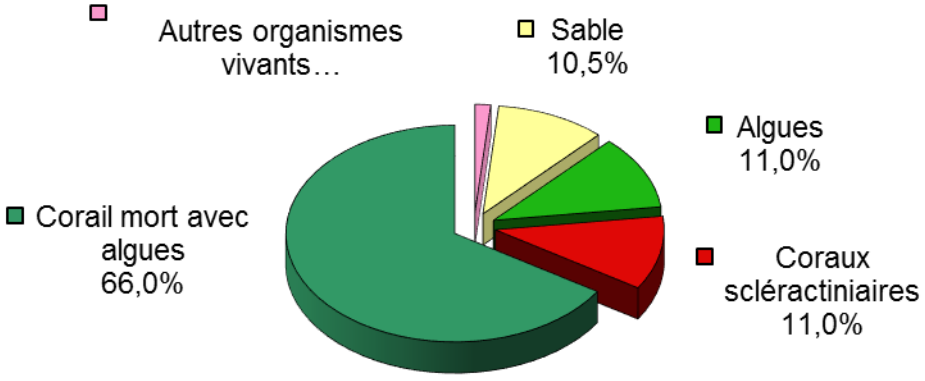


Figure 39 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06C

Le substrat est très recouvert à cette station, notamment de coraux morts anciennement et colonisés par des algues calcaires encroûtantes (avec ainsi 100% de substrat biotique au transect A, 96.5% en B et 89.5% en C).
Les coraux scléractiniaires sont bien représentés particulièrement sur les 2 transects haut (40.5% en A, 33.5% en B et 11% 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 mai 2020, la richesse spécifique de la station Banc Ionontea (ST06) est composée de :

- **41 espèces d'invertébrés** dont 8 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (3 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 9 espèces d'échinodermes : astéries (4 taxons), échinides (2 taxons), holothurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 8 espèces d'ascidies
- **3 espèces de macrophytes** : algues vertes (2 taxons), algues rouges (1 taxon)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

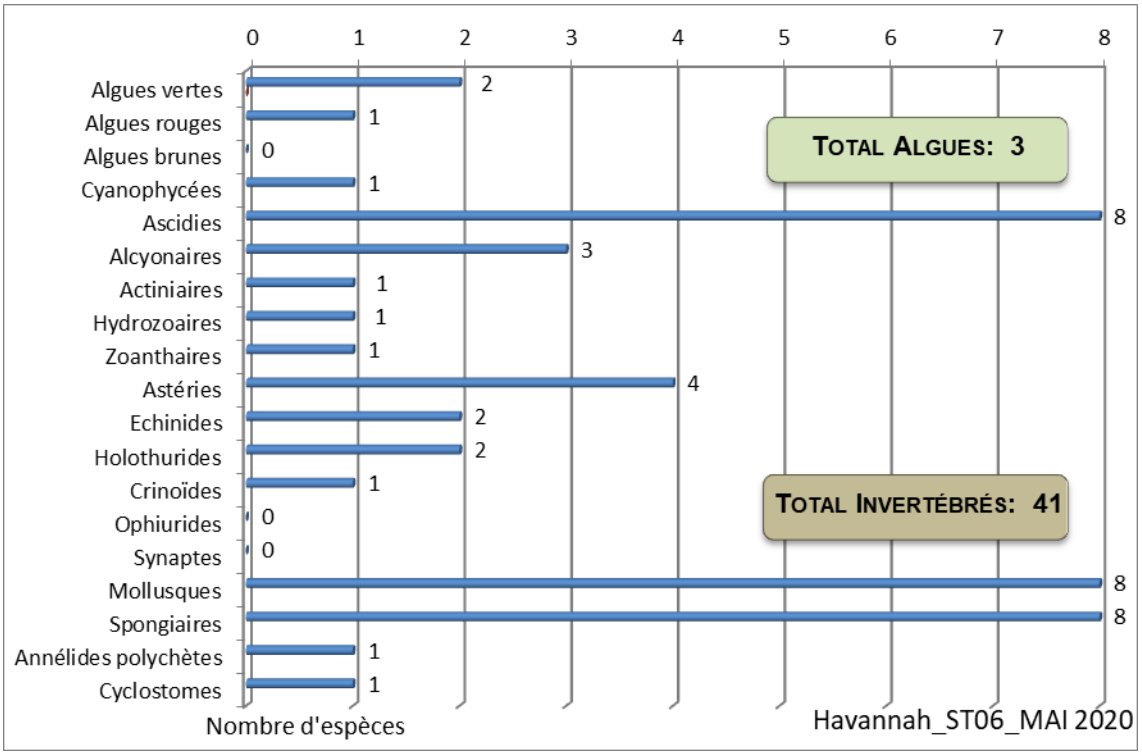


Figure 40 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST06)

4.6.2.1 Benthos Transect 06 A

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST06A est composée de :

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

Tableau 51 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST06A)*

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 : •*Turbinaria ornata* (A0/-2) ; et 2 espèces d'algues rouges : •*Asparagopsis taxiformis* (A0/-3), •*Amphiroa* sp. (A0/-2).	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 disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Nephthea* sp. (A0/-2).	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A3/+ 1).
Échinodermes	
Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les holothurides (-1 sp) : •*Actinopyga lecanora* (A0/-1).	☑
Mollusques	
☑	2 espèces de mollusques diminuent d'abondance : ➢ pour les bivalves (2 espèces) : •*Septifer bilocularis* (A1/- 1), •*Pedum spondyloideum* (A2/- 1).
Éponges	
☑	☑
Ascidies	
☑	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : •*Polycarpa cryptocarpa* (A3/+ 1). 2 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A2/- 1), •*Polycarpa nigricans* (A3/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.6.2.2 Benthos Transect 06 B

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST06B est composée de :

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

Tableau 52 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST06B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
2 nouvelles espèces d'algues recensées, dont 2 espèces d'algues vertes : •*Halimeda* sp. (2spp.) (A2) ; 2 espèces d'algues disparues, dont 2 espèces d'algues rouges : •*Asparagopsis taxiformis* (A0/-4), •*Trichogloea requienii* (A0/-1).	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) : •*Dendronephthya* sp. (A2). 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) : •*Fromia indica* (A2). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-1 espèce) : •*Holothuria atra* (A0/-1).	2 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Celerina heffernani* (A2/+ 1) ; ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Echinometrix diadema* (A2/+ 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Drupella cornus* (A3).	☑
Éponges	
Une espèce d'éponges disparue : •*Ptilocaulis fusiformis* (A0/-1).	☑
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : •*Didemnum* sp. (rouge) (A2), •*Polycarpa clavata* (A2).	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : •*Polycarpa cryptocarpa* (A3/+ 1), •*Polycarpa nigricans* (A4/+ 2).
Bryozoaires	
☑	☑

4.6.2.3 Benthos Transect 06 C

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST06C est composée de :

- 20 espèces d'invertébrés dont 2 espèces de mollusques ; une espèce de cnidaires ; 4 espèces d'échinodermes : astéries (1 taxon), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- 1 espèce de macrophyte : algues rouges (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 53 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST06C)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 3 espèces d'algues disparues, dont 2 espèces d'algues rouges : •*Asparagopsis taxiformis* (A0/-3), •*Trichogloea requienii* (A0/-2) ; et l'algue verte : •*Halimeda* sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	Une espèce de cyanobactéries diminue d'abondance : •*Phormidium* sp. (A1/- 1).
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les hydrozoaires (-1 espèce) : •Hydrozoaires ind. (A0/-2).	☑
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Fromia indica* (A1). 6 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Linckia multifora* (A0/-2) ; ➢ pour les holothurides (-5 espèce) : •*Actinopyga palauensis* (A0/-1), •*Holothuria edulis* (A0/-1), •*Holothuria fuscopunctata* (A0/-1), •*Thelenota ananas* (A0/-1), •*Thelenota anax* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria atra* (A1/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : •*Phyllidiella pustulosa* (A1).	☑
Éponges	
2 nouvelles espèces d'éponges recensées : •*Cymbastela cantharella* (A2), •*Leucetta chagosensis* (A2).	2 espèces d'éponges diminuent d'abondance : •Spongiaires ind. (noire) (A2/- 1), •Spongiaires ind. (orange) (A2/- 1).
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : •*Polycarpa aurita* (A0/-3).	☑
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*	5	0,04	4,09	20	0,20	19,65	20	0,25	24,57	15,00	0,16	16,10
Aca	*Ctenochaetus striatus*	1	0,01	0,68	4	0,04	3,28				1,67	0,02	1,32
Aca	*Zebrasoma scopas*	1	0,01	0,56	5	0,05	3,38				2,00	0,02	1,31
Aca	*Zebrasoma veliferum*							1	0,01	2,00	0,33	0,00	0,67
Ant	*Pseudanthias bicolor*	7	0,06	1,17							2,33	0,02	0,39
Ant	*Pseudanthias dispar*	7	0,06	0,85							2,33	0,02	0,28
Cae	*Pterocaesio marri*	30	0,25	10,99							10,00	0,08	3,66
Car	*Elagatis bipinnulata*				12	0,10	16,00				4,00	0,03	5,33
Cha	*Chaetodon auriga*	2	0,02	0,24	2	0,02	0,00	1	0,01	0,13	1,67	0,02	0,12
Cha	*Chaetodon baronessa*				4	0,04	0,01				1,33	0,01	0,00
Cha	*Chaetodon bennetti*	1	0,01	0,17	3	0,03	0,00				1,33	0,01	0,06
Cha	*Chaetodon citrinellus*	4	0,03	0,23							1,33	0,01	0,08
Cha	*Chaetodon ephippium*	3	0,03	0,67	4	0,04	0,02				2,33	0,02	0,23
Cha	*Chaetodon flavirostris*				5	0,05	0,00				1,67	0,02	0,00
Cha	*Chaetodon kleinii*	3	0,03	0,11							1,00	0,01	0,04
Cha	*Chaetodon mertensii*	4	0,03	0,14							1,33	0,01	0,05
Cha	*Chaetodon pelewensis*	2	0,02	0,07	3	0,03	0,00				1,67	0,02	0,03
Cha	*Chaetodon speculum*	3	0,03	0,26	2	0,02	0,00				1,67	0,02	0,09
Cha	*Chaetodon trifascialis*	3	0,03	0,17							1,00	0,01	0,06
Cha	*Chaetodon ulietensis*	1	0,01	0,06	1	0,01	0,01				0,67	0,01	0,02
Cha	*Chaetodon unimaculatus*	2	0,02	0,33	1	0,01	0,01				1,00	0,01	0,11
Cha	*Chaetodon vagabondus*	2	0,02	0,17	1	0,01	0,00				1,00	0,01	0,06
Cha	*Heniochus acuminatus*				1	0,01	1,60				0,33	0,00	0,53
Cha	*Heniochus monoceros*	1	0,01	0,37							0,33	0,00	0,12
Epi	*Cephalopholis sonnerati*							2	0,03	21,44	0,67	0,01	7,15
Epi	*Epinephelus merra*	1	0,01	0,56							0,33	0,00	0,19
Epi	*Plectropomus leopardus*							3	0,03	83,19	1,00	0,01	27,73
Lab	*Bodianus loxozonus*							1	0,01	1,23	0,33	0,00	0,41
Lab	*Bodianus perditio*							1	0,01	6,75	0,33	0,00	2,25
Lab	*Cheilinus chlorourus*							1	0,01	0,84	0,33	0,00	0,28
Lab	*Gomphosus varius*	3	0,03	0,26							1,00	0,01	0,09
Lab	*Halichoeres hortulanus*	1	0,01	0,29							0,33	0,00	0,10
Lab	*Hemigymnus melapterus*	2	0,02	1,64							0,67	0,01	0,55
Lab	*Thalassoma amblycephalum*	10	0,08	1,67							3,33	0,03	0,56
Lab	*Thalassoma hardwicke*	6	0,05	1,00							2,00	0,02	0,33
Lab	*Thalassoma lunare*	8	0,07	0,68	3	0,03	0,21	3	0,04	0,75	4,67	0,04	0,55
Lab	*Thalassoma lutescens*	8	0,07	0,46	2	0,02	0,14				3,33	0,03	0,20
Let	*Lethrinus atkinsoni*	1	0,01	4,50							0,33	0,00	1,50
Let	*Monotaxis grandoculis*							1	0,01	8,19	0,33	0,00	2,73
Lut	*Lutjanus adetii*				20	0,20	37,04	15	0,19	39,93	11,67	0,13	25,66
Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	4	0,03	0,02							1,33	0,01	0,01
Nem	*Scolopsis bilineatus*				4	0,04	1,38	2	0,03	1,10	2,00	0,02	0,83
Poc	*Centropyge bicolor*	3	0,03	0,03	3	0,03	0,13	1	0,01	0,05	2,33	0,02	0,07
Poc	*Centropyge bispinosa*	4	0,03	0,04	3	0,03	0,08				2,33	0,02	0,04
Poc	*Centropyge flavissima*	3	0,03	0,06	4	0,04	0,17				2,33	0,02	0,08
Poc	*Centropyge tibicen*	2	0,02	0,02	1	0,01	0,03	1	0,01	0,03	1,33	0,01	0,03
Pom	*Amphiprion clarkii*	5	0,04	0,05							1,67	0,01	0,02

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

Pom	*Chromis fumea*				20	0,20	0,26	10	0,13	0,16	10,00	0,11	0,14
Pom	*Chrysiptera rollandi*	1	0,01	0,00	4	0,04	0,02	1	0,01	0,01	2,00	0,02	0,01
Pom	*Chrysiptera taupou*	6	0,05	0,03	6	0,06	0,08				4,00	0,04	0,03
Pom	*Dascyllus reticulatus*	10	0,08	0,05	10	0,10	0,05	10	0,13	0,07	10,00	0,10	0,06
Pom	*Dascyllus trimaculatus*				7	0,07	0,09	5	0,06	0,03	4,00	0,04	0,04
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	3	0,03	0,03	4	0,04	0,05	3	0,04	0,05	3,33	0,03	0,04
Sca	*Chlorurus sordidus*	5	0,04	1,83	4	0,04	2,20				3,00	0,03	1,34
Sca	*Scarus niger*	1	0,01	0,56	2	0,02	2,74				1,00	0,01	1,10
Sco	*Scomberomorus commerson*							1	0,00	83,33	0,33	0,00	27,78
Sig	*Siganus argenteus*	15	0,13	4,32	10	0,10	4,39				8,33	0,08	2,90
Sig	*Siganus corallinus*				2	0,02	1,10				0,67	0,01	0,37
Sig	*Siganus vulpinus*	4	0,03	1,15							1,33	0,01	0,38
Total		**188**	**1,57**	**40,58**	**177**	**1,75**	**94,11**	**83**	**1,02**	**273,85**	**149,33**	**1,44**	**136,18**
Biodiversité		**42**			**33**			**20**			**59**		
Indice de Shannon =		5,143											
Equitabilité =		0,874											

Sur l'ensemble des transects de la station, 448 individus appartenant à 59 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.44 poissons/m² pour une biomasse de 136.18 g/m².
134 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 blochii*	Epi	*Epinephelus coioides*	Mul	*Parupeneus barberinoides*
Aca	*Acanthurus dussumieri*	Epi	*Epinephelus cyanopodus*	Mul	*Parupeneus indicus*
Aca	*Acanthurus mata*	Epi	*Epinephelus fasciatus*	Mul	*Parupeneus multifasciatus*
Aca	*Acanthurus nigricans*	Epi	*Epinephelus merra*	Nem	*Pentapodus aureofasciatus*
Aca	*Acanthurus nigricauda*	Epi	*Plectropomus laevis*	Nem	*Scolopsis bilineatus*
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	Epi	*Plectropomus leopardus*	Nem	*Scolopsis lineatus*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	Pin	*Parapercis hexophtalma*
Aca	*Naso brevirostris*	Hae	*Plectorhinchus lessonii*	Poc	*Centropyge bicolor*
Aca	*Naso lituratus*	Hae	*Plectorhinchus picus*	Poc	*Centropyge bispinosa*
Aca	*Naso lopezi*	Hol	*Sargocentron ensifer*	Poc	*Centropyge flavissima*
Aca	*Naso unicornis*	Hol	*Sargocentron rubrum*	Poc	*Centropyge tibicen*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Hol	*Sargocentron spiniferum*	Poc	*Pygoplites diacanthus*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Anampses femininus*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Ant	*Pseudanthias bicolor*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*
Ant	*Pseudanthias dispar*	Lab	*Bodianus diana*	Pom	*Amphiprion clarkii*
Apo	*Apogon aureus*	Lab	*Bodianus loxozonus*	Pom	*Chromis amboinensis*
Apo	*Apogon doederleini*	Lab	*Bodianus perditio*	Pom	*Chromis fumea*
Apo	*Apogon fucata*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Chromis margaritifer*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Cheilinus undulatus*	Pom	*Chromis nitida*
Bal	*Sufflamen chrysopterus*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Ble	*Atrosalarias fuscus*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Cae	*Pterocaesio marri*	Lab	*Halichoeres hortulanus*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Car	*Elagatis bipinnulata*	Lab	*Hemigymnus fasciatus*	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Plectroglyphidodon johnstonianus*

Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lab	*Labropsis australis*	Pom	*Pomacentrus adelus*
Cha	*Chaetodon citrinellus*	Lab	*Thalassoma amblycephalum*	Pom	*Pomacentrus bankanensis*
Cha	*Chaetodon ephippium*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Pom	*Pomacentrus lepidogenys*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon kleinii*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Pom	*Pomacentrus simsiang*
Cha	*Chaetodon mertensii*	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	Sca	*Cetoscarus ocellatus*
Cha	*Chaetodon pelewensis*	Let	*Lethrinus atkinsoni*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon speculum*	Let	*Monotaxis grandoculis*	Sca	*Scarus longipinnis*
Cha	*Chaetodon trifascialis*	Lut	*Aprion virescens*	Sca	*Scarus niger*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Lut	*Lutjanus adetii*	Sca	*Scarus rubroviolaceus*
Cha	*Chaetodon unimaculatus*	Lut	*Lutjanus argentimaculatus*	Sca	*Scarus schlegeli*
Cha	*Chaetodon vagabondus*	Lut	*Lutjanus bohar*	Sco	*Scomberomorus commerson*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Lut	*Lutjanus ehrenbergii*	Sig	*Siganus argenteus*
Cha	*Heniochus monoceros*	Lut	*Lutjanus fulviflamma*	Sig	*Siganus corallinus*
Cha	*Heniochus varius*	Lut	*Lutjanus gibbus*	Sig	*Siganus puellus*
Cir	*Cirrhitichthys falco*	Lut	*Lutjanus monostigma*	Sig	*Siganus vulpinus*
Cir	*Paracirrhites arcatus*	Lut	*Lutjanus quinquelineatus*	Syn	*Synodus variegatus*
Epi	*Cephalopholis sonnerati*	Mic	*Ptereleotris evides*	Zan	*Zanclus cornutus*
Epi	*Cephalopholis urodeta*	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*		

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	4	7,13	10,00	17,83
Chaetodontidae	30	16	7,48	53,33	24,93
Epinephelinae	26	3	4,22	11,54	16,22
Labridae	97	10	8,61	10,31	8,87
Lethrinidae	16	2	0,78	12,50	4,89
Lutjanidae	22	1	1,83	4,55	8,30
Mullidae	14	0	1,43	0,00	10,25
Pomacanthidae	14	4	4,17	28,57	29,81
Pomacentridae	92	7	5,65	7,61	6,14
Scaridae	23	2	4,39	8,70	19,09
Siganidae	10	3	1,70	30,00	16,96
Autres	257	7	5,35	2,72	2,08
Khi2 obs		**19,9**		**70,1**	
Khi2 tab				**19,17**	

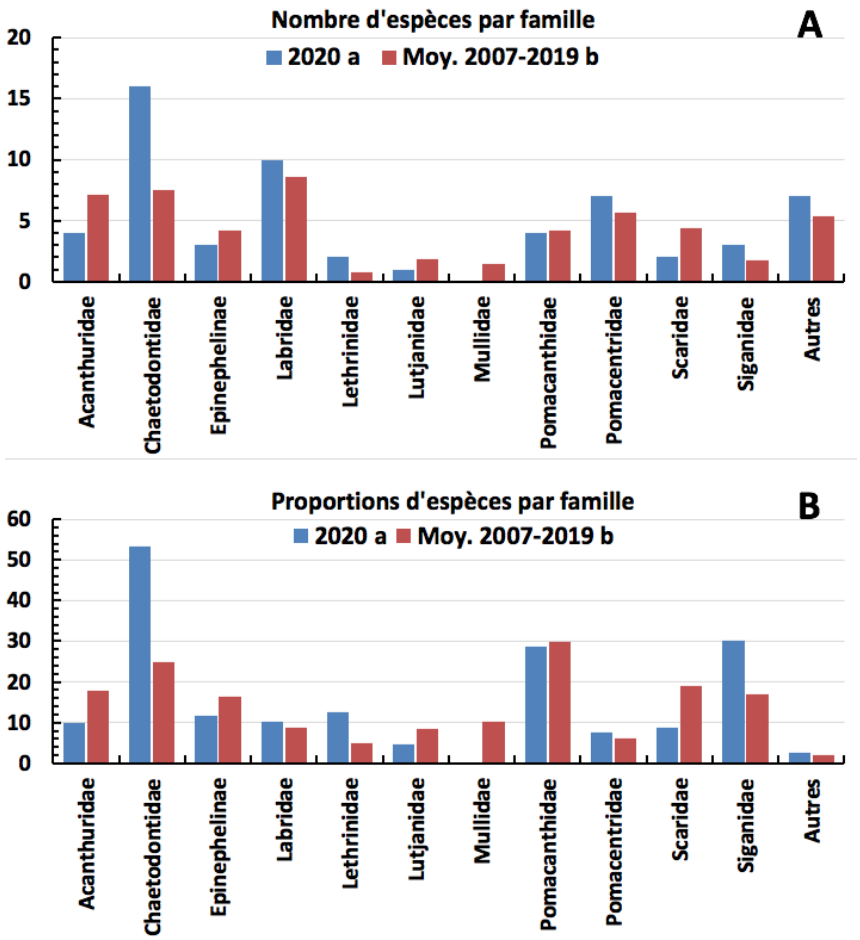


Figure 41 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST06)

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
2020 a	Transect A	188	1,57	40,58	42		
	Transect B	177	1,75	94,11	33		
	Transect C	83	1,02	273,85	20		
	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	6 185,7	1,0	96 288,0	151,2	288,3	573,6
Ecart type	78,6	1,0	310,3	12,3	17,0	23,9
Moyenne	170,9	2,4	399,2	53,9	81,3	115,9
Coef. de Var.	0,5	0,4	0,8	0,2	0,2	0,2

Commentaires :

- La densité et la biomasse ont conservé des valeurs faibles.

- La biodiversité est bonne.
- Les structures de peuplements fluctuent toujours d'une mission à l'autre.

La structure spécifique du peuplement (cf. § 3.4.3) de cette mission décrite par les diversités spécifiques par familles ou par les proportions diffère significativement de la moyenne des structures obtenue sur la période du suivi.
Dans la série historique des 24 missions, seules 5 d'entre elles montrent des structures de peuplements similaires à la structure moyenne : ce sont 2007, 2011b, 2014a, 2015a, 2017a.
Cette remarque souligne la plasticité qualitative du peuplement. En effet, la quasi totalité des espèces à l'intérieur des familles montrent toutes, à cette échelle de surface, des jeux de substitution.
A titre d'exemples :

- Dans la famille des Acanthuridae (poissons chirurgiens) il faut noter l'absence de *Naso thynnoides* et le retour de *Naso lopezi* alors que *N. annulatus* est toujours absent.
- Dans la famille des Chaetodons (poissons papillons) *Chaetodon unimaculatus* était toujours présent ainsi que *Coradion altivelis*, alors que *Heniochus monoceros* et *H. varius* sont tous les deux de nouveau présents.
- Dans la famille des Pomacentridés (poissons demoiselles) *Amblyglyphydodon leucogaster* qui était nouveau la fois précédente était toujours là, ainsi que *Chromis amboinensis* alors que *C. chrysura*, *C. agilis* et *C. leucura* sont toujours absents.
- Dans la famille des Epinephelinae (Loches), *Epinephelus coioides* est apparue ainsi que *Cephalopholis sonnerati*.

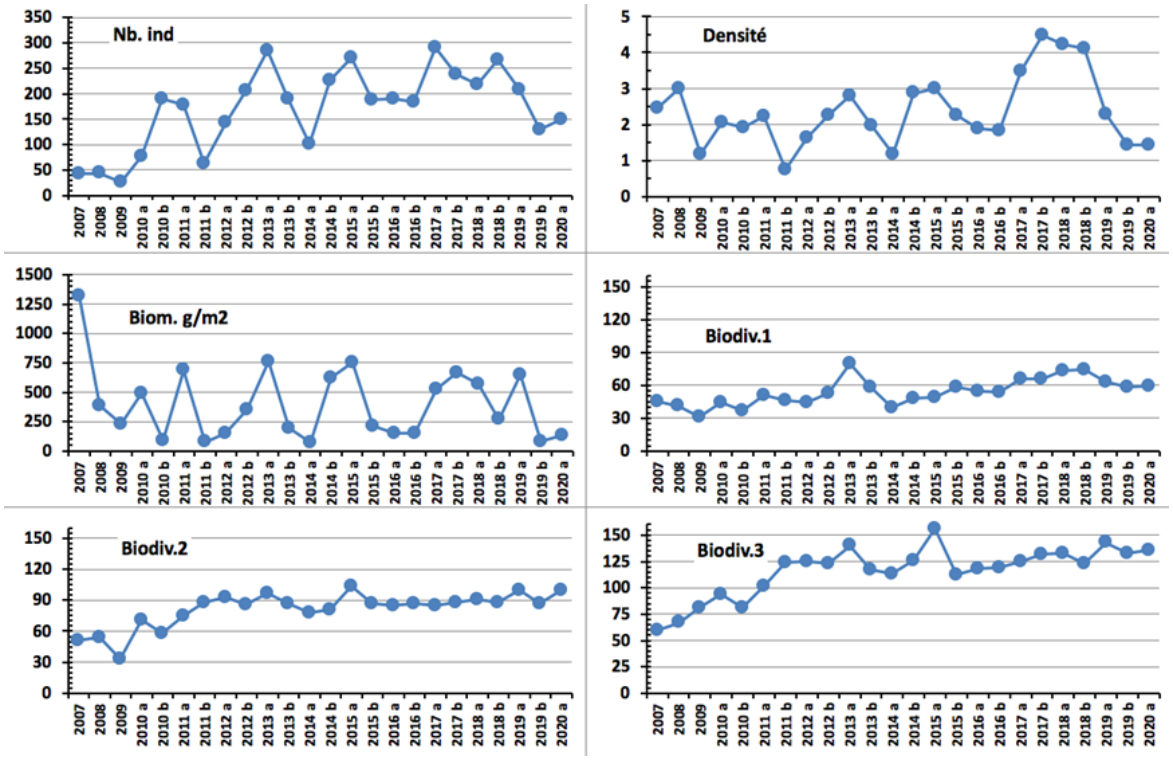


Figure 42 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06)

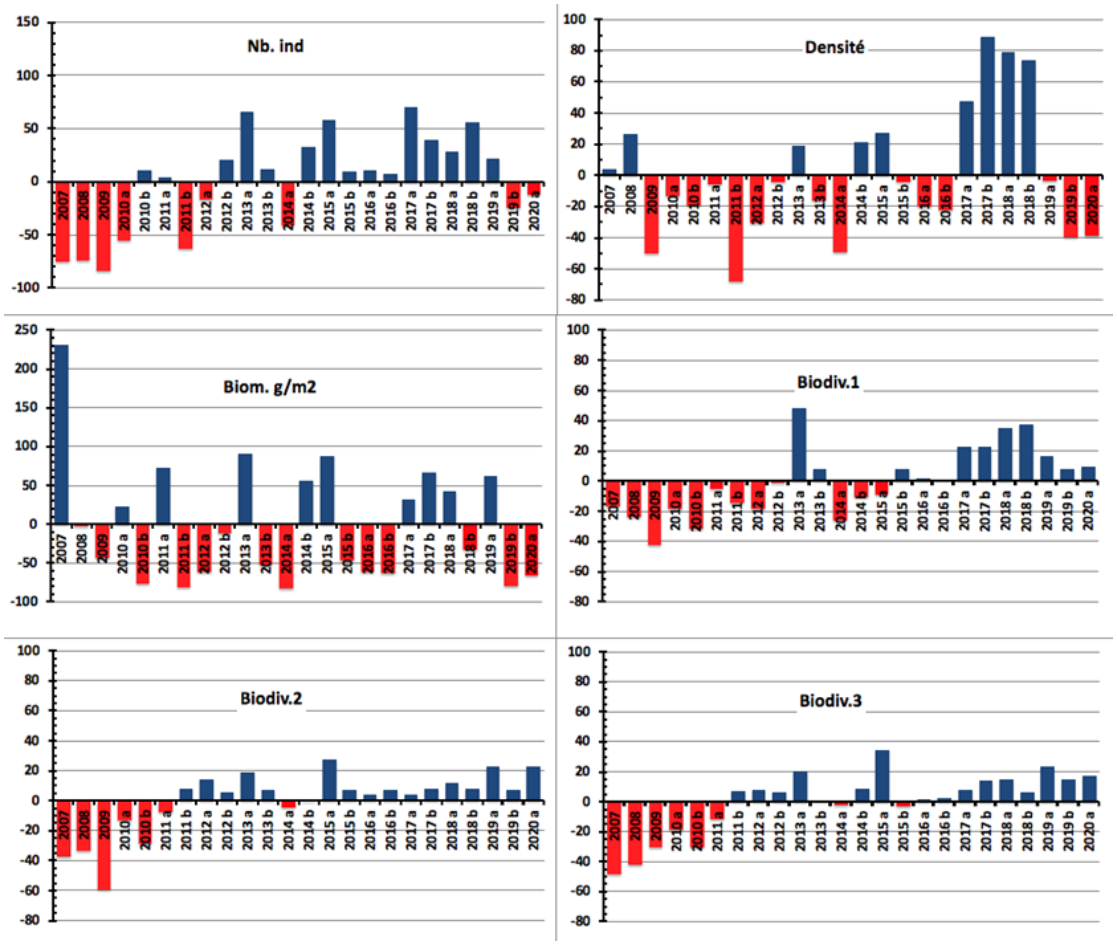


Figure 43 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06)

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 15) 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*) monospécifique, qui résistait paradoxalement depuis plusieurs années mais qui à 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
- 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)

- Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A
- 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 octobre 2019 et mai 2020

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est stable, de 27.5% au transect A, 10.5% en B et 6.5% en C
- 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%
- Lésions coralliennes : des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques, à la maladie de la bande blanche :

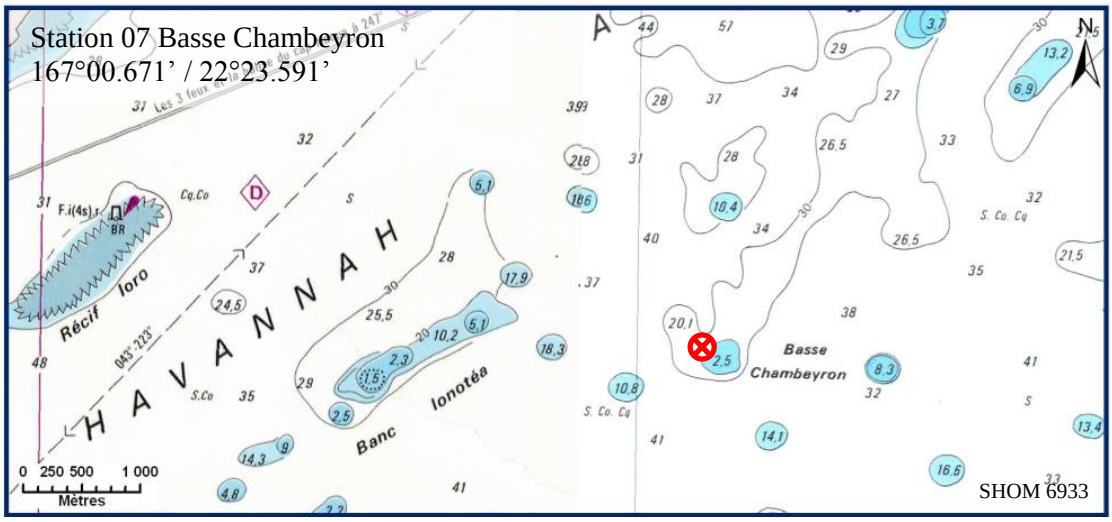
- Maladie corallienne : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) pour les 3 niveaux bathymétriques : 1.8, 0.5 et 0.5 m² de coraux blanchis sans polype
- Perturbations mécaniques : les conditions hydrodynamiques sont importantes, de nombreux débris et de nombreuses colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat suite aux évènements dépressionnaires

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : absente en A (stable), stable en B (niveau 2) et augmentation en C (niveau 0 à 2). 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, diminution aux 3 transects (niveau 2/2/2 à 0)
- *Cliona orientalis* : stable en A et B (niveau 2/3) et augmentation en C (niveau 2 à 3)
- *Cliona jullieni :* stable

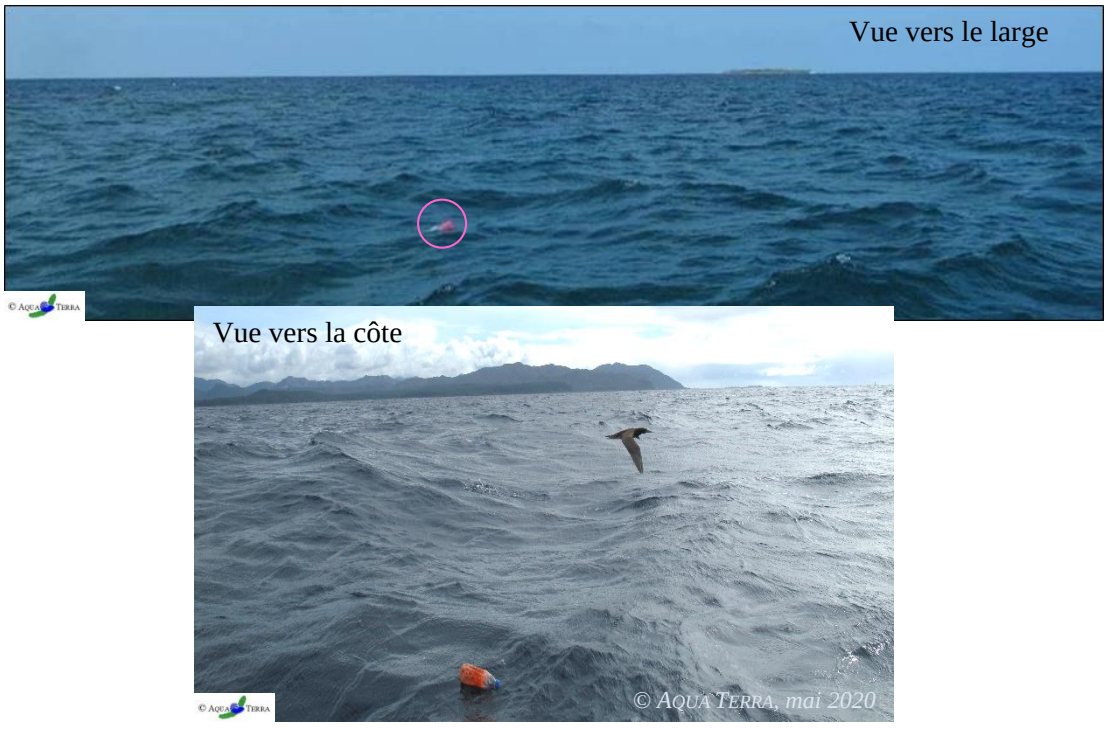
Les corallivores :

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

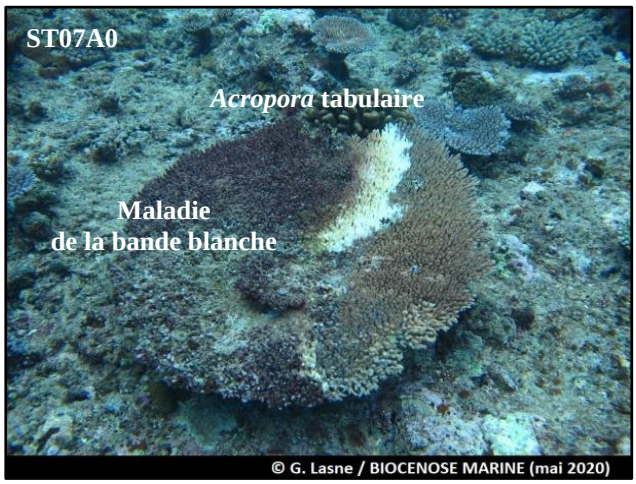


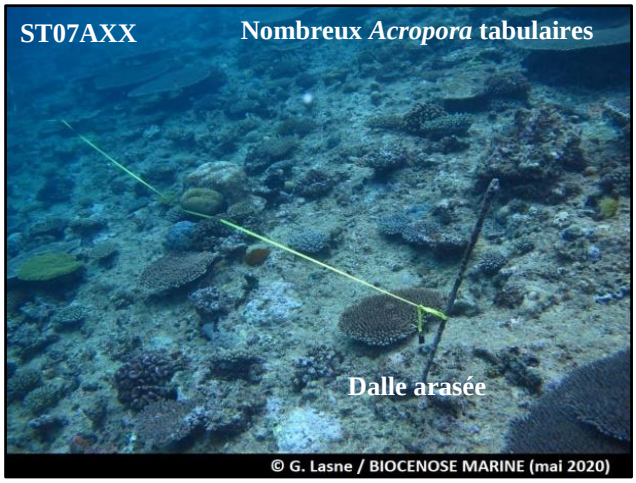


Carte 09 : Localisation de la station 07 (Basse Chambeyron)



Photographie 15 : Position en surface (ST07)



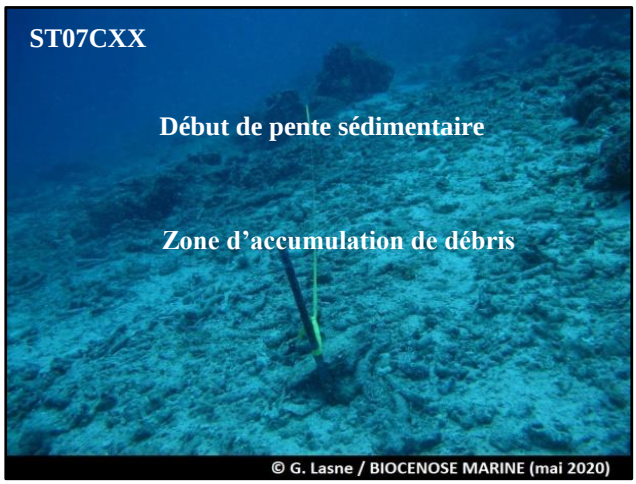


Deux couloirs d'effondrement de débris coralliens se déversent de part et d'autre de la station





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





Photographie 16 : 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.

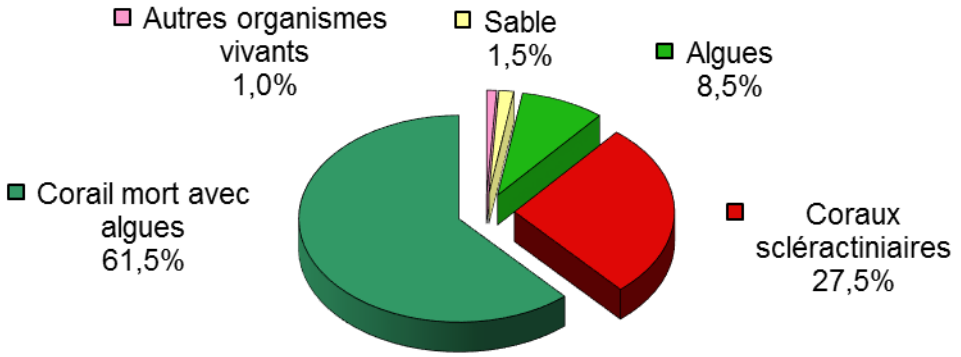


Figure 44 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07A

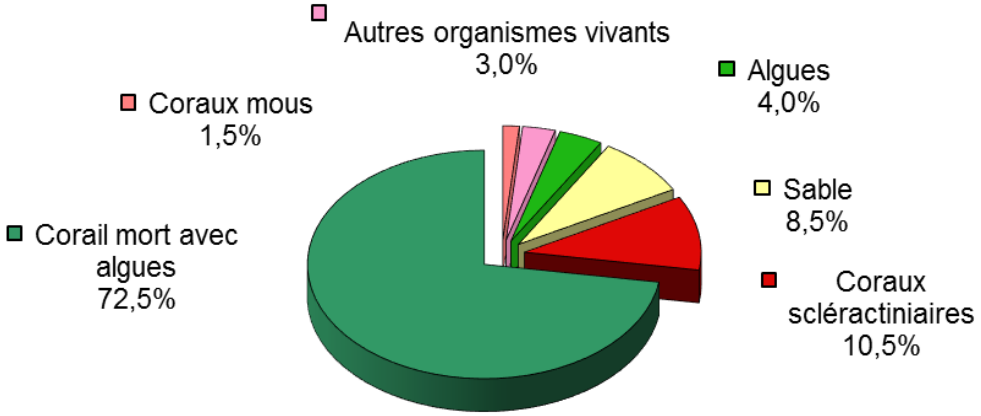


Figure 45 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07B

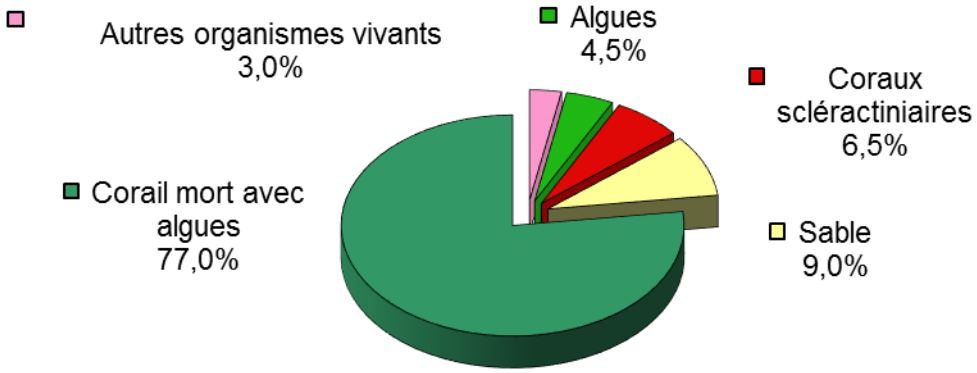


Figure 46 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07C

Cette station a un substrat qui est très biotique (98.5%, puis 91.5% et 91%). 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 moyennement représentés en A et faiblement en dessous (respectivement 27.5%, 10.5% et 6.5%).

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 mai 2020, la richesse spécifique de la station Basse Chambeyron (ST07) est composée de :

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

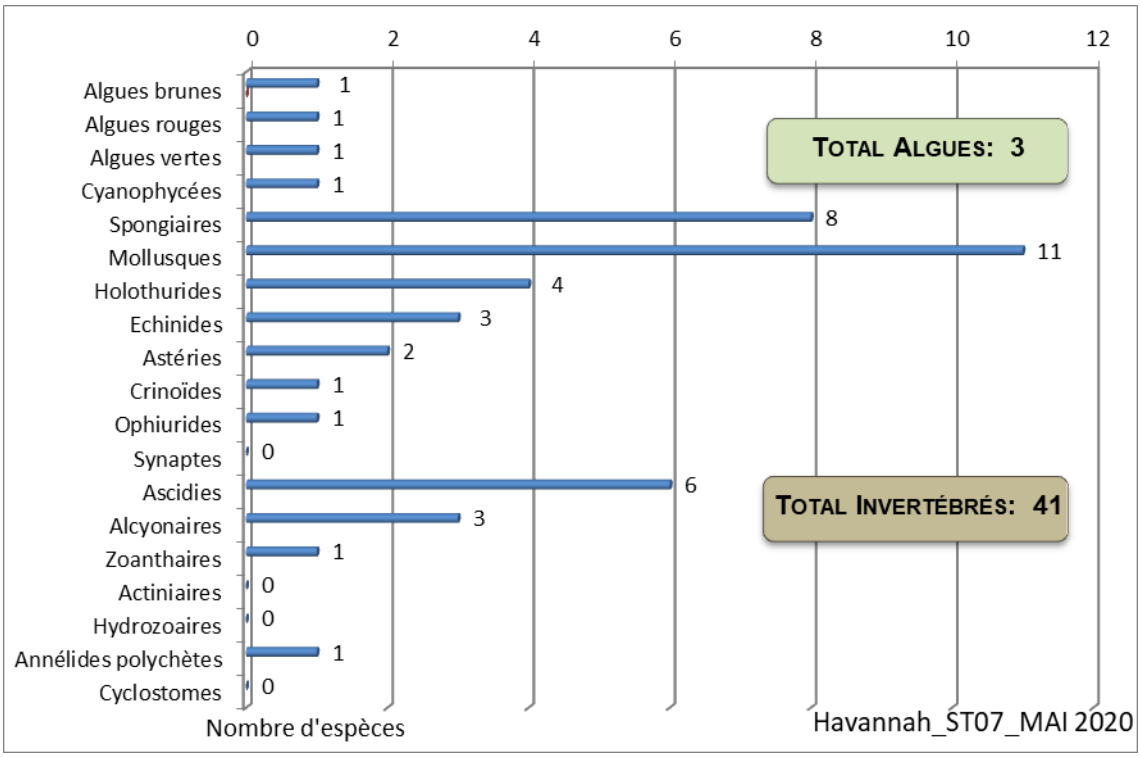


Figure 47 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST07)

4.7.2.1 Benthos Transect 07 A

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST07A est composée de :

- 22 espèces d'invertébrés dont 5 espèces de mollusques ; 3 espèces de cnidaires : alcyonaires (2 taxons), zoanthaires (1 taxon) ; 4 espèces d'échinodermes : astéries (1 taxon), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- 1 espèce de macrophyte : algues brunes (1 taxon)
- **Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.**

Tableau 59 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST07A)*

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 : •*Asparagopsis taxiformis* (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➢ pour les alcyonaires : •*Sarcophyton* sp. (A2), •*Sinularia* sp. (A2).	☑
Échinodermes	
3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : •*Fromia indica* (A0/-2), •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-1 espèce) : •*Holothuria atra* (A0/-1).	2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Linckia multifora* (A2/- 1) ; ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Echinostrephus aciculatus* (A2/- 1).
Mollusques	
☑	☑
Éponges	
Une espèce d'éponges disparue : •*Dysidea frondosa* (A0/-1).	☑
Ascidies	
☑	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : •*Polycarpa cryptocarpa* (A4/+ 1), •*Polycarpa nigricans* (A4/+ 1). Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.7.2.2 Benthos Transect 07 B

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST07B est composée de :

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

Tableau 60 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST07B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue rouge : •*Hypnea* sp. (A2). 2 espèces d'algues disparues, dont 2 espèces d'algues rouges : •*Asparagopsis taxiformis* (A0/-2), •*Plocamium* sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➢ pour les alcyonaires : •*Sarcophyton* sp. (A2), •*Dendronephthya* sp. (A2)	☑
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Bohadschia argus* (A1). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : •*Celerina heffernani* (A0/-1), •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1).	2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Diadema setosum* (A1/- 1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Actinopyga palauensis* (A1/- 1).
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les gastéropodes (-1 espèce) : •*Lambis scorpius* (A0/-1).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Pedum spondyloideum* (A2/+ 1).
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Clathria rugosa* (A2).	☑
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : •*Polycarpa aurita* (A0/-2).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa clavata* (A1/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.7.2.3 Benthos Transect 07 C

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST07C est composée de :

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

Tableau 61 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST07C)*

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 : •*Asparagopsis taxiformis* (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	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Dendronephthya* sp. (A2) ; ➢ pour les zoanthaires (1 espèce) : •*Palythoa tuberculosa* (A2).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A1/- 1).
Échinodermes	
3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1) ; ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Diadema setosum* (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-1 espèce) : •*Actinopyga palauensis* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A3/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria atra* (A1/- 1).
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Pedum spondyloideum* (A2) ; ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Chicoreus brunneus* (A1).	☑
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Dysidea herbacea* (A1). 2 espèces d'éponges disparues : •Spongiaires ind. (orange) (A0/-2), •*Spheciospongia vagabunda* (A0/-1).	2 espèces d'éponges augmentent d'abondance : •*Cliona orientalis* (A3/+ 1), •*Clathria rugosa* (A3/+ 1).
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : •*Didemnum* sp. (blanche) (A2), •*Clavelina detorta* (A2). Une espèce d'ascidies disparue : •*Polycarpa aurita* (A0/-2).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : •*Polycarpa clavata* (A2/+ 1). 2 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : •*Polycarpa cryptocarpa* (A2/- 1), •*Polycarpa nigricans* (A2/- 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*							1	0,01	2,30	0,33	0,00	0,77
Aca	*Acanthurus dussumieri*							1	0,01	3,66	0,33	0,00	1,22
Aca	*Acanthurus mata*	3	0,03	2,46	5	0,08	5,63	15	0,08	7,22	7,67	0,06	5,10
Aca	*Ctenochaetus striatus*	1	0,02	0,73	4	0,07	2,93				1,67	0,03	1,22
Aca	*Naso brachycentron*				6	0,05	27,00	10	0,06	33,10	5,33	0,04	20,03
Aca	*Naso brevirostris*							10	0,06	24,39	3,33	0,02	8,13
Aca	*Naso lituratus*	1	0,02	2,67							0,33	0,01	0,89
Aca	*Naso lopezi*				5	0,04	24,83	12	0,08	26,36	5,67	0,04	17,06
Aca	*Naso unicornis*				2	0,02	21,33	3	0,02	21,33	1,67	0,01	14,22
Aca	*Zebrasoma scopas*	2	0,02	0,40	3	0,03	0,50				1,67	0,02	0,30
Aca	*Zebrasoma veliferum*	1	0,02	2,29							0,33	0,01	0,76
Ant	*Pseudanthias pascalus*	10	0,17	2,43							3,33	0,06	0,81
Ant	*Pseudanthias pictilis*	10	0,17	1,71							3,33	0,06	0,57
Ant	*Pseudanthias pleurotaenia*				10	0,07	0,31	10	0,13	0,86	6,67	0,07	0,39
Ant	*Pseudanthias squamipinnis*							10	0,13	0,93	3,33	0,04	0,31
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*				10	0,17	0,72				3,33	0,06	0,24
Cae	*Pterocaesio digramma*							40	0,20	10,98	13,33	0,07	3,66
Cae	*Pterocaesio marri*							40	0,20	9,84	13,33	0,07	3,28
Car	*Gnathanodon speciosus*							5	0,02	182,86	1,67	0,01	60,95
Cha	*Chaetodon baronessa*	2	0,03	0,67	2	0,03	0,14				1,33	0,02	0,27
Cha	*Chaetodon citrinellus*	3	0,05	0,13							1,00	0,02	0,04
Cha	*Chaetodon ephippium*	2	0,03	0,49							0,67	0,01	0,16
Cha	*Chaetodon kleinii*	4	0,07	0,17				1	0,03	0,06	1,67	0,03	0,08
Cha	*Chaetodon lineolatus*							2	0,03	4,57	0,67	0,01	1,52
Cha	*Chaetodon lunulatus*	5	0,08	0,36	3	0,05	0,22				2,67	0,04	0,19
Cha	*Chaetodon pelewensis*	2	0,03	0,08							0,67	0,01	0,03
Cha	*Chaetodon plebeius*	1	0,02	0,04	1	0,02	0,07				0,67	0,01	0,04
Cha	*Chaetodon trifascialis*	2	0,03	0,04							0,67	0,01	0,01
Cha	*Chaetodon ulietensis*	1	0,02	0,07							0,33	0,01	0,02
Cha	*Chaetodon unimaculatus*	3	0,05	0,22							1,00	0,02	0,07
Cha	*Chaetodon vagabundus*	1	0,02	0,04							0,33	0,01	0,01
Cha	*Heniochus acuminatus*				2	0,02	0,17				0,67	0,01	0,06
Cha	*Heniochus singularus*				1	0,01	0,20				0,33	0,00	0,07
Cha	*Heniochus varius*							1	0,02	3,09	0,33	0,01	1,03
Epi	*Epinephelus cyanopodus*							1	0,01	18,49	0,33	0,00	6,16
Epi	*Epinephelus fasciatus*				3	0,08	13,89				1,00	0,03	4,63
Epi	*Epinephelus maculatus*	1	0,02	5,21				1	0,01	5,36	0,67	0,01	3,52
Epi	*Epinephelus merra*	2	0,03	1,46							0,67	0,01	0,49
Epi	*Epinephelus ongus*				1	0,02	1,02				0,33	0,01	0,34
Epi	*Plectropomus laevis*							1	0,01	30,51	0,33	0,00	10,17
Epi	*Plectropomus leopardus*	1	0,01	20,83				3	0,03	62,50	1,33	0,01	27,78
Lab	*Bodianus perditio*	1	0,01	2,60							0,33	0,00	0,87
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	0,02	3,09							0,33	0,01	1,03
Lab	*Coris gaimard*	1	0,02	1,94				1	0,03	0,50	0,67	0,01	0,81
Lab	*Gomphosus varius*				2	0,03	0,28				0,67	0,01	0,09
Lab	*Halichoeres hortulanus*	1	0,02	1,64				1	0,03	0,86	0,67	0,01	0,83
Lab	*Hemigymnus melapterus*				1	0,02	0,82				0,33	0,01	0,27

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

Lab	*Labroides dimidiatus*				4	0,05	0,27				1,33	0,02	0,09
Lab	*Stethojulis bandanensis*				1	0,01	0,11				0,33	0,00	0,04
Lab	*Thalassoma hardwicke*	5	0,08	0,57							1,67	0,03	0,19
Lab	*Thalassoma lunare*	8	0,13	0,91	6	0,08	0,38	5	0,13	0,54	6,33	0,11	0,61
Lab	*Thalassoma lutescens*	6	0,10	0,69							2,00	0,03	0,23
Lut	*Aprion virescens*							2	0,01	63,89	0,67	0,00	21,30
Lut	*Lutjanus bohar*				1	0,01	10,81				0,33	0,00	3,60
Mic	*Ptereleotris evides*							2	0,05	0,06	0,67	0,02	0,02
Mul	*Parupeneus ciliatus*							3	0,08	6,14	1,00	0,03	2,05
Mul	*Parupeneus multifasciatus*							3	0,08	8,75	1,00	0,03	2,92
Nem	*Scolopsis bilineatus*				6	0,10	3,54				2,00	0,03	1,18
Poc	*Centropyge bicolor*	3	0,05	0,22	3	0,04	0,05	2	0,05	0,13	2,67	0,05	0,13
Poc	*Centropyge bispinosa*	2	0,03	0,14	2	0,03	0,06	3	0,08	0,20	2,33	0,05	0,14
Poc	*Centropyge flavissima*	2	0,03	0,08							0,67	0,01	0,03
Poc	*Centropyge tibicen*	3	0,05	0,13	3	0,05	0,03	1	0,03	0,05	2,33	0,04	0,07
Poc	*Pomacanthus semicirculatus*							1	0,01	2,13	0,33	0,00	0,71
Poc	*Pomacanthus sexstriatus*				1	0,02	1,19				0,33	0,01	0,40
Pom	*Amphiprion chrysopterus*	4	0,07	0,17							1,33	0,02	0,06
Pom	*Chromis fumea*	20	0,33	0,43	15	0,25	0,15	10	0,25	0,34	15,00	0,28	0,31
Pom	*Chromis viridis*	20	0,33	0,18	20	0,14	0,07				13,33	0,16	0,08
Pom	*Chrysiptera taupou*	2	0,03	0,02	10	0,10	0,05	5	0,13	0,14	5,67	0,09	0,07
Pom	*Dascyllus reticulatus*	15	0,25	0,14	15	0,25	0,12	20	0,50	0,27	16,67	0,33	0,18
Pom	*Neopomacentrus azysron*				30	0,50	0,27				10,00	0,17	0,09
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	3	0,05	0,06	3	0,05	0,08				2,00	0,03	0,05
Pom	*Stegastes aureus*	1	0,02	0,07	1	0,02	0,11				0,67	0,01	0,06
Sca	*Chlorurus sordidus*	2	0,03	1,83	3	0,05	2,74				1,67	0,03	1,52
Sca	*Scarus forsteni*	1	0,01	0,37							0,33	0,00	0,12
Sca	*Scarus ghobban*							2	0,01	6,10	0,67	0,00	2,03
Sca	*Scarus schlegeli*	5	0,04	22,50				4	0,03	9,84	3,00	0,02	10,78
Sig	*Siganus argenteus*	8	0,13	28,39				15	0,09	4,61	7,67	0,08	11,00
Zan	*Zanclus cornutus*	1	0,01	0,44							0,33	0,00	0,15
Total		**173**	**2,77**	**109,09**	**185**	**2,54**	**120,12**	**247**	**2,64**	**552,97**	**201,67**	**2,65**	**260,73**
Biodiversité		**44**			**34**			**36**			**78**		
Indice de Shannon =		5,289											
Equitabilité =		0,841											

Sur l'ensemble des transects de la station, 605 individus appartenant à 78 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 2.65 poissons/m² pour une biomasse de 260.73 g/m².
119 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*	Cha	*Heniochus acuminatus*	Nem	*Scolopsis bilineatus*
Aca	*Acanthurus dussumieri*	Cha	*Heniochus singularus*	Pin	*Parapercis millepunctata*
Aca	*Acanthurus mata*	Cha	*Heniochus varius*	Poc	*Centropyge bicolor*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Cir	*Cirrhitichthys falco*	Poc	*Centropyge flavissima*
Aca	*Naso brachycentron*	Cir	*Paracirrhites arcatus*	Poc	*Centropyge tibicen*
Aca	*Naso brevirostris*	Cir	*Paracirrhites forsteri*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*
Aca	*Naso lituratus*	Epi	*Epinephelus cyanopodus*	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*
Aca	*Naso lopezi*	Epi	*Epinephelus fasciatus*	Pom	*Amblyglyphidodon curacao*
Aca	*Naso unicornis*	Epi	*Epinephelus maculatus*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Epi	*Epinephelus merra*	Pom	*Amphiprion chrysopterus*

Aca	*Zebrasoma veliferum*	Epi	*Epinephelus ongus*	Pom	*Chromis atripes*
Ant	*Pseudanthias pascalus*	Epi	*Plectropomus laevis*	Pom	*Chromis fumea*
Ant	*Pseudanthias pictilis*	Epi	*Plectropomus leopardus*	Pom	*Chromis leucura*
Ant	*Pseudanthias squamipinnis*	Epi	*Variola louti*	Pom	*Chromis margaritifer*
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Pom	*Chromis viridis*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Bodianus perditio*	Pom	*Chrysiptera starcki*
Bal	*Pseudobalistes fuscus*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Neopomacentrus azysron*
Cae	*Pterocaesio digramma*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Plectroglyphidodon johnstonianus*
Cae	*Pterocaesio marri*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*
Can	*Canthigaster valentini*	Lab	*Halichoeres hortulanus*	Pom	*Pomacentrus lepidogenys*
Car	*Carangoides fulvoguttatus*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Car	*Caranx melampygus*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Car	*Gnathanodon speciosus*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Pomacentrus simsiang*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Macropharyngodon meleagris*	Pom	*Stegastes aureus*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Oxycheilinus celebicus*	Sca	*Cetoscarus ocellatus*
Cha	*Chaetodon citrinellus*	Lab	*Stethojulis bandanensis*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon ephippium*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Sca	*Scarus chameleon*
Cha	*Chaetodon kleinii*	Lab	*Thalassoma lunare*	Sca	*Scarus forsteni*
Cha	*Chaetodon lineolatus*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Sca	*Scarus ghobban*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Let	*Gymnocranius grandoculis*	Sca	*Scarus rivulatus*
Cha	*Chaetodon mertensii*	Lut	*Aprion virescens*	Sca	*Scarus rubroviolaceus*
Cha	*Chaetodon pelewensis*	Lut	*Lutjanus bohar*	Sca	*Scarus schlegeli*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Lut	*Paracaesio xanthura*	Sco	*Scomberomorus commerson*
Cha	*Chaetodon trifascialis*	Mic	*Ptereleotris evides*	Sig	*Siganus argenteus*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Mul	*Parupeneus ciliatus*	Sph	*Sphyraena forsteri*
Cha	*Chaetodon unimaculatus*	Mul	*Parupeneus cyclostomus*	Syn	*Saurida gracilis*
Cha	*Chaetodon vagabundus*	Mul	*Parupeneus indicus*	Syn	*Synodus variegatus*
Cha	*Forcipiger flavissimus*	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	Zan	*Zanclus cornutus*

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	11	7,68	27,50	19,20
Chaetodontidae	30	15	6,91	50,00	23,03
Epinephelinae	26	7	4,82	26,92	18,53
Labridae	97	11	8,09	11,34	8,34
Lethrinidae	16	0	0,41	0,00	2,56
Lutjanidae	22	2	0,86	9,09	3,93
Mullidae	14	2	1,77	14,29	12,66
Pomacanthidae	14	6	4,77	42,86	34,09
Pomacentridae	92	8	6,73	8,70	7,31

Scaridae	23	4	4,50	17,39	19,57
Siganidae	10	1	0,73	10,00	7,27
Autres	257	11	6,41	4,28	2,49
Khi2 obs		**5,4**		**21,0**	
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 66 et la figure 49.

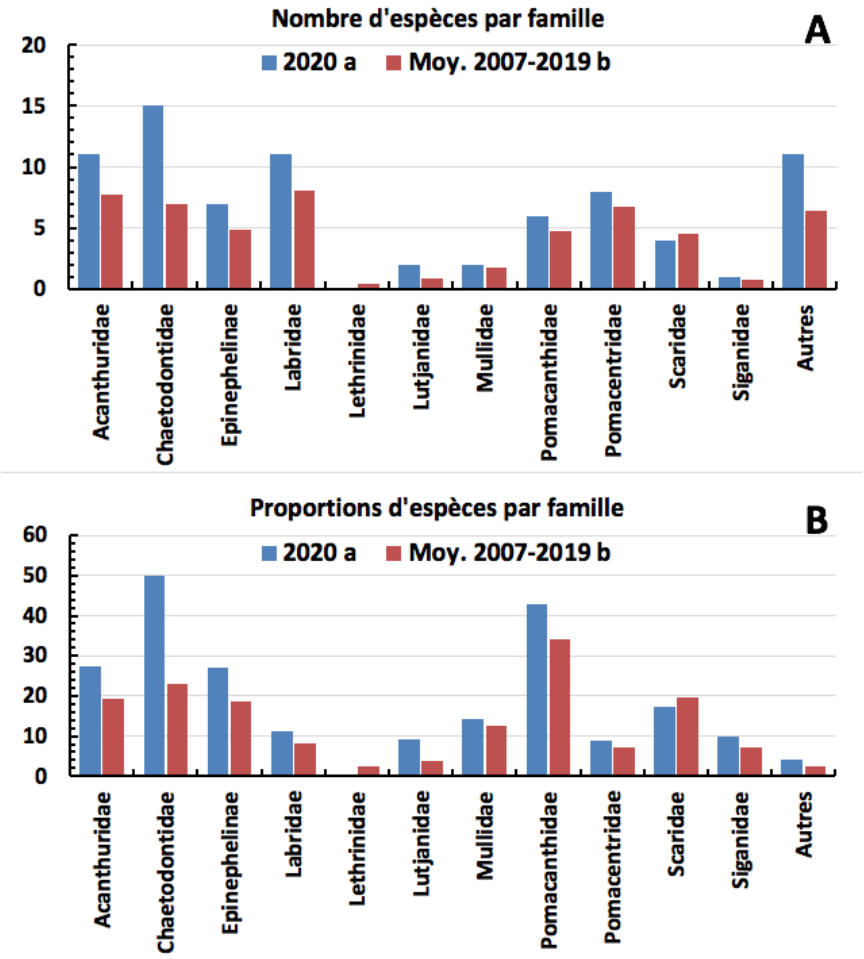


Figure 48 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST07)

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

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i – X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 65 et représentation figure 50.

Tableau 65 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	17 020	1,48	200 091	176,57	257,26	229,66
Ecart type	130,46	1,22	447,32	13,29	16,04	15,15
Moyenne	212,05	2,62	366,03	53,87	70,48	105,26
Coef. de Var.	0,62	0,46	1,22	0,25	0,23	0,14

Tableau 66 : 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/m^2	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2020 a	Transect A	173	2,77	109,09	44		
	Transect B	185	2,54	120,12	34		
	Transect C	247	2,64	552,97	36		
	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

Commentaires :

- La densité et la biomasse sont revenues à des valeurs moyennes (dues à quelques grosses saumonées).
- Quantitativement, la structure de la diversité spécifique en nombre d'espèces par familles ne diffère pas de

la moyenne des structures obtenues sur la période du suivi. En revanche, qualitativement, plusieurs espèces ont changées. Il y a par exemple 3 espèces de Chaetodon et 1 espèces de Lutjans en plus et, 4 espèces de Pomacentridae, 1 Acanthuridae, 1 Scaridae et 2 de Siganidae de moins, etc.

Exprimée de façon relative (cf. § 3.4.3) la structure spécifique du peuplement de cette mission ne diffère pas de la structure moyenne obtenue sur la période du suivi, contrairement à la structure exprimée en valeur absolue. Mais c'est une conjoncture puisque c'était le contraire à la dernière mission.
Donc, dans le détail les espèces ont changé.
Par exemple :

- Dans la famille des Acanthuridés (poissons chirurgiens), *Acanthurus olivaceus* n'est toujours pas là, en revanche *Naso brachycentron*, *N. brevirostris* et *N. tonganus* sont présent et *N. lituratus* est apparu... ce qui influe sur la densité et la biomasse puisque qu'*A. olivaceus* est une espèce solitaire et herbivore, alors que les 3 Nasos sont grégaires et planctonophages.
- Dans la famille des Pomacentridés (poissons demoiselles), *Chromis amboinensis*, *C. lepidolepsis*, *C. nitida* et *C. retrofasciata* sont toujours absents, en revanche *C. margaritifer* est présent mais *Pomacentrus philippinus* n'est pas là. Certes, cela ne change pas beaucoup les paramètres de densité et de biomasse, ni d'ailleurs le fonctionnement puisque toutes ces espèces sont planctonophages.
- Dans la famille des Scaridés (poissons perroquets), *Scarus forsteri* et *S. ghobban* apparus en novembre 2019 sont toujours là et *Chlorurus microrhinos* n'est pas là.

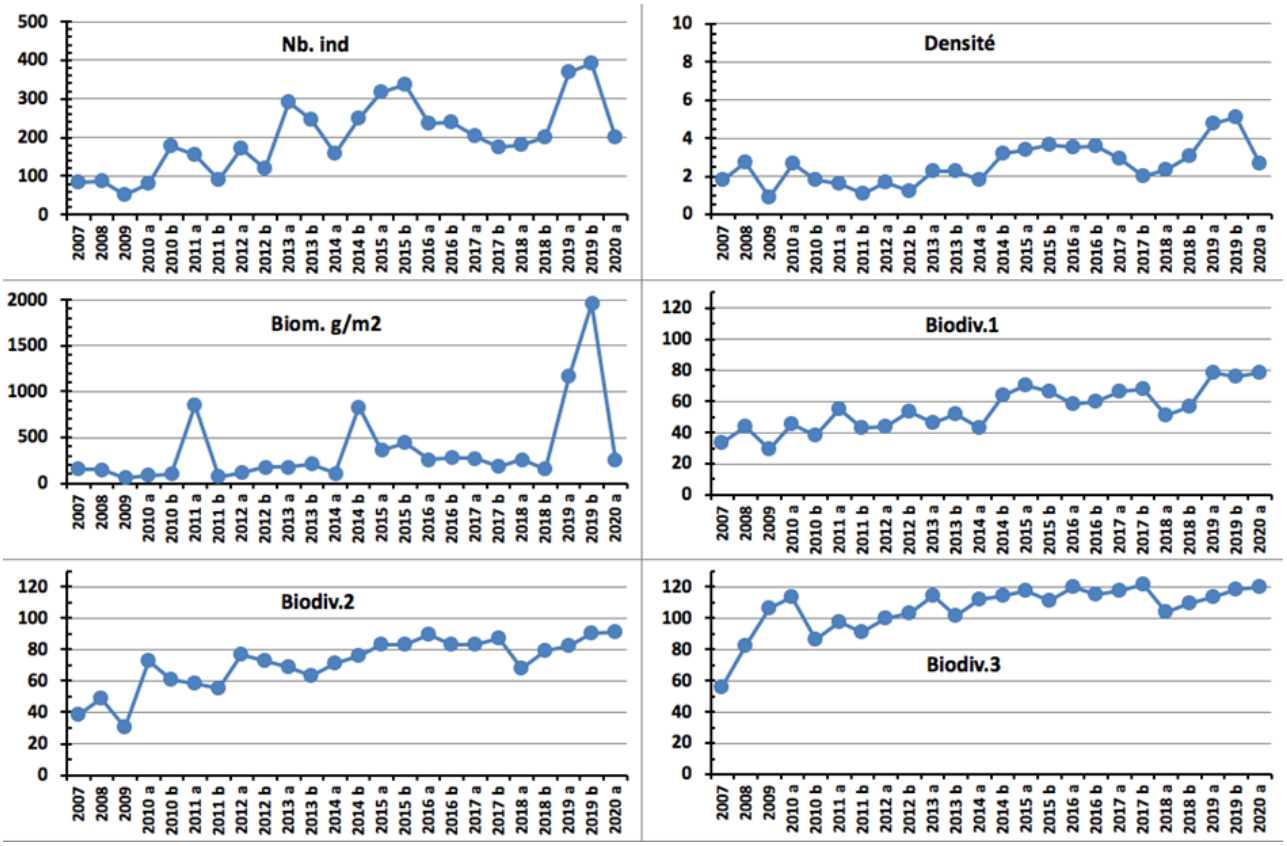


Figure 49 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07)

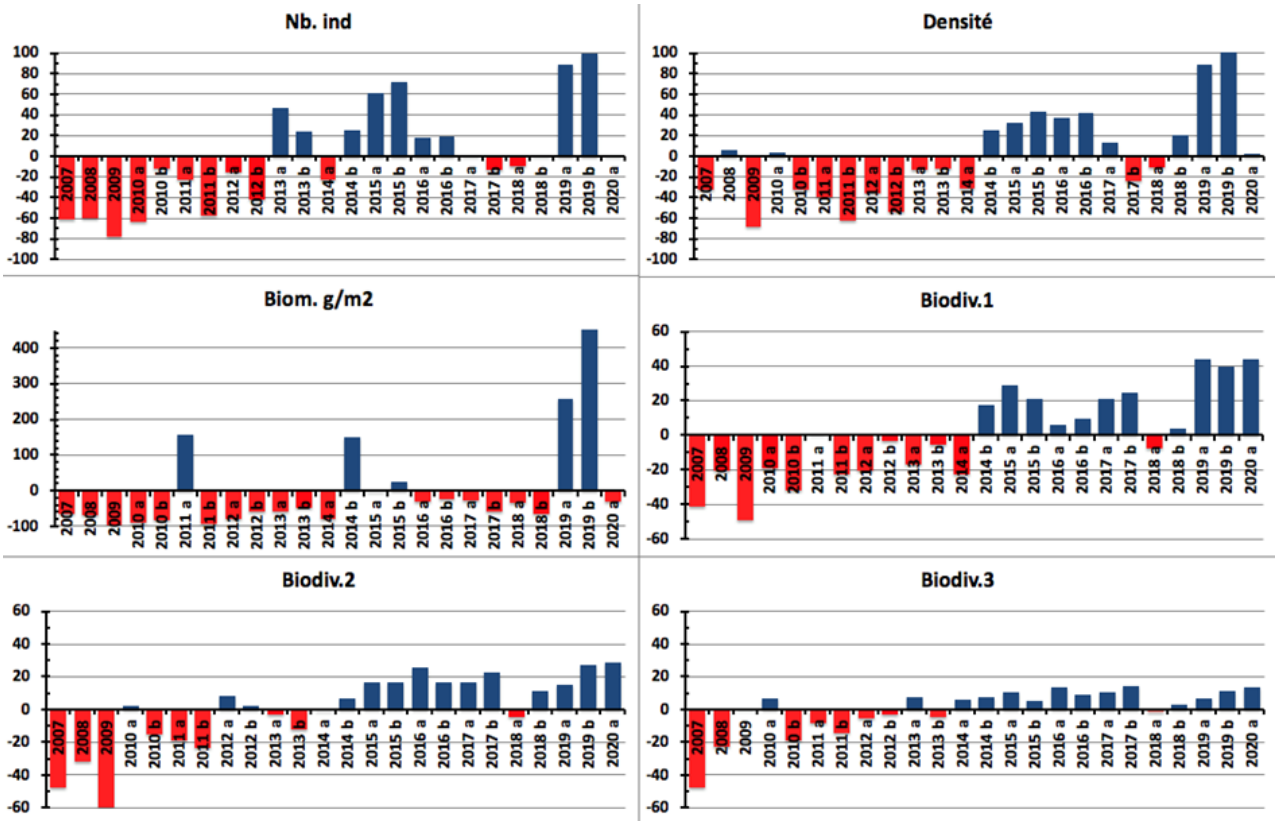


Figure 50 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07)

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 tâche blanche (photographie 17).
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 depuis la mission 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 depuis mars 2011
- 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)

La diversité corallienne n'est plus étudiée (*dernier recensement en novembre 2016, ce relevé d'information n'est pas dans le cahier de charges)*. Il n'est plus possible d'évaluer les variations spécifiques dans les assemblages de ce groupe.
Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A et B

Variations entre octobre 2019 et mai 2020

Indicateur Corail :

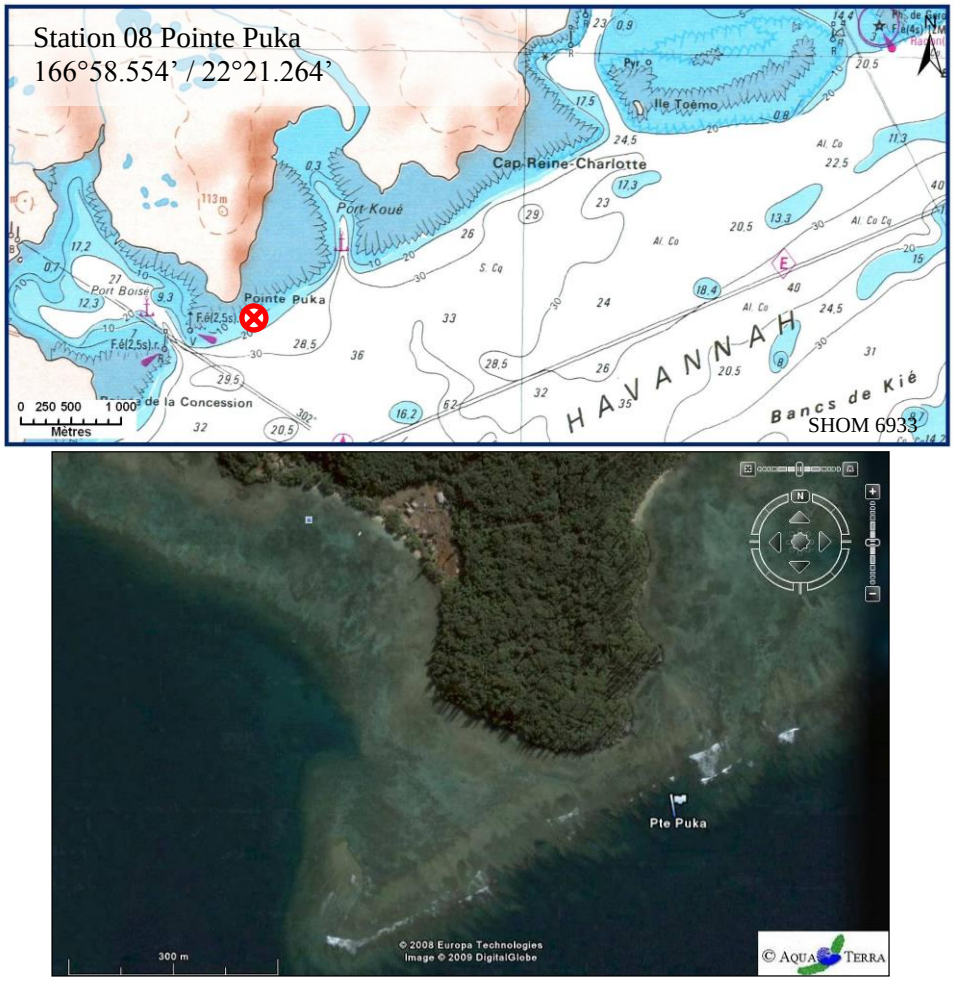
- Le recouvrement corallien est stable, de 30% au transect A et 2.5% en B
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.13% ; Avril 2016 : 1% ; Novembre 2016 : 0.23% ; Avril 2017 : 1.25% ; Septembre 2017 : 1.15% ; Mai 2018 : 0.9% ; Novembre 2018 : 0 % ; Avril 2019 : 0.10% ; Octobre 2019 : 0% ;* Mai 2020 : 0.2%
- Lésions coralliennes : des colonies coralliennes sont dégradées suite à la maladie de la bande blanche et ponctuellement par la sédimentation :
  - Maladie coralienne : la maladie de la bande blanche est observée sur une colonie en B (0.4 m²). 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 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 : absentes et diminution en A (niveau 2 à 0)
- 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* : absente, forte diminution en A et B (respectivement niveau 4/3 à 0)
- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona jullieni :* stable

Les corallivores :

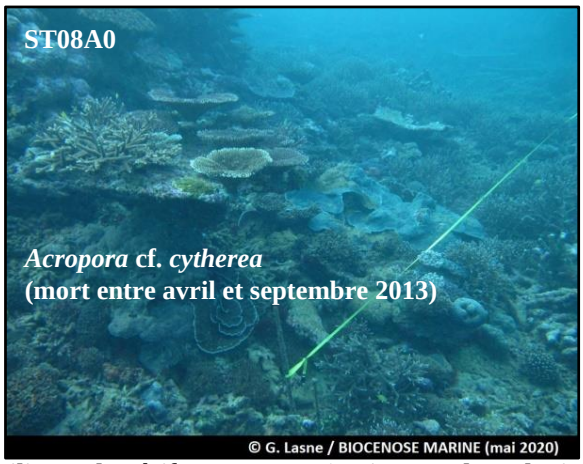
- *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Drupella cornus* : absence, stable

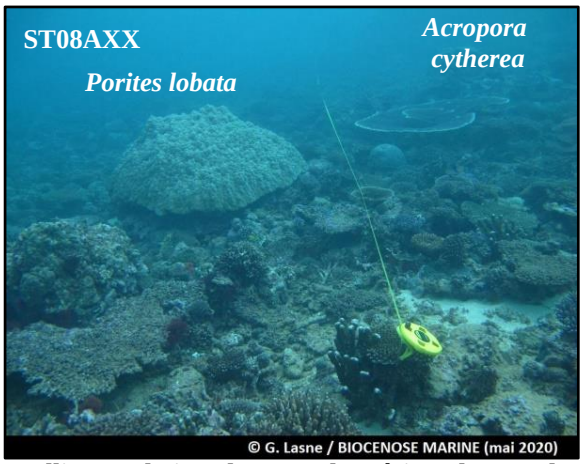


Carte 10 : Localisation de la station 08 (Pointe Puka)



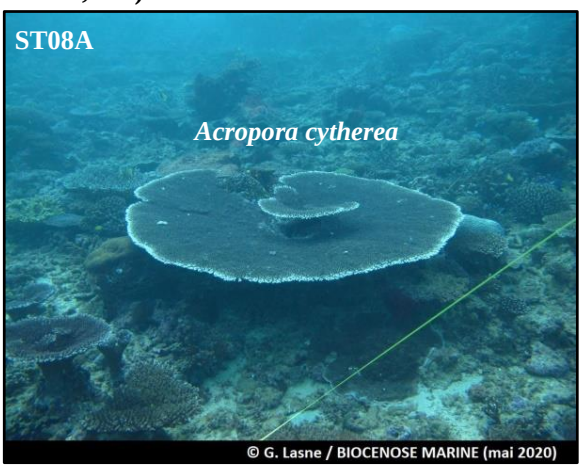
Photographie 17 : Position en surface par rapport à la côte (ST08)

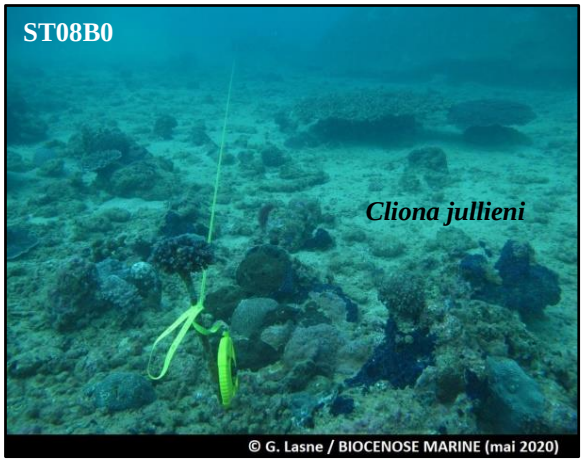


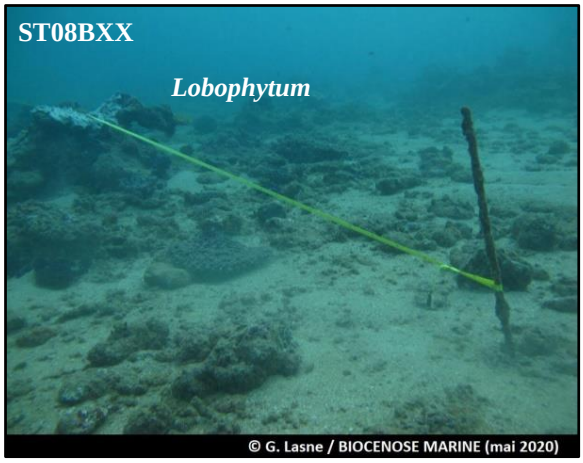


La résilience du récif est en cours (croissance des colonies coralliennes, baisse des cyanobactéries, absence de maladie de la bande blanche, etc.)









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

Photographie 18 : 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.

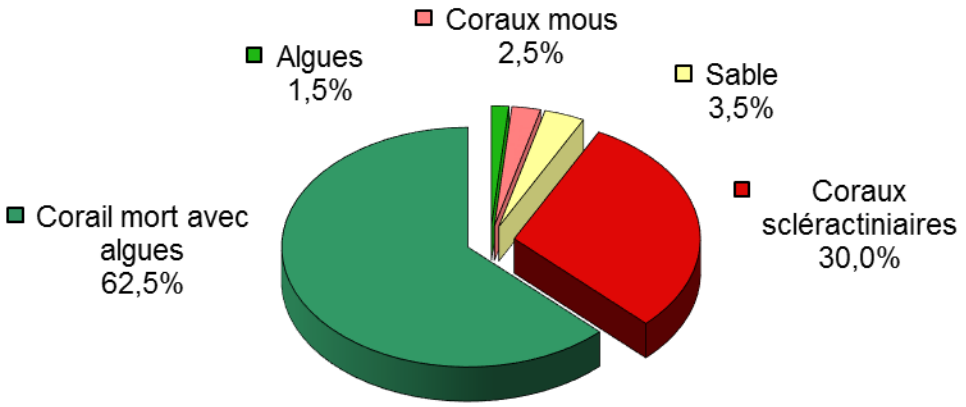


Figure 51 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08A

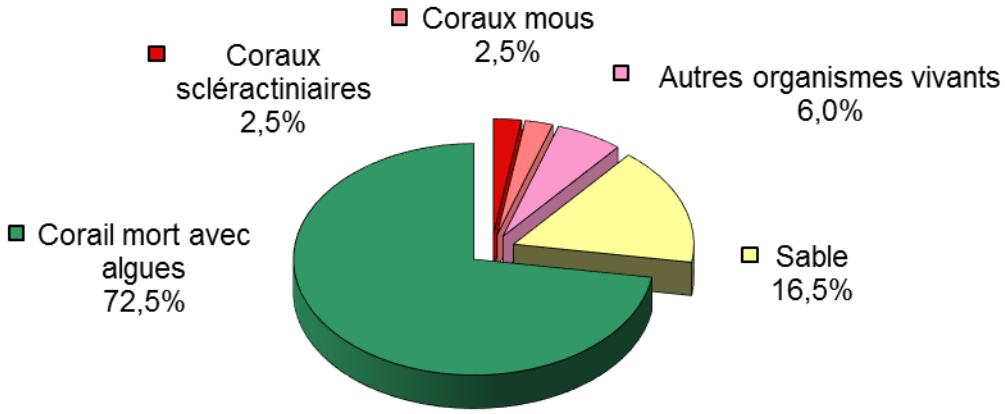


Figure 52 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08B

Le substrat du transect haut est composé d'une large part de coraux morts recouverts d'algues (62.5%) avec un bon taux de coraux scléractiniaires vivants qui se maintient (depuis novembre 2018) (30%). Il présente pour cette mission 96.5% de recouvrement biotique.
Au transect B, comme pour la missions précédente (et comme en novembre 2016), c'est la catégorie « corail mort avec d'algue » qui domine (72.5%) ce qui fait que le substrat est majoritairement biotique. Ce transect ne possède que 2.5% de coraux scléractiniaires.

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 mai 2020, la richesse spécifique de la station Puka (ST08) est composée de :

- **49 espèces d'invertébrés** dont 10 espèces de mollusques ; 10 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), actiniaires (3 taxons), zoanthaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon) ; 15 espèces d'échinodermes : holothurides (6 taxons), astéries (4 taxons), échinides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; 7 espèces d'ascidies
- **5 espèces de macrophytes** : algues vertes (3 taxons), algues brunes (1 taxon), algues rouges (1 taxon) ;
- **Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.**

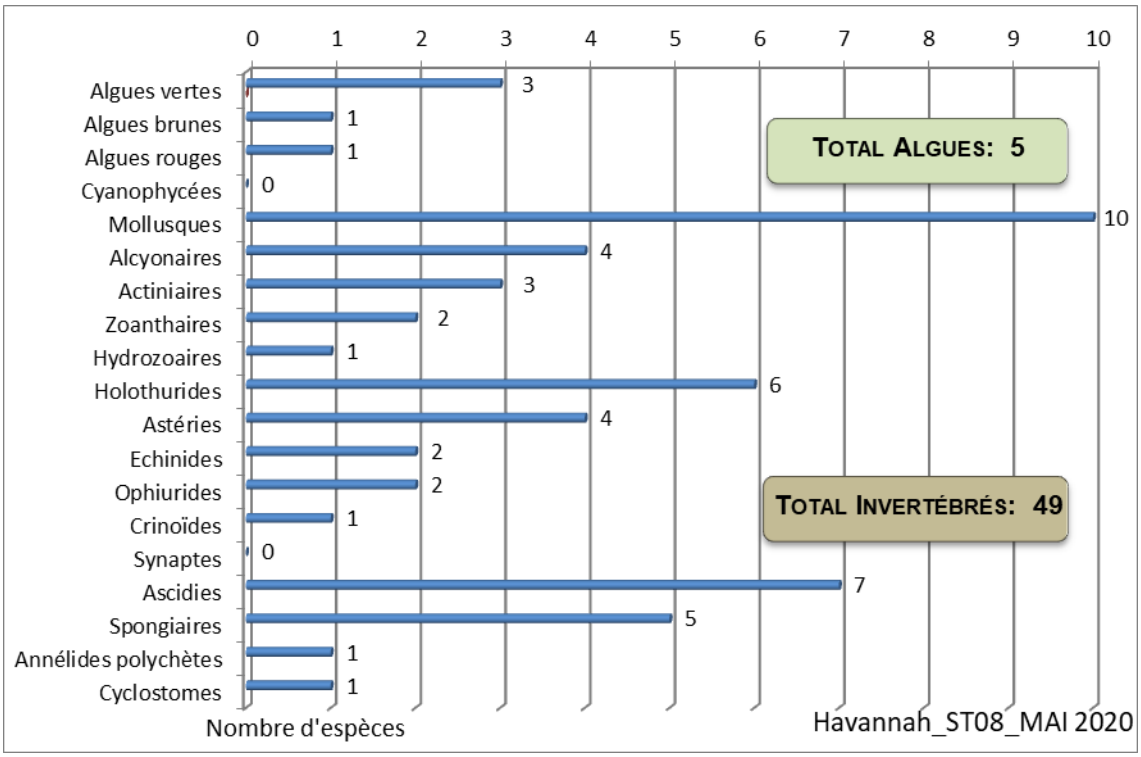


Figure 53 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST08)

4.8.2.1 Benthos Transect 08 A

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST08A est composée de :

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

Tableau 67 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST08A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
3 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue rouge : •*Hypnea* sp. (A2) ; et 2 espèces d'algues vertes : •*Halimeda* sp. (2spp./+1spp.) (A2), •*Chlorodesmis fastigiata* (A2) ; Une espèce d'algue disparue, l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A0/-4).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une sp de cyanobactéries disparue : •*Phormidium* sp. (A0/-2).	☑
Cnidaires	
☑	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A3/+ 1).
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Fromia indica* (A1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria whitmaei* (A1). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les holothurides (-2 espèce) : •*Actinopyga palauensis* (A0/-2), •*Holothuria fuscopunctata* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Linckia multifora* (A2/+ 1).
Mollusques	
3 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les gastéropodes (2 espèces) : •*Lambis lambis* (A1), •*Lambis truncata* (A1) ; ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : •*Phyllidiella pustulosa* (A1). Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : •*Arca ventricosa* (A0/-2).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Pedum spondyloideum* (A2/- 1).
Éponges	
Une espèce d'éponges disparue : •*Dysidea herbacea* (A0/-2).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •*Clathria rugosa* (A2/+ 1).
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : •*Didemnum* sp. (rouge) (A2), •*Polycarpa aurita* (A2).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A3/+ 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.8.2.2 Benthos Transect 08 B

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST08B est composée de :

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

Tableau 68 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST08B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
2 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue rouge : •*Hypnea* sp. (A2) ; et l'algue verte :•*Halimeda* sp. (2spp./+1spp.) (A2) ; Une espèce d'algue disparue, l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A0/-3).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➢ pour les alcyonaires : •*Cladiella* sp. (A2), •*Sarcophyton* sp. (A2).	☑
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Celerina heffernani* (A1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Thelenota anax* (A1).	3 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les astéries (2 espèces) : •*Fromia indica* (A1/- 1), •*Linckia multifora* (A1/- 1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Actinopyga palauensis* (A1/- 1).
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les gastéropodes (-1 espèce) : •*Lambis lambis* (A0/-1).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Spondylus* sp. (A2/+ 1). Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Arca ventricosa* (A1/- 1).
Éponges	
Une espèce d'éponges disparue : •*Dysidea herbacea* (A0/-1).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •Spongiaires ind. (noire) (A2/+ 1).
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Polycarpa clavata* (A1).	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : •*Polycarpa cryptocarpa* (A3/+ 2), •*Polycarpa nigricans* (A3/+ 1).
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	0,00	0,67	0,50	0,00	0,33
Aca	*Ctenochaetus striatus*	2	0,02	0,30				1,00	0,01	0,15
Aca	*Naso lituratus*	1	0,01	2,46				0,50	0,00	1,23
Aca	*Zebrasoma veliferum*	1	0,01	1,67				0,50	0,01	0,83
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	1	0,03	0,01				0,50	0,01	0,01
Can	*Canthigaster valentini*				1	0,01	0,00	0,50	0,00	0,00
Cha	*Chaetodon auriga*				1	0,01	0,06	0,50	0,00	0,03
Cha	*Chaetodon bennetti*	2	0,03	0,23				1,00	0,01	0,12
Cha	*Chaetodon flavirostris*				2	0,01	0,15	1,00	0,01	0,07
Cha	*Chaetodon plebeius*	3	0,04	0,15				1,50	0,02	0,07
Cha	*Chaetodon ulietensis*	1	0,01	0,08				0,50	0,01	0,04
Cha	*Chaetodon vagabundus*	1	0,01	0,16				0,50	0,01	0,08
Cha	*Heniochus acuminatus*				1	0,01	0,73	0,50	0,00	0,36
Epi	*Plectropomus leopardus*				3	0,01	54,00	1,50	0,01	27,00
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	0,01	0,42				0,50	0,00	0,21
Lab	*Hemigymnus melapterus*				1	0,01	0,89	0,50	0,01	0,45
Lab	*Labroides dimidiatus*				2	0,02	0,01	1,00	0,01	0,00
Lab	*Thalassoma lunare*				3	0,03	0,17	1,50	0,01	0,09
Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	2	0,03	0,00				1,00	0,01	0,00
Mul	*Parupeneus cyclostomus*	5	0,03	5,00				2,50	0,02	2,50
Nem	*Scolopsis bilineatus*				3	0,01	0,03	1,50	0,01	0,02
Poc	*Centropyge bicolor*	2	0,03	0,03	1	0,01	0,01	1,50	0,02	0,02
Poc	*Centropyge tibicen*	1	0,01	0,01	1	0,01	0,01	1,00	0,01	0,01
Pom	*Amphiprion chrysopterus*				5	0,03	0,02	2,50	0,01	0,01
Pom	*Chrysiptera rollandi*	3	0,04	0,04	4	0,02	0,01	3,50	0,03	0,03
Pom	*Chrysiptera taupou*	4	0,05	0,03	6	0,03	0,02	5,00	0,04	0,02
Pom	*Dascyllus aruanus*				5	0,03	0,02	2,50	0,01	0,01
Pom	*Dascyllus reticulatus*	10	0,13	0,07	10	0,06	0,03	10,00	0,09	0,05
Pom	*Dascyllus trimaculatus*				7	0,04	0,05	3,50	0,02	0,02
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	1	0,01	0,01				0,50	0,01	0,01
Sca	*Scarus flavipectoralis*	4	0,05	4,91				2,00	0,03	2,46
Sig	*Siganus doliatus*	2	0,02	0,58				1,00	0,01	0,29
Sig	*Siganus puellus*	2	0,02	0,73				1,00	0,01	0,37
Sig	*Siganus punctatus*	2	0,02	4,06				1,00	0,01	2,03
Total		**51**	**0,57**	**20,95**	**57**	**0,33**	**56,87**	**54**	**0,45**	**38,91**
Biodiversité		**21**			**18**			**34**		
Indice de Shannon =		4,500								
Equitabilité =		0,884								

Sur l'ensemble des transects de la station, 108 individus appartenant à 35 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.45 poisson/m² pour une biomasse de 38.91 g/m².

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

103 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*	Lab	*Bodianus axillaris*	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*
Aca	*Acanthurus dussumieri*	Lab	*Bodianus diana*	Poc	*Pygoplites diacanthus*
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	Lab	*Bodianus perditio*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*
Aca	*Naso lituratus*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Amphiprion chrysopterus*
Aca	*Naso unicornis*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Amphiprion perideraion*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Chromis leucura*
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Chromis margaritifer*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Chromis viridis*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Halichoeres melanurus*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Hemigymnus fasciatus*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Can	*Canthigaster valentini*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lab	*Novaculichthys taeniourus*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*
Cha	*Chaetodon melannotus*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Neopomacentrus azysron*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Let	*Gymnocranius euanus*	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*
Cha	*Chaetodon speculum*	Let	*Monotaxis grandoculis*	Pom	*Pomacentrus adelus*
Cha	*Chaetodon ulietensis*	Lut	*Lutjanus bohar*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon vagabundus*	Lut	*Lutjanus fulviflamma*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Lut	*Lutjanus fulvus*	Pri	*Priacanthus hamrur*
Cha	*Heniochus singularus*	Mic	*Gunnellichthys curiosus*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Heniochus varius*	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cir	*Cirrhitichthys falco*	Mul	*Parupeneus barberinoides*	Sca	*Scarus ghobban*
Epi	*Epinephelus Howlandi*	Mul	*Parupeneus cyclostomus*	Sca	*Scarus rivulatus*
Epi	*Epinephelus maculatus*	Mul	*Parupeneus indicus*	Sca	*Scarus rubroviolaceus*
Epi	*Plectropomus leopardus*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Sca	*Scarus schlegeli*
Gra	*Diploprion bifasciatum*	Pem	*Pempheris oualensis*	Sig	*Siganus corallinus*
Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	Pin	*Parapercis cylindrica*	Sig	*Siganus doliatus*
Hae	*Plectorhinchus lineatus*	Ple	*Assessor macneilli*	Sig	*Siganus fuscescens*
Hol	*Myripristis kuntee*	Poc	*Centropyge bicolor*	Sig	*Siganus puellus*
Hol	*Sargocentron ensifer*	Poc	*Centropyge flavissima*	Sig	*Siganus punctatus*
Hol	*Sargocentron rubrum*	Poc	*Centropyge tibicen*	Syn	*Synodus variegatus*
Kyp	*Kyphosus cinerascens*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*	Zan	*Zanclus cornutus*
Lab	*Anampses neoguinaicus*				

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.

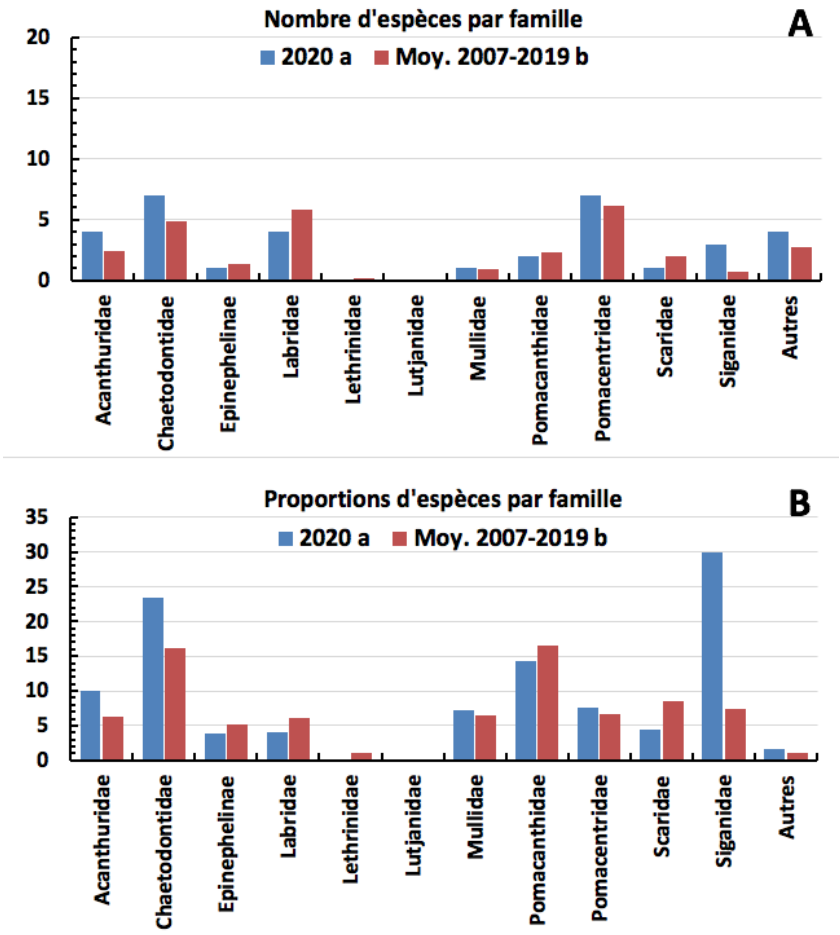


Figure 54 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST08)

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	4	2,48	10,00	6,20
Chaetodontidae	30	7	4,83	23,33	16,09
Epinephelinae	26	1	1,35	3,85	5,18
Labridae	97	4	5,87	4,12	6,05
Lethrinidae	16	0	0,17	0,00	1,09
Lutjanidae	22	0	0,00	0,00	0,00
Mullidae	14	1	0,91	7,14	6,52
Pomacanthidae	14	2	2,30	14,29	16,46
Pomacentridae	92	7	6,17	7,61	6,71
Scaridae	23	1	1,96	4,35	8,51
Siganidae	10	3	0,74	30,00	7,39
Autres	257	4	2,70	1,56	1,05
Khi2 obs		**8,4**		**54,9**	
Khi2 tab					**18,3**

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/m^2	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2020 a	Transect A	51	0,57	20,95	21		
	Transect B	57	0,33	56,87	18		
	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	515,67	0,68	1014,47	26,17	199,16	371,93
Ecart type	22,71	0,83	31,85	5,12	14,11	19,29
Moyenne	72,91	1,30	34,88	29,48	58,61	85,26
Coef. de Var.	0,31	0,64	0,91	0,17	0,24	0,23

Commentaires :

- La densité est au plus bas, les autres paramètres présentent des valeurs moyennes.
- Le peuplement sur les transects est composé de nombreux juvéniles.
- *Acanthurus reversus* dans le massif de *Porites lobata* n'a pas été revu, ni *Epinephelus lanceolatus* (Loche carite).

La structure spécifique du peuplement (cf. § 3.4.3) de cette mission diffère significativement de la structure moyenne obtenue sur la période de suivi. Sur l'ensemble des 24 missions, 7 ont des structures de peuplements similaires et similaires à la structure moyenne : 2009, 2010a, 2012a et b, 2014b, 2016a et b.

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

- chez les Scaridés (poissons perroquets) de nouveau disparaître *Scarus rivulatus* et *S. niger* n'est toujours pas réapparu tandis que *S. rubroviolaceus* fait de nouveau son apparition
- chez les Siganidés (Picots ou poissons lapins) apparaissent *Siganus fuscescens* et *S. corallinus*
- chez les Pomacentridés (poissons demoiselles) réapparait *Amphiprion perideraion* et *Plectroglyphidodon lacrymatus*, pendant que *Chromis margaritifer, C. viridis, Neopomacentron azysron,* installés en novembre 2019 sont toujours là, alors que *Pomacentrus adelus* et *P. philippinus* ne sont pas restés
- chez les Acanthuridés (poissons chirurgiens) 3 espèces, *Acanthurus nigricans, Acanthurus pyroferus* et *Naso lituratus* nouvellement présentes en novembre 2019 ont de nouveau disparu de la liste
- chez les Chaetodons (poissons papillons) réapparait *Chaetodon melannotus* et redisparait *C. unimaculatus*
- chez les Labres sur les effectifs des 19 espèces en novembre 2019 il n'en reste que 17, mais *Anampses melanurus, Bodianus dictynna, Cheilinus trilobatus, Choerodon graphicus, Halichoeres hortulanus, Labropsis australis, Thalassoma hardwicke* ont disparu et *Bodianus loxozonus, Cheilinus fasciatus, Choerodon anchorago, Choerodon fasciatus, Stethojulis bandanensis* ne sont pas revenues alors que d'autres sont apparues comme *Bodianus diana, Cheilinus chlorourus, Gomphosus varius, Halichoeres melanurus, Novaculichthys taeniourus, Oxycheilinus unifasciatus*.

Et cette liste qui n'est pas exhaustive montre à quel point les renouvellements d'espèces sur une station sont importants et que seul un petit nombre d'espèces est véritablement inféodé à une station, du moins à l'échelle spatiale de la station.

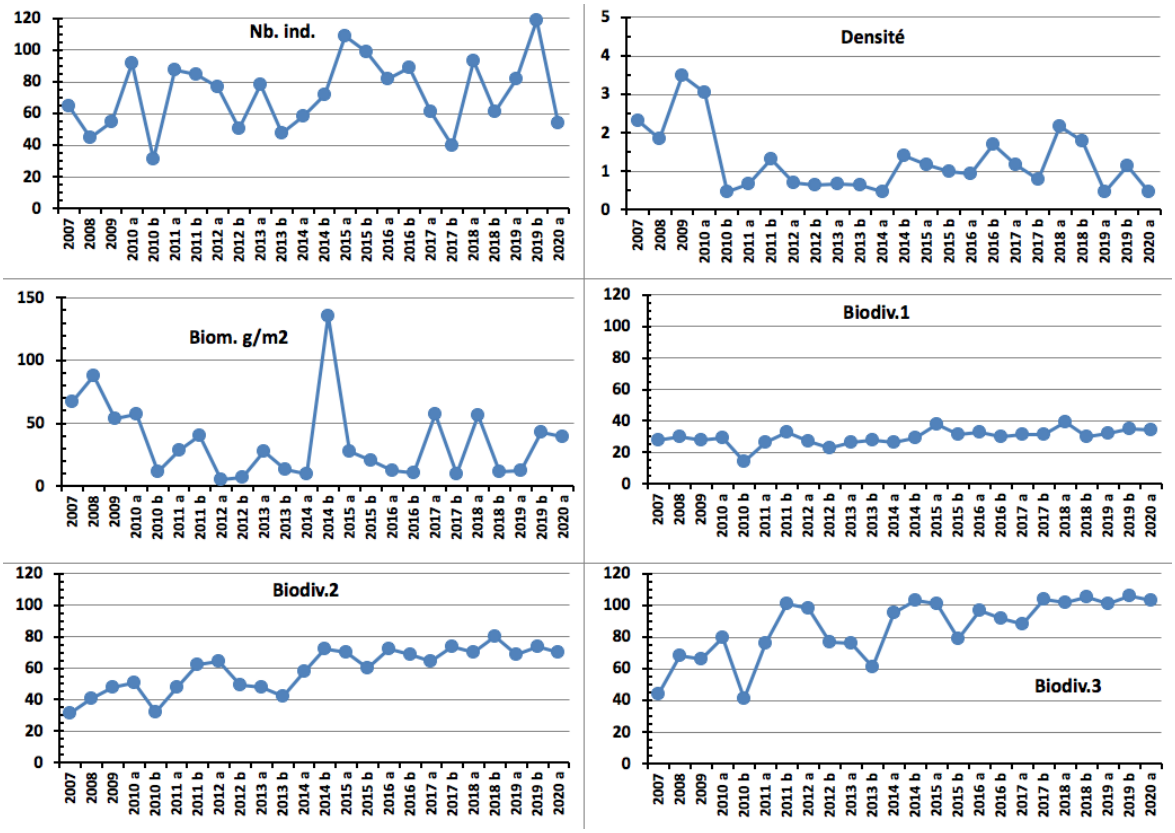


Figure 55 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08)

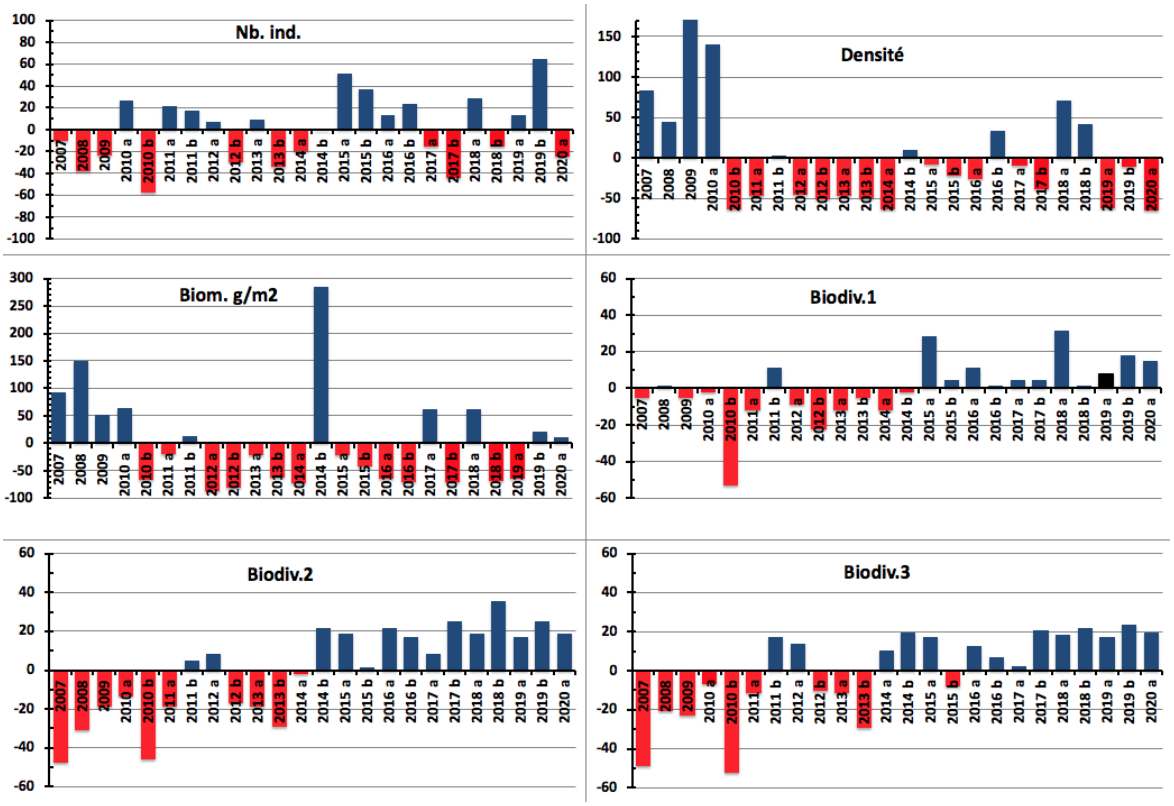


Figure 56 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08)

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 19).
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)*

- Taille majoritairement petite des colonies. Cependant présence d'une colonie de taille métrique de *Turbinaria stellulata* en B
- La pente récifale est abrupte et la dalle est arasée par les courants de marée et la houle
- 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
- Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) (diversité et abondance)
- Les crinoïdes affectionnent ce milieu balayé par les courants de marée
- Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A

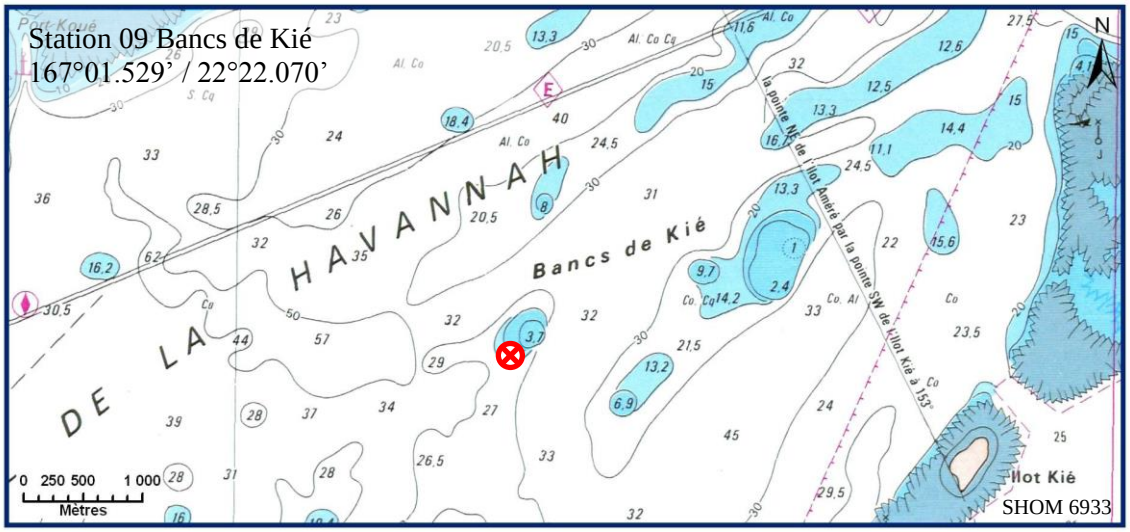
Variations entre octobre 2019 et mai 2020

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 19% au transect A (diminution), 16.5% en B et 16.5% en C (stables)
- 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%
- Lésions coralliennes : des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques, à la maladie de la bande blanche et à la prédation de corallivore :
  - Prédation des corallivores *Drupella cornus* en A et B : 0.7 et 0.8 m² de coraux blanchis sans polype
  - Maladie corallienne : RAS pour cette mission
  - Perturbations mécaniques : les conditions hydrodynamiques sont importantes, de nombreux débris et de nombreuses colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat suite aux évènements dépressionnaires

Autres indicateurs :
- Cyanobactéries : stable aux 3 transects (niveau 2)
- Le turf algal se développe sur les débris coralliens et la dalle
- Algue brune *Lobophora* : absente et stable
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : augmentation en A (niveau 3 à 4), diminution en B (niveau 3 à 2) et stable en C (niveau 2).
- *Cliona orientalis* : stable en A et C (niveau 3) et diminution en B (niveau 3 à 2)
- *Cliona jullieni :* augmentation en A (niveau 1 à 2) et stable en B et C (niveau 2)

Les corallivores :
- *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Drupella cornus* : augmentation en A et B (niveau 0 à 2)

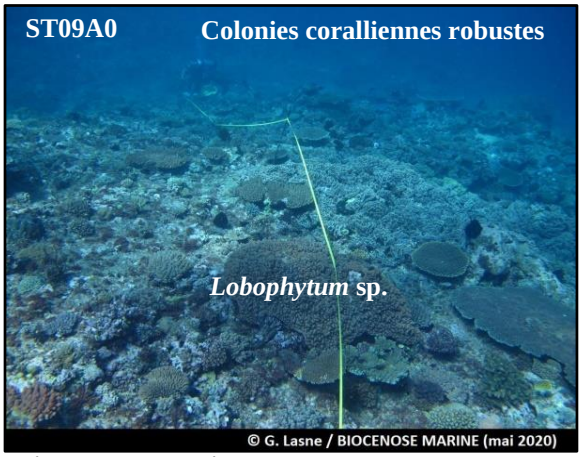


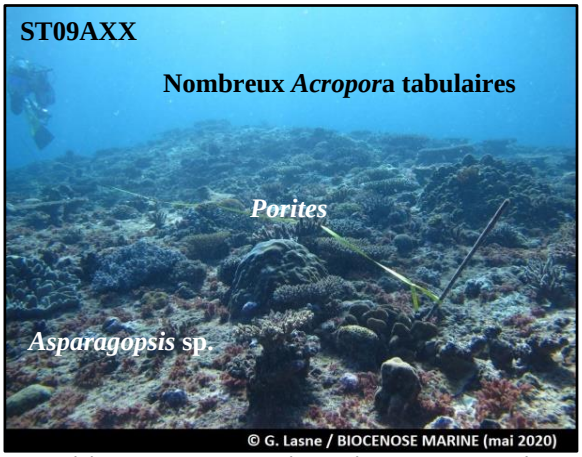


Carte 11 : Localisation de la station 09 (Bancs Kié)

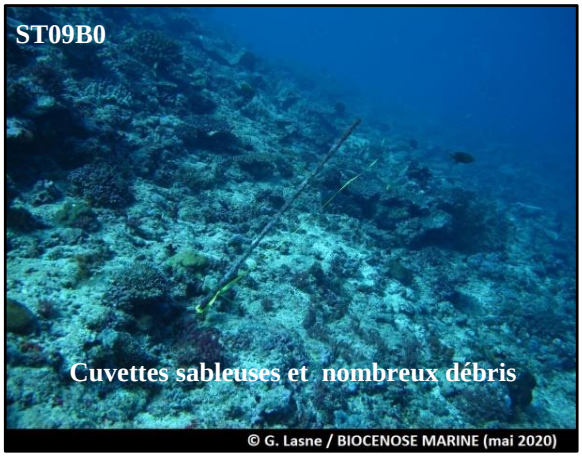


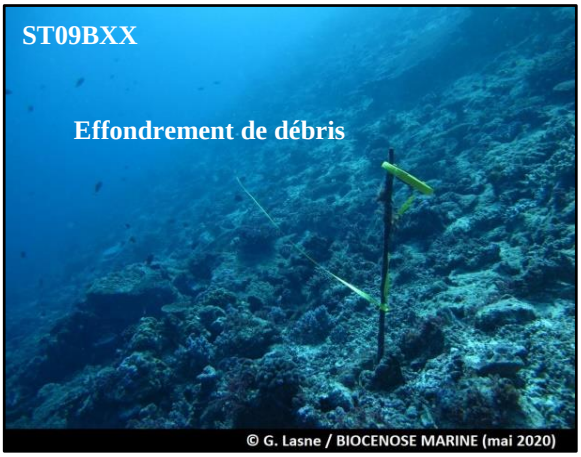
Photographie 19 : Position en surface (ST09)





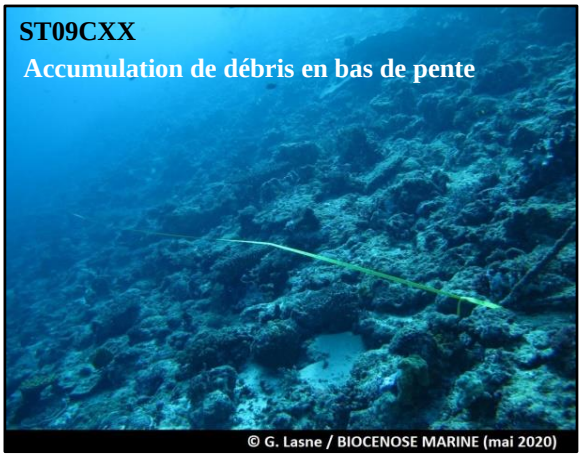
Les biocénoses benthiques sont robustes et adaptées aux conditions hydrodynamiques intenses toute l'année





La pente récifale a subi des effondrements de débris et de colonies plus en amont (B & C)





Les macrophytes sont diversifiées et abondantes

Photographie 20 : 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.

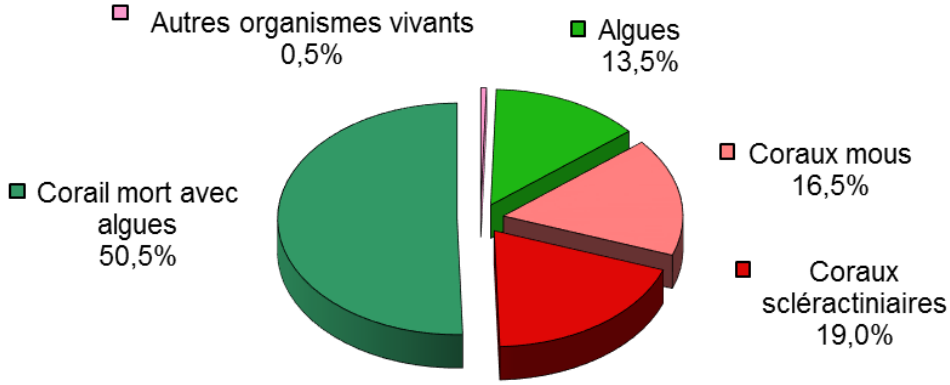


Figure 57 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09A

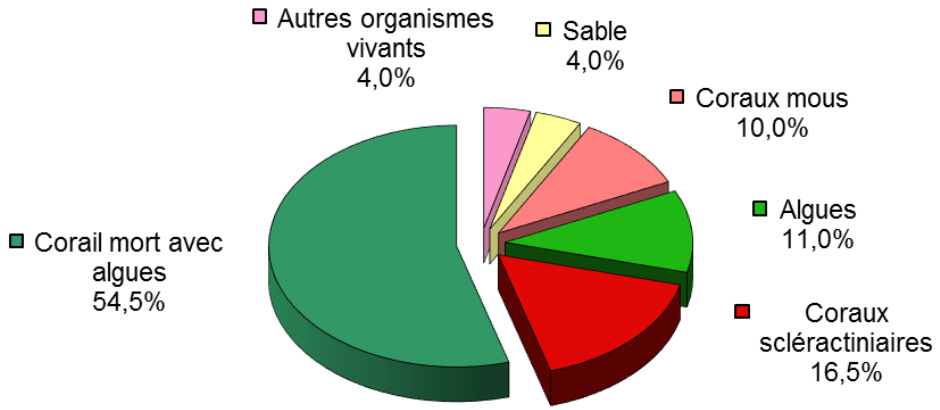


Figure 58 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09B

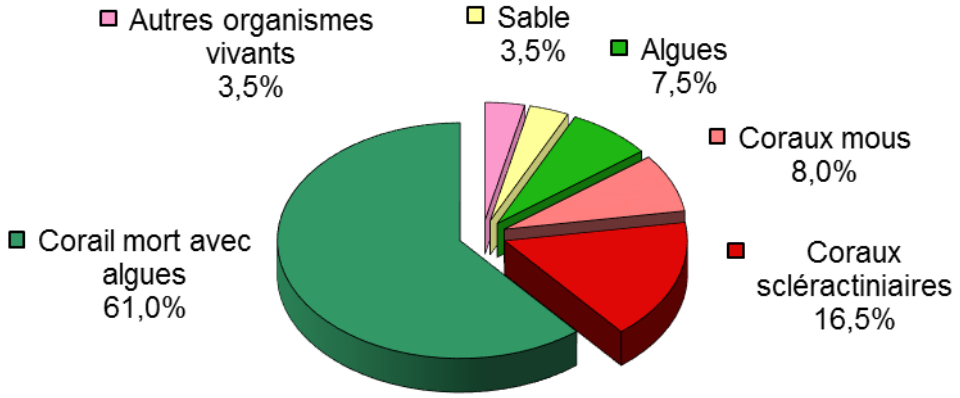


Figure 59 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09C

A cette station, le substrat est majoritairement composé de coraux morts (respectivement 50.5%, 54.5%, 61%) encroûtés par une multitude d'organismes vivants (dont des algues calcaires) : de ce fait, cette station est remarquable par sa couverture biotique, respectivement : 100%, 96% et 96.5%, le complément étant surtout du fait des algues.
Les coraux scléractiniaires sont moyennement représentés avec respectivement 19%, 16.5% et 16.5%.

A noter : 0.5% de cyanobactéries en C.

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 mai 2020, la richesse spécifique de la station Bancs Kié (ST09) est composée de :

- **63 espèces d'invertébrés** dont 11 espèces de mollusques ; 15 espèces de cnidaires : alcyonaires (10 taxons), actiniaires (3 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 14 espèces d'échinodermes : astéries (5 taxons), échinides (5 taxons), holothurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 10 espèces d'éponges ; 11 espèces d'ascidies
- **18 espèces de macrophytes** : algues vertes (10 taxons), algues rouges (6 taxons), algues brunes (2 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

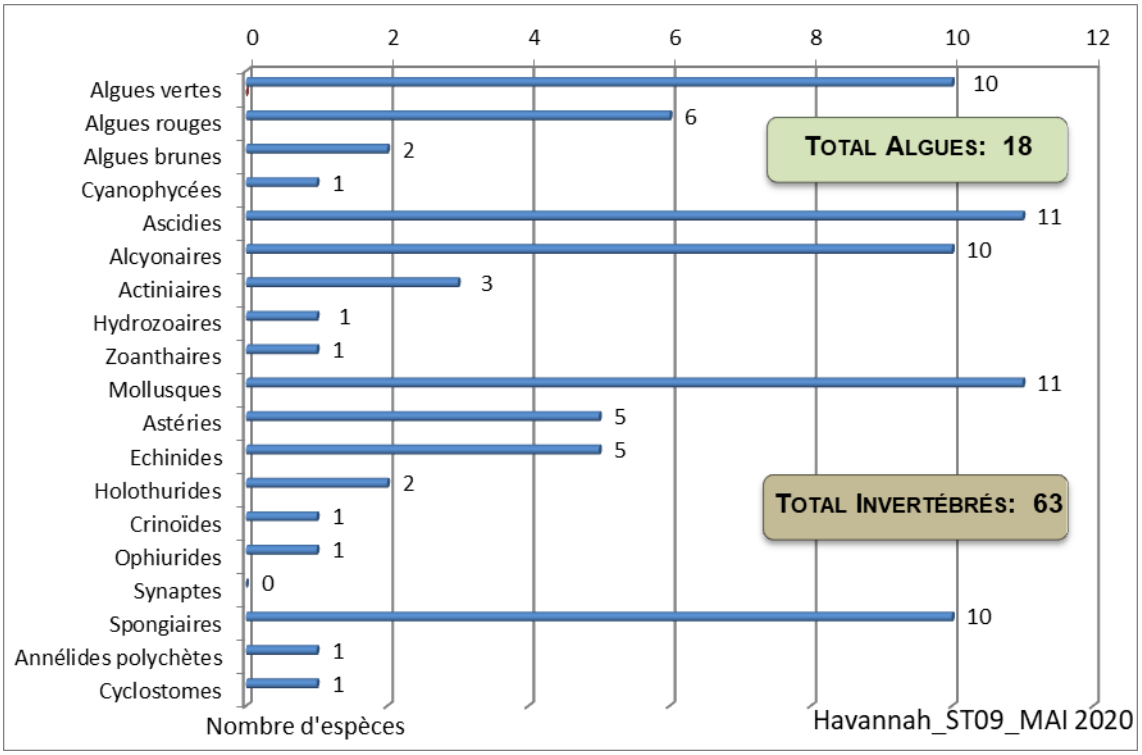


Figure 60 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST09)

4.9.2.1 Benthos Transect 09 A

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST09A est composée de :

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

Tableau 74 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST09A)*

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.	2 espèces d'algues augmentent, dont l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A4/+ 1) ; et l'algue verte : •*Dictyosphaeria verluysii* (A4/+ 2). Une espèce d'algue diminue, l'algue brune : •*Turbinaria ornata* (A2/- 1).
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
☑	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Dendronephthya* sp. (A3/+ 1). 2 espèces de cnidaires diminuent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Nephthea* sp. (A2/- 1) ; ➢ pour les hydrozoaires (1 espèce) : •Hydrozoaires ind. (A2/- 1).
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Gomophia egyptiaca* (A2). Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Linckia multifora* (A0/-1).	2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A3/- 1) ; ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Echinostrephus aciculatus* (A2/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Drupella cornus* (A2). Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les gastéropodes (-1 espèce) : •*Astraea rhodostoma* (A0/-1).	☑
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Hamigera strongylata* (A2). Une espèce d'éponges disparue : •*Leucetta chagosensis* (A0/-2).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •*Cliona jullieni* (A2/+ 1).
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : •*Didemnum* sp. (violet) (A2), •*Clavelina detorta* (A2).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : •*Encroûtante* sp. (violet, blanc) (A3/+ 1). 3 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : •*Didemnum molle* (A2/- 1), •*Polycarpa aurita* (A2/- 2), •*Polycarpa cryptocarpa* (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.9.2.2 Benthos Transect 09 B

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST09B est composée de :

- 56 espèces d'invertébrés dont 10 espèces de mollusques ; 14 espèces de cnidaires : alcyonaires (9 taxons), actiniaires (3 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 11 espèces d'échinodermes : échinides (5 taxons), astéries (3 taxons), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 11 espèces d'ascidies
- 17 espèces de macrophytes : algues vertes (9 taxons), algues rouges (6 taxons), algues brunes (2 taxons)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 75 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST09B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue rouge : •*Hypnea* sp. (A2). Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Une espèce d'algue recensée, l'algue verte : •*Neomeris vanbosseae* (A3/+ 1). 2 espèces d'algues diminuent, dont l'algue brune : •*Dictyota* sp. (A2/- 1) ; et l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A2/- 1).
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les actiniaires (1 espèce) : •*Entacmaea quadricolor* (A1). Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Lobophytum* sp. (A0/-2).	3 espèces de cnidaires augmentent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (3 espèces) : •*Sarcophyton* sp. (A4/+ 1), •*Dendronephthya* sp. (A4/+ 1), •*Nephthea* sp. (A5/+ 1).
Échinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : •*Celerina heffernani* (A1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les échinides : •*Echinometra mathaei* (A2/+ 1). 5 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A3/- 1) ; ➢ pour les échinides (4 espèces) : •*Diadema savignyi* (A1/- 1), •*Diadema setosum* (A1/- 1), •*Echinometrix diadema* (A2/- 1), •*Echinostrephus aciculatus* (A2/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : •*Drupella cornus* (A2). 2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : •*Tridacna crocea* (A0/-1) ; ➢ pour les gastéropodes (-1 sp) : •*Astraea rhodostoma* (A0/-2).	☑
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Cymbastela cantharella* (A2). Une espèce d'éponges disparue : •*Leucetta chagosensis* (A0/-2).	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •*Cliona orientalis* (A2/- 1).
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Didemnum* sp. (violet) (A2).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : •*Encroûtante* sp. (verte) (A3/+ 1). 2 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : •*Didemnum molle* (A2/- 1), •*Polycarpa aurita* (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.9.2.3 Benthos Transect 09 C

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST09C est composée de :

- 45 espèces d'invertébrés dont 4 espèces de mollusques ; 12 espèces de cnidaires : alcyonaires (9 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 8 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), échinides (3 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 9 espèces d'éponges ; 10 espèces d'ascidies
- 11 espèces de macrophytes : algues vertes (6 taxons), algues rouges (4 taxons), algues brunes (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 76 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST09C)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
2 nouvelles espèces d'algues recensées, dont 2 espèces d'algues rouges : •*Plocamium* sp. (A2), •*Hypnea* sp. (A2). 3 espèces d'algues disparues, dont l'algue rouge : •*Peyssonnelia* sp. (A0/-3) ; et 2 espèces d'algues vertes : •*Halimeda* sp. (1spp./-1spp., A2/-0), •*Chlorodesmis fastigiata* (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Une espèce d'algue diminue, l'algue brune : •*Dictyota* sp. (A2/- 1).
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Chironephthya* sp. (A2). Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •*Lobophytum* sp. (A0/-3).	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Sarcophyton* sp. (A3/+ 1). Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Xenia* sp. (A2/- 1).
Échinodermes	
☑	3 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les astéries (2 espèces) : •*Fromia indica* (A2/+ 1), •*Linckia multifora* (A2/+ 1) ; ➢ pour les ophiurides (1 espèce) : •Ophiure ind. (A3/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les échinides (1 espèce) : •*Diadema setosum* (A1/- 1).
Mollusques	
☑	☑
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •*Leucetta chagosensis* (A2).	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •*Cymbastela cantharella* (A1/- 1).
Ascidies	
☑	3 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : •*Didemnum* sp. (blanche) (A3/+ 1), •*Polycarpa cryptocarpa* (A4/+ 1), •*Polycarpa nigricans* (A5/+ 1). Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A2/- 2).
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*				1	0,01	0,68				0,33	0,00	0,23
Aca	*Acanthurus mata*	2	0,02	1,10	10	0,10	4,39				4,00	0,04	1,83
Aca	*Acanthurus olivaceus*				1	0,01	0,98				0,33	0,00	0,33
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	1	0,01	0,44	2	0,02	0,88	2	0,02	1,64	1,67	0,02	0,99
Aca	*Ctenochaetus striatus*	3	0,03	1,04	2	0,02	0,69	2	0,02	1,35	2,33	0,02	1,03
Aca	*Naso unicornis*				3	0,03	11,81				1,00	0,01	3,94
Aca	*Zebrasoma scopas*				1	0,01	0,27				0,33	0,00	0,09
Aca	*Zebrasoma veliferum*	1	0,01	0,55	1	0,01	1,85				0,67	0,01	0,80
Ant	*Pseudanthias cooperi*	10	0,10	1,02							3,33	0,03	0,34
Ant	*Pseudanthias hypselosoma*							10	0,10	1,46	3,33	0,03	0,49
Ant	*Pseudanthias pleurotaenia*	10	0,10	0,69	10	0,10	2,00	10	0,10	1,02	10,00	0,10	1,24
Ant	*P. squamipinnis*	10	0,10	0,43							3,33	0,03	0,14
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*				1	0,01	0,04				0,33	0,00	0,01
Cha	*Chaetodon auriga*	2	0,02	0,20							0,67	0,01	0,07
Cha	*Chaetodon citrinellus*	3	0,03	0,13	2	0,02	0,09				1,67	0,02	0,07
Cha	*Chaetodon kleinii*	3	0,03	0,21				3	0,03	0,13	2,00	0,02	0,11
Cha	*Chaetodon melannotus*	2	0,02	0,09							0,67	0,01	0,03
Cha	*Chaetodon mertensii*							2	0,02	0,09	0,67	0,01	0,03
Cha	*Chaetodon pelewensis*				2	0,02	0,05				0,67	0,01	0,02
Cha	*Chaetodon trifascialis*	1	0,01	0,04				4	0,04	0,17	1,67	0,02	0,07
Cha	*Heniochus acuminatus*	1	0,01	0,35							0,33	0,00	0,12
Epi	*Cephalopholis boenak*				1	0,01	0,03				0,33	0,00	0,01
Epi	*Cephalopholis urodeta*				2	0,02	0,53				0,67	0,01	0,18
Epi	*Variola louti*							2	0,02	6,25	0,67	0,01	2,08
Epi	*Plectropomus leopardus*	1	0,01	5,40							0,33	0,00	1,80
Lab	*Bodianus perditio*				1	0,01	1,60				0,33	0,00	0,53
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	0,01	0,68							0,33	0,00	0,23
Lab	*Cheilinus undulatus*	1	0,01	12,80							0,33	0,00	4,27
Lab	*Gomphosus varius*	3	0,03	0,31	1	0,01	0,27				1,33	0,01	0,19
Lab	*Halichoeres hortulanus*	1	0,01	0,20	1	0,01	0,82				0,67	0,01	0,34
Lab	*Thalassoma hardwicke*	5	0,05	0,42							1,67	0,02	0,14
Lab	*Thalassoma lunare*	8	0,08	0,35	5	0,05	1,00	4	0,04	0,27	5,67	0,06	0,54
Lab	*Thalassoma lutescens*	8	0,08	0,55	5	0,05	0,51				4,33	0,04	0,35
Mul	*Parupeneus barberinus*				3	0,03	1,04	2	0,02	0,88	1,67	0,02	0,64
Mul	*Parupeneus multifasciatus*	3	0,03	2,46							1,00	0,01	0,82
Nem	*Scolopsis bilineatus*	5	0,05	2,20	4	0,04	1,38	3	0,03	1,04	4,00	0,04	1,54
Poc	*Centropyge bicolor*	2	0,02	0,05	3	0,03	0,08	2	0,02	0,05	2,33	0,02	0,06
Poc	*Centropyge bispinosa*	2	0,02	0,09	3	0,03	0,08	2	0,02	0,03	2,33	0,02	0,06
Poc	*Centropyge flavissima*	3	0,03	0,21				1	0,01	0,04	1,33	0,01	0,08
Poc	*Centropyge tibicen*	4	0,04	0,10	2	0,02	0,05	3	0,03	0,08	3,00	0,03	0,08
Pom	*Amphiprion chrysopterus*	6	0,06	0,15	5	0,05	0,13				3,67	0,04	0,09
Pom	*Chromis fumea*	15	0,15	0,19	15	0,15	0,38	15	0,15	0,38	15,00	0,15	0,31
Pom	*Chromis viridis*	30	0,30	0,16							10,00	0,10	0,05
Pom	*Chrysiptera rollandi*				4	0,04	0,05				1,33	0,01	0,02
Pom	*Chrysiptera taupou*	4	0,04	0,02	5	0,05	0,03	5	0,05	0,51	4,67	0,05	0,19
Pom	*Dascyllus reticulatus*	10	0,10	0,05	15	0,15	0,08	15	0,15	0,19	13,33	0,13	0,11
Pom	*Dascyllus trimaculatus*	5	0,05	0,03	7	0,07	0,04	10	0,10	0,25	7,33	0,07	0,10
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	4	0,04	0,05							1,33	0,01	0,02

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

Pom	*Stegastes aureus*	2	0,02	0,14							0,67	0,01	0,05
Pom	*Stegastes gascoynei*				4	0,04	0,27	6	0,06	1,20	3,33	0,03	0,49
Sca	*Cetoscarus ocellatus*	3	0,03	54,68							1,00	0,01	18,23
Sca	*Chlorurus bleekeri*	1	0,01	5,40							0,33	0,00	1,80
Sca	*Chlorurus sordidus*	5	0,05	5,83	3	0,03	1,65	3	0,03	1,65	3,67	0,04	3,04
Sca	*Scarus forsteni*	1	0,01	0,98							0,33	0,00	0,33
Sca	*Scarus ghobban*				1	0,01	2,13				0,33	0,00	0,71
Sca	*Scarus schlegeli*				1	0,01	2,43				0,33	0,00	0,81
Sig	*Siganus argenteus*	10	0,10	8,19							3,33	0,03	2,73
Total		**192**	**1,92**	**107,95**	**127**	**1,27**	**38,28**	**106**	**1,06**	**18,67**	**141,67**	**1,42**	**54,97**
Biodiversité		**40**			**34**			**21**			**57**		
Indice de Shannon =		4,894											
Equitabilité =		0,839											

Sur l'ensemble des transects de la station, 425 individus appartenant à 57 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.42 poissons/m² pour une biomasse de 54.97 g/m².
99 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	*Variola louti*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*
Aca	*Acanthurus dussumieri*	Epi	*Plectropomus leopardus*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Aca	*Acanthurus mata*	Lab	*Anampses femininus*	Pom	*Amphiprion chrysopterus*
Aca	*Acanthurus olivaceus*	Lab	*Bodianus perditio*	Pom	*Chromis agilis*
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Chromis fumea*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Lab	*Cheilinus undulatus*	Pom	*Chromis leucura*
Aca	*Naso unicornis*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Chromis viridis*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Chrysiptera starcki*
Ant	*Pseudanthias cooperi*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Ant	*Pseudanthias hypselosoma*	Lab	*Halichoeres hortulanus*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Ant	*Pseudanthias pleurotaenia*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Ant	*Pseudanthias squamipinnis*	Lab	*Stethojulis bandanensis*	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Pom	*Plectroglyphidodon johnstonianus*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon auriga*	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Cha	*Chaetodon citrinellus*	Lut	*Lutjanus bohar*	Pom	*Pomacentrus philippinus*
Cha	*Chaetodon kleinii*	Lut	*Macolor niger*	Pom	*Pomacentrus simsiang*
Cha	*Chaetodon melannotus*	Mul	*Parupeneus barberinus*	Pom	*Stegastes aureus*
Cha	*Chaetodon mertensii*	Mul	*Parupeneus cyclostomus*	Pom	*Stegastes gascoynei*
Cha	*Chaetodon pelewensis*	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	Sca	*Cetoscarus ocellatus*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Nem	*Pentapodus aureofasciatus*	Sca	*Chlorurus bleekeri*
Cha	*Chaetodon speculum*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon trifascialis*	Pin	*Parapercis flavissimus*	Sca	*Scarus altipinnis*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Pin	*Parapercis hexophtalma*	Sca	*Scarus forsteni*
Cha	*Heniochus varius*	Poc	*Apolemichthys trimaculatus*	Sca	*Scarus ghobban*
Cir	*Cirrhitichthys falco*	Poc	*Centropyge bicolor*	Sca	*Scarus schlegeli*
Cir	*Cyprinocirrhites polyactis*	Poc	*Centropyge bispinosa*	Sig	*Siganus argenteus*

Cir	*Paracirrhites forsteri*	Poc	*Centropyge flavissima*	Sig	*Siganus puellus*
Dus	*Spratelloides gracilis*	Poc	*Centropyge tibicen*	Sig	*Siganus punctatus*
Epi	*Cephalopholis boenak*	Poc	*Genicanthus watanabei*	Syn	*Synodus variegatus*
Epi	*Cephalopholis urodeta*	Poc	*Pomacanthus imperator*	Tet	*Arothron meleagris*

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	8	5,87	20,00	14,67
Chaetodontidae	30	8	7,39	26,67	24,64
Epinephelinae	26	4	2,83	15,38	10,87
Labridae	97	8	8,22	8,25	8,47
Lethrinidae	16	0	0,09	0,00	0,54
Lutjanidae	22	0	0,30	0,00	1,38
Mullidae	14	2	1,26	14,29	9,01
Pomacanthidae	14	4	4,61	28,57	32,92
Pomacentridae	92	10	5,39	10,87	5,86
Scaridae	23	6	3,35	26,09	14,56
Siganidae	10	1	0,74	10,00	7,39
Autres	257	6	6,04	2,33	2,35
Khi2 obs		**5,2**		**14,1**	
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 80 et la figure 62.

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.

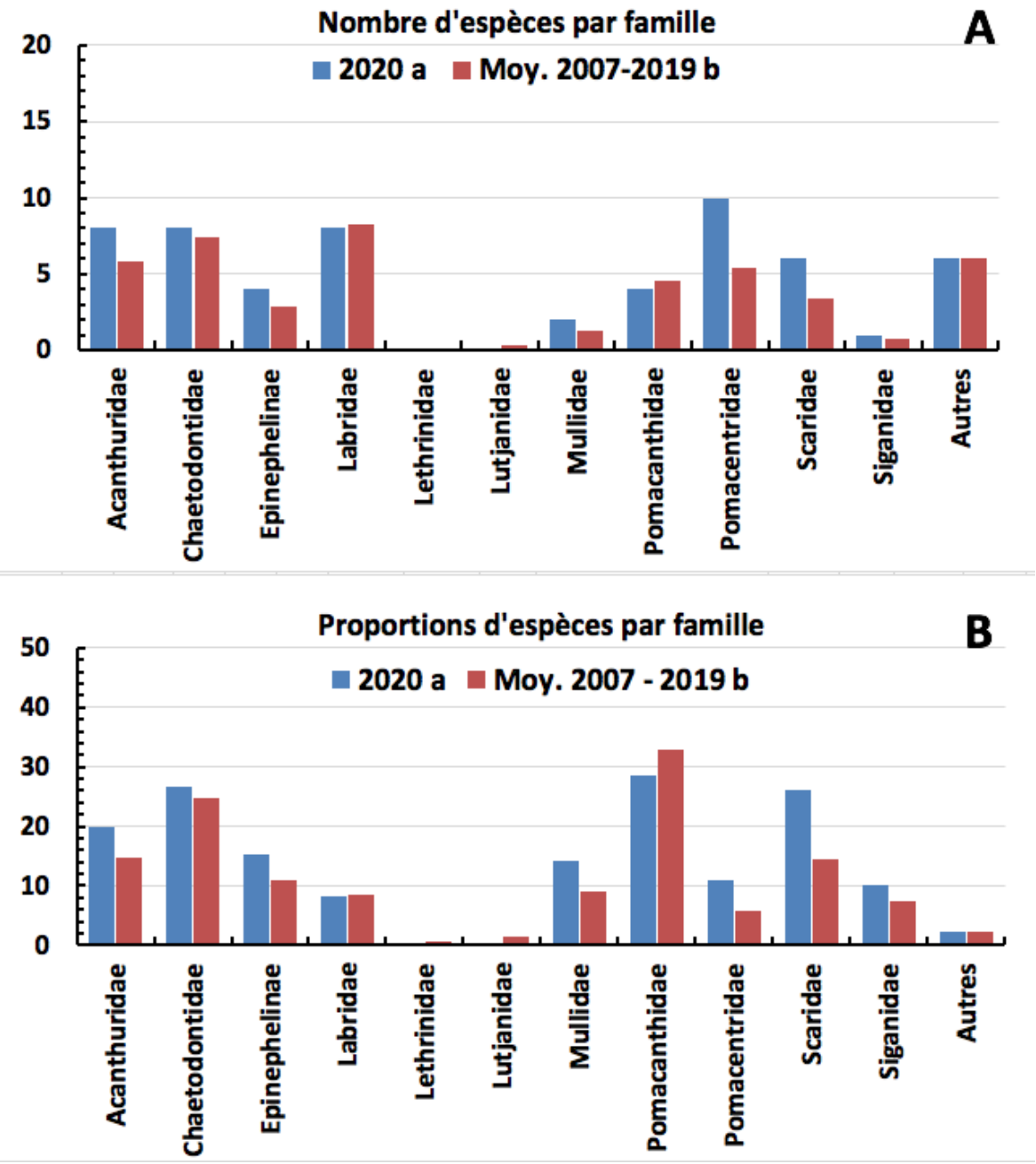


Figure 61 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST09)

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

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
2020 a	Transect A	192	1,92	107,95	40		
	Transect B	127	1,27	38,28	34		
	Transect C	106	1,06	18,67	21		
	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

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	2 843,2	1,1	27 536,0	107,0	159,4	421,1
Ecart type	53,3	1,0	165,9	10,3	12,6	20,5
Moyenne	164,2	2,5	154,6	46,8	70,2	97,7
Coef. de Var.	0,3	0,4	1,1	0,2	0,2	0,2

Commentaires :

- La densité présente une valeur faible.
- La biomasse est en dessous de la moyenne.
- La biodiversité est moyenne.

La structure du peuplement de cette campagne ne diffère pas significativement de la structure moyenne obtenue sur la période de suivi (cf. § 3.4.3).
Sur les 24 missions, celle-ci est la 7ème à montrer une structure de peuplement similaire à la structure moyenne. Les autres sont celles des missions 2009, 2013b, 2014a et b, 2015b et de 2018b. Donc la majorité diffère significativement. Elles forment un ensemble hétérogène et chaque structure de peuplement correspond à un ensemble de taxons pris dans une base globale d'environ 350 espèces.
Ce point est commun à toutes les stations du canal de la Havannah.

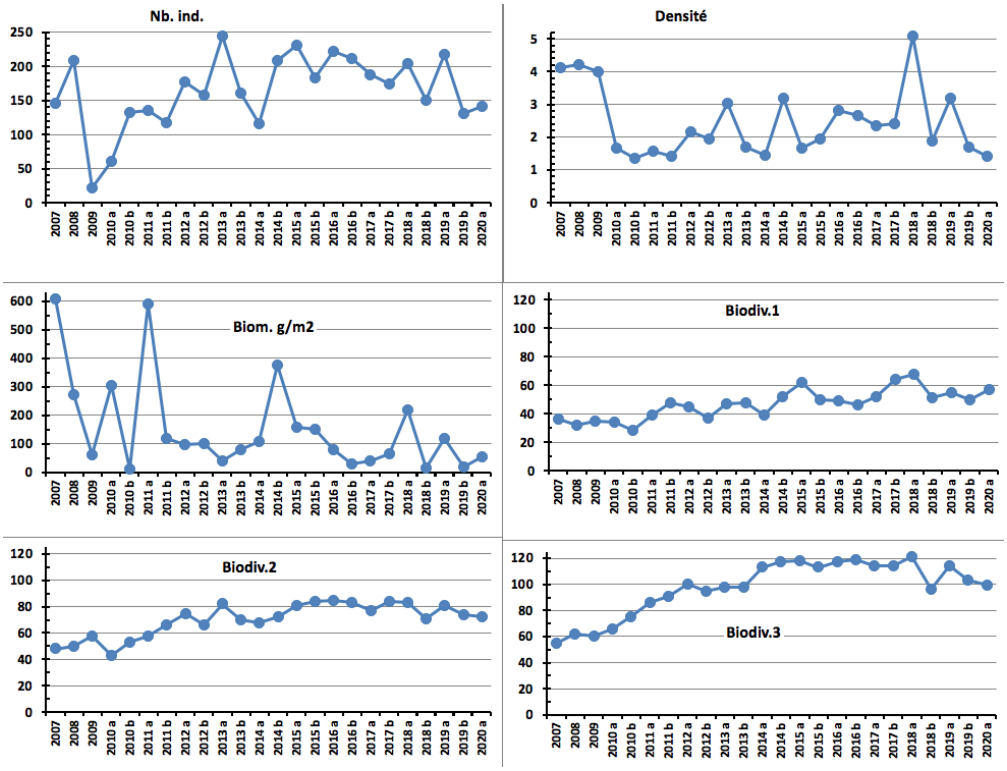


Figure 62 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09)

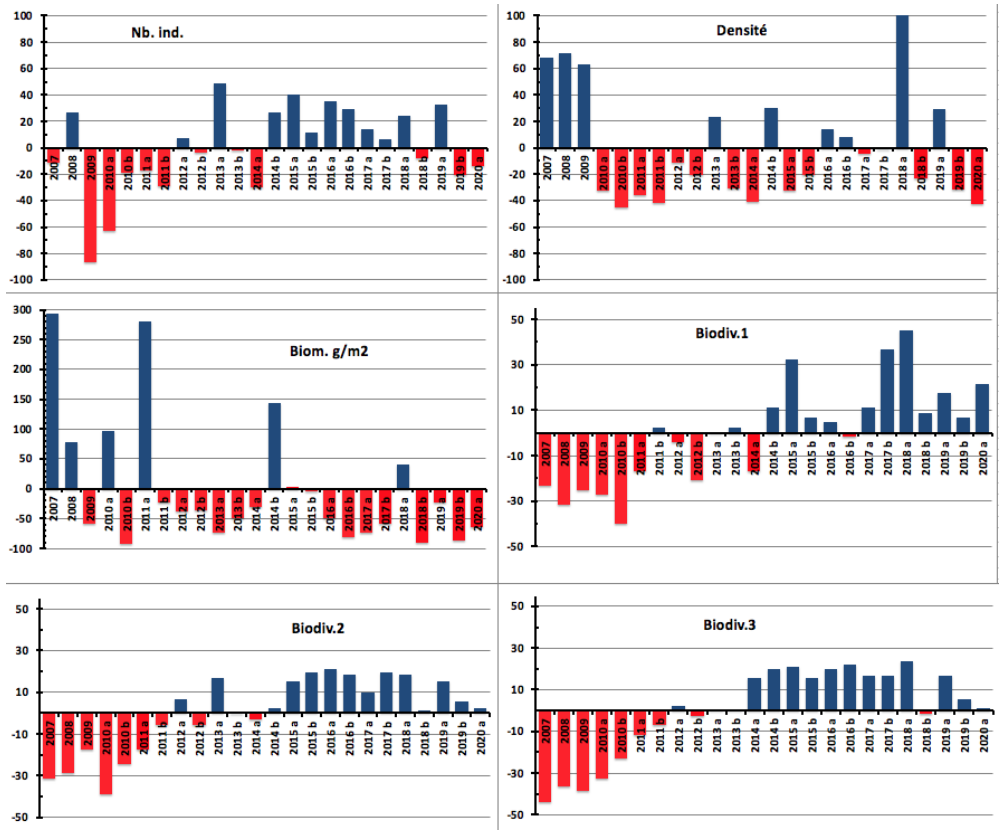


Figure 63 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09)

4.10 Station 10 = Ilot Kié

Localisation géographique	Partie nord-ouest de l'îlot Kié (photographie 21). 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 abrité 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 sont très élevés sur les niveaux bathymétriques supérieur et médian ; Le transect A est au 1er rang de tous les transects du réseau
- Dégradation des communautés benthiques sur l'ensemble de la station lors des évènements dépressionnaires du début d'année 2011, 2013 et 2015
- Perturbations importante du corallivore *Drupella cornus* sur les colonies coralliennes depuis avril 2014
- Selon les missions un dépôt d'origine carbonatée est présent sur quelques colonies mais ce dernier est remobilisé rapidement par les courants de marée
- Présence d'espèce rare de *Gardineroseris planulata* et *Podabacia crustacea*
- Abondance des genres coralliens *Acropora*, *Goniopora* et *Alveopora*
- Les crinoïdes sont relativement abondantes aux transects A et B
- Lors des missions de septembre/octobre, l'espèce *Alveopora* sp1 étant très sensible aux variations de l'environnement, plusieurs colonies se retrouvent blanchies pour tous les transects. L'eau particulièrement froide en octobre 2015 (el Niño) n'a pas fait blanchir cette espèce
- 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

Variations : Attention : pour cette station, les données précédentes datent de novembre 2016

Indicateur Corail :

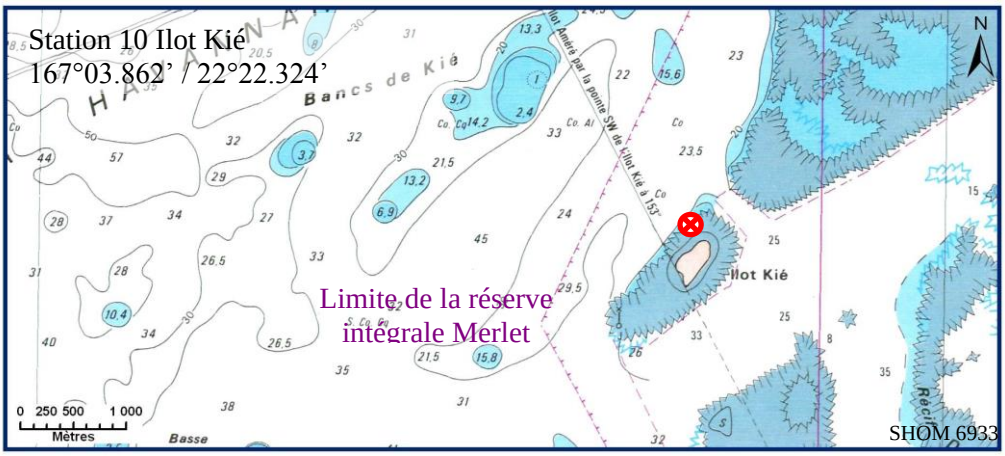
- Le recouvrement corallien est de 74% au transect A (1er rang du réseau, forte augmentation : 43% en novembre 2016), 34.5% en B (2ème score du réseau) et 8% en C (stables)

-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%.
- Lésions coralliennes : Des colonies coralliennes sont dégradées suite à la maladie de la bande blanche et à la prédation de corallivore et aux variations des paramètres de l'environnement (T°C, S%, UV) :

- Prédation des corallivores *Drupella cornus* en A et B : 0.6 et 0.5 m² de coraux blanchis sans polype
- Maladie corallienne : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) pour les 3 niveaux bathymétriques : 0.8, 1.3 et 0.4 m² de coraux blanchis sans polype
- Variation des paramètres de l'environnement (T°C, S%, UV) : une espèce d'*Alveopora* parait très sensible et elle blanchi régulièrement aux 3 transects. Cela ne semble pas avoir d'incidence sur sa vitalité car elle paraît réintégrer des zooxanthelles lors des missions d'octobre à novembre suivantes
- Perturbations mécaniques et sédimentaires : RAS pour cette mission

Autres indicateurs :
- Cyanobactéries : recouvrement aux 3 transects (niveau 2/2/1). Elles colonisent les colonies coralliennes mortes en place, les *Acropora* tabulaires branchus
- 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 2) et absence en C
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : présence en A (niveau 2) et absence en B et C. Le développement est saisonnier, le recouvrement n'a jamais été très important pour cette station, cependant il varie selon les saisons
- *Cliona orientalis* : présence aux 3 transects (niveau 2/3/3)
- *Cliona jullieni* : présence aux 3 transects (niveau 1/2/2)

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

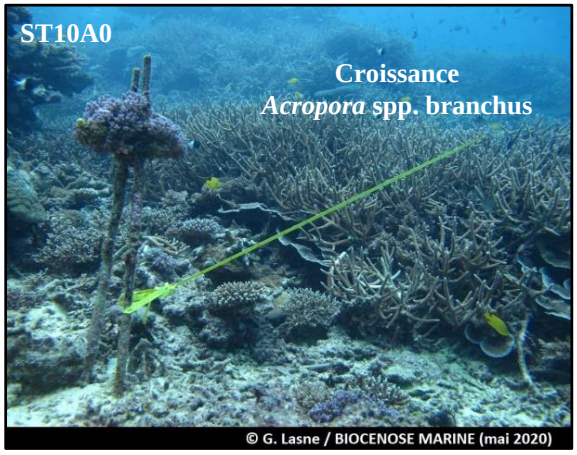


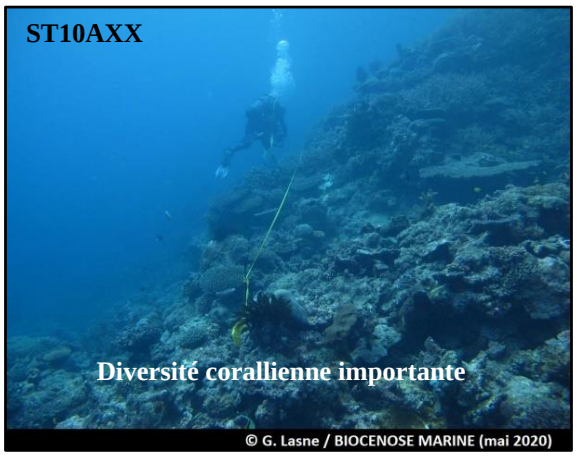


Carte 12 : Localisation de la station 10 (Ilot Kié)

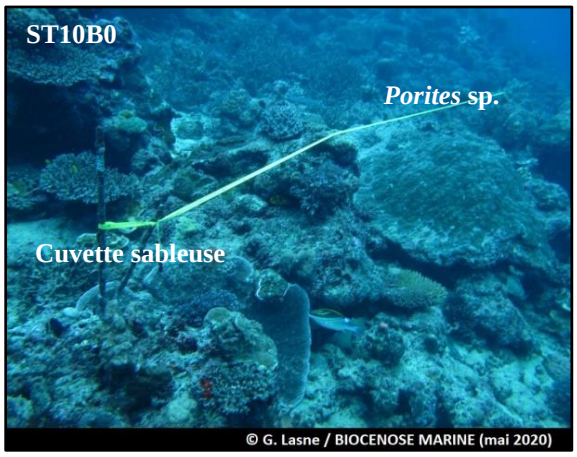


Photographie 21 : Position en surface (ST10)

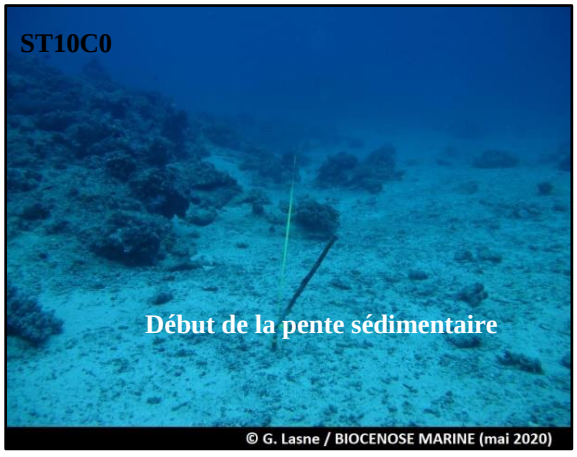


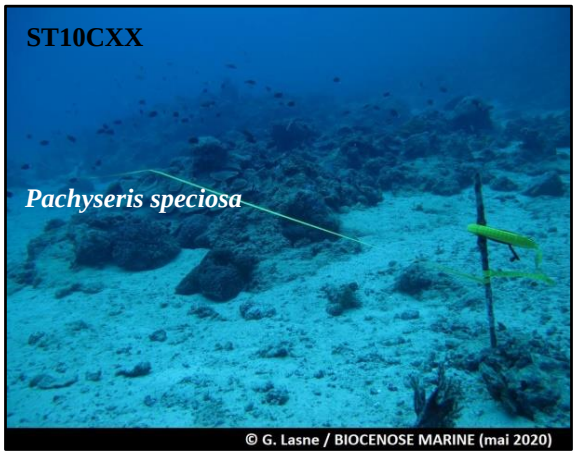


Les colonies d'*Alveopora* sp. sont toutes partiellement blanchies pour l'ensemble des niveaux bathymétriques. Ce phénomène de blanchissement est observé sur cette espèce de manière périodique (saisonnalité)









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

Photographie 22 : 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.

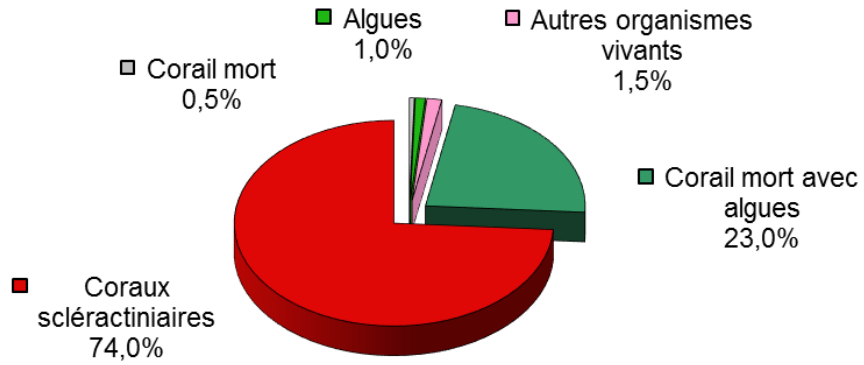


Figure 64 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST10A

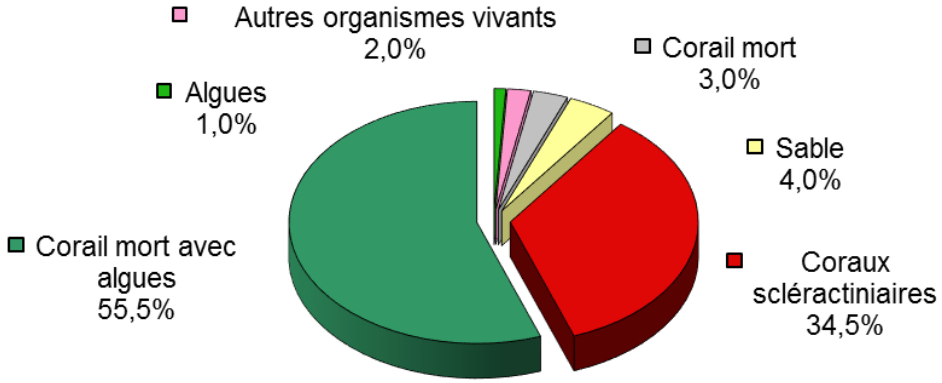


Figure 65 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST10B

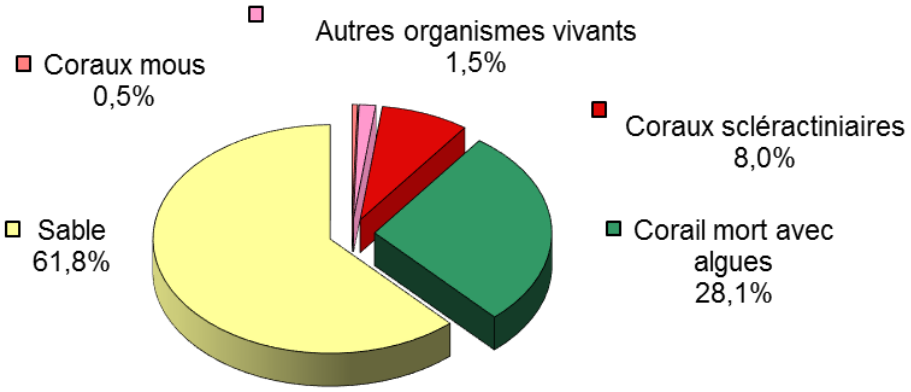


Figure 66 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST10C

Cette station est remarquable par sa couverture en coraux scléractiniaires qui représentent 74% du substrat sur le transect A. C'est le taux le plus élévé du réseau de suivi et il montre une très forte augmentation par rapport aux données précédentes (novembre 2016 : 43%). Le taux est de 34.5% en B (2ème rang pour cette mission). La catégorie « Corail mort avec algues » est bien représentée (23% et 55,5%) et contribue au fait que ces deux transects sont recouverts à 99.5% et 93% de substrat biotique.
Le substrat du transect C est constitué essentiellement de sable (62%) et les coraux scléractiniaires n'y sont plus présents qu'à 8%.
A noter : 1% de cyanobactéries en A et B et des coraux blanchis : 0.5% en A et 3% en B.

Malgré 3 ans sans relevé, l'état de santé de la station est stable, avec même une forte progression des coraux scléractiniaires en A.

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 mai 2020, la richesse spécifique de la station Ilot Kié (ST10) est composée de :

- **58 espèces d'invertébrés** dont 19 espèces de mollusques ; 13 espèces de cnidaires : alcyonaires (7 taxons), actiniaires (3 taxons), zoanthaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon) ; 11 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), échinides (3 taxons), holothurides (3 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- **9 espèces de macrophytes** : algues vertes (4 taxons), algues brunes (3 taxons), algues rouges (2 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

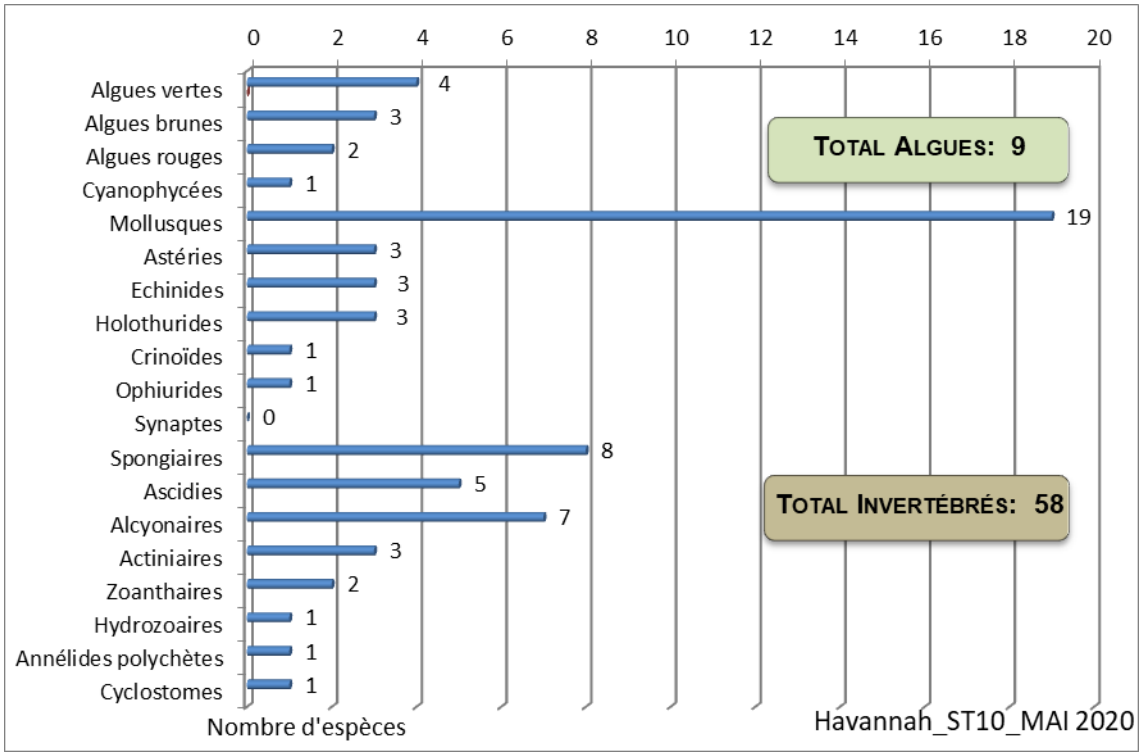


Figure 67 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST10)

4.10.2.1 Benthos Transect 10 A

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST10A est composée de :

- 38 espèces d'invertébrés dont 16 espèces de mollusques ; 3 espèces de cnidaires : alcyonaires (3 taxons) ; 7 espèces d'échinodermes : échinides (3 taxons), astéries (1 taxon), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- 8 espèces de macrophytes : algues vertes (4 taxons), algues brunes (2 taxons), algues rouges (2 taxons)
- 1 espèce de cyanobactéries.

La station n'ayant pas été recensée lors de la précédente mission (octobre 2019), les variations ne peuvent être présentées.

4.10.2.2 Benthos Transect 10 B

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST10B est composée de :

- 46 espèces d'invertébrés dont 15 espèces de mollusques ; 11 espèces de cnidaires : alcyonaires (6 taxons), actiniaires (3 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 8 espèces d'échinodermes : échinides (3 taxons), holothurides (2 taxons), astéries (1 taxon), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- 3 espèces de macrophytes : algues brunes (2 taxons), algues rouges (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

La station n'ayant pas été recensée lors de la précédente mission (octobre 2019), les variations ne peuvent être présentées.

4.10.2.3 Benthos Transect 10 C

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST10C est composée de :

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

La station n'ayant pas été recensée lors de la précédente mission (octobre 2019), les variations ne peuvent être présentées.

4.10.3 Les poissons (ST10)

La liste des espèces observées[14] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 82.

Tableau 82 : 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 albipectoralis*							1	0,01	0,73	0,33	0,00	0,24
Aca	*Acanthurus mata*							20	0,13	20,00	6,67	0,04	6,67
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*							2	0,01	0,78	0,67	0,00	0,26
Aca	*Ctenochaetus striatus*	3	0,05	1,73	1	0,01	0,43	3	0,03	1,04	2,33	0,03	1,07
Aca	*Naso lituratus*	1	0,01	4,50							0,33	0,00	1,50
Aca	*Naso lopezi*							10	0,05	27,00	3,33	0,02	9,00
Aca	*Naso tonganus*							10	0,05	38,98	3,33	0,02	12,99
Aca	*Naso unicornis*							2	0,01	18,29	0,67	0,00	6,10
Aca	*Zebrasoma scopas*	2	0,03	0,89	2	0,03	0,67	1	0,02	0,24	1,67	0,03	0,60
Aca	*Zebrasoma veliferum*							1	0,01	0,84	0,33	0,00	0,28
Ant	*Pseudanthias cooperi*							10	0,07	0,31	3,33	0,02	0,10
Ant	*Pseudanthias dispar*	10	0,13	0,86							3,33	0,04	0,29
Ant	*Pseudanthias pascalus*				10	0,13	0,86	10	0,07	0,49	6,67	0,07	0,45
Ant	*Pseudanthias pleurotaenia*							10	0,07	0,60	3,33	0,02	0,20
Ant	*Pseudanthias squamipinnis*	10	0,13	1,05				10	0,07	0,73	6,67	0,07	0,60
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	2	0,03	0,00							0,67	0,01	0,00
Cae	*Pterocaesio digramma*	25	0,31	36,45							8,33	0,10	12,15
Cae	*Pterocaesio marri*	20	0,33	32,75							6,67	0,11	10,92
Cha	*Chaetodon baronessa*	2	0,02	0,40							0,67	0,01	0,13
Cha	*Chaetodon kleinii*							3	0,05	0,22	1,00	0,02	0,07
Cha	*Chaetodon lunulatus*	3	0,03	0,31	2	0,03	0,11				1,67	0,02	0,14
Cha	*Chaetodon pelewensis*	2	0,03	0,14	2	0,03	0,06	2	0,03	0,14	2,00	0,03	0,12
Cha	*Chaetodon plebeius*				3	0,04	0,09				1,00	0,01	0,03
Cha	*Forcipiger flavissimus*				2	0,03	0,06				0,67	0,01	0,02
Cha	*Heniochus varius*				3	0,04	3,07				1,00	0,01	1,02
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*				1	0,01	5,49				0,33	0,00	1,83
Epi	*Cephalopholis argus*				1	0,01	8,19				0,33	0,00	2,73
Epi	*Cephalopholis miniata*							2	0,03	10,42	0,67	0,01	3,47
Epi	*Epinephelus fasciatus*							1	0,02	1,64	0,33	0,01	0,55
Epi	*Epinephelus maculatus*				1	0,01	4,92	2	0,03	8,79	1,00	0,01	4,57
Epi	*Epinephelus merra*	1	0,01	0,25							0,33	0,00	0,08
Epi	*Plectropomus laevis*				2	0,02	146,33				0,67	0,01	48,78
Epi	*Plectropomus leopardus*	3	0,04	146,33	3	0,03	164,78	3	0,03	45,56	3,00	0,03	118,89
Epi	*Variola louti*				1	0,01	18,23				0,33	0,00	6,08
Lab	*Bodianus loxozonus*							1	0,01	1,02	0,33	0,00	0,34
Lab	*Bodianus perditio*				1	0,01	5,40				0,33	0,00	1,80
Lab	*Cheilinus chlorourus*				1	0,01	3,13				0,33	0,00	1,04
Lab	*Cheilinus undulatus*				1	0,01	15,19				0,33	0,00	5,06
Lab	*Coris gaimard*	1	0,02	0,33							0,33	0,01	0,11
Lab	*Halichoeres hortulanus*				1	0,01	0,98				0,33	0,00	0,33
Lab	*Hemigymnus melapterus*				2	0,02	1,64				0,67	0,01	0,55
Lab	*Labroides dimidiatus*							5	0,06	0,08	1,67	0,02	0,03
Lab	*Thalassoma lunare*	5	0,08	0,57				8	0,10	0,69	4,33	0,06	0,42
Lab	*Thalassoma lutescens*							7	0,09	0,38	2,33	0,03	0,13
Let	*Monotaxis grandoculis*	1	0,01	4,39	1	0,01	1,33	1	0,01	1,54	1,00	0,01	2,42
Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	2	0,05	0,03							0,67	0,02	0,01
Mul	*Parupeneus indicus*				3	0,03	5,56				1,00	0,01	1,85
Mul	*Parupeneus multifasciatus*							3	0,04	4,37	1,00	0,01	1,46

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

Nem	*Scolopsis bilineatus*				7	0,07	1,86	4	0,03	0,67	3,67	0,03	0,84
Poc	*Centropyge bicolor*	3	0,05	0,13	4	0,05	0,13	2	0,03	0,08	3,00	0,04	0,11
Poc	*Centropyge bispinosa*	2	0,03	0,08	3	0,04	0,09	3	0,05	0,13	2,67	0,04	0,10
Poc	*Centropyge flavissima*	2	0,03	0,18				3	0,05	0,22	1,67	0,03	0,13
Poc	*Centropyge tibicen*	3	0,05	0,09	3	0,04	0,05	2	0,03	0,04	2,67	0,04	0,06
Pom	*Abudefduf sexfasciatus*	10	0,17	2,86							3,33	0,06	0,95
Pom	*Abudefduf whitleyi*	10	0,13	1,82	5	0,06	0,16				5,00	0,06	0,66
Pom	*Amphiprion chrysopterus*	5	0,08	0,28							1,67	0,03	0,09
Pom	*Amphiprion clarkii*	5	0,08	0,21							1,67	0,03	0,07
Pom	*Amphiprion perideraion*				3	0,04	0,09				1,00	0,01	0,03
Pom	*Chromis fumea*	30	0,50	1,25							10,00	0,17	0,42
Pom	*Chromis viridis*	40	0,67	0,36	15	0,19	0,10				18,33	0,28	0,15
Pom	*Chrysiptera rollandi*	4	0,07	0,04	2	0,03	0,01				2,00	0,03	0,02
Pom	*Chrysiptera taupou*	8	0,10	0,05				5	0,08	0,11	4,33	0,06	0,05
Pom	*Dascyllus aruanus*							8	0,13	0,07	2,67	0,04	0,02
Pom	*Dascyllus reticulatus*	10	0,17	0,42	20	0,25	0,14	5	0,08	0,05	11,67	0,17	0,20
Pom	*Dascyllus trimaculatus*				8	0,10	0,13				2,67	0,03	0,04
Pom	*Neoglyphidodon azysron*	30	0,50	0,43							10,00	0,17	0,14
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	5	0,08	0,11	3	0,04	0,05	4	0,07	0,09	4,00	0,06	0,08
Sca	*Chlorurus sordidus*	3	0,04	5,14	4	0,05	5,83				2,33	0,03	3,66
Sca	*Scarus flavipectoralis*				5	0,05	10,65				1,67	0,02	3,55
Sca	*Scarus niger*	2	0,02	7,03				1	0,01	1,97	1,00	0,01	3,00
Sca	*Scarus schlegeli*				2	0,02	8,78				0,67	0,01	2,93
Total		**265**	**4,07**	**251,47**	**128**	**1,52**	**414,57**	**165**	**1,67**	**188,30**	**186,00**	**2,42**	**284,78**
Biodiversité		**34**			**35**			**35**			**71**		
Indice de Shannon =		5,491											
Equitabilité =		0,893											

Sur l'ensemble des transects de la station, 558 individus appartenant à 71 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 2.42 poissons/m² pour une biomasse de 284.78 g/m².
153 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 83).

Tableau 83 : Liste des espèces complémentaires (ST10)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus albipectoralis*	Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	Poc	*Centropyge bispinosa*
Aca	*Acanthurus mata*	Hae	*Plectorhinchus gibbosus*	Poc	*Centropyge flavissima*
Aca	*Acanthurus nigricauda*	Hae	*Plectorhinchus lessonii*	Poc	*Centropyge tibicen*
Aca	*Acanthurus olivaceus*	Hae	*Plectorhinchus picus*	Poc	*Pomacanthus imperator*
Aca	*Acanthurus pyroferus*	Hol	*Myripristis murdjan*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*
Aca	*Acanthurus reversus*	Hol	*Neoniphon sammara*	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*
Aca	*Ctenochaetus binotatus*	Hol	*Sargocentron diadema*	Poc	*Pygoplites diacanthus*
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	Hol	*Sargocentron ittodai*	Pom	*Abudefduf sexfasciatus*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Hol	*Sargocentron microstoma*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Aca	*Naso lituratus*	Hol	*Sargocentron spiniferum*	Pom	*Amblyglyphidodon aureus*
Aca	*Naso lopezi*	Lab	*Anampses femininus*	Pom	*Amblyglyphidodon curacao*
Aca	*Naso tonganus*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Aca	*Naso unicornis*	Lab	*Bodianus diana*	Pom	*Amblyglyphidodon orbicularis*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Bodianus loxozonus*	Pom	*Amphiprion chrysopterus*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Bodianus perditio*	Pom	*Amphiprion clarkii*
Ant	*Pseudanthias cooperi*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Amphiprion perideraion*
Ant	*Pseudanthias dispar*	Lab	*Cheilinus fasciatus*	Pom	*Chromis fumea*
Ant	*Pseudanthias pascalus*	Lab	*Cheilinus undulatus*	Pom	*Chromis iomelas*

Ant	*Pseudanthias pleurotaenia*	Lab	*Cirrhilabrus punctatus*	Pom	*Chromis leucura*
Ant	*Pseudanthias squamipinnis*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Chromis margaritifer*
Apo	*Apogon doederleini*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Chromis viridis*
Apo	*Archamia fucata*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Chromis weberi*
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	Lab	*Halichoeres hortulanus*	Pom	*Chromis xanthura*
Apo	*Cheilodipterus quinquelineatus*	Lab	*Hemigymnus fasciatus*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Apo	*Ostorhinchus angustatus*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Apo	*Ostorhinchus aureus*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Labropsis australis*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Bal	*Pseudobalistes fuscus*	Lab	*Oxycheilinus celebicus*	Pom	*Dascyllus trimaculatus*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Neoglyphidodon azysron*
Cae	*Pterocaesio digramma*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Pom	*Neoglyphidodon melas*
Cae	*Pterocaesio marri*	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Let	*Lethrinus atkinsoni*	Pom	*Plectroglyphidodon dickii*
Cha	*Chaetodon kleinii*	Let	*Lethrinus miniatus*	Pom	*Plectroglyphidodon johnstonianus*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Let	*Monotaxis grandoculis*	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*
Cha	*Chaetodon pelewensis*	Let	*Monotaxis heterodon*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Lut	*Aprion virescens*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Forcipiger flavissimus*	Lut	*Lutjanus bohar*	Sca	*Hipposcarus longiceps*
Cha	*Heniochus chrysostomus*	Lut	*Lutjanus ehrenbergii*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Heniochus varius*	Lut	*Lutjanus fulviflamma*	Sca	*Scarus ghobban*
Cir	*Cirrhitichthys falco*	Lut	*Lutjanus fulvus*	Sca	*Scarus longipinnis*
Cir	*Paracirrhites forsteri*	Lut	*Lutjanus gibbus*	Sca	*Scarus niger*
Eph	*Platax teira*	Lut	*Lutjanus kasmira*	Sca	*Scarus oviceps*
Epi	*Anyperodon leucogrammicus*	Lut	*Lutjanus quinquelineatus*	Sca	*Scarus schlegeli*
Epi	*Cephalopholis argus*	Lut	*Lutjanus rivulatus*	Sco	*Euthynnus affinis*
Epi	*Cephalopholis miniata*	Lut	*Macolor niger*	Sco	*Scomberomorus commerson*
Epi	*Epinephelus fasciatus*	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	Sig	*Siganus corallinus*
Epi	*Epinephelus maculatus*	Mul	*Parupeneus indicus*	Sig	*Siganus punctatus*
Epi	*Epinephelus merra*	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	Sig	*Siganus vulpinus*
Epi	*Plectropomus laevis*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Syn	*Saurida gracilis*
Epi	*Plectropomus leopardus*	Ost	*Ostracion cubicus*	Syn	*Synodus variegatus*
Epi	*Variola louti*	Poc	*Centropyge bicolor*	Zan	*Zanclus cornutus*

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007, avec la coupure 2017-2019) est donné dans le tableau 84 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 68.

Tableau 84 : 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	10	6,53	25,00	16,32
Chaetodontidae	30	7	7,00	23,33	23,33
Epinephelinae	26	9	5,65	34,62	21,72
Labridae	97	10	6,00	10,31	6,19
Lethrinidae	16	1	1,71	6,25	10,66
Lutjanidae	22	0	1,00	0,00	4,55

Mullidae	14	2	1,18	14,29	8,40
Pomacanthidae	14	4	3,47	28,57	24,79
Pomacentridae	92	15	8,82	16,30	9,59
Scaridae	23	4	4,29	17,39	18,67
Siganidae	10	0	0,82	0,00	8,24
Autres	257	10	8,18	3,89	3,18
Khi2 obs		**6,5**		**30,7**	
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 85 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 86 et représentation figure 70.

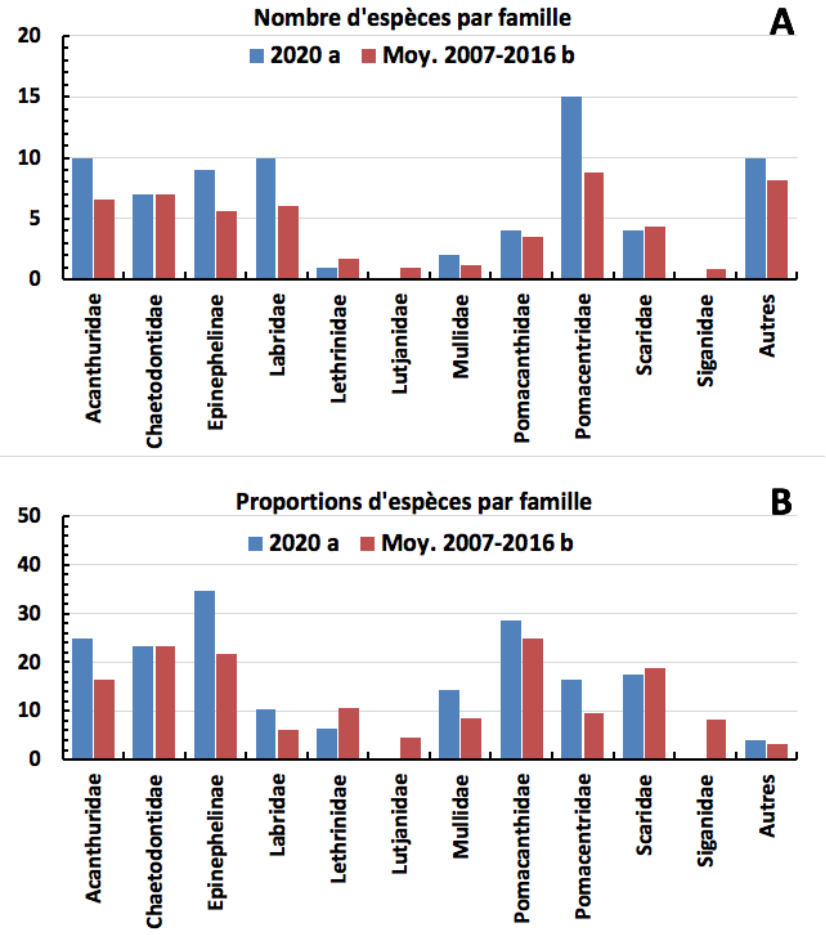


Figure 68 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST10)

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 85 : 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
2020 a	Transect A	265	4,07	251,47	34		
	Transect B	128	1,52	414,57	35		
	Transect C	165	1,67	188,30	35		
	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 86 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST10)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	20 788,3	3,2	49 392,6	49,3	147,5	475,5
Ecart type	144,2	1,8	222,2	7,0	12,1	21,8
Moyenne	338,2	4,5	395,1	55,7	94,9	136,3
Coef. de Var.	0,4	0,4	0,6	0,1	0,1	0,2

Commentaires :

- La densité présente une valeur très faible.
- La biomasse est moyenne.
- La biodiversité est bonne.

La structure du peuplement de cette mission exprimée en proportion, diffère significativement de la structure moyenne obtenue sur la période de suivi (à savoir, ici :2007-2016) (cf. § 3.4.3).
La suite historique montre aussi un renouvellement d'une partie du peuplement pris à l'intérieur d'un groupe de taxons d'environs 350 espèces.
Ce point est commun à toutes les stations du canal de la Havannah.

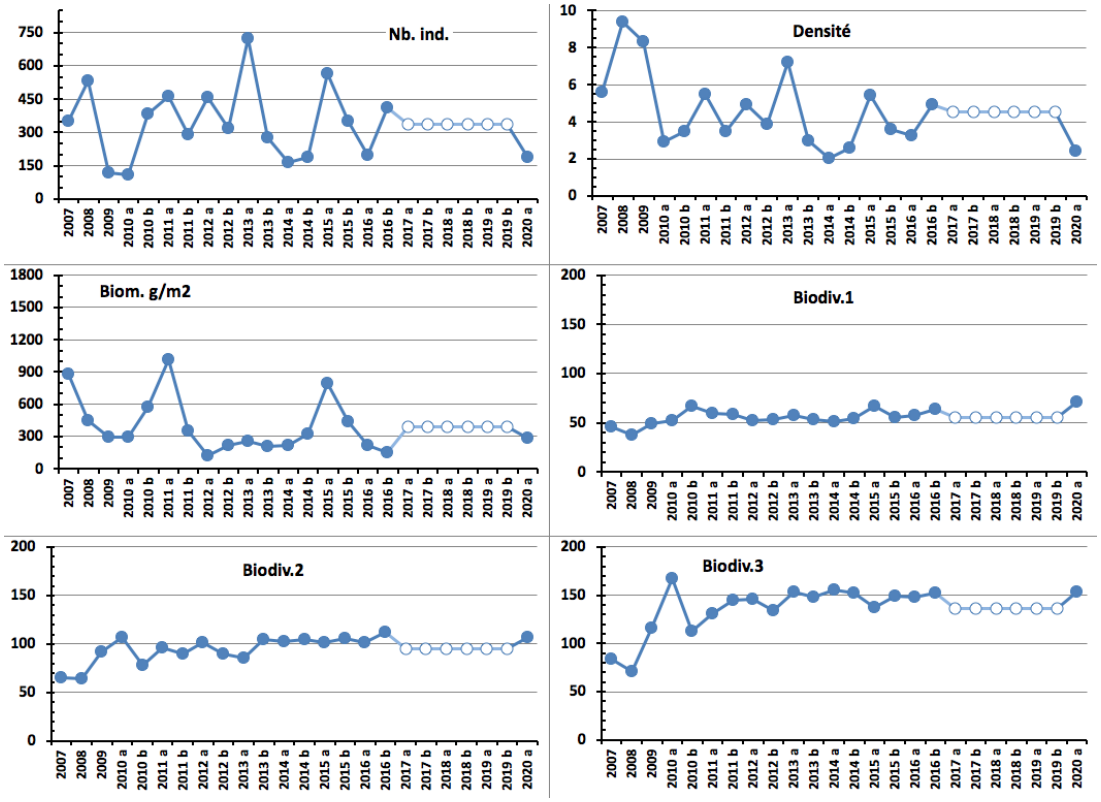


Figure 69 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST10)

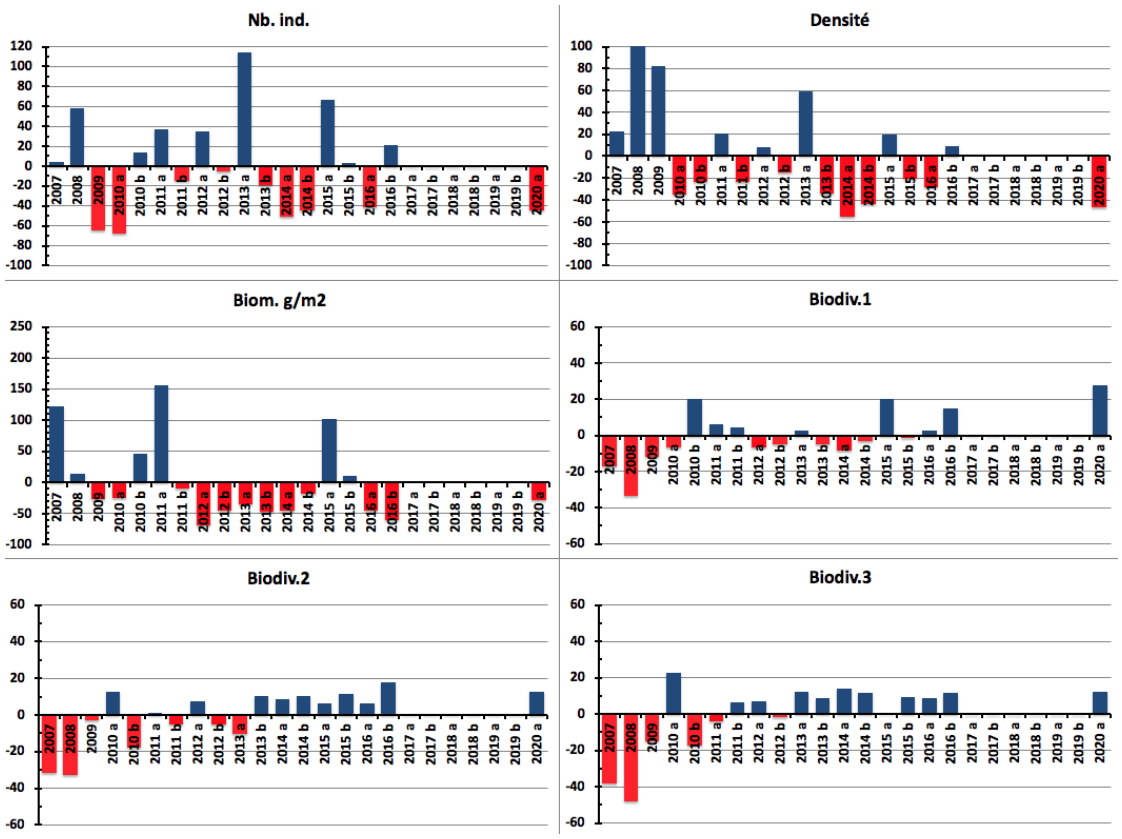


Figure 70 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST10)

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 23).
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)
- 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.
  → 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&C
- Les scléractiniaires développent des morphologies robustes
- La richesse spécifique des coraux est relativement élevée pour les niveaux bathymétriques supérieurs (B < A)
- Le recouvrement corallien est important en A
- 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 octobre 2019 et mai 2020

Indicateur Corail :

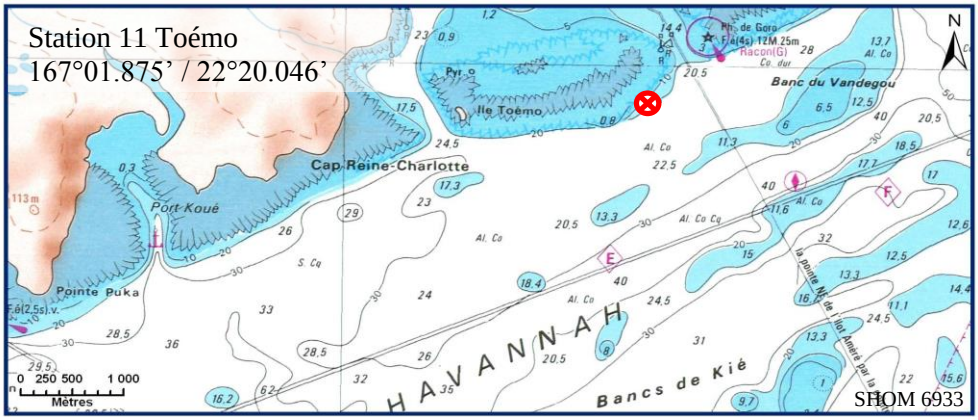
- Le recouvrement corallien est stable, de 70% au transect A (2ème plus fort recouvrement de tous les transects), 36% en B (1er score du réseau) et 10% en C
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.4% ; Avril 2016 : 0.57% ; Novembre 2016 : 0.2% ; Avril 2017 : 0.1% ; Septembre 2017 : 0.1%* ; *Mai 2018 : 0.4% ; Novembre 2018 : 0% ; Avril 2019 : 0% ; Octobre 2019 : 0.43% ;* Mai 2020 : 1.9%
- Lésions coralliennes : des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques, à la maladie de la bande blanche et à la prédation de corallivore :
  - Prédation des corallivores *Drupella cornus* aux 3 transects : 0.7, 1.8 et 0.5 m² de coraux blanchis sans polype
  - Maladie corallienne : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) pour les niveaux bathymétriques A & B : 1.2 et 1.5 m² de coraux blanchis sans polype
  - Perturbations mécaniques : les conditions hydrodynamiques sont importantes, de nombreux débris et de nombreuses colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat suite aux évènements dépressionnaires

Autres indicateurs :

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

Les corallivores :

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

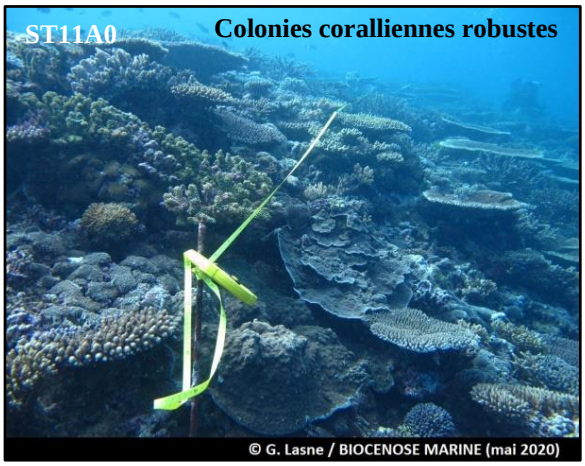


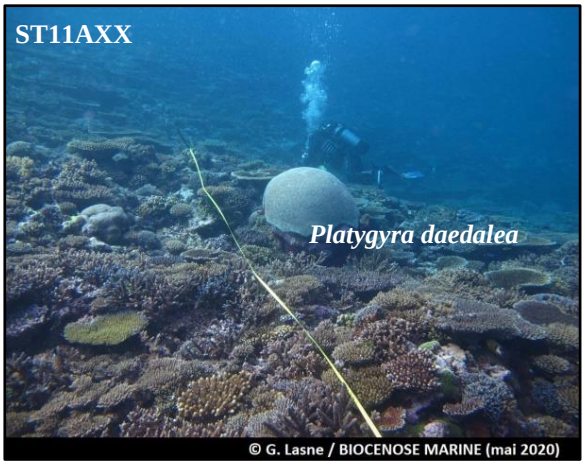


Carte 13 : Localisation de la station 11 (Toémo)

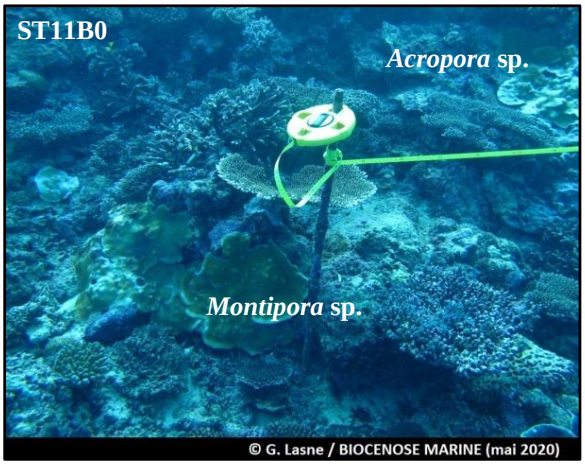


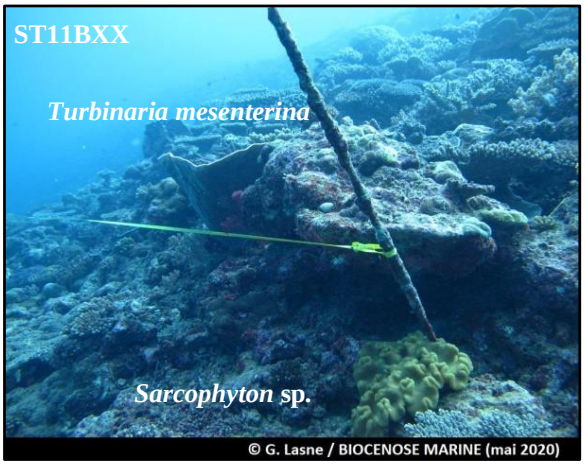
Photographie 23 : Position en surface par rapport à la côte (ST11)



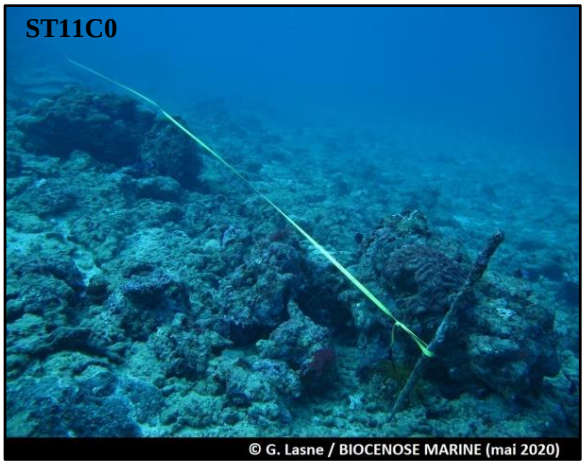


Les parties haute et médiane du récif sont diversifiés et composées de colonies coralliennes robustes. Colonies abondantes : *Acropora* spp., *Seriatopora caliendrum* et *Galaxea fascicularis*





***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 (B & C)**





Accumulation de blocs et débris coralliens en bas de pente récifale

Photographie 24 : 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.

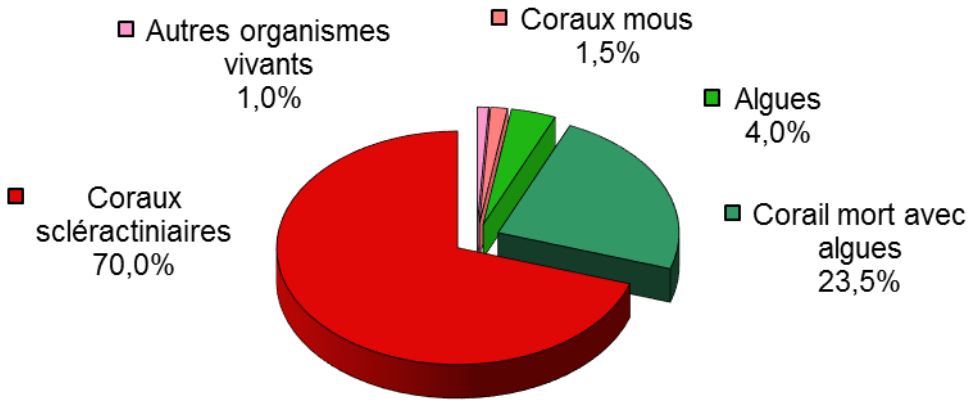


Figure 71 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11A

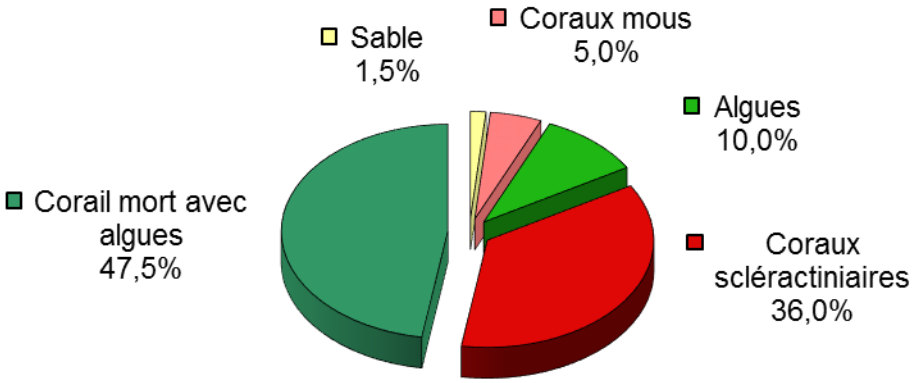


Figure 72 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11B

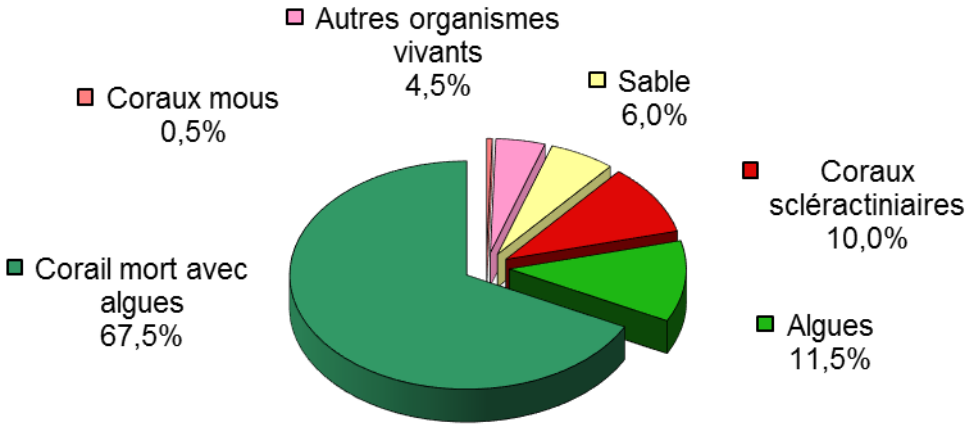


Figure 73 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11C

Cette station possède, parmi les plus forts recouvrements biotiques : 100%, 98.5% et 94% respectivement du haut vers le bas. Cela est dû essentiellement à la classe « coraux morts avec algues » qui est dominante.
Mais les coraux scléractiniaires y sont particulièrement aussi bien représentés, surtout sur les 2 premiers transects (70% et 36%), avec la hausse importante pour le transect A depuis la mission de novembre 2018 toujours confirmée. Ces résultats sont parmi les plus élevés de toutes les stations (2ème rang).

Globalement, la station est stable.

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 mai 2020, la richesse spécifique de la station Récif Toémo (ST11) est composée de :

- **46 espèces d'invertébrés** dont 9 espèces de mollusques ; 10 espèces de cnidaires : alcyonaires (7 taxons), 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) ; 9 espèces d'éponges ; 7 espèces d'ascidies
- **11 espèces de macrophytes** : algues vertes (6 taxons), algues rouges (5 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

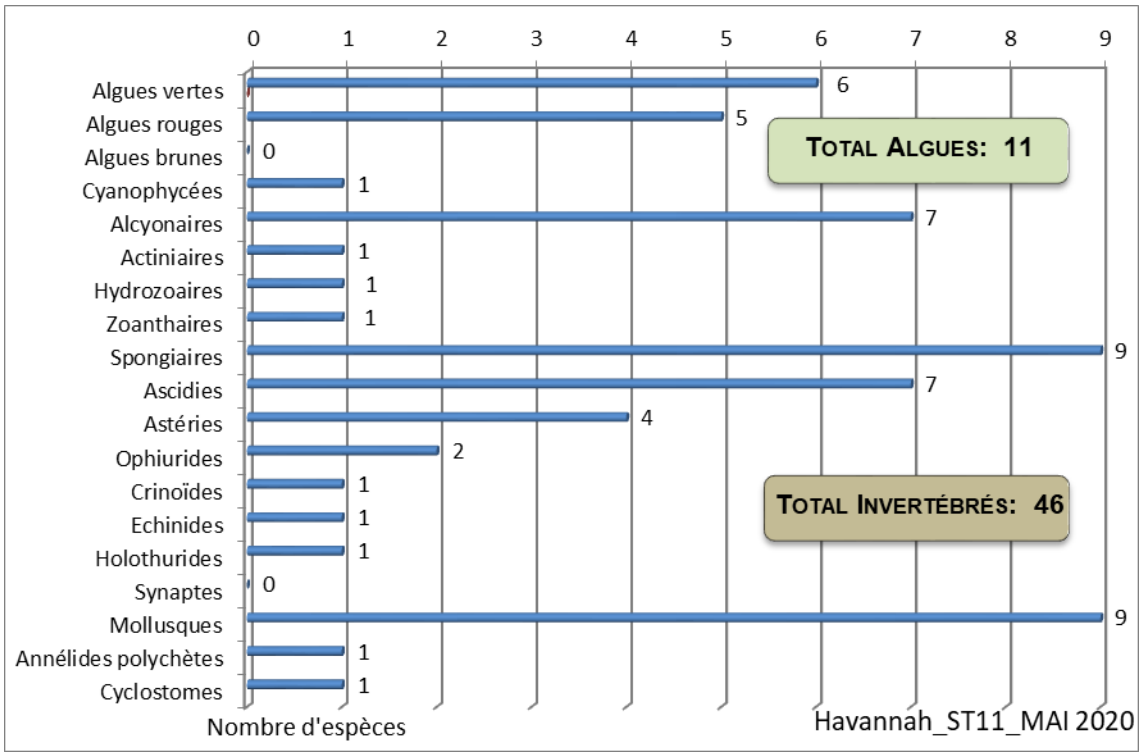


Figure 74 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST11)

4.11.2.1 Benthos Transect 11 A

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST11A est composée de :

- 27 espèces d'invertébrés dont 3 espèces de mollusques ; 8 espèces de cnidaires : alcyonaires (5 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 4 espèces d'échinodermes : ophiurides (2 taxons), astéries (1 taxon), crinoïdes (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- 9 espèces de macrophytes : algues vertes (5 taxons), algues rouges (4 taxons)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 87 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST10A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue rouge : •*Hypnea* sp. (A2). Une espèce d'algue disparue, l'algue brune : •*Dictyota* sp. (A0/-2).	Une espèce d'algue recensée, l'algue verte : •*Caulerpa* sp. (A2/+ 1). Une espèce d'algue diminue, l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A2/- 1).
Cyanobactéries	
Une nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : •*Phormidium* sp. (A2).	☑
Cnidaires	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➢ pour les alcyonaires (2 espèces) : •*Lobophytum* sp. (A2), •*Sinularia* sp. (A2).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Nephthea* sp. (A3/- 1).
Échinodermes	
Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Gomophia egyptiaca* (A0/-1).	☑
Mollusques	
2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les gastéropodes (-2 espèce) : •*Tectus pyramis* (A0/-1), •*Astraea rhodostoma* (A0/-1).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Pedum spondyloideum* (A3/+ 1).
Éponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •Spongiaires ind. (noire) (A2). 2 espèces d'éponges disparues : •*Stellata globostellata* (A0/-2), •*Pseudoceratina verrucosa* (A0/-2).	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •*Dysidea herbacea* (A2/- 1).
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : •*Didemnum* sp. (blanche) (A2), •*Clavelina detorta* (A2).	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : •*Polycarpa cryptocarpa* (A3/+ 1), •*Polycarpa nigricans* (A3/+ 1).
Bryozoaires	
Une nouvelle espèce de bryozoaires recensée : •*Alcyonidium* sp. (A2).	☑

4.11.2.2 Benthos Transect 11 B

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST11B est composée de :

- 45 espèces d'invertébrés dont 9 espèces de mollusques ; 10 espèces de cnidaires : alcyonaires (7 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 8 espèces d'échinodermes : astéries (4 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon) ; 9 espèces d'éponges ; 7 espèces d'ascidies
- 8 espèces de macrophytes : algues rouges (4 taxons), algues vertes (4 taxons)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 88 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST10B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
3 nouvelles espèces d'algues recensées, dont 2 espèces d'algues rouges : •*Galaxaura* sp. (A2), •*Hypnea* sp. (A2) ; et l'algue verte : •*Halimeda* sp. (2spp./+1spp.) (A2) ; 2 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : •*Dictyota* sp. (A0/-2) ; et l'algue verte : •*Chlorodesmis fastigiata* (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Une espèce d'algue diminue, l'algue rouge : •*Asparagopsis taxiformis* (A2/- 2).
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
☑	2 espèces de cnidaires diminuent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : •*Nephthea* sp. (A3/- 1) ; ➢ pour les hydrozoaires (1 sp) : •Hydrozoaires ind. (A2/- 1).
Échinodermes	
☑	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les astéries (1 sp) : •*Gomophia egyptiaca* (A2/+ 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : •*Phyllidiella pustulosa* (A1). 2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : •*Pteria* sp. (A0/-2) ; ➢ pour les gastéropodes (-1 espèce) : •*Astraea rhodostoma* (A0/-1).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Tridacna maxima* (A2/+ 1).
Éponges	
3 nouvelles espèces d'éponges recensées : •*Cymbastela cantharella* (A2), •Spongiaires ind. (orange) (A2), •*Leucetta chagosensis* (A1).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •*Cliona orientalis* (A3/+ 1).
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : •*Didemnum* sp. (blanche) (A2), •*Polycarpa clavata* (A2).	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A3/+ 1), •*Polycarpa nigricans* (A3/+ 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.11.2.3 Benthos Transect 11 C

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST11C est composée de :

- 30 espèces d'invertébrés dont 4 espèces de mollusques ; 5 espèces de cnidaires : alcyonaires (3 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 5 espèces d'échinodermes : ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies
- 1 espèce de macrophyte : algues rouges (1 taxon)
- **Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.**

Tableau 89 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST10C)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue rouge : •*Hypnea* sp. (A2). 4 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : •*Dictyota* sp. (A0/-2) ; et 2 espèces d'algues rouges : •*Asparagopsis taxiformis* (A0/-3), •*Amphiroa* sp. (A0/-2) ; et l'algue verte : •*Chlorodesmis fastigiata* (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
☑	☑
Échinodermes	
4 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : •*Holothuria edulis* (A1) ; ➢ pour les ophiurides (2 espèces) : •*Ophiomastix caryophyllata* (A2), •Ophiure ind. (A2). 3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : •*Gomophia watsoni* (A0/-1) ; ➢ pour les échinides (-1 espèce) : •*Diadema setosum* (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-1 espèce) :•*Thelenota ananas* (A0/-1).	☑
Mollusques	
2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les gastéropodes (-1 sp) : •*Astraea rhodostoma* (A0/-2) ; ➢ pour les nudibranches (-1 espèce) : •*Phyllidia ocellata* (A0/-1).	☑
Éponges	
Une espèce d'éponges disparue : •*Clathria rugosa* (A0/-2).	☑
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : •*Clavelina detorta* (A2).	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : •*Polycarpa aurita* (A2/+ 1), •*Polycarpa nigricans* (A3/+ 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 90.

Tableau 90 : 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	1,77	1	0,11	3,10	0,67	0,04	1,62
Aca	*Acanthurus lineatus*	8	0,09	11,20							2,67	0,03	3,73
Aca	*Acanthurus olivaceus*							1	0,05	2,44	0,33	0,02	0,81
Aca	*Naso brachycentron*	3	0,03	17,20	5	0,30	28,20				2,67	0,11	15,13
Aca	*Naso unicornis*	2	0,03	28,30							0,67	0,01	9,43
Aca	*Zebrasoma scopas*				2	0,02	0,91				0,67	0,01	0,30
Aca	*Zebrasoma veliferum*				1	0,01	1,33				0,33	0,00	0,44
Cha	*Chaetodon bennetti*	2	0,03	0,28							0,67	0,01	0,09
Cha	*Chaetodon citrinellus*	3	0,04	0,18							1,00	0,01	0,06
Cha	*Chaetodon kleinii*	4	0,03	0,19							1,33	0,01	0,06
Cha	*Chaetodon melannotus*	3	0,04	0,18							1,00	0,01	0,06
Cha	*Chaetodon mertensii*				1	0,01	0,04				0,33	0,00	0,01
Cha	*Chaetodon pelewensis*	2	0,02	0,08	2	0,02	0,04	2	0,03	0,11	2,00	0,02	0,08
Cha	*Chaetodon plebeius*	3	0,03	0,07							1,00	0,01	0,02
Cha	*Chaetodon speculum*	2	0,02	0,14							0,67	0,01	0,05
Cha	*Chaetodon vagabundus*	1	0,01	0,12							0,33	0,00	0,04
Cha	*Heniochus varius*	1	0,02	1,61	1	0,01	1,56				0,67	0,01	1,06
Epi	*Epinephelus fasciatus*				1	0,02	1,85	1	0,01	0,84	0,67	0,01	0,90
Epi	*Plectropomus laevis*	1	0,01	8,58							0,33	0,00	2,86
Epi	*Plectropomus leopardus*				1	0,01	18,35	1	0,01	26,00	0,67	0,01	14,78
Lab	*Bodianus loxozonus*				1	0,01	1,52				0,33	0,00	0,51
Lab	*Cheilinus chlorourus*	1	0,01	0,82							0,33	0,00	0,27
Lab	*Coris aygula*				1	0,01	0,97				0,33	0,00	0,32
Lab	*Coris gaimard*	1	0,01	0,20							0,33	0,00	0,07
Lab	*Gomphosus varius*	3	0,03	0,44							1,00	0,01	0,15
Lab	*Hemigymnus melapterus*				1	0,01	0,56				0,33	0,00	0,19
Lab	*Labroides bicolor*				4	0,03	0,02				1,33	0,01	0,01
Lab	*Labroides dimidiatus*				3	0,03	0,01	3	0,04	0,02	2,00	0,02	0,01
Lab	*Thalassoma amblycephalum*	15	0,19	1,76	20	0,02	1,90	5	0,40	0,73	13,33	0,20	1,46
Lab	*Thalassoma hardwicke*	6	0,06	0,41	8	0,03	0,68				4,67	0,03	0,36
Lab	*Thalassoma lunare*	8	0,08	0,55	5	0,04	0,43	4	0,05	0,13	5,67	0,06	0,37
Lab	*Thalassoma lutescens*	5	0,05	0,51	6	0,05	0,51	2	0,03	0,06	4,33	0,04	0,36
Mic	*Ptereleotris evides*				6	0,05	0,22	10	0,03	0,16	5,33	0,03	0,13
Mic	*Ptereleotris microlepsis*							3	0,04	0,02	1,00	0,01	0,01
Mul	*Parupeneus barberinus*							2	0,03	0,68	0,67	0,01	0,23
Mul	*Parupeneus crassilabris*				6	0,03	8,00	2	0,01	5,32	2,67	0,01	4,44
Mul	*Parupeneus multifasciatus*				2	0,02	2,67				0,67	0,01	0,89
Nem	*Scolopsis bilineatus*	4	0,04	1,38	6	0,02	1,73	4	0,05	1,33	4,67	0,04	1,48
Poc	*Centropyge bicolor*	4	0,03	0,13	4	0,03	0,08	2	0,03	0,06	3,33	0,03	0,09
Poc	*Centropyge bispinosa*	2	0,02	0,03	3	0,03	0,03	3	0,04	0,02	2,67	0,03	0,03
Poc	*Centropyge tibicen*	3	0,03	0,04	4	0,03	0,04	2	0,03	0,03	3,00	0,03	0,04
Pom	*Abudefduf whitleyi*	30	0,03	2,06	10	0,08	0,85				13,33	0,04	0,97
Pom	*Amphiprion clarkii*				5	0,04	0,18	1	0,01	0,02	2,00	0,02	0,07
Pom	*Chromis fumea*	10	0,15	0,08	10	0,06	0,02	10	0,08	0,05	10,00	0,10	0,05
Pom	*Chrysiptera rollandi*	5	0,05	0,03	4	0,03	0,02	5	0,06	0,03	4,67	0,05	0,03
Pom	*Dascyllus reticulatus*	20	0,12	0,08	20	0,08	1,09	15	0,19	0,10	18,33	0,13	0,42
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	3	0,03	0,04	3	0,03	0,01	1	0,01	0,01	2,33	0,02	0,02

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

Sca	*Chlorurus microrhinos*	1	0,01	8,58							0,33	0,00	2,86
Sca	*Chlorurus sordidus*	6	0,06	4,05	5	0,05	0,95	2	0,82	2,05	4,33	0,31	2,35
Sca	*Scarus ghobban*	1	0,01	5,40							0,33	0,00	1,80
Sca	*Scarus niger*	1	0,02	3,65	2	0,02	2,29	1	0,10	6,02	1,33	0,05	3,99
Sca	*Scarus rivulatus*				1	0,01	2,03				0,33	0,00	0,68
Sca	*Scarus schlegeli*				2	0,02	3,55	1	0,03	6,91	1,00	0,01	3,49
Sca	*Scarus spinus*				1	0,01	0,68				0,33	0,00	0,23
Sig	*Siganus doliatus*				2	0,02	0,58				0,67	0,01	0,19
Sig	*Siganus fuscescens*				10	0,08	1,90	10	0,05	18,58	6,67	0,04	6,83
Total		**164**	**1,43**	**98,35**	**170**	**1,35**	**87,58**	**94**	**2,31**	**74,82**	**142,67**	**1,69**	**86,92**
Biodiversité		**33**			**38**			**26**			**56**		
Indice de Shannon =		4,714											
Equitabilité =		0,812											

Sur l'ensemble des transects de la station, 428 individus appartenant à 56 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.69 poissons/m² pour une biomasse de 86.92 g/m².
103 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 91).

Tableau 91 : Liste des espèces complémentaires (ST11)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus blochii*	Hol	*Sargocentron ensiferum*	Poc	*Centropyge bicolor*
Aca	*Acanthurus lineatus*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Poc	*Centropyge bispinosa*
Aca	*Acanthurus mata*	Lab	*Bodianus axillaris*	Poc	*Centropyge flavissima*
Aca	*Acanthurus nigricans*	Lab	*Bodianus dictynna*	Poc	*Centropyge tibicen*
Aca	*Acanthurus olivaceus*	Lab	*Bodianus loxozonus*	Poc	*Pomacanthus semicirculatus*
Aca	*Naso brachycentron*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Poc	*Pomacanthus sexstriatus*
Aca	*Naso tonganus*	Lab	*Cirrhilabrus punctatus*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Aca	*Naso unicornis*	Lab	*Coris aygula*	Pom	*Amphiprion clarkii*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Coris batuensis*	Pom	*Chromis fumea*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Coris dorsomacula*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Bal	*Odonus niger*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Neoglyphidodon nigroris*
Bal	*Sufflamen chrysopterum*	Lab	*Gomphosus varius*	Pom	*Plectroglyphidodon dickii*
Bal	*Sufflamen fraenatus*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Plectroglyphidodon johnstonianus*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lab	*Labroides bicolor*	Pom	*Plectroglyphidodon lacrymatus*
Cha	*Chaetodon citrinellus*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Plectroglyphidodon leucozonus*
Cha	*Chaetodon kleinii*	Lab	*Thalassoma amblycephalum*	Pom	*Pomacentrus coelestis*
Cha	*Chaetodon melannotus*	Lab	*Thalassoma hardwicke*	Pom	*Pomacentrus lepidogenys*
Cha	*Chaetodon mertensii*	Lab	*Thalassoma lunare*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cha	*Chaetodon pelewensis*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Pom	*Pomacentrus simsiang*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Lab	*Thalassoma nigrofasciatum*	Pri	*Priacanthus hamrur*
Cha	*Chaetodon speculum*	Lut	*Lutjanus argentimaculatus*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon trifascialis*	Lut	*Lutjanus ehrenbergii*	Sca	*Scarus ghobban*
Cha	*Chaetodon vagabundus*	Mic	*Ptereleotris evides*	Sca	*Scarus niger*
Cha	*Heniochus varius*	Mic	*Ptereleotris microlepsis*	Sca	*Scarus rivulatus*
Cir	*Cirrhitichthys falco*	Mon	*Oxymonacanthus longirostris*	Sca	*Scarus rubroviolaceus*
Cir	*Paracirrhites forsteri*	Mul	*Parupeneus barberinus*	Sca	*Scarus schlegeli*
Epi	*Cephalopholis argus*	Mul	*Parupeneus crassilabris*	Sca	*Scarus spinus*

Epi	*Epinephelus fasciatus*	Mul	*Parupeneus multifasciatus*	Sig	*Siganus doliatus*
Epi	*Plectropomus laevis*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Sig	*Siganus fuscescens*
Epi	*Plectropomus leopardus*	Ost	*Ostracion cubicus*	Sig	*Siganus punctatus*
Hae	*Plectorhinchus chaetodonoides*	Pin	*Parapercis australis*	Syn	*Synodus variegatus*
Hae	*Plectorhinchus flavomaculatus*	Ple	*Assessor macneilli*	Tet	*Arothron nigropunctatus*
Hae	*Plectorhinchus lessonii*	Plo	*Plotosus lineatus*	Zan	*Zanclus cornutus*
Hol	*Myripristis vittata*				

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 92 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 75.

Tableau 92 : 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	7	6,48	17,50	16,20
Chaetodontidae	30	10	9,26	33,33	30,87
Epinephelinae	26	3	2,00	11,54	7,69
Labridae	97	12	9,26	12,37	9,55
Lethrinidae	16	0	0,04	0,00	0,27
Lutjanidae	22	0	0,09	0,00	0,40
Mullidae	14	3	1,78	21,43	12,73
Pomacanthidae	14	3	3,91	21,43	27,95
Pomacentridae	92	6	5,96	6,52	6,47
Scaridae	23	7	4,48	30,43	19,47
Siganidae	10	2	0,70	20,00	6,96
Autres	257	3	5,09	1,17	1,98
Khi2 obs		**5,5**		**77,4**	
Khi2 tab					**19,17**

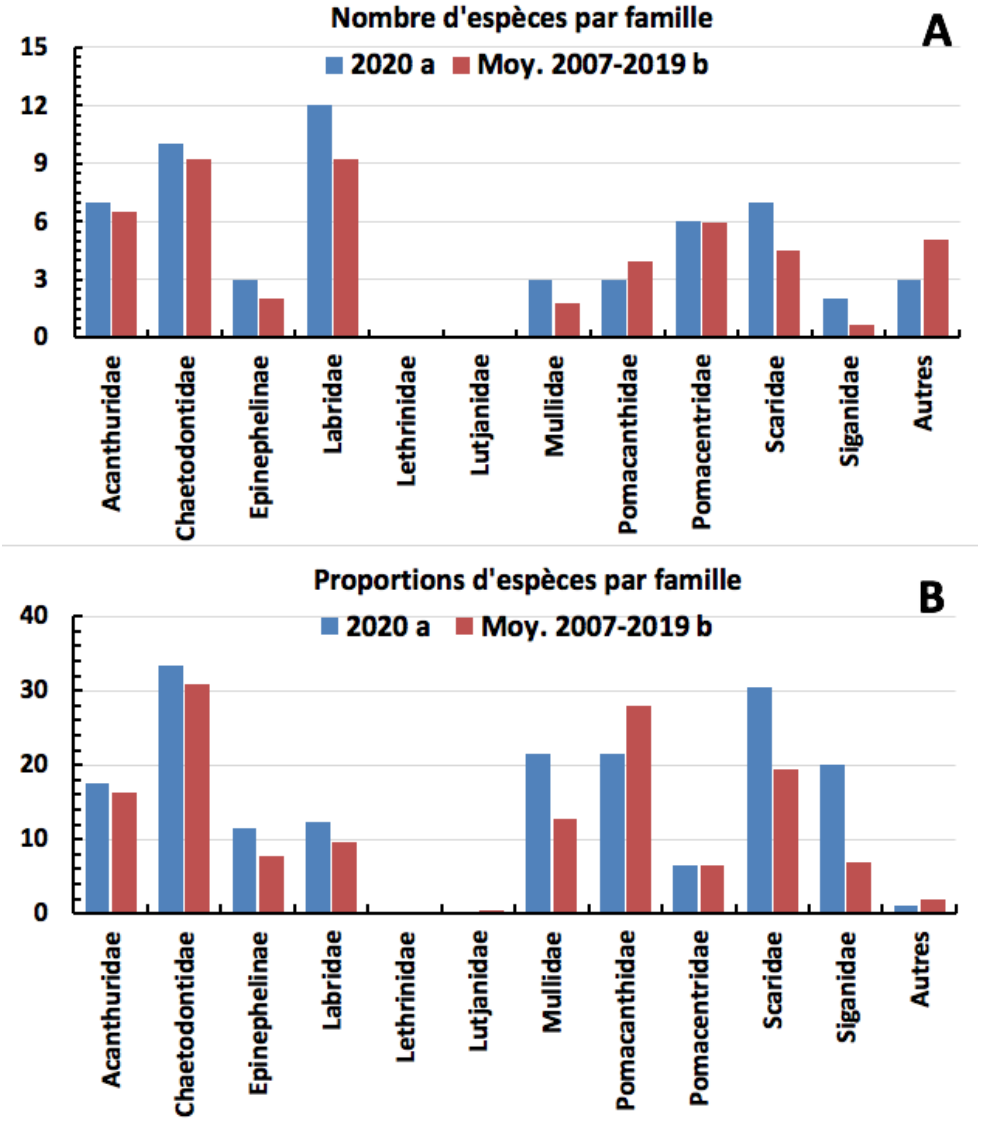


Figure 75 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST11)

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 93 et la figure 76.

Tableau 93 : 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
2020 a	Transect A	164	1,43	98,35			
	Transect B	170	1,35	87,58			
	Transect C	94	2,31	74,82			
	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 94 et représentation figure 77.

Tableau 94 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	1 882	0	2 033	136	207	370
Ecart type	43,39	0,47	45,09	11,65	14,40	19,24
Moyenne	142,93	1,70	86,27	50,54	72,29	104,25
Coef. de Var.	0,30	0,27	0,52	0,23	0,20	0,18

[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 :
Sur cette station, proche de la crête récifale, l'abondance sur les transects et surtout sur le transect A fluctue en raison de trois facteurs :

- 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 (courants et marnage).

En effet, si la marée est haute la ligne de déferlement s'éloigne du transect et les masses d'eau entrent dans le lagon de Goro, inversement plus elle est basse plus les masses d'eau s'évacuent en avant de la crête récifale et entretiennent un courant de « transfert littoral » plus ou moins violent. Ainsi, plus les houles (surtout) et/ou les vagues sont fortes et plus l'incidence est oblique et plus ce courant de transfert est fort. Il est d'ailleurs la plupart du temps impossible de tenir le ruban du transect sur ce transect A.

Pour cette mission :

- Les densité, biomasse et biodiversité ont des valeurs moyennes.

Rapelons que c'est la seule station ou l'on trouve *Acanthurus lineatus*.

La série historique montre des structures de peuplement changeantes comme sur toutes les stations du canal de la Havannah.

L'image du peuplement sur cette station dépend donc plus qu'ailleurs du vent et de la houle.

- En mode calme les espèces remontent vers la zone du déferlement et s'éloignent des transects ou bien se concentrent dans les sillons où les « courants de déchirure » sont plus sensibles
- En mode agité, ils se rapprochent plus ou moins des transects en fonction de la hauteur de la marée.

Sur les 24 missions, 11 ont des structures de peuplement qui ne différent pas significativement de la structure moyenne : 2007, 2010a et b, 2011a et b, 2012a et b, 2014b, 2015b, 2016a et 2017a.
Dans le détail spécifique, les structures de peuplement diffèrent les unes des autres, bien que de toutes les stations côtières du réseau ce soit la moins variable.

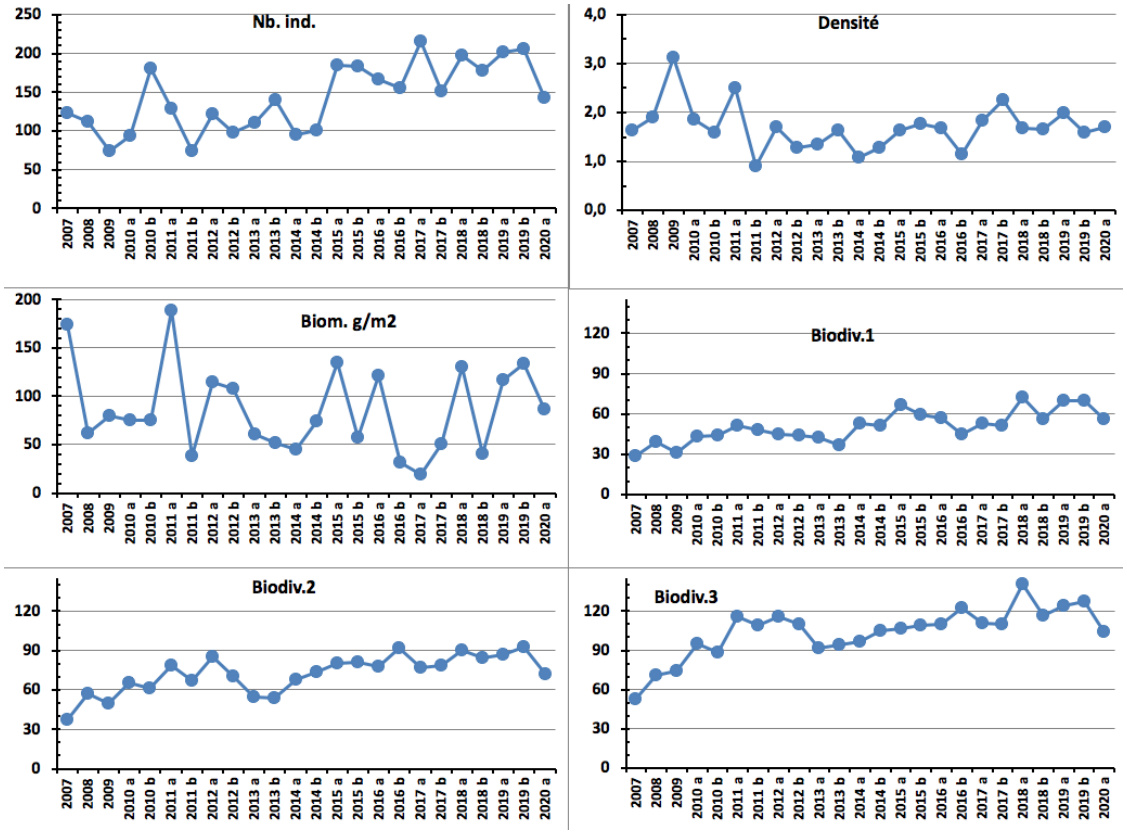


Figure 76 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11)

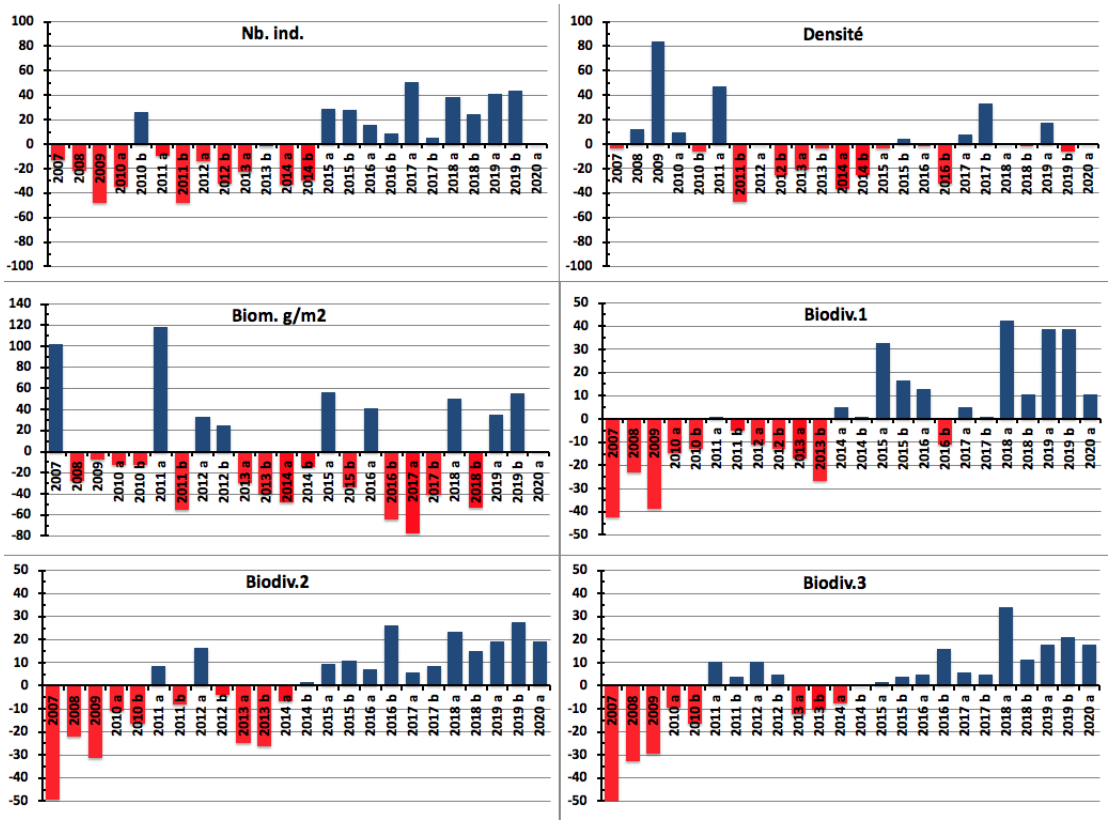


Figure 77 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11)

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

- 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)
- Accumulation de débris importante sous le transect et en périphérie de la station (grands couloirs d'effondrement qui deviennent de plus en plus large lors des périodes dépressionnaires)
- 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* :** occasionelle :
→ Présence de 1 spécimen en mai et novembre 2018 en A
→ Présence de 2 spécimens en avril 2019 en A

Variations entre octobre 2019 et mai 2020

Indicateur Corail :

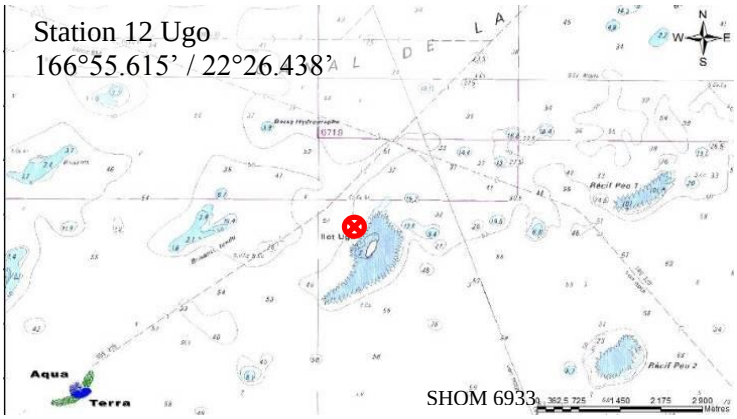
- Le recouvrement corallien est stable, de 32.5% au transect A et 18% en B
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.5% ; Avril 2016 : 0.25% ; Novembre 2016 : 0.5% ; Avril 2017 : 0.2% ; Septembre 2017 : 1.35% ; Mai 2018 : 0.75% ; Novembre 2018 : 0.40% ; Avril 2019 : 1.25 % ; Octobre 2019 : 0.9% ;* Mai 2020 : 0.35%
- Lésions coralliennes : des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques, à la maladie de la bande blanche et à la prédation de corallivore :
  - Prédation des corallivores *Drupella cornus* en A : 0.3 m² de coraux blanchis sans polype
  - Maladie corallienne : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) pour le niveau bathymétrique B : 0.4 m² de coraux blanchis sans polype
  - Perturbations mécaniques : les conditions hydrodynamiques sont importantes, de grands couloirs d'effondrement composés de débris sont disposés de part et d'autres de la station. Ces débris sont régulièrement remobilisés par la houle

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : recouvrement stable en A et B (niveau 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* : recouvrement stable en A (niveau 2) et en augmentation en B (niveau 0 à 2)
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : stable en A (niveau 2) et absence en B (stable)
- *Cliona orientalis* : recouvrement en augmentation en A (niveau 3 à 4) et stable en B (niveau 3)
- *Cliona jullieni :* recouvrement en augmentation en A (niveau 2 à 3) et stable en B (niveau 3)

Les corallivores :

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

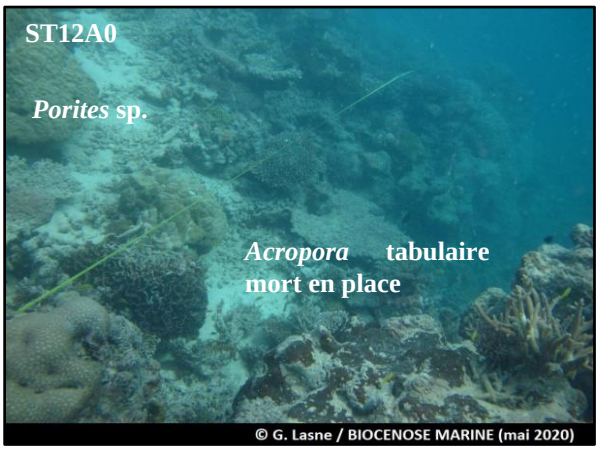


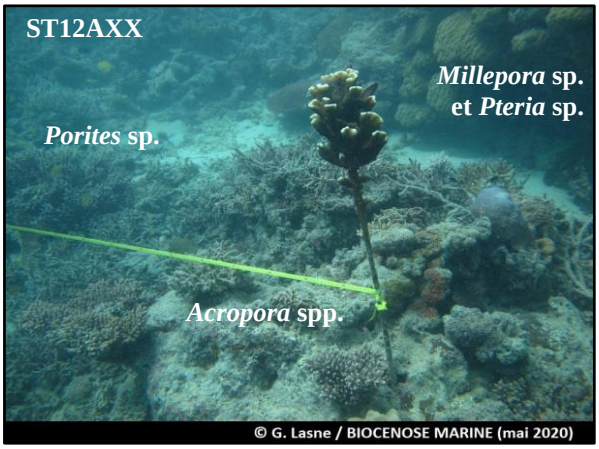


Carte 14 : Localisation de la station 12 (Ilot Ugo)

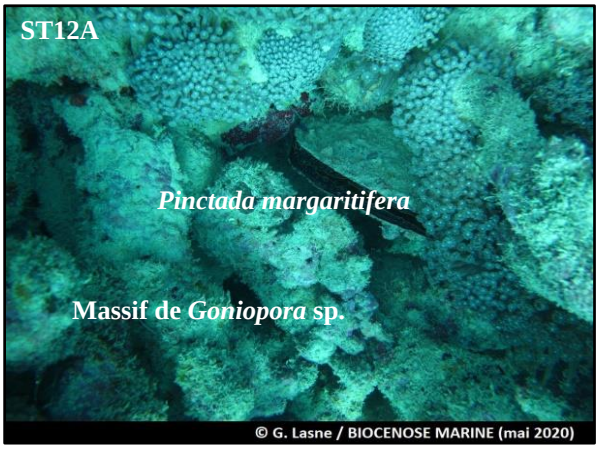


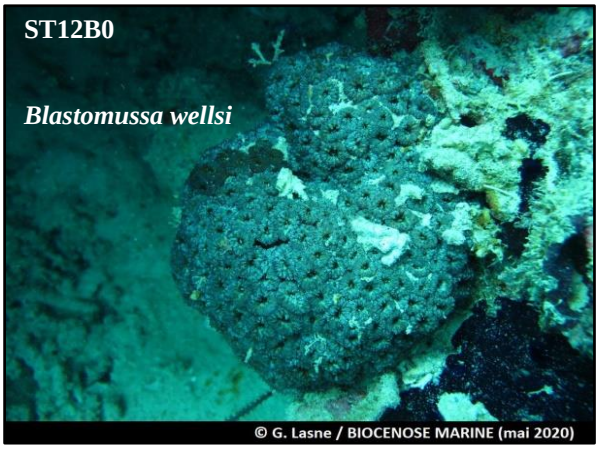
Photographie 25 : Position en surface par rapport à la côte (ST12)



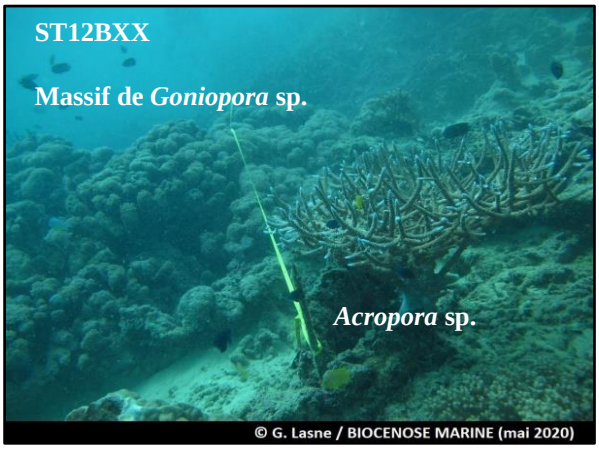


Nombreuses colonies coralliennes mortes en place depuis les missions précédentes (prédation de *Drupella cornus* et *Acanthaster planci* cf. *solaris*)









Les débris coralliens forment des couloirs d'effondrement depuis le haut du récif jusqu'à la pente sédimentaire

Photographie 26 : 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.

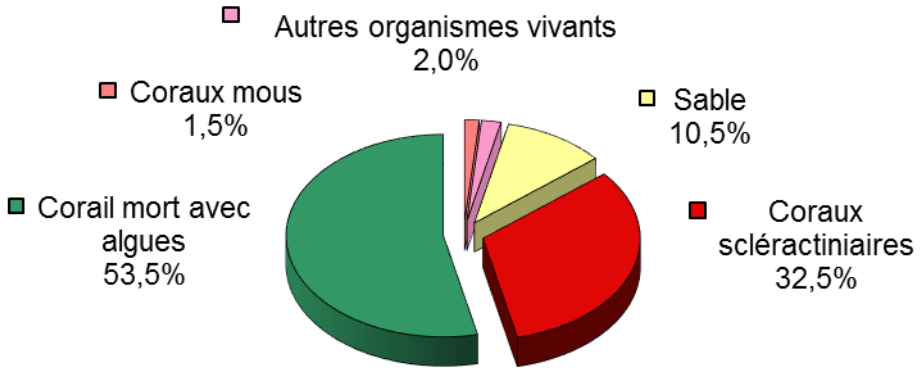


Figure 78 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12A

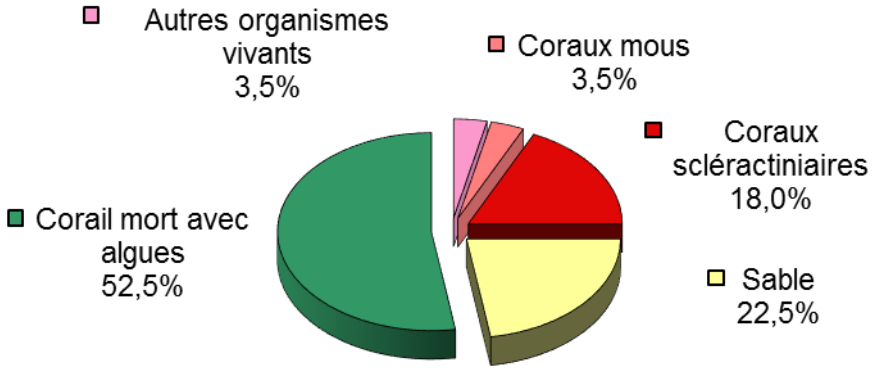


Figure 79 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12B

Les coraux scléractiniaires sont bien à moyennement représentés avec 32.5% en A et 18% en B.
Le reste du substrat fait une large part aux coraux morts recouverts d'algues (53.5% et 52.5%).
Ainsi, le recouvrement est majoritairement biotique pour chaque transect (89.5% et 77.5%).

La station est globalement stable.

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 mai 2020, la richesse spécifique de la station Ugo (ST12) est composée de :

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

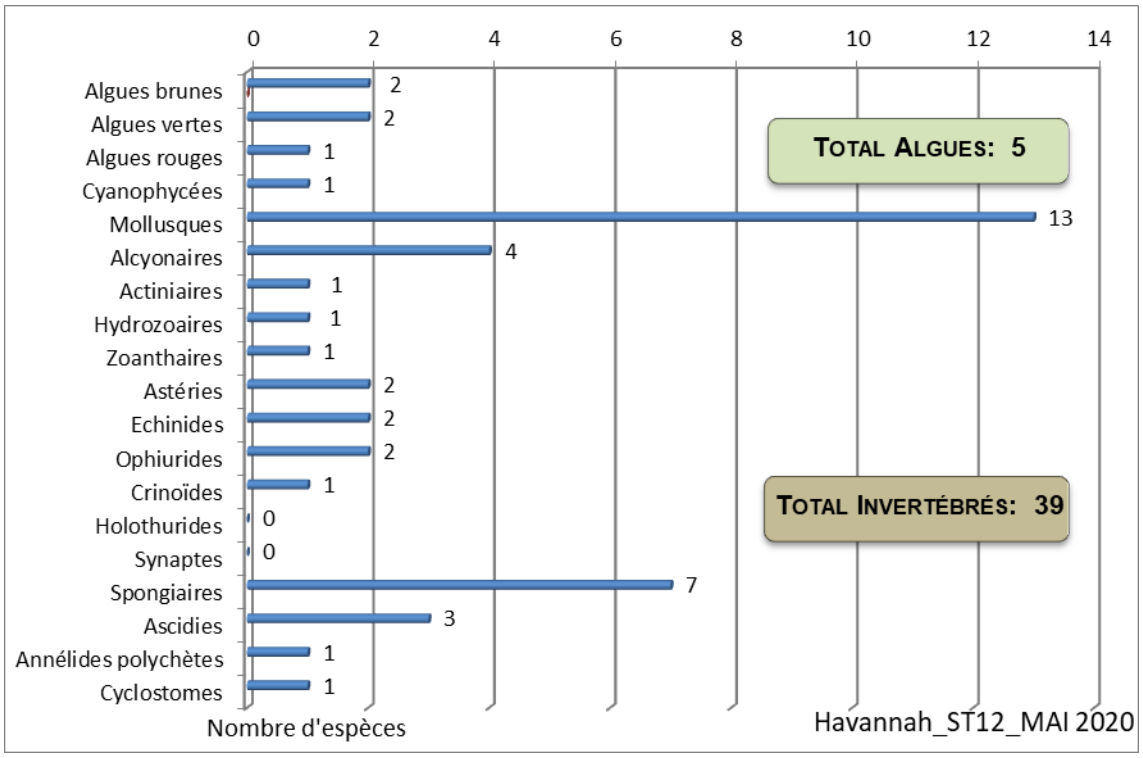


Figure 80 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST12)

4.12.2.1 Benthos Transect 12 A

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST12A est composée de :

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

Tableau 95 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST12A)*

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 brune : •*Dictyota* sp. (A0/-2).	Une espèce d'algue recensée, l'algue verte : •*Chlorodesmis fastigiata* (A2/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➢ pour les alcyonaires (2 espèces) : •*Sinularia* sp. (A2), •*Dendronephthya* sp. (A2).	☑
Échinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 espèces) : •*Fromia monilis* (A1), •*Gomophia egyptiaca* (A1).	☑
Mollusques	
4 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Arca ventricosa* (A2) ; ➢ pour les gastéropodes (2 espèces) : •*Drupella cornus* (A2), •*Astraea rhodostoma* (A2) ; ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : •*Risbecia tryoni* (A2). Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les nudibranches (-1 espèce) : •*Phyllidia ocellata* (A0/-1).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Pedum spondyloideum* (A3/+ 1).
Éponges	
Une espèce d'éponges disparue : •*Stellata globostellata* (A0/-2).	2 espèces d'éponges augmentent d'abondance : •*Cliona jullieni* (A3/+ 1), •*Cliona orientalis* (A4/+ 1). Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •Spongiaires ind. (noire) (A2/- 1).
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : •*Polycarpa aurita* (A0/-2).	2 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : •*Polycarpa cryptocarpa* (A2/- 1), •*Polycarpa nigricans* (A2/- 1).
Bryozoaires	
Une nouvelle espèce de bryozoaires recensée : •*Alcyonidium* sp. (A2).	☑

4.12.2.2 Benthos Transect 12 B

En mai 2020, la richesse spécifique du transect ST12B est composée de :

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

Tableau 96 : Variations entre octobre 2019 et mai 2020 : Les biocénoses (ST12B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue brune : •*Lobophora* sp. (A2). Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Une espèce d'algue recensée, l'algue verte : •*Ventricaria ventricosa* (A2/+ 1). 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) : •*Dendronephthya* sp. (A2/+ 1).
Échinodermes	
Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les holothurides (-1 espèce) : •*Thelenota anax* (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les crinoïdes : •Crinoïdes ind. (A3/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les échinides : •*Diadema setosum* (A1/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : •*Arca ventricosa* (A2).	☑
Éponges	
Une espèce d'éponges disparue : •*Clathria rugosa* (A0/-2).	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •Spongiaires ind. (orange) (A1/- 1).
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : •*Polycarpa aurita* (A0/-3).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : •*Polycarpa clavata* (A2/+ 1). Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : •*Polycarpa nigricans* (A2/- 2).
Bryozoaires	
Une nouvelle espèce de bryozoaires recensée : •*Alcyonidium* sp. (A2).	☑

4.12.3 Les poissons (ST12)

La liste des espèces observées[17] sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le tableau 97.

Tableau 97 : 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	*Acanthurus blochii*	1	0,02	1,37				0,50	0,01	0,68
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	1	0,02	0,58				0,50	0,01	0,29
Aca	*Ctenochaetus striatus*	2	0,03	1,46				1,00	0,02	0,73
Aca	*Zebrasoma scopas*	1	0,02	0,33				0,50	0,01	0,17
Aca	*Zebrasoma veliferum*	1	0,02	1,94	1	0,03	4,63	1,00	0,02	3,29
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*				1	0,03	0,06	0,50	0,01	0,03
Cae	*Caesio caerulaurea*	30	0,50	17,28				15,00	0,25	8,64
Cae	*Pterocaesio marri*				20	0,17	3,33	10,00	0,08	1,67
Cha	*Chaetodon baronessa*	2	0,03	0,67	2	0,05	0,73	2,00	0,04	0,70
Cha	*Chaetodon bennetti*				2	0,05	0,51	1,00	0,03	0,26
Cha	*Chaetodon melannotus*				3	0,08	0,51	1,50	0,04	0,26
Cha	*Chaetodon plebeius*				3	0,08	0,19	1,50	0,04	0,09
Cha	*Chaetodon speculum*				1	0,03	0,26	0,50	0,01	0,13
Cha	*Heniochus acuminatus*				1	0,03	0,36	0,50	0,01	0,18
Epi	*Cephalopholis boenak*				1	0,03	0,50	0,50	0,01	0,25
Epi	*Epinephelus ongus*				1	0,03	4,00	0,50	0,01	2,00
Lab	*Cheilinus chlorourus*				1	0,03	3,43	0,50	0,01	1,71
Lab	*Hemigymnus melapterus*	1	0,02	1,13				0,50	0,01	0,56
Lab	*Stethojulis bandanensis*				1	0,03	0,50	0,50	0,01	0,25
Lab	*Thalassoma lunare*	3	0,05	0,51	4	0,10	1,02	3,50	0,08	0,77
Lab	*Thalassoma lutescens*	2	0,03	0,34				1,00	0,02	0,17
Nem	*Scolopsis bilineatus*				2	0,05	1,33	1,00	0,03	0,67
Poc	*Centropyge bicolor*	2	0,03	0,08	2	0,05	0,13	2,00	0,04	0,10
Poc	*Centropyge bispinosa*	1	0,02	0,04	1	0,03	0,06	1,00	0,02	0,05
Poc	*Centropyge tibicen*	3	0,05	0,13	2	0,05	0,13	2,50	0,05	0,13
Poc	*Pygoplites diacanthus*				1	0,03	2,05	0,50	0,01	1,02
Pom	*Abudefduf sexfasciatus*	8	0,13	0,91				4,00	0,07	0,46
Pom	*Abudefduf whitleyi*	7	0,12	0,80	6	0,15	3,00	6,50	0,13	1,90
Pom	*Chromis fumea*	10	0,17	0,21	10	0,25	0,32	10,00	0,21	0,27
Pom	*Chromis viridis*	15	0,25	0,14	20	0,50	0,64	17,50	0,38	0,39
Pom	*Chrysiptera rollandi*	2	0,03	0,02	3	0,08	0,04	2,50	0,05	0,03
Pom	*Chrysiptera taupou*	5	0,08	0,05				2,50	0,04	0,02
Pom	*Dascyllus aruanus*	5	0,08	0,05	9	0,23	0,12	7,00	0,15	0,08
Pom	*Dascyllus reticulatus*	4	0,07	0,09	2	0,05	0,03	3,00	0,06	0,06
Pom	*Pomacentrus aurifrons*	10	0,17	0,09				5,00	0,08	0,05
Pom	*Pomacentrus moluccensis*	2	0,03	0,04	1	0,03	0,03	1,50	0,03	0,04
Sca	*Chlorurus sordidus*	4	0,07	3,66	4	0,10	4,39	4,00	0,08	4,03
Sca	*Chlorurus sordidus*							2,00	0,05	2,20

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

Sca	*Scarus flavipectoralis*				4	0,10	8,19	2,00	0,05	4,10
Sig	*Siganus vulpinus*				2	0,05	0,73	1,00	0,03	0,36
Total		**122**	**2,03**	**31,91**	**111**	**2,44**	**41,23**	**118,50**	**2,29**	**38,77**
Biodiversité		**24**			**29**			**40**		
Indice de Shannon =		4,461								
Equitabilité =		0,838								

Sur l'ensemble des transects de la station, 237 individus appartenant à 40 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 2.29 poissons/m² pour une biomasse de 38.77 g/m².
82 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. tableau 98).

Tableau 98 : Liste des espèces complémentaires (ST12)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	*Acanthurus blochii*	Epi	*Epinephelus maculatus*	Poc	*Centropyge bicolor*
Aca	*Acanthurus nigricauda*	Epi	*Epinephelus ongus*	Poc	*Centropyge bispinosa*
Aca	*Acanthurus olivaceus*	Lab	*Anampses femininus*	Poc	*Centropyge tibicen*
Aca	*Ctenochaetus cyanocheilus*	Lab	*Anampses neoguinaicus*	Poc	*Pygoplites diacanthus*
Aca	*Ctenochaetus striatus*	Lab	*Bodianus diana*	Pom	*Abudefduf sexfasciatus*
Aca	*Zebrasoma scopas*	Lab	*Bodianus dictynna*	Pom	*Abudefduf whitleyi*
Aca	*Zebrasoma veliferum*	Lab	*Cheilinus chlorourus*	Pom	*Amblyglyphidodon leucogaster*
Apo	*Apogon doederleini*	Lab	*Cheilinus fasciatus*	Pom	*Chromis atripes*
Apo	*Cheilodipterus artus*	Lab	*Coris gaimard*	Pom	*Chromis fumea*
Apo	*Cheilodipterus macrodon*	Lab	*Epibulus insidiator*	Pom	*Chromis nitida*
Apo	*Cheilodipterus quinquelineatus*	Lab	*Halichoeres argus*	Pom	*Chromis viridis*
Apo	*Ostorhinchus aureus*	Lab	*Halichoeres prosopeion*	Pom	*Chrysiptera rollandi*
Apo	*Ostorhinchus capricornis*	Lab	*Hemigymnus fasciatus*	Pom	*Chrysiptera taupou*
Apo	*Ostorhinchus compressus*	Lab	*Hemigymnus melapterus*	Pom	*Dascyllus aruanus*
Aul	*Aulostomus chinensis*	Lab	*Labroides bicolor*	Pom	*Dascyllus reticulatus*
Ble	*Meiacanthus atrodorsalis*	Lab	*Labroides dimidiatus*	Pom	*Pomacentrus aurifrons*
Cae	*Caesio caerulaurea*	Lab	*Labropsis australis*	Pom	*Pomacentrus moluccensis*
Cae	*Pterocaesio marri*	Lab	*Oxycheilinus unifasciatus*	Pom	*Pomacentrus nagasakiensis*
Cha	*Chaetodon baronessa*	Lab	*Stethojulis bandanensis*	Pom	*Pomacentrus simsiang*
Cha	*Chaetodon bennetti*	Lab	*Thalassoma lunare*	Sca	*Chlorurus sordidus*
Cha	*Chaetodon flavirostris*	Lab	*Thalassoma lutescens*	Sca	*Scarus flavipectoralis*
Cha	*Chaetodon lunulatus*	Let	*Gymnocranius euanus*	Sca	*Scarus ghobban*
Cha	*Chaetodon melannotus*	Lut	*Lutjanus bohar*	Sca	*Scarus niger*
Cha	*Chaetodon plebeius*	Lut	*Lutjanus fulvus*	Sig	*Siganus doliatus*
Cha	*Chaetodon speculum*	Mul	*Parupeneus crassilabris*	Sig	*Siganus vulpinus*
Cha	*Heniochus acuminatus*	Nem	*Scolopsis bilineatus*	Syn	*Saurida gracilis*
Cir	*Paracirrhites forsteri*	Ple	*Assessor macneilli*	Zan	*Zanclus cornutus*
Epi	*Cephalopholis boenak*				

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le tableau 99 et spécifiquement pour cette campagne sur la figure 81.

Tableau 99 : 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	5	2,62	12,50	6,55
Chaetodontidae	30	6	3,48	20,00	11,59
Epinephelinae	26	2	2,10	7,69	8,06
Labridae	97	5	3,67	5,15	3,78
Lethrinidae	16	0	0,05	0,00	0,30
Lutjanidae	22	0	0,14	0,00	0,65
Mullidae	14	0	0,76	0,00	5,44
Pomacanthidae	14	4	3,29	28,57	23,47
Pomacentridae	92	10	7,57	10,87	8,23
Scaridae	23	3	2,52	13,04	10,97
Siganidae	10	1	0,71	10,00	7,14
Autres	257	4	4,19	1,56	1,63
Khi2 obs		**13,1**		**50,2**	
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 100 et la figure 82.

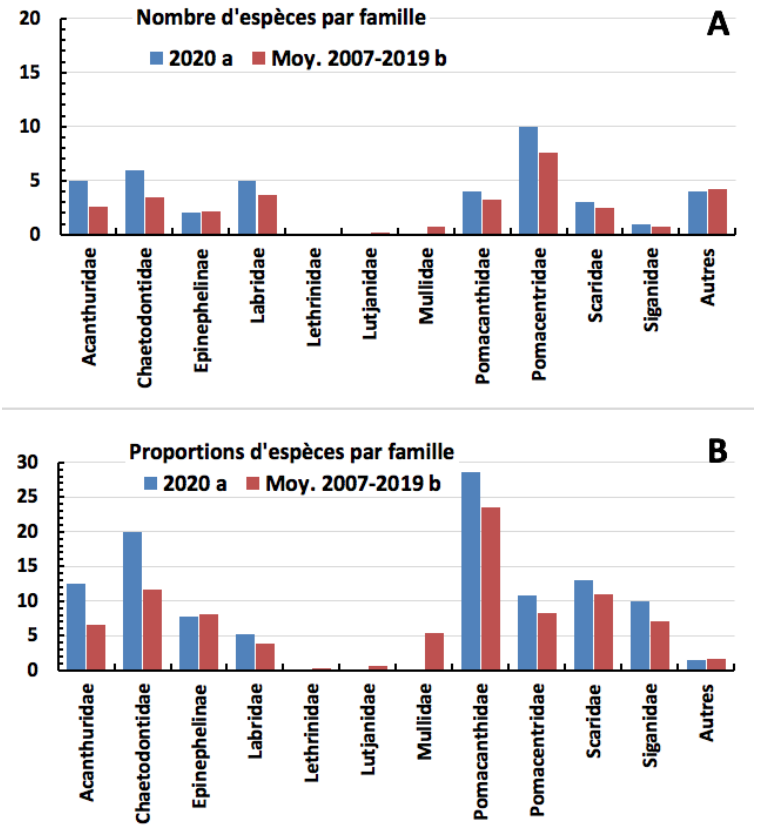


Figure 81 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST12)

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

Tableau 100 : 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
2020 a	Transect A	122	2,03	31,91	122		
	Transect B	111	2,44	41,23	111		
	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	*Pas d'échantillonnage*					
2007	Moy. AB						

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i – X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. tableau 101 et représentation figure 83.

Tableau 101 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST12)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	8 876,0	0,8	6 592,3	31,1	65,0	81,8
Ecart type	94,21	0,92	81,19	5,57	8,06	9,05
Moyenne	146,30	2,19	72,84	31,73	52,77	83,21
Coef. de Var.	0,64	0,42	1,11	0,18	0,15	0,11

Commentaires :

- La densité et la biomasse ont de valeurs moyennes.
- La biodiversité faiblie mais reste à des valeurs moyennes.

La structure spécifique du peuplement (cf. § 3.4.3) de cette mission ne diffère pas de la structure moyenne sur la période de suivi. La série historique de cette station montre des fluctuations parmi les plus importantes des stations du canal de la Havannah.

Le relief escarpé de la station avec un fond meuble juste au pied, fait qu'il s'agit, pour beaucoup d'espèces, notamment les espèces dites commerciales, d'une zone de passage et non une zone de résidence. Les espèces sédentaires sont peu nombreuses et l'absence d'hydrodynamisme entretient la faiblesse de la Biodiversité α.

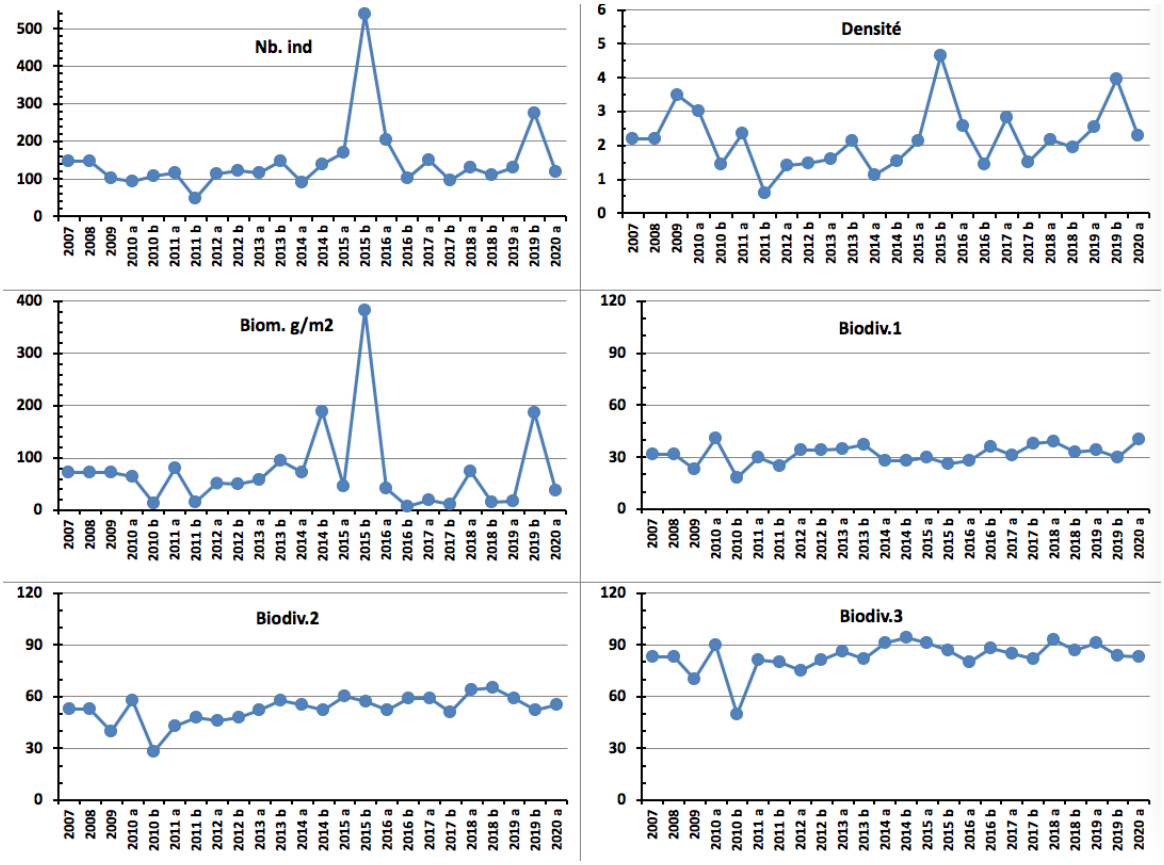


Figure 82 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12)

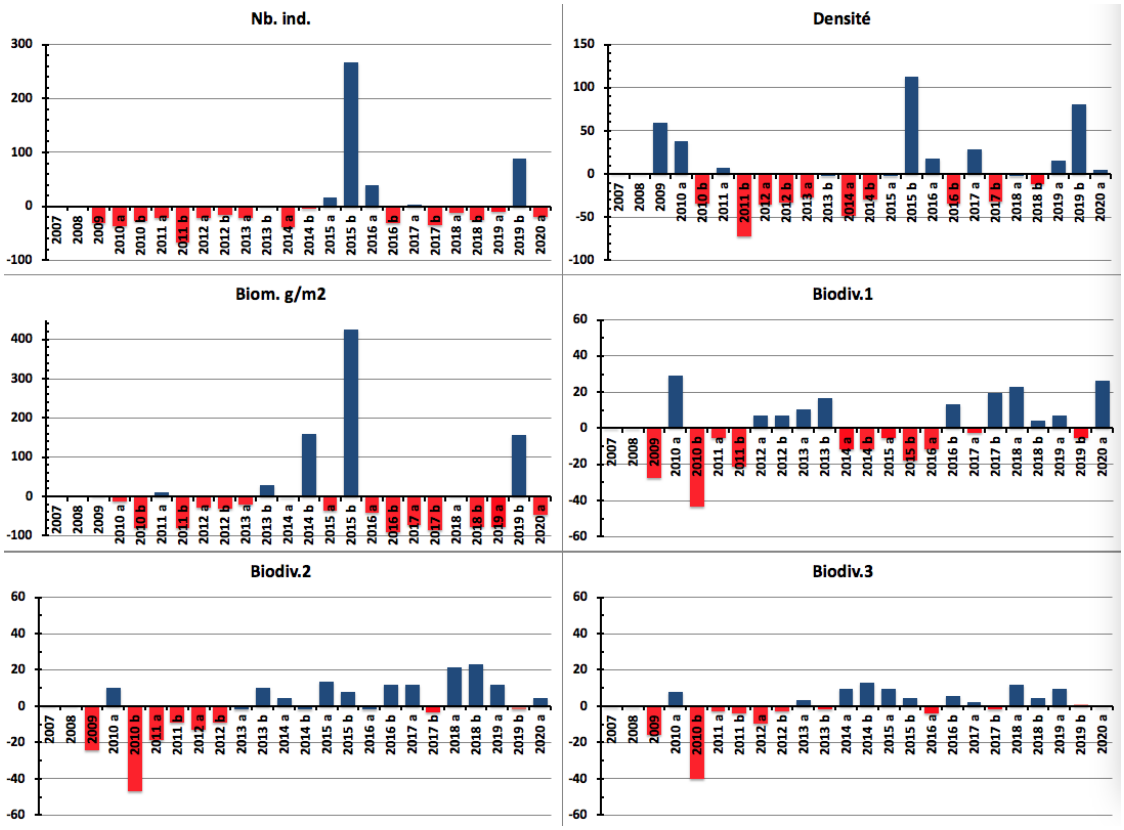


Figure 83 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12)

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 143 (en annexe n°03, résultats par transect pour toutes les stations).

Le tableau 144 (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.

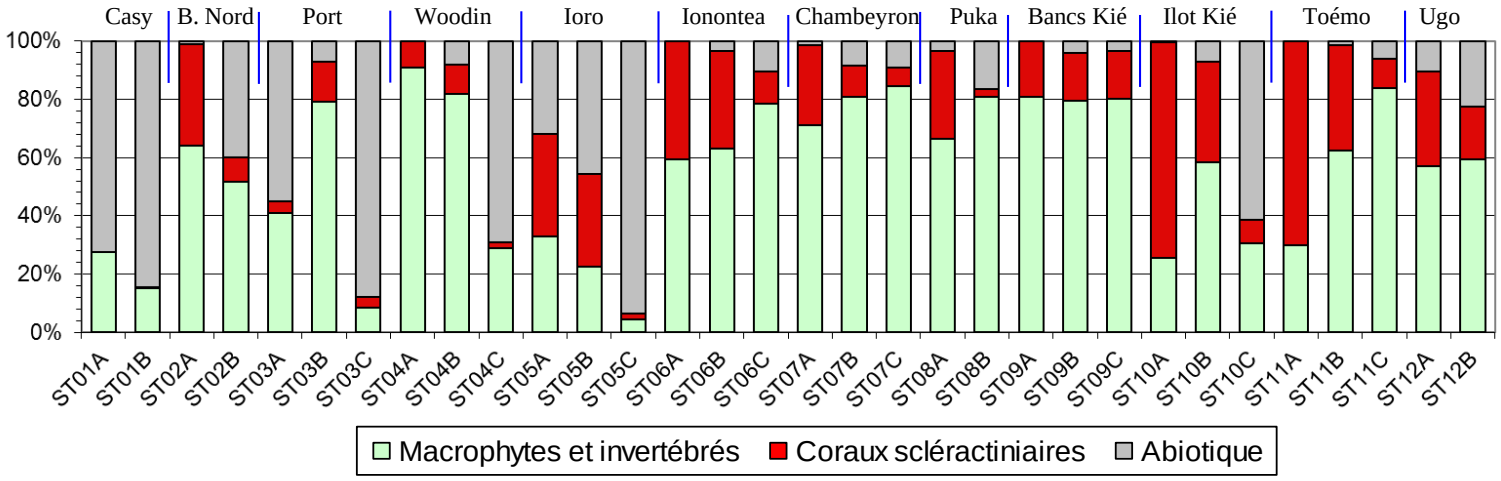


Figure 84 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat partie biotique/abiotique

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 (moyenne de plus de 68%).

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 des 4 dernières missions. La moyenne du taux de recouvrement corallien en baie de Prony et canal Woodin est encore en baisse (8.6%) et au plus bas depuis le début du suivi.

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, l'abiotique représente seulement 18% en moyenne du recouvrement, soit près de 82% de biotique. La moyenne du taux de

recouvrement corallien dans le canal de la Havannah est en hausse : 29.8% *vs* 23.76%, cela s'expliqaunt notamment par la prise en compte à nouveau de la station ST10 (îlot Kié) qui est particulièrement riche.

Analyse par station :
C'est le transect A de la station ST10 (îlot Kié) qui présente le plus fort taux de recouvrement corallien scléractiniaire (74%) suivi de près par celui de la station ST11 (Toémo) (70%). Le 3ème rang est tenu par le transect A de la station ST06 (Ionontea) (40.5%). A l'échelle de la station (tous transects confondus), cet ordre est conservé, avec 38.8% à la ST10, 38.7% à la ST11 et 28.3% à la ST06.
La station la plus pauvre est toujours la ST01 (Casy) avec seulement 0.5% de scléractiniaires au transect B et plus aucun en A.

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 ont retrouvé une certaine stabilité avec un retour progressif aux valeurs antérieures (résilience).

Il y a cependant 2 stations dont l'état de santé continue à se dégrader :
La ST01 (Casy) a fait l'objet d'une invasion d'*Acanthaster planci* (en 2017-2018) ayant provoqué le blanchissement et la mort des coraux branchus présents. Il ne reste plus que quelques *Pocillopora* sp. encore en vie en B.
De même, cette prolifération s'est déclarée dans le **canal Woodin (ST04)** en novembre 2018 et les transects A et B ont vu leur taux de recouvrement en scléractiniaires chuter de 33% et de 22% depuis. Ces corallivores ayant disparu, une amélioration est envisageable dans l'avenir, d'ailleurs il y a eu +2.5% de coraux au transect B pour cette mission.

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 macro-algues 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 de Vale NC. Malheureusement, les contraintes économiques actuelles font 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 56 taxa par transect pour l'ensemble de la zone (avec une moyenne de 35.9 taxa par transect *vs* 31.8 pour la mission précédente).
La richesse spécifique des macrophytes est comprise entre 0 à 17 taxa par transect pour l'ensemble de la zone (avec une moyenne de 4.6 taxa par transect *vs* 4.5 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.

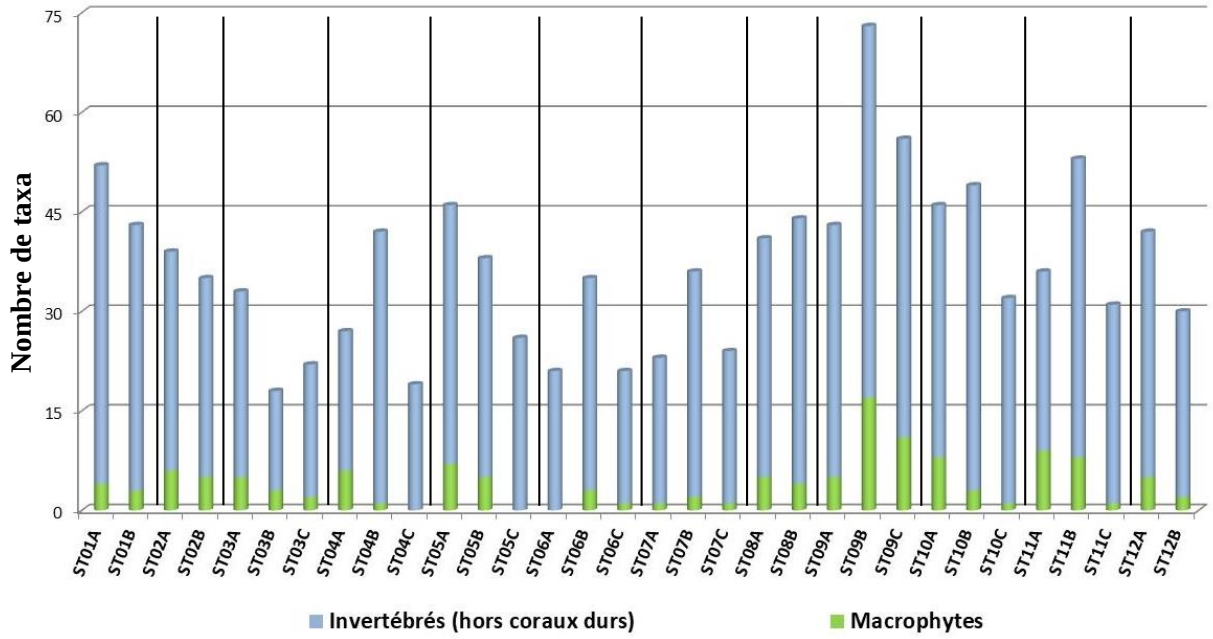


Figure 85 : Richesse taxonomique du benthos dans 2 groupes clés

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 mai 2020, la richesse spécifique du site Havannah est composée de :

- **102 espèces d'invertébrés** dont 30 espèces de mollusques ; 21 espèces de cnidaires : alcyonaires (11 taxons), actiniaires (7 taxons), zoanthaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon) ; 24 espèces d'échinodermes : holothurides (10 taxons), astéries (6 taxons), échinides (5 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 11 espèces d'éponges ; 14 espèces d'ascidies
- **20 espèces de macrophytes** : algues vertes (11 taxons), algues rouges (6 taxons), algues brunes (3 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

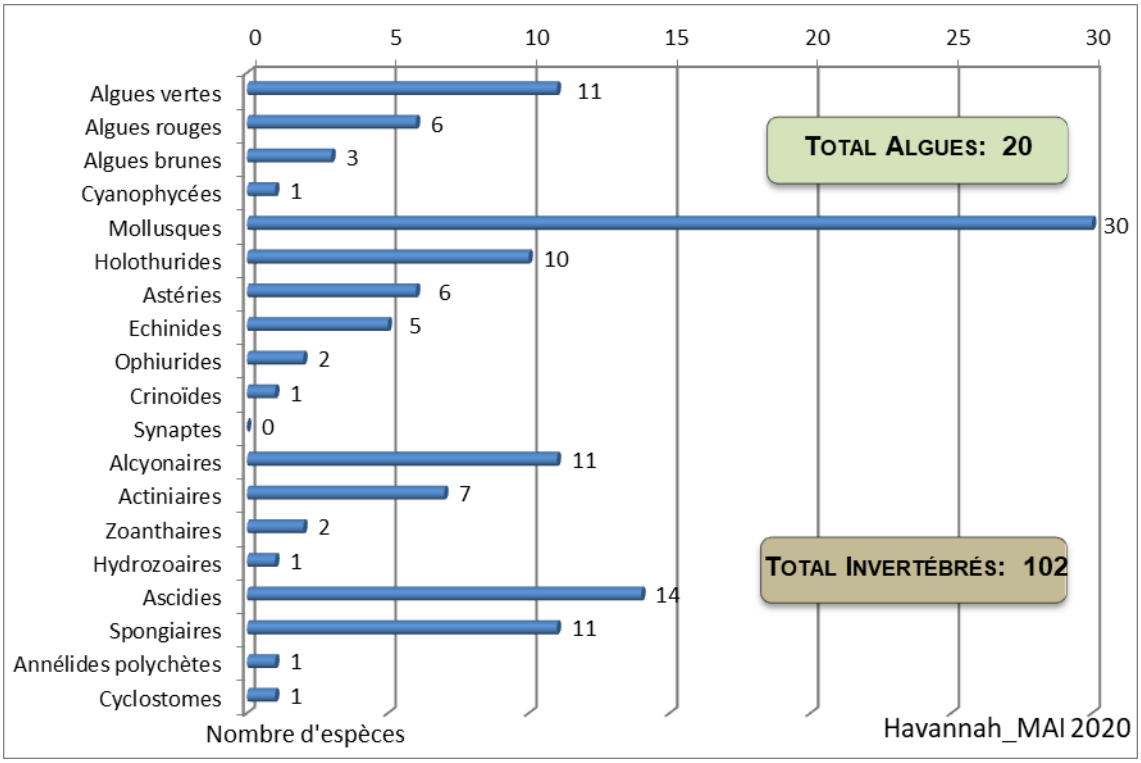


Figure 86 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal de la Havannah

5.2.3.2 Assemblage spécifique du benthos dans le canal Woodin

En mai 2020, la richesse spécifique du site Woodin est composée de :

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

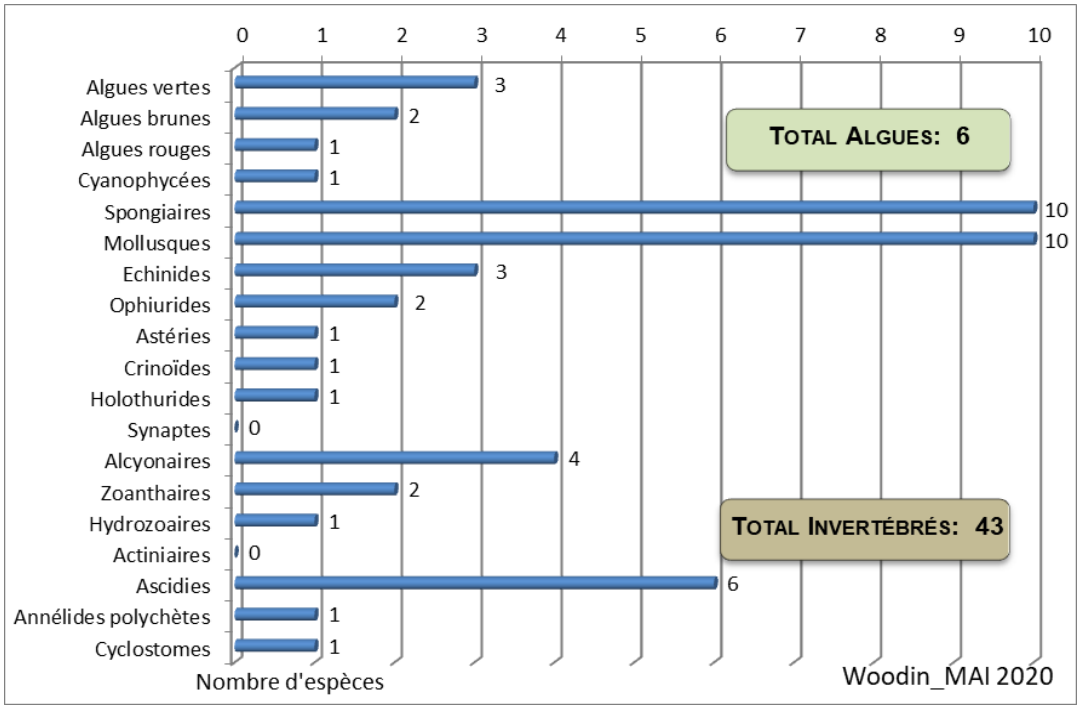


Figure 87 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal Woodin

5.2.3.3 Assemblage spécifique du benthos dans la baie de Prony

En mai 2020, la richesse spécifique du site Prony est composée de :

- **66 espèces d'invertébrés** dont 16 espèces de mollusques ; 13 espèces de cnidaires : alcyonaires (9 taxons), zoanthaires (3 taxons), actiniaires (1 taxon) ; 21 espèces d'échinodermes : astéries (9 taxons), échinides (4 taxons), holothurides (4 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), synaptes (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies
- **7 espèces de macrophytes :** algues vertes (4 taxons), algues brunes (2 taxons), algues rouges (1 taxon)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

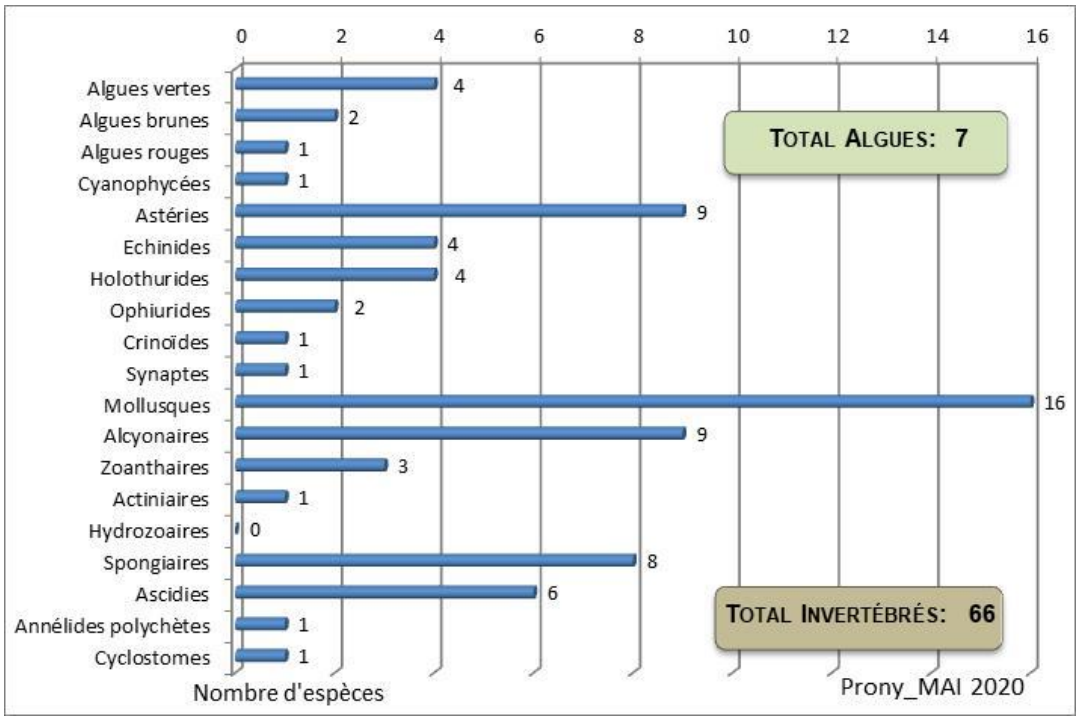


Figure 88 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour la baie de Prony

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 : 102 taxons, Prony : 74 taxons et Woodin : 50.

Selon les stations : 32 à 63 espèces ont été dénombrées (respectivement ST03 et ST09).

Selon les transects : 15 à 56 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 **32.56 (+/- 9.84) taxons**.
La station ST09 a une richesse spécifique importante pour les invertébrés (avec 38, 56 et 45 espèces respectivement pour les transects A, B et C soit 63 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 : 20 taxons, Prony : 7 taxons et Woodin : 6 taxons.

Selon les stations : 3 à 18 espèces ont été dénombrées (respectivement ST06 = ST07 et ST09).

Selon les transects : 0 à 17 espèces ont été dénombrées (respectivement ST04C = ST05C = ST06A et 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 4.19 (+/-3.66) taxons.**

Aucune espèce de macrophytes identifiable *in situ* n'a été comptabilisée pour les transects ST04C, ST05C et ST06A.
Une seule espèce a été recensée *in situ* pour les transects ST04B, ST06C, ST07A, ST07C, ST10C et ST11C.
La station ST09 a une richesse spécifique importante pour les macrophytes (avec 5, 17 et 11 espèces respectivement pour les transects A, B et C soit 18 espèces au total pour la station).

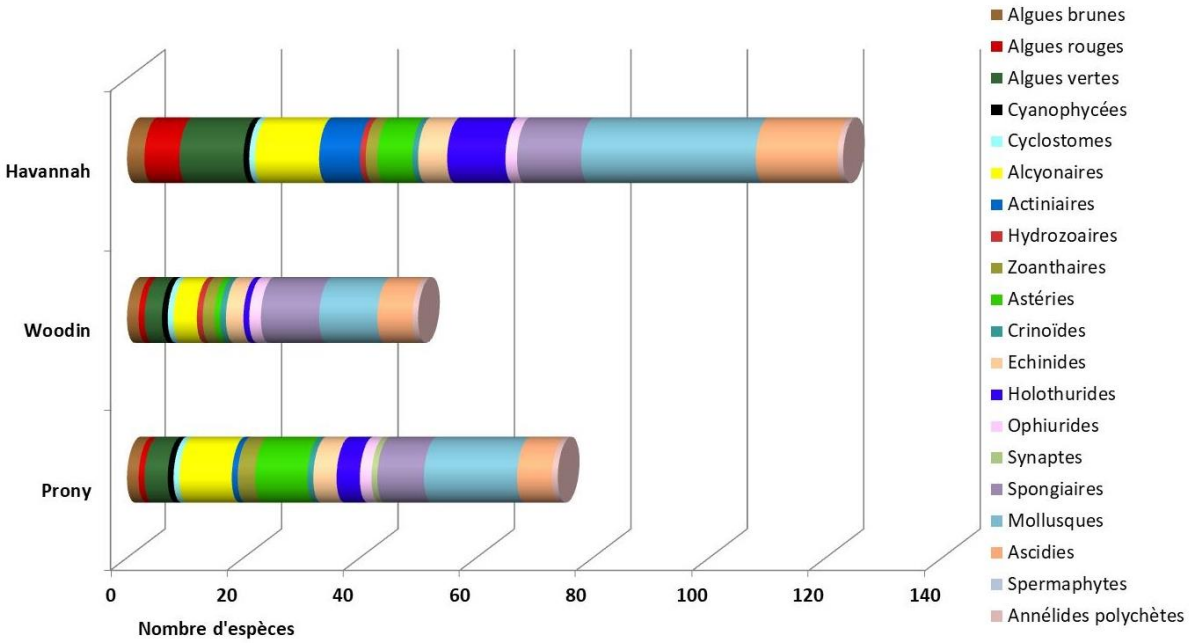


Figure 89 : Assemblage des invertébrés (hors coraux durs) et des macrophytes par groupe pour les trois sites

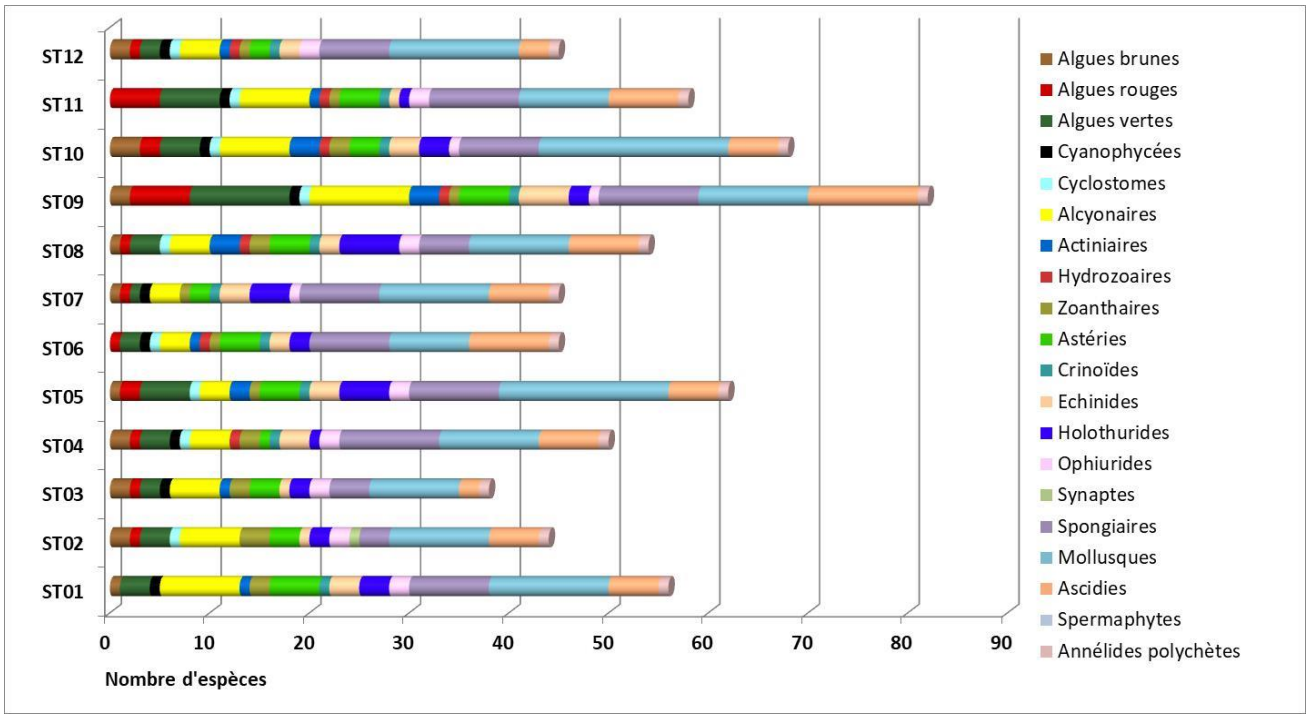


Figure 90 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques selon les groupes par station*

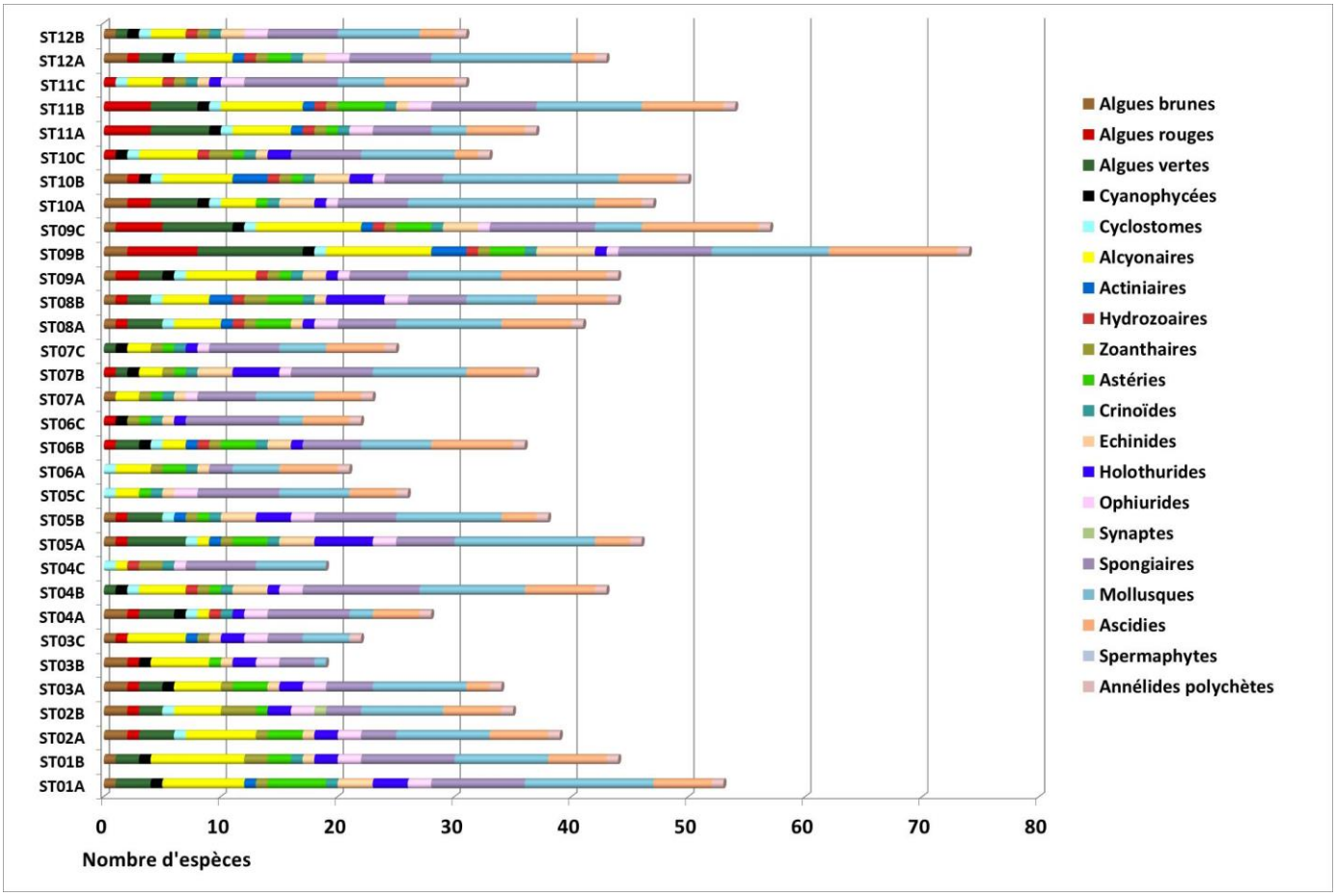


Figure 91 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques selon les groupes par transect*

5.3 Ichtyologie

Les paramètres biologiques globaux concernant les stations sont présentés dans le tableau 102 et de la figure 92 à la figure 94 (rappel : liste restreinte, cf. § 6.3).

Tableau 102 : 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	66	0,66	10,37	28	49	73	3,821	0,795
	ST02	CREEK BAIE NORD	36,5	0,37	4,37	14	31	48	3,108	0,816
	ST03	PORT	51	1,28	2,82	21	41	53	3,413	0,777
		Variances (σ^2)	217,58	0,21	15,94	49	81,33	170,33	0,13	0
		Ecart types (σ)	14,75	0,46	3,99	7	9,02	13,05	0,36	0,02
		Moyennes (μ)	51,17	0,77	5,85	21	40,33	58,33	3,45	0,8
		Coef. de Var(σ/μ)	0,29	0,6	0,68	0,33	0,22	0,22	0,1	0,02
		Int. de Conf. 95%	17,03	0,53	4,61	8,08	10,41	15,07	0,41	0,02
Canal de la HAVANNAH	ST04	WOODIN	269,33	4,43	479,93	70	98	131	4,665	0,761
	ST05	IORO	111,67	1,46	123,3	64	69	99	5,178	0,863
	ST06	IONONTEA	149,33	1,44	136,18	59	98	134	5,143	0,874
	ST07	B. CHAMBEYRON	201,67	2,65	260,73	78	91	120	5,289	0,841
	ST08	PUKA	54	0,45	38,91	34	70	103	4,5	0,884
	ST09	BANCS KIE	141,67	1,42	54,97	57	71	99	4,894	0,839
	ST10	ILOT KIE	186	2,42	284,78	71	107	153	5,491	0,893
	ST11	TOEMO	142,67	1,69	86,92	56	72	103	4,714	0,812
	ST12	UGO	118,5	2,29	38,77	40	55	82	4,461	0,838
		Variances (σ^2)	3742	1,25	21907	206,19	309,44	484,75	0,13	0
		Ecart types (σ)	61,17	1,12	148,01	14,36	17,59	22,02	0,37	0,04
		Moyennes (μ)	152,76	2,03	167,16	58,78	81,22	114	4,93	0,85
		Coef. de Var(σ/μ)	0,4	0,55	0,89	0,24	0,22	0,19	0,07	0,05
		Int. de Conf. 95%	40,78	0,75	98,67	9,57	11,73	14,68	0,24	0,03

***Nb** : nombre moyen de poissons sur un transect ; **Dens**. : Densité (Nb/m^2) moyenne sur la station ; **Biom**. : Biomasse (g/m^2) 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 α = 0,025.*

Pour cette mission, c'est la station ST02 (Creek baie nord) qui présente les plus faibles chiffres pour quasiment tous les paramètres (nombre d'individus, richesse spécifique, densité et indice de Shannon).
C'est la station ST03 (Port) qui présente la plus faible biomasse et c'est la station ST04 (Woodin) qui présente l'indice d'équitabilité le plus bas (comme précédemment).

Pour cette mission c'est la station ST04 (Woodin) qui est particulièrement riche en nombre d'individus, densité et biomasse et c'est la station ST07 (Basse Chambeyron) qui a la meilleure richesse spécifique.
La station ST10 (Ilot Kié) présente le meilleur taux pour l'indice de Shannon et le plus fort indice d'équitabilité : c'est donc une station avec une structure des populations très homogène. Ceci est d'ailleurs le cas de toutes les stations qui présentent toutes un indice d'équitabilité > 0.6.

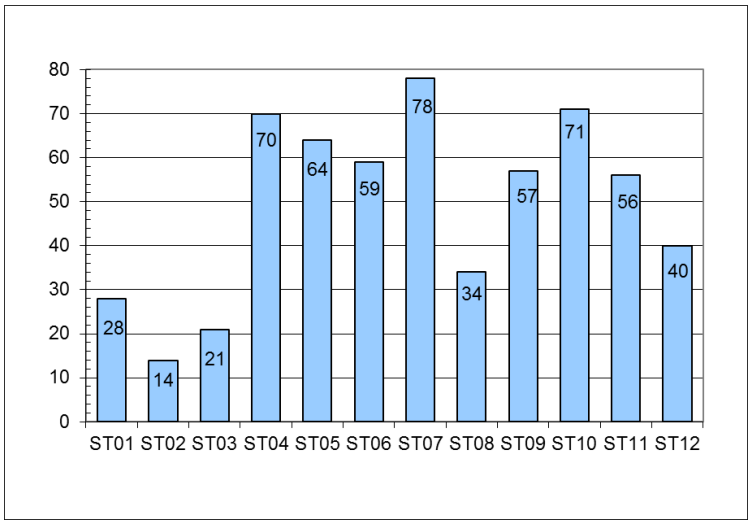


Figure 92 : Richesse spécifique de l'ichtyofaune par station

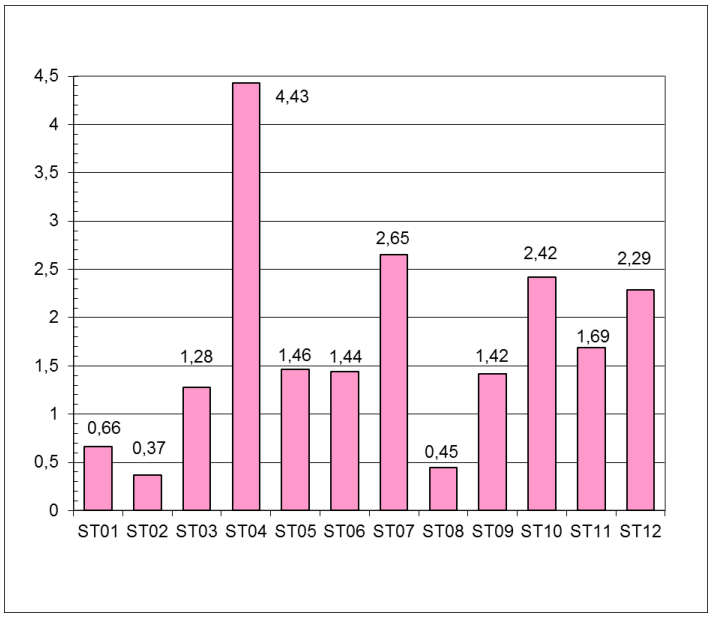


Figure 93 : Densité (nb ind/m²) de l'ichtyofaune par station

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

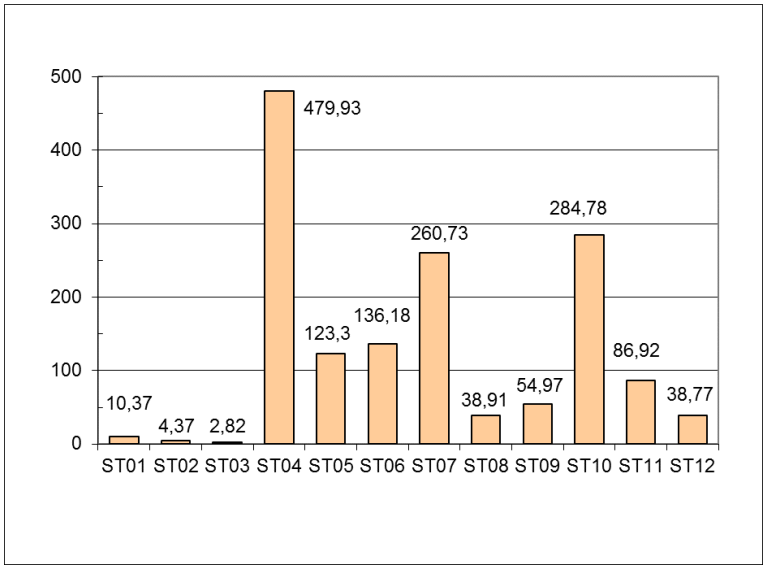


Figure 94 : Biomasse (g/m²) de l'ichtyofaune par station

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 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.**
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.

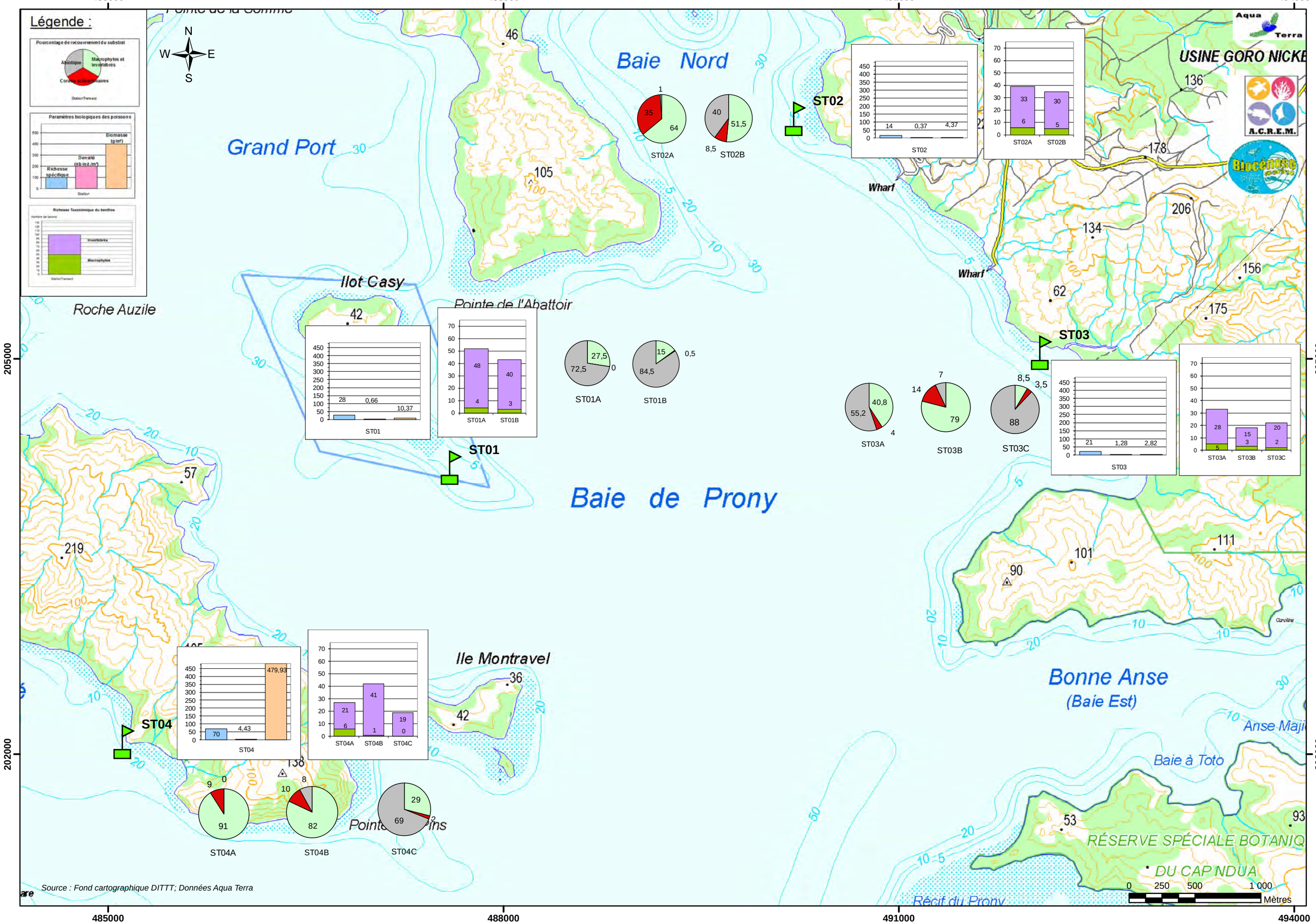
La 2ème alerte concernait la **ST04 (Woodin)** où en novembre 2018, 51 spécimens (sur 300 m², mais essentiellement sur le transect médian) avaient été observés. Les colonies attaquées (blanchies et mortes en place) étaient des *Acropora* tabulaires. La présence c'était réduite en avril 2019 avec respectivement 2 et 1 spécimens aux transects supérieurs.

La 3ème alerte concernait les stations **ST02** (5 et 2 spécimens) et **ST03** (1, 16 et 1 spécimens), en avril 2019.

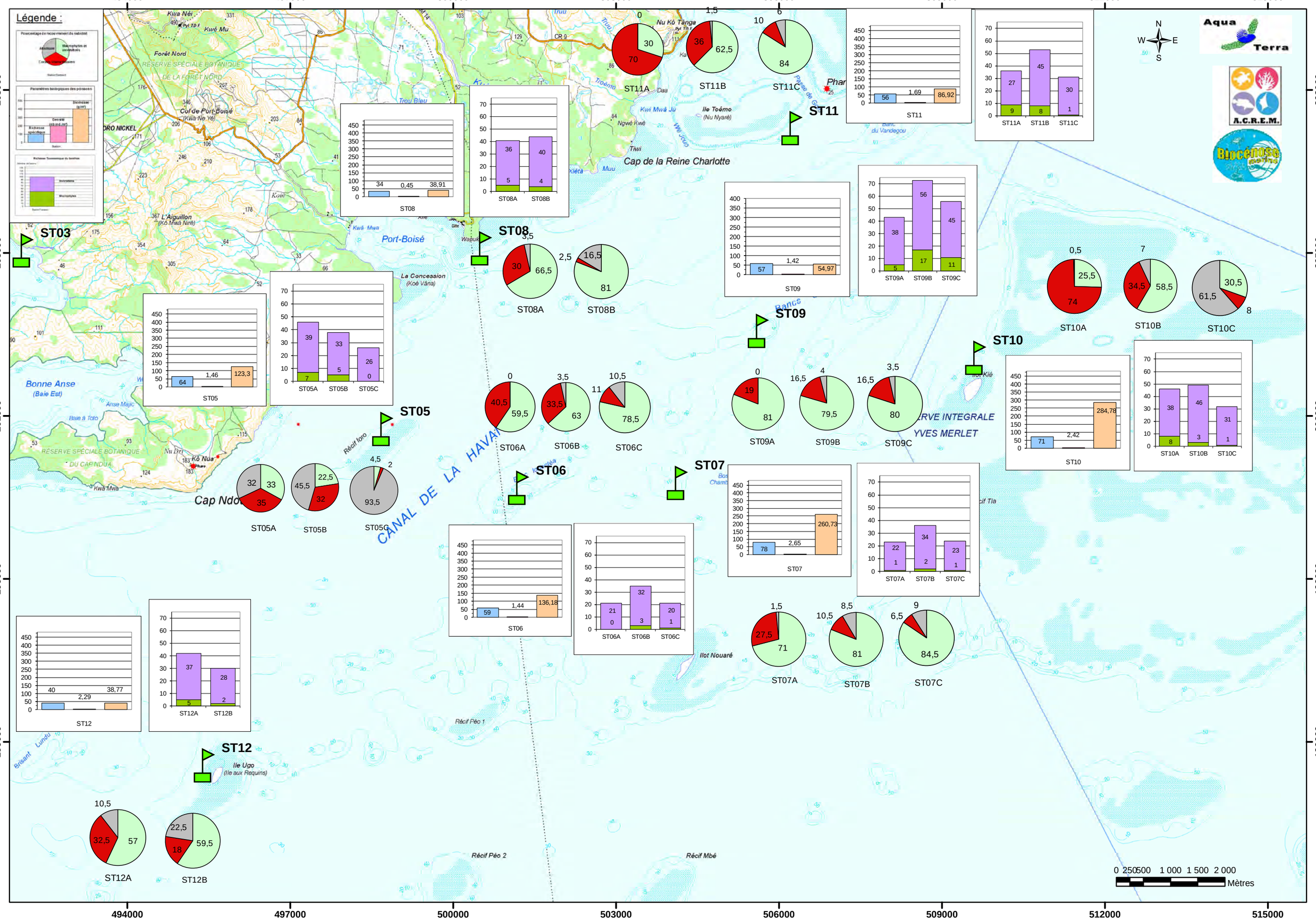
Dans la continuité, la 4ème alerte était en octobre 2019 où elles étaient présentes sur 6 stations en tout : **ST02AB** (3 et 5 spécimens), ST03AB (1 et 1 spécimen), **ST04AB** (3 et 2 spécimens).

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 - Mai 2020 : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station de la baie de Prony – canal Woodin



Carte n°16 : Résultats généraux - Mai 2020 : 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 114).
Selon plusieurs études [R61, R43], 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 » [R66].
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*.

<u>Pour cette mission :</u>
Par rapport à la mission précédente, globalement les stations sont stables : il n'y a ainsi que 2 variations significatives :

- c'est l'inversion entre la proportion de sable (disparition : - 27%) pour l'augmentation du « corail mort avec algues » (+ 32.5%). Ce type de phénomène est cyclique (ainsi les taux rejoignent ici par exemple ceux de la campagne d'avril 2017)
- c'est la très forte augmentation du recouvrement en coraux scléractiniaires au transect A de la ST10 (Ilot Kié) avec +31%. Attention cependant : cette évolution n'est pas sur une mission, mais 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 est en hausse de 0.4%. Cependant, cette hausse est 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 montre encore un recul de 0.29%, qui cette fois est dû essentiellement à la ST09 (Bancs Kié) qui perd 10.5% dans son recouvrement en scléractiniaires au transect A (mais cela rejoint les résultats de mai 2018). Ces dégradations n'ont pas de cause apparente à part être les conséquences éventuelles de phénomènes hydrodynamiques.

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, 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.

6.2.1.2 Pour les invertébrés, 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 octobre 2019 à mai 2020, la richesse spécifique absolue des invertébrés (hors coraux durs) a évolué de -5 à +6 espèces selon les transects (ST03B et ST12A). **Le semestre précédent, cette évolution de diversité était majoritairement négative sur les niveaux bathymétriques les plus exposés du canal de la Havannah** (cf. tableau 115).

- L**es transects présentant une diminution de diversité absolue** par rapport à la dernière mission (respectivement -3 et -5 espèces) sont : ST02B, ST03ABC, ST04A, ST6C.

- Les transects présentant une augmentation de diversité absolue par rapport à la dernière mission (entre +3 et + 6 taxons) sont : ST04B, ST05AC, ST08AB, ST11A et ST12A.

6.2.1.3 Pour les invertébrés, depuis le début

Les valeurs des biodiversités α des invertébrés selon les différentes transects pour toutes les missions sont résumées dans le tableau 103.

Tableau 103 : Valeur de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2010

Biodiv. α	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*	Sept. 2010	Mars 2010
ST01A	47	45	46	37	36	34	38	44	44	51	44	47	48	48	39	42	32	27	24	23	23
ST01B	39	41	41	37	38	29	32	39	35	42	46	39	37	41	29	33	28	23	18	17	18
ST02A	31	33	31	33	36	30	33	38	34	40	40	38	38	37	33	27	25	21	20	15	17
ST02B	28	29	35	32	32	22	22	27	30	32	29	28	31	28	26	30	26	24	19	17	19
ST03A	27	30	27	25	29	25	25	30	34	32	33	35	38	31	25	32	20	20	16	17	15
ST03B	15	19	22	19	26	16	21	27	30	35	29	28	35	33	26	26	22	15	9	7	5
ST03C	19	23	25	28	26	21	21	25	29	25	22	24	28	24	18	30	23	19	17	15	13
ST04A	19	22	21	22	22	16	25	24	19	30	23	28	31	24	19	22	21	22	16	18	17
ST04B	39	36	34	34	46	38	42	42	40	44	44	43	47	45	35	32	28	26	20	21	20
ST04C	18	18	15	22	25	16	23	22	23	28	24	22	28	20	18	20	24	26	24	21	19
ST05A	37	33	30	31	45	39	38	40	39	45	42	39	42	42	27	28	24	23	15	17	16
ST05B	31	32	29	28	47	36	37	42	30	32	36	34	35	40	30	33	30	31	23	22	23
ST05C	24	21	19	20	22	20	14	16	16	16	20	20	21	21	20	19	20	21	21	19	20

ST06A	19	21	24	18	24	21	18	16	17	17	13	20	26	15	19	16	20	20	7	11	15
ST06B	30	29	33	30	36	28	26	33	36	42	39	45	38	41	36	34	26	28	16	14	17
ST06C	19	23	25	25	24	19	23	32	31	28	21	28	29	38	27	26	25	25	13	14	16
ST07A	21	23	18	18	24	19	20	25	29	20	25	20	18	15	26	14	17	14	8	17	17
ST07B	33	33	37	30	41	27	36	35	39	44	36	40	38	39	31	25	27	27	20	19	19
ST07C	22	21	25	25	19	20	33	35	40	33	28	31	27	32	24	18	25	28	18	19	21
ST08A	34	31	36	36	56	40	37	41	36	39	42	42	39	34	35	50	39	34	23	24	26
ST08B	38	35	32	30	42	36	28	43	36	31	36	34	36	29	23	29	30	27	24	24	27
ST09A	36	34	35	34	46	41	36	43	39	37	44	49	46	43	39	34	32	31	20	22	26
ST09B	54	53	59	58	68	58	56	67	60	66	71	78	80	64	63	49	44	38	25	26	26
ST09C	43	42	41	43	43	39	35	40	40	47	56	57	53	54	45	44	37	36	24	25	26
ST10A	36	/	/	/	/	/	/	39	41	48	41	45	30	30	21	31	31	25	20	19	19
ST10B	44	/	/	/	/	/	/	56	56	62	67	68	57	47	42	36	35	31	25	26	26
ST10C	29	/	/	/	/	/	/	30	29	34	40	43	41	38	36	31	36	35	26	28	27
ST11A	25	25	21	18	28	23	17	18	18	29	23	31	30	33	27	30	42	43	18	15	19
ST11B	43	39	48	45	53	39	37	49	41	47	53	53	50	48	45	37	45	39	22	20	24
ST11C	28	29	31	32	30	27	30	35	36	38	38	39	39	29	35	31	35	34	24	25	25
ST12A	35	30	31	28	37	30	34	44	37	46	53	41	39	40	37	38	30	20	14	19	19
ST12B	26	27	29	28	33	25	33	42	40	39	47	40	37	34	37	36	22	23	21	18	19

* *période dépressionnaire antérieure à la mission ;* ** *période el Niño antérieure à la mission*

6.2.1.3.1 Analyse par Anovar

Une ANOVAR sur ce tableau de biodiversité α des invertébrés est donnée tableau 104.

L'analyse des variances de la richesse spécifique des invertébrés pour les 17 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 104 : Analyse de la Variance de la biodiversité α des invertébrés (hors coraux durs), depuis 2012

k1=p-1	16	**F obs.**	**3.04**
K2=n-p	527	**F95%**	1.66
		F99%	2.03

Tableau 105 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2020

	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	**30,91**	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	**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)	**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	**0,31**	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 el Niño 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 diminier durant la mission du second semestre (octobre à novembre).
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) et les évènements climatiques (El Niño 2015/2016 et la Niña en 2017-2018). 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. 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).

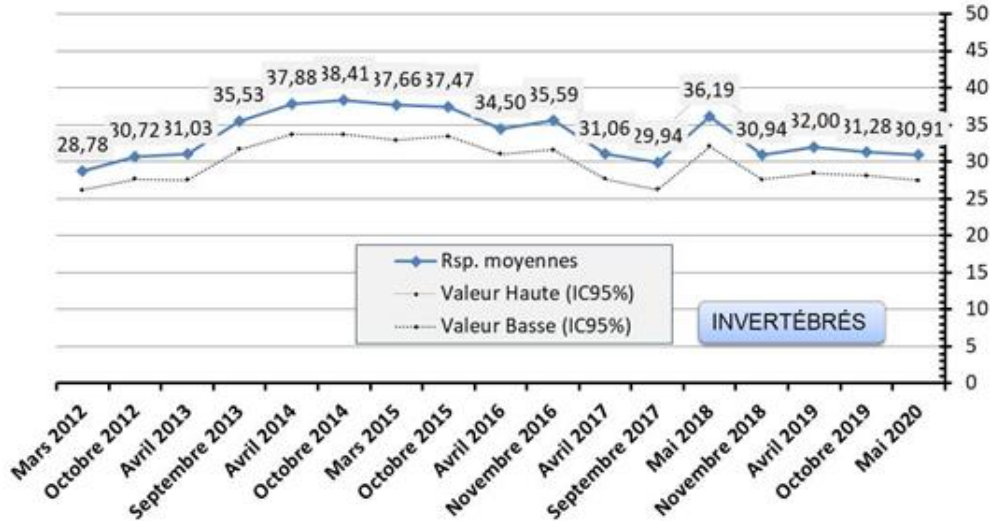


Figure 95 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010
Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance

En mai 2020, la diversité absolue des invertébrés évolue de manière négative en baie de Prony et pour le niveau supérieur du canal Woodin alors que les récifs exposés du canal de la Havannah ont leur diversité absolue en augmentation par rapport à la mission précédente.
Les groupes faunistiques faisant varier cette diversité sont particulièrement les suivants : les espèces mobiles comme les échinodermes (astéries, échinides, holothuries) et des espèces sessiles avec peu d'adhérence au substrat (spongiaires). L'influence des apports terrigènes, les conditions hydrodynamiques soutenues et la disponibilité en nourriture pourraient être responsables de cette distribution.

6.2.1.3.2 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 103 est considéré en classant les valeurs en ligne.

Tableau 106 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2012

KHI 2 obs.	**166**			
Ddl = 16	Khi² 95%	Khi² 97,5%	Khi² 99%	Khi² 99,5%
Valeur Khi²	26,296	28,845	32,000	34,267

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 107 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2012

Rang Invertébrés	**Mai 2020***	**Oct. 2019**	**Avril 2019***	**Nov. 2018**	**Mai 2018***	**Sept. 2017****	**Avril 2017***	**Nov. 2016**	**Avril 2016***	**Oct. 2015**	**Mars 2015***	**Oct. 2 014**	**Avril 2014**	**Sept. 2013**	**Avril 2013***	**Oct. 2012**	**Mars 2012**
ST01A	14,5	11	12	5	3	2	5	8,5	8,5	17	8,5	14,5	14,5	14,5	5	8,5	1
ST01B	11	14	14	8	8	2	4,5	11	6	16	17	11	8	14	2	4,5	2
ST02A	4,5	7,5	4,5	7,5	11,5	3	7,5	14	10	16,5	16,5	14	14	11,5	7,5	1,5	1,5
ST02B	7	9,5	17	15	15	1,5	1,5	5	11,5	15	9,5	7	13	7	3,5	11,5	3,5
ST03A	4,5	10	4,5	4,5	8	4,5	4,5	10	14,5	12,5	14,5	16	17	10	4,5	12,5	1
ST03B	1,5	3,5	6,5	3,5	10	1,5	5	10	13,5	16	13,5	10	16	16	10	10	6,5
ST03C	1,5	6,5	11,5	14,5	11,5	3,5	3,5	11,5	16	11,5	5	8,5	14,5	8,5	1,5	17	6,5
ST04A	3	7,5	7,5	7,5	7,5	1	13	13	3	16,5	11	15	16,5	13	3	7,5	7,5
ST04B	8	5,5	3,5	3,5	15,5	7	11	11	9	13,5	13,5	11	17	15,5	5,5	2	1
ST04C	4	4	1,5	9	14	1,5	11,5	9	11,5	16,5	14	9	16,5	6,5	4	6,5	14
ST05A	7,5	5,5	4	5,5	16,5	10,5	7,5	10,5	10,5	16,5	14	10,5	14	14	2	3	1
ST05B	6	7,5	3,5	1	17	13	13	15,5	3,5	7,5	13	10	11	15,5	3,5	9	3,5
ST05C	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	9,5	13,5	15,5	7,5	15,5	13,5	7,5	3	5,5	5,5	1	11,5	17	3	9,5	3	11,5
ST06B	5	5	7,5	5	11	3	1,5	7,5	11	16	14	17	13	15	11	9	1,5

ST06C	1,5	5	8	8	5	1,5	5	16	15	12,5	3	12,5	14	17	11	10	8
ST07A	9,5	12,5	4,5	4,5	12,5	7	9,5	15	17	9,5	15	9,5	4,5	1,5	15	1,5	4,5
ST07B	6,5	6,5	11	4	16	2	9,5	8	14	17	9,5	14	12	14	5	2	2
ST07C	5	4	8	8	2,5	2,5	14,5	16	17	14,5	11	12,5	10	12,5	6	1	8
ST08A	4,5	1	4,5	4,5	17	12,5	8	12,5	4,5	10	14,5	14,5	10	4,5	4,5	16	10
ST08B	12,5	12,5	8	5	16,5	12,5	2	16,5	12,5	5	12,5	9	12,5	5	1	5	5
ST09A	6	2,5	6	2,5	15,5	11	6	12,5	9,5	8	14	17	15,5	12,5	9,5	2,5	2,5
ST09B	4	3	8	6,5	13,5	6,5	5	13,5	9	12	15	16,5	16,5	11	10	2	1
ST09C	8	8	8	8	8	3	1	4,5	4,5	13	15,5	17	14	15,5	11,5	11,5	2
ST10A	6	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	13	14,5	17	14,5	16	2,5	2,5	1	4,5	4,5
ST10B	4	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	12,5	12,5	16	16	16	14	5	2	2	2
ST10C	1,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	9,5	3,5	1,5	5	15,5	17	15,5	14	9,5	3,5	9,5
ST11A	8,5	8,5	5	2,5	10,5	6,5	2,5	2,5	2,5	12	6,5	14	14	16	10,5	14	17
ST11B	6	3,5	12	8	16	3,5	1,5	12	5	10	16	16	14	12	8	1,5	8
ST11C	1,5	3,5	8	8	5,5	1,5	5,5	11,5	11,5	15,5	15,5	15,5	15,5	3,5	11,5	8	11,5
ST12A	7	2,5	5	2,5	9	2,5	6	15	9	16	17	14	12	12	9	12	2,5
ST12B	4	4	6	4	7,5	2	7,5	16	14	14	17	14	11,5	9	11,5	10	1
(∑Rg)	200,5	229,5	251	209	361	178	208,5	343	310,5	406,5	401,5	418,5	424,5	346	217,5	221	169,5
Ordonnancement	3	8	9	5	13	2	4	11	10	15	14	16	17	12	6	7	1

** période dépressionnaire antérieure à la mission ; ** période el Niño 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 de rang peut être traduite par la résilience des récifs (augmentation de la diversité spécifique).
Lorsque l'ordonnancement régresse, la mission est précédée systématiquement par un évènement dépressionnaire ou climatique. La perte de rang est difficilement en lien avec l'intensité de l'évènement sur les récifs mais plutôt avec la durée entre la dépression et la mission. Seules les données de diversité des coraux peuvent qualifiée l'intensité de l'évènement sur les récifs.
D'autre part, seule la mission de mai 2018 précédée par plusieurs dépressions a un niveau de rang plus élevé. En effet, un trimestre s'est écoulé entre les dépressions et la mission de mai 2018. Les invertébrés mobiles ont été certainement expulsés des récifs mais ces derniers ont eu le temps de recoloniser les stations et les espèces mobiles se sont déplacées en nombre car la nourriture est devenue disponible**.**

6.2.1.4 Pour les macrophytes, généralités

La richesse spécifique et l'abondance des algues sont très variables dans l'année et dans le temps et dépendent : 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 deouis le début du suivi aucune dégradation n'est constatée lors de sa prolifération en saison estivale.
- Les **algues brunes** sont plus pérennes mais augmentent d'abondance au début l'été austral (septembre, octobre et novembre) par le développement des genres *Sargassum, Turbinaria, Padina*.
  Le genre ***Lobophora*** se développe abondamment et de manière permanente en baie de Prony. Ce genre pourrait également avoir des caractéristiques d'une espèce envahissante (cf. § 6.2.2.3.2) si les conditions environnementales venaient à affaiblir 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 chaudes et fraiche *vs* les saisons humide et sèche se recoupent.

Le nombre d'espèces de macrophytes d'un milieu variera peu 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.

Cependant, 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.

6.2.1.5 Pour les macrophytes, depuis le début

Les valeurs des biodiversités α des **macrophytes** selon des différentes transects pour toutes les missions sont résumées dans le tableau 108.

Tableau 108 : Valeur de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2010

Biodiv. α	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*	Sept. 2010	Mars 2010
ST01A	4	4	6	4	3	3	4	8	5	6	7	8	6	8	5	9	7	8	7	7	6
ST01B	3	4	4	6	4	2	3	5	5	6	7	8	7	8	7	8	7	9	7	8	6
ST02A	6	6	6	5	5	6	6	5	6	6	7	6	5	5	6	8	5	5	5	5	5
ST02B	5	5	5	4	4	5	5	5	5	6	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5
ST03A	5	6	7	6	6	5	6	5	7	8	7	6	6	6	8	10	8	7	6	8	8
ST03B	3	4	3	3	3	4	5	8	6	8	5	5	6	5	6	6	6	5	5	5	5
ST03C	2	3	4	2	3	5	8	5	6	6	5	4	4	3	4	5	5	5	5	5	5
ST04A	6	4	2	2	2	2	6	5	4	4	5	5	5	7	4	8	7	5	4	4	5
ST04B	1	2	1	1	3	3	4	4	4	6	5	4	6	7	4	5	4	3	3	3	3
ST04C	0	0	0	0	0	0	0	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
ST05A	7	5	4	3	8	5	5	6	5	7	5	7	7	9	6	8	6	4	4	5	5
ST05B	5	4	3	3	3	2	1	2	2	2	4	5	5	5	3	4	3	2	2	1	4
ST05C	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1	1	1	2	2	2
ST06A	0	3	2	4	4	2	3	2	1	3	3	4	2	2	2	5	3	5	2	6	6
ST06B	3	3	3	4	4	3	7	5	6	7	8	8	7	7	4	8	5	7	4	7	5
ST06C	1	4	2	6	1	2	2	4	5	4	7	6	6	5	3	7	5	7	3	4	3
ST07A	1	2	2	2	4	3	1	2	3	4	4	4	3	3	1	3	4	3	2	4	7
ST07B	2	3	1	3	3	3	5	3	4	6	5	8	7	5	3	6	4	2	0	2	4
ST07C	1	2	0	3	0	1	0	2	3	4	4	6	6	2	2	4	3	4	0	0	0
ST08A	5	3	3	4	7	5	7	11	8	8	9	8	10	8	6	13	8	9	6	5	5
ST08B	4	3	3	2	4	5	5	5	4	5	6	6	7	4	4	8	6	10	4	4	4
ST09A	5	5	7	8	14	11	13	14	10	11	12	17	18	11	10	13	10	7	5	4	6
ST09B	17	16	18	21	20	21	21	22	17	21	22	24	20	14	15	16	13	9	8	9	9
ST09C	11	12	15	19	18	19	20	21	17	19	19	20	17	12	9	16	12	9	9	7	11
ST10A	8	/	/	/	/	/	/	9	7	9	6	7	7	7	7	10	7	8	6	7	7
ST10B	3	/	/	/	/	/	/	7	7	9	6	7	6	6	4	3	3	4	4	4	4
ST10C	1	/	/	/	/	/	/	2	2	2	2	2	1	1	1	1	1	2	2	1	1
ST11A	9	9	5	5	7	5	3	5	1	9	4	9	6	8	4	6	6	7	3	3	7
ST11B	8	7	9	10	9	6	5	10	6	9	8	11	7	7	8	9	9	8	6	6	4
ST11C	1	4	2	3	3	4	4	6	6	5	4	4	4	4	7	8	3	6	3	1	2
ST12A	5	6	5	5	6	2	4	8	4	10	9	9	6	5	3	7	4	3	4	4	3
ST12B	2	1	2	2	2	2	2	6	3	6	7	7	4	2	2	3	3	0	3	2	2

** période dépressionnaire antérieure à la mission ; ** période el Niño antérieure à la mission*

6.2.1.5.1 Analyse par Anovar

Une ANOVAR sur ce tableau de biodiversité α des macrophytes est donnée tableau 109.
L'analyse des variances de la richesse spécifique des macrophytes pour les 17 dernières campagnes ne montre pas de similarité pour une valeur F95% mais seulement pour 99%. Le rejet est total et l'ANOVAR n'accrédite pas l'hypothèse d'identité Ho. Toutes les séries ont des variances différentes.

Tableau 109 : Analyse de la Variance de la biodiversité α des macrophytes depuis 2012

k1=p-1	16	**F obs.**	**1.78**
K2=n-p	527	**F95%**	1.66
		F99%	2.03

Tableau 110 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2012

	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	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	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)	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	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*

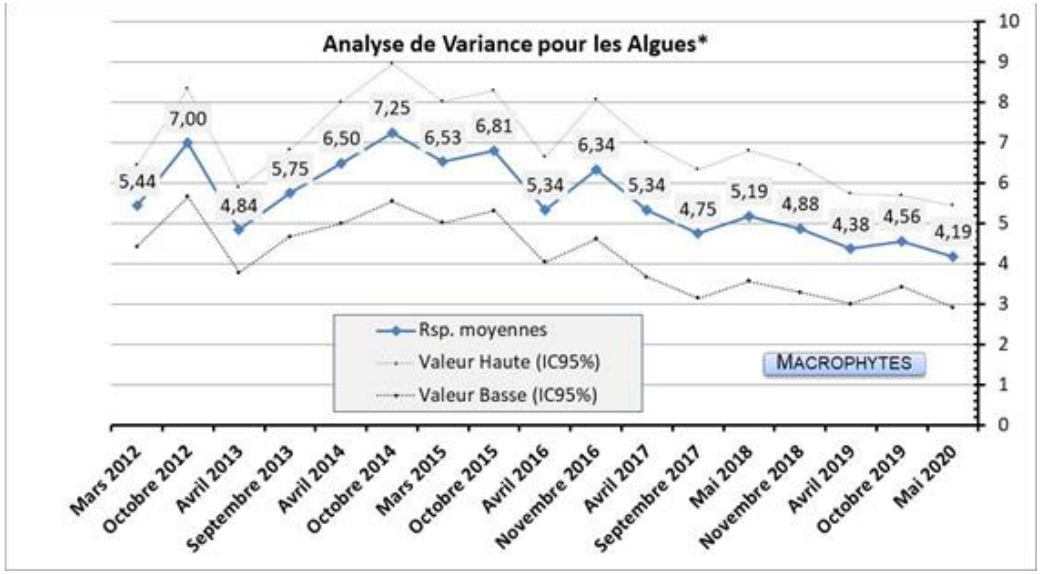


Figure 96 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des macrophytes depuis 2012
Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance

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.

6.2.1.5.2 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 108 sera considéré en classant les valeurs en ligne.

Tableau 111 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2010

KHI 2 obs.	**127.5**			
Ddl = 19	Khi² 95%	Khi² 97,5%	Khi² 99%	Khi² 99,5%
Valeur Khi²	26,296	28,845	32,000	34,267

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 plus ou moins à une **saisonnalité additionnée à des perturbations mécaniques induites par des évènements dépressionnaires** ou exceptionnels (coup d'ouest).
- **Durant la saison hivernale les valeurs de biodiversité des macrophytes sont périodiquement plus faibles** en août 2007 (saison fraiche et sèche) et mars / avril 2010, 2011, 2013, 2016, 2017, 2018, 2019 et mai 2020 (saison humide et fin de saison chaude).

  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 a tendance à rester stable. La senescence des macrophytes parait être légèrement décalée de quelques mois.

  En avril 2019, les vents ont été forts et soutenus durant les mois précédents. Les algues sont 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 ont balayé les récifs les plus exposés. Même les niveaux bathymétriques inférieurs ont une diversité faible des macrophytes.
- **Durant la saison estivale** les **valeurs de biodiversité sont les plus fortes** (septembre / octobre 2008, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 et 2016). **Les algues rouges se développent durant cette période**.

  La diversité des macrophytes de la mission septembre 2017 est anormalement basse (hypothèse de l'entrée de l'épisode la Niña). De même, la diversité des macrophytes de la mission novembre 2018 est également anormalement basse (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 112 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2012

Rang Macrophytes	**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	4,5	4,5	10	4,5	1,5	1,5	4,5	15	7,5	10	12,5	15	10	15	7,5	17	12,5
ST01B	2,5	5	5	9,5	5	1	2,5	7,5	7,5	9,5	12,5	16	12,5	16	12,5	16	12,5
ST02A	11	11	11	3,5	3,5	11	11	3,5	11	11	16	11	3,5	3,5	11	17	3,5
ST02B	10,5	10,5	10,5	2,5	2,5	10,5	10,5	10,5	10,5	17	10,5	10,5	2,5	2,5	10,5	10,5	10,5
ST03A	2	7	12	7	7	2	7	2	12	15	12	7	7	7	15	17	15
ST03B	2,5	5,5	2,5	2,5	2,5	5,5	8,5	16,5	13	16,5	8,5	8,5	13	8,5	13	13	13
ST03C	1,5	4	7,5	1,5	4	12	17	12	15,5	15,5	12	7,5	7,5	4	7,5	12	12
ST04A	13,5	6,5	2,5	2,5	2,5	2,5	13,5	10,5	6,5	6,5	10,5	10,5	10,5	15,5	6,5	17	15,5
ST04B	2	4	2	2	5,5	5,5	9,5	9,5	9,5	15,5	13,5	9,5	15,5	17	9,5	13,5	9,5
ST04C	4	4	4	4	4	4	4	11	16	16	11	11	16	11	11	11	11
ST05A	12,5	5	2	1	15,5	5	5	9	5	12,5	5	12,5	12,5	17	9	15,5	9
ST05B	15,5	12	8	8	8	3,5	1	3,5	3,5	3,5	12	15,5	15,5	15,5	8	12	8
ST05C	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	13,5	13,5	13,5	17	13,5	13,5	13,5
ST06A	1	11	5,5	15	15	5,5	11	5,5	2	11	11	15	5,5	5,5	5,5	17	11
ST06B	2,5	2,5	2,5	6	6	2,5	12,5	8,5	10	12,5	16	16	12,5	12,5	6	16	8,5
ST06C	1,5	8	4	14	1,5	4	4	8	11	8	16,5	14	14	11	6	16,5	11
ST07A	2	5,5	5,5	5,5	15	10	2	5,5	10	15	15	15	10	10	2	10	15
ST07B	2	5,5	1	5,5	5,5	5,5	12	5,5	9,5	14,5	12	17	16	12	5,5	14,5	9,5
ST07C	4,5	7,5	2	11	2	4,5	2	7,5	11	14	14	16,5	16,5	7,5	7,5	14	11
ST08A	4,5	1,5	1,5	3	10,5	4,5	10,5	16	10,5	10,5	10,5	10,5	15	10,5	6	17	10,5
ST08B	6	2,5	2,5	1	6	10,5	10,5	10,5	6	10,5	14	14	16	6	6	17	14
ST09A	1,5	1,5	3,5	3,5	14,5	7,5	12,5	14,5	7,5	7,5	11	16,5	16,5	7,5	7,5	12,5	7,5
ST09B	7	4,5	7	12,5	12,5	12,5	12,5	12,5	7	12,5	12,5	17	12,5	1,5	3	4,5	1,5
ST09C	3,5	3,5	6,5	12,5	10	12,5	16	16	8,5	12,5	12,5	16	8,5	3,5	1	6,5	3,5
ST10A	11	11	11	11	11	11	11	15,5	4,5	15,5	1	4,5	4,5	4,5	4,5	17	4,5
ST10B	2	9	9	9	9	9	9	15	15	17	9	15	9	9	4	2	2
ST10C	3,5	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5
ST11A	15	15	6,5	6,5	12	6,5	3	6,5	1	15	3	15	10	15	3	10	10
ST11B	8	5	12	15,5	12	2,5	1	15,5	2,5	12	8	17	5	5	8	12	12

ST11C	1	9	2	4	4	9	9	14,5	14,5	13	9	9	9	9	16	17	4
ST12A	7,5	11	7,5	7,5	11	1,5	4	14	4	16	16	16	11	7,5	1,5	13	4
ST12B	5,5	1	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	14,5	11	14,5	16,5	16,5	13	5,5	5,5	11	11
∑Rg	177	211	189,5	214,5	242	206	259,5	333,5	280,5	397,5	369	420,5	347,5	296	236,5	416	299,5
Ordonnancement	1	4	2	5	7	3	8	12	9	15	14	17	13	10	6	16	11

* *période dépressionnaire antérieure à la mission ;* ** *période el Niño antérieure à la mission*

L'ordonnancement des séries de données marque des ruptures à chaque période dépressionnaire ou d'épisode de vents forts et soutenus (comme en avril 2019), avec également une saisonnalité et un maximum de diversité durant la saison estivale (2nde mission semestrielle : septembre -octobre).
En mai 2020, l'ordonnancement général est le plus faible depuis le début du suivi. Les niveaux bathymétriques des récifs les plus exposés montrent globalement une baisse de diversité.

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 [R69, R72].
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 [R46]. 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.

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 est relativement faible et les colonies blanchies ont été recensées en grande majorité sans polype (mortalité entière ou partielle).
→ Les couvertures de coraux blanchis les plus importantes se situent sur les stations suivantes :
- *Acanthaster planci* : ST01A (1.2 m²), ST05B (0.8 m²) et ST12A (0.9m²). Les *Acanthaster* sont présentes en ST01 depuis novembre 2016 et la prolifération pour cette station s'étend d'avril 2017 à nos jours. La mortalité des colonies coralliennes en ST01A est 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 présentent des colonies affectées par cette maladie. Le recouvrement de coraux blanchis le plus important induit par elle est 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 est relativement faible pour l'ensemble du réseau de suivi, sauf pour ST04 qui présente une prolifération d'*Acanthaster planci*. Les colonies blanchies ont 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 est en relation direct avec la présence des corallivores (particulièrement *Acanthaster planci* et dans une moindre mesure *Drupella cornus*). Les colonies coralliennes blanchies sont sans polype (mortalité entière ou partielle).
→ Les couvertures de coraux blanchis les plus importantes se situent 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 est relativement faible pour l'ensemble du réseau de suivi sauf pour ST02 et ST04 qui présentent une prolifération d'*Acanthaster planci*. Les colonies blanchies ont 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 est relativement important pour les stations suivantes : ST02B, ST06AB, ST07A, ST10ABC et ST11AB. Les causes de ce blanchissement sont précisées dans le tableau 113.

Tableau 113 : Surface et causes des colonies coralliennes blanchies

Transect	**Surface (m²)**	*Acanthaste plancir*	*Drupella cornus*	Bande blanche	T°C, S%, UV	Sédimentation	Mécanique
ST01A	**0.4**	0.4					
ST01B	**0**						
ST02A	**0.3**	0.3					
ST02B	**1.5**	1.5					
ST03A	**0.8**					0.8	
ST03B	**0.6**					0.6	
ST03C	**0.6**					0.6	
ST04A	**0**						
ST04B	**0**						
ST04C	**0**						
ST05A	**0**						
ST05B	**0**						
ST05C	**0**						
ST06A	**1.6**		1.2	0.3			
ST06B	**1.8**		1	0.8			
ST06C	**0**						
ST07A	**1.8**			1.8			
ST07B	**0.5**			0.5			
ST07C	**0.5**			0.5			
ST08A	**0**						
ST08B	**0.4**			0.4			
ST09A	**0.7**		0.7				
ST09B	**0.8**		0.8				
ST09C	**0**						
ST10A	**2.3**		0.6	0.8	0.9		
ST10B	**3.7**		0.5	1.3	1.9		
ST10C	**1.2**			0.4	0.8		
ST11A	**1.9**		0.7	1.2			
ST11B	**3.3**		1.8	1.5			
ST11C	**0.5**		0.5				
ST12A	**0.3**		0.3				
ST12B	**0.4**			0.4			

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 [R53, R54].

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 prolifèraient 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 prolifèraient 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* ne sont 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 (cf. tableau 113).
Les *Acanthaster planci* ont très peu été observées (1 seul spécimen en ST01A, ST02A&B) mais lors des missions précédentes elles ont considérablement perturbé les récifs en baie de Prony (ST01, ST02 et ST03) ainsi que dans le canal de Woodin (ST04).

- La maladie de la bande blanche (white band disease)

Elle affecte de nombreuses espèces mais les colonies d'*Acropora* tabulaire et branchu sont les plus perturbées par cette maladie. Les colonies coralliennes manifestent une perte de tissu progressive puis elles meurent en place.

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 d'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) éatient toutes mortes en place et elles commencaient 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) sont localisés principalement dans le canal de la Havannah : ST06AB, ST07ABC, ST08B, ST10ABC, ST11AB, ST12B (cf. tableau 113).

- 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 sont ST02AB, ST03ABC et ST04A. Le blanchissement est observé seulement sur ST03ABC (cf. tableau 113).

- 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 **octobre 2019**, des dégradations mécaniques récentes ont 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 sont réduites (voir négligeable). Le blanchissement corallien (petites colonies coralliennes récemment retournées) n'a pas été qualifié pour cette pression (cf. tableau 113).
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.

- 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 a expulsé ses zooxanthelles. Cela ne semble pas avoir d'incidence sur sa vitalité car elle blanchi régulièrement (cf. tableau 113) et elle réintègre des zooxanthelles à chaque fois lors des missions d'octobre à novembre des années suivantes.

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 coralliennnes sont mortes en place	
La position de la colonie en hauteur la potège de l'attaque des corallivores			

Photographie 27 : 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 tâches 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.
De **mai 2018 à mai 2020**, 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 2020, des taches roses ont été observées sur quelques colonies de *Porites* en ST09ABC. Ces lésions proviennent de dépôts sédimentaires 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*.



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).

→ **Les cyanobactéries** sont principalement observées sur les stations ST01, ST03, ST06, ST07 et ST08.
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 éatit 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 aavit 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 aavit 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 dépasse pas le niveau 2 d'abondance. Il est en légère augmentation pour les transects ST04A, ST07C et ST11A, et en diminution pour les transects ST02AB, ST05ABC, ST05A, ST06A et ST08A.

Il faut noter qu'il n'a jamais été constaté une prolifération de cyanobactéries qui perdure dans le temps. Leur recouvrement peut être important mais jusqu'à ce jour, leur développement n'a jamais été pérenne.

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 octobre 2019, 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* est toujours absente dans la baie de Prony (milieux non adaptés au développement de cette algue). Elle se développe de manière très modérée dans le canal Woodin (ST04A) et dans le canal de la Havannah (abondance ≤ niveau 2) et son abondance est importante en ST09A (niveau 4).

- 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). Cette dernière station (ST02) présente une très bonne résilience du récif car les coraux branchus (*Acropora* et *Anacropora*) ont eu une croissance particulièrement importante durant l'année 2015 et ce développement a fait régresser la surface recouverte par *Lobophora*.

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 octobre 2019, 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* a 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 est important « niveau 5 » en ST02A et en ST03B, et augmente en ST01A (niveau 2 à 3).

Deux stations présentes 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.
→ Désormais, suite à la prolifération d'*Acanthaster planci* les coraux branchus ont une vitalité beaucoup plus réduite. Cette constatation est à surveiller avec une grande attention lors des prochains suivis.

La station du port (ST03) ne présente pas une croissance des coraux branchus aussi importante. Les thalles de *Lobophora* sont très abondants 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 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 a tendance à évoluer sur les transects qui subissent 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).

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 [R51] 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'appelation *A. planci* 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 specimen 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* prolifèraient 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* prolifèraient 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'a été recensée. Un seul spécimen a été observé par transect ST01A et ST2AB.
→ Leurs perturbations 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 de Woodin (ST04). Les colonies blanchies et mortes en place concernent 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*** n'a pas été recensée.

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'éatit 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* ont été recensés en ST06B (niveau 3), ST09AB, ST10AB, ST11AB et ST12A (niveau 2).
Leurs perturbations sur les coraux sont bien moins conséquentes que pour les *Acanthaster*. Cependant, elle ne sont 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 (cf. tableau 113).

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 octobre 2019 et celle-ci (mai 2020) sont présentées dans le tableau 116.

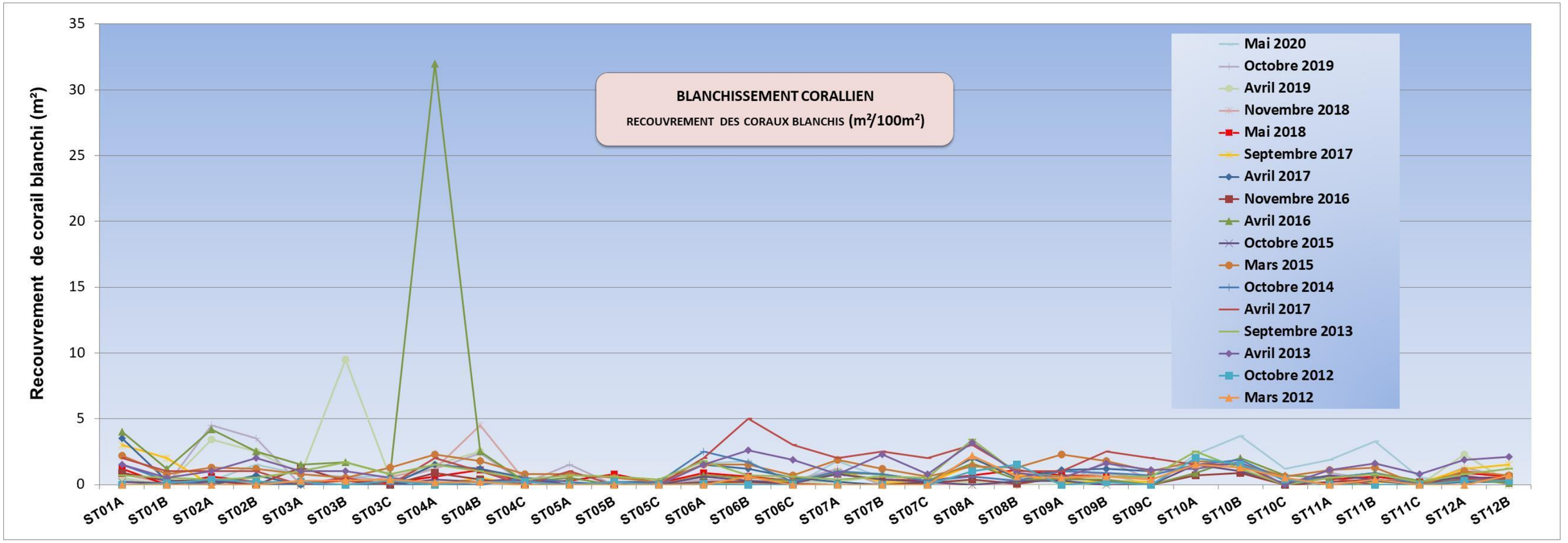


Figure 98 : Recouvrement du corail blanchi, par transect, depuis 2012

NB : Le protocole n'a plus évolué depuis juin 2009 (cf. § 6.2.1).

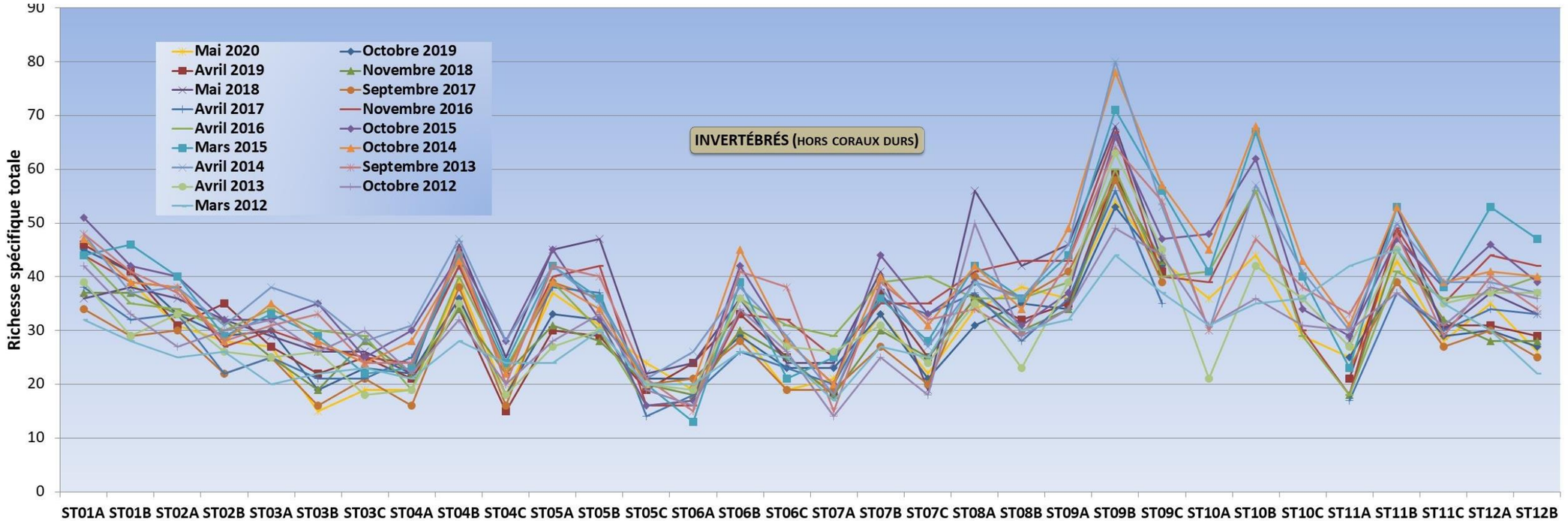


Figure 99 : Richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs), par transect, depuis 2010
NB : Le protocole n'a plus évolué depuis octobre 2011 (cf. § 6.2.1).

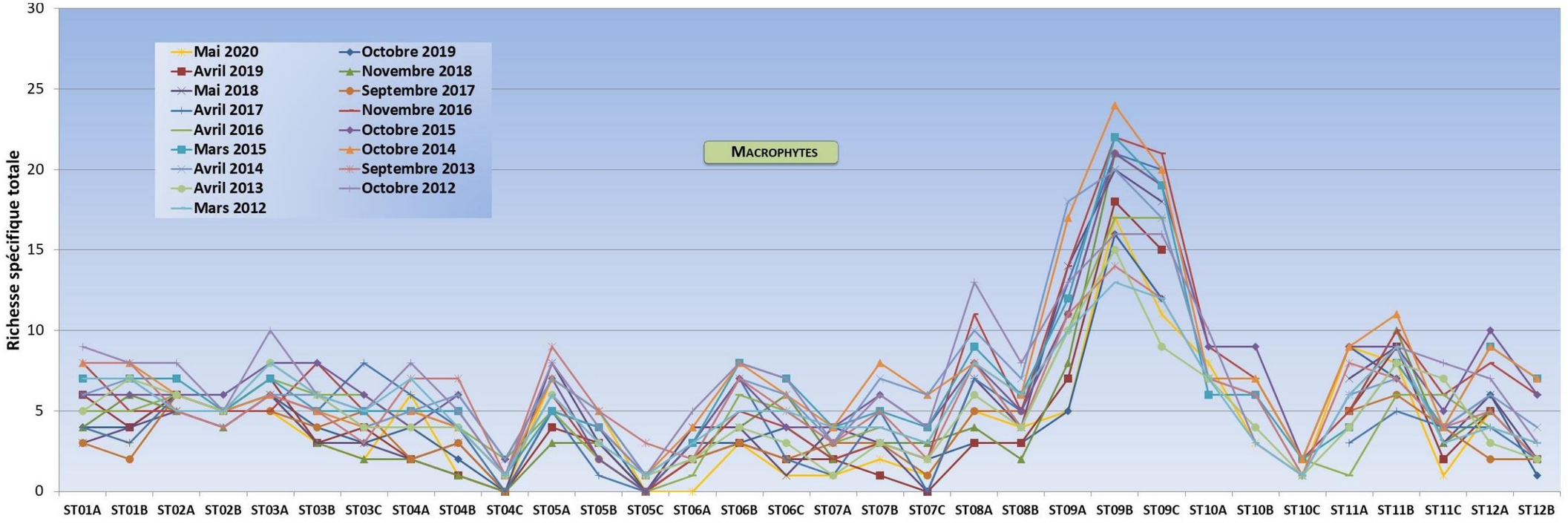


Figure 100 : Richesse spécifique des macrophytes, par transect, depuis 2010
NB : Le protocole n'a jamais évolué (cf. § 6.2.1).

Tableau 114 : Evolution du taux de recouvrement du substrat entre octobre 2019 et mai 2020 (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	-0,5	1,5	-1	-3	1,1	-2	1	5,5	12	3,8	-1	1,5	-1	-0,5	-3	-0,5	-1	27,5	7,5	0	0	10,5	0	0	-31,5	1	6	-2	-1	0	-1,5	-1
Coraux sclératiniaires	-1,5	-0,5	1,0	-2,0	-0,5	1,5	0,0	-3,0	2,5	-4,0	0,5	0,5	1,0	0,5	1,0	0,5	0,5	-0,5	2,0	-0,5	0,5	-10,5	0,5	-0,5	31,0	-5,5	-4,5	2,0	0,5	0,5	1,0	-1,5
Abiotique	2	-1	0	5	-0,6	0,5	-1	-2,5	-14,5	0,2	0,5	-2	0	0	2	0	0,5	-27	-9,5	0,5	-0,5	0	-0,5	0,5	0,5	4,5	-1,5	0	0,5	-0,5	0,5	2,5

** : Attention, pour cette station : évolution entre mai 2020 et novembre 2016 (date des dernières observations)*

Code couleur :

Le taux de recouvrement a augmenté en mai 2020 par rapport à octobre 2019

Le taux de recouvrement est équivalent (à +/- 20%) entre octobre 2019 et mai 2020

Le taux de recouvrement a diminué en mai 2020 par rapport à octobre 2019

Tableau 115 : Evolution de la richesse spécifique du benthos (hors coraux durs) entre octobre 2019 et mai 2020 (gain/perte en taxa)

	ST01		ST02		ST03			ST04			ST05			ST06			ST07			ST08		ST09			ST11			ST12	
	Casy		B. Nord		Port			Woodin			Ioro			Ionontea			Chambeyron			Puka		Bancs 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
Macrophytes	0	-1	0	0	-1	-1	-1	2	-1	0	2	1	0	-3	0	-3	-1	-1	-1	2	1	0	1	-1	0	1	-3	-1	1
Cyanobactéries	0	0	-1	-1	0	0	0	1	0	0	-1	-1	-1	-1	0	0	0	0	1	-1	0	0	0	0	1	0	0	0	0
Invertébrés	2	-2	-2	-1	-3	-5	-4	-3	3	-1	4	-1	3	-2	1	-4	-2	0	1	3	3	2	1	1	1	4	-1	6	0
Richesse taxonomique totale	2	-3	-3	-2	-4	-6	-5	0	2	-1	5	-1	2	-6	1	-7	-3	-1	1	4	4	2	2	0	2	5	-4	5	1

Code couleur :

La richesse taxonomique a augmenté en mai 2020 par rapport à octobre 2019

La richesse taxonomique est équivalente (à +/-2 taxa prêt) entre octobre 2019 et mai 2020

La richesse taxonomique a diminué en mai 2020 par rapport à octobre 2019

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 116 : Particularités de chaque station et évolution entre avril 2019 et octobre 2019

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre octobre 2019 et mai 2020
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*) ➢ 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, en septembre 2017 en B - 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 en octobre 2019	**Indicateur Corail :** - Le recouvrement corallien est de 0% et 0.5% aux transects A et B. Baisse - 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% - Lésions coralliennes : de nombreuses colonies coralliennes sont mortes en place (partiellement ou entièrement) suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, à la maladie de la bande blanche et à la prolifération d'*Acanthaster* (depuis novembre 2016) : • Prédation des *Acanthaster* : 0.4 m² de coraux blanchis sans polype en A • Maladie de la bande blanche : RAS • Perturbations sédimentaires : RAS pour cette mission, absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes **Autres indicateurs :** - Cyanobactéries : stable en A et B (respectivement 2/1). Elles colonisent des colonies coralliennes mortes en place (*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* : augmentation en A (niveau 2 à 3) et stable en B (niveau 2) - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absence et stable - *Cliona orientalis* : stable - *Cliona jullieni* : diminution en A (niveau 3 à 2) et stable en B (niveau 3) **Les corallivores :** - *Acanthaster planci* : augmentation : 1 spécimen en A - *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). ➢ 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 2019 en A et B (respectivement 5 et 2 spécimens) - Prolifération en octobre 2019 en A et B (respectivement 3 et 5 spécimens) - **Présence de 1 spécimen en A et en B en mai 2020**	**Indicateur Corail :** - Le recouvrement corallien est de 35% au transect A et 8.5% en B. Stable - 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% - Lésions coralliennes : de nombreuses colonies coralliennes sont mortes en place (partiellement ou entièrement) suite à la prolifération d'*Acanthaster* (avril 2019 à octobre 2019), aux maladies coralliennes et aux perturbations sédimentaires : • Prédation des *Acanthaster* : 0.3 et 1.5 m² de coraux blanchis sans polype en A et B • Maladies : absence de la maladie de la bande blanche, quelques taches noires (hypermycose endolithique) induites ponctuellement par la sédimentation (sans mortalité) • Perturbations sédimentaires : quelques colonies coralliennes sont recouvertes partiellement par la sédimentation **Autres indicateurs :** - Cyanobactéries : absence : diminution en A & B (niveau 2/1 à 0/0) - Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens - Algue brune *Lobophora* : présence importante mais stable en A et B (respectivement niveau 5 et 2) → caractère envahissant potentiel, particulièrement en A - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente et stable - *Cliona orientalis* : stable - *Cliona jullieni :* stable en A (niveau 2) et augmentation en B (niveau 2 à 3) **Les corallivores :** - *Acanthaster planci* : 1 spécimen en A et B - *Culcita novaeguineae* : absence, stable

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre octobre 2019 et mai 2020
				- *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) ↬ 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 en mai 2020**	**<u>Indicateur Corail :</u>** - Le recouvrement corallien est de 4% au transect A, 14% en B et 3.5% en C. Stable - 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% - Lésions coralliennes : le développement très important des algues brunes *(Lobophora)* entraîne des lésions partielles et irréversibles sur de nombreuses colonies coralliennes (surtout en B & C) • Maladie corallienne : 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 **<u>Autres indicateurs :</u>** - Cyanobactéries : stable en A & B (niveau 2). Elles se développent sur les débris coralliens et le substrat d'origine terrigène. Absence en C - Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens et les colonies mortes en place - Algue brune *Lobophora* : stable aux 3 transects (respectivement niveau 3, 5 et 3) → caractère envahissant potentiel, particulièrement en B - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente et stable - *Cliona orientalis* : stable - *Cliona jullieni :* augmentation en A (niveau 2 à 3) et diminution en B et C (niveau 2/2 à 1/1) **<u>Les corallivores :</u>** - *Acanthaster planci* : diminution : absence - *Culcita novaeguineae* : diminution : absence - *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 micrantha* (taille plurimétrique). Les autres espèces sont de taille décimétrique à métrique ↬ La richesse spécifique des coraux diminue nettement avec la profondeur ↬ Mortalité corallienne et nombreux débris (hydrodynamisme important) ↬ 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 quelques grandes colonies de *Tubastraea micrantha* se sont effondrées en C 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	**<u>Indicateur Corail :</u>** - Le recouvrement corallien est de 9% au transect A, 10% en B et 2% en C (légère baisse) - 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% - Lésions coralliennes : de nombreuses colonies coralliennes sont mortes en place (partiellement ou entièrement) suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, à la maladie de la bande blanche et surtout à la prolifération d'*Acanthaster* (depuis la mission de novembre 2018) • Maladie corallienne : RAS • Perturbations mécaniques et sédimentaires : le ruissellement sur la falaise au-dessus de la station apportant des particules terrigènes en surface et dégrade quelques colonies coralliennes en A **<u>Autres indicateurs :</u>** - Cyanobactéries : augmentation en A (niveau 0 à 2) et stable en B et C (niveau 0/2). Elles se développent sur les colonies coralliennes mortes en place (colonies affectées par *Acanthaster*) - 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* : absente et stable - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente et stable - *Cliona orientalis* : stable en A (niveau 2), augmentation en B (niveau 2 à 4) et diminution en C (niveau 3 à 2) - *Cliona jullieni :* stable **<u>Les corallivores :</u>** - *Acanthaster planci* : absence, diminution - *Culcita novaeguineae* : absence, stable - *Drupella cornus* : absence, stable

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre octobre 2019 et mai 2020
			- Présence en avril 2019 en A et B (respectivement 2 et 1 spécimens) - Présence en octobre 2019 en A et B (respectivement 3 et 2 spécimens) - **Absence en mai 2020**	
Canal Havannah	**ST05**	**Ioro**	⇘ Présence en grand nombre de *Porites* massifs et branchus (diversité des Poritidae), *Millepora*, *Tubastraea micrantha* et d'une grande colonie pluri métrique de *Diploastrea heliopora* ⇘ 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 mai 2018 en A et B (1 spécimen) et en novembre 2018 en B (1 spécimen)	**<u>Indicateur Corail :</u>** - Le recouvrement corallien est de 35% au transect A, 32% en B et 2% en C. Stable - 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% - Lésions coralliennes : des colonies coralliennes sont dégradées suite aux maladies coralliennes, aux perturbations mécaniques et sédimentaires : • Maladie corallienne : la maladie de la bande blanche peut être observée ponctuellement sur les *Acropora* spp. (tabulaire) en A. Les anomalies de croissance n'évoluent pas sur la grande colonie de *Diploastrea heliopora* (transect B) • Perturbations mécaniques et sédimentaires : les sédiments carbonatés peuvent entrainer de l'abrasion sur les colonies coralliennes **<u>Autres indicateurs :</u>** - Cyanobactéries : absence et diminution pour les 3 transects (respectivement niveau 1/2/2 à 0) - Le turf algal se développe modérément sur les débris - Algue brune *Lobophora* : absente et stable - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : stable, présence seulement en A (niveau 2) - *Cliona orientalis* : stable - *Cliona jullieni :* stable **<u>Les corallivores :</u>** - *Culcita novaeguineae* et *Acanthaster planci* : absence, stable - *Drupella cornus* : absence, stable
	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) ⇘ 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 ⇘ 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 avril 2019 de 1 spécimen juvénile en C	**<u>Indicateur Corail :</u>** - Le recouvrement corallien est de 40.5% au transect A (3ème rang du réseau), 33.5% en B (3ème rang du réseau) et 11% en C. Stable - 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% - Lésions coralliennes : des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques, à la maladie de la bande blanche et à la prédation de corallivore : • Prédation des corallivores *Drupella cornus* : 1.2 et 1 m² de coraux blanchis sans polype en A et B • Maladie corallienne : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) pour A et B : 0.3 et 0.8 m² de coraux blanchis sans polype • Perturbations mécaniques : les conditions hydrodynamiques sont importantes, de nombreux débris et de nombreuses colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat suite aux évènements dépressionnaires **<u>Autres indicateurs :</u>** - Cyanobactéries : absentes en A, stable en B (niveau 2) et diminution en C (niveau 2 à 1). Elles se développent sur les colonies mortes en place et les débris - Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens et les colonies coralliennes au fur et à mesure de leur dégradation (effondrement de débris) - Algue brune *Lobophora* : absente et stable - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente, forte diminution aux 3 transects (anciennement niveau 3/4/3) - *Cliona orientalis* : stable - *Cliona jullieni :* stable **<u>Les corallivores :</u>** - *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable - *Drupella cornus* : augmentation en A (niveau 0 à 3)

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre octobre 2019 et mai 2020
	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 ↳ 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) ↳ Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A ↳ 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*	**<u>Indicateur Corail :</u>** - Le recouvrement corallien est stable, de 27.5% au transect A, 10.5% en B et 6.5% en C - 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% - Lésions coralliennes : des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques, à la maladie de la bande blanche : • Maladie corallienne : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) pour les 3 niveaux bathymétriques : 1.8, 0.5 et 0.5 m² de coraux blanchis sans polype • Perturbations mécaniques : les conditions hydrodynamiques sont importantes, de nombreux débris et de nombreuses colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat suite aux évènements dépressionnaires **<u>Autres indicateurs :</u>** - Cyanobactéries : absente en A (stable), stable en B (niveau 2) et augmentation en C (niveau 0 à 2). 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, diminution aux 3 transects (niveau 2/2/2 à 0) - *Cliona orientalis* : stable en A et B (niveau 2/3) et augmentation en C (niveau 2 à 3) - *Cliona jullieni :* stable **<u>Les corallivores :</u>** - *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 depuis la mission 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 depuis mars 2011 - 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) La diversité corallienne n'est plus étudiée (*dernier recensement en novembre 2016, ce relevé d'information n'est pas dans le cahier de charges).* Il n'est plus possible d'évaluer les variations spécifiques dans les assemblages de ce groupe. **Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A et B**	**<u>Indicateur Corail :</u>** - Le recouvrement corallien est stable, de 30% au transect A et 2.5% en B - 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% - Lésions coralliennes : des colonies coralliennes sont dégradées suite à la maladie de la bande blanche et ponctuellement par la sédimentation : • Maladie coralienne : la maladie de la bande blanche est observée sur une colonie en B (0.4 m²). 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 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 **<u>Autres indicateurs :</u>** - Cyanobactéries : absentes et diminution en A (niveau 2 à 0) - 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* : absente, forte diminution en A et B (respectivement niveau 4/3 à 0) - *Cliona orientalis* : stable - *Cliona jullieni :* stable **<u>Les corallivores :</u>** - *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable - *Drupella cornus* : absence, stable

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre octobre 2019 et mai 2020
	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)* ↳ Taille majoritairement petite des colonies. Cependant présence d'une colonie de taille métrique de *Turbinaria stellulata* en B ↳ La pente récifale est abrupte et la dalle est arasée par les courants de marée et la houle ↳ 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 ↳ Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) (diversité et abondance) ↳ Les crinoïdes affectionnent ce milieu balayé par les courants de marée ↳ Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A	**<u>Indicateur Corail :</u>** - Le recouvrement corallien est de 19% au transect A (diminution), 16.5% en B et 16.5% en C (stables) - 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% - Lésions coralliennes : des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques, à la maladie de la bande blanche et à la prédation de corallivore : • Prédation des corallivores *Drupella cornus* en A et B : 0.7 et 0.8 m² de coraux blanchis sans polype • Maladie corallienne : RAS pour cette mission • Perturbations mécaniques : les conditions hydrodynamiques sont importantes, de nombreux débris et de nombreuses colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat suite aux évènements dépressionnaires **<u>Autres indicateurs :</u>** - Cyanobactéries : stable aux 3 transects (niveau 2) - Le turf algal se développe sur les débris coralliens et la dalle - Algue brune *Lobophora* : absente et stable - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : augmentation en A (niveau 3 à 4), diminution en B (niveau 3 à 2) et stable en C (niveau 2). - *Cliona orientalis* : stable en A et C (niveau 3) et diminution en B (niveau 3 à 2) - *Cliona jullieni :* augmentation en A (niveau 1 à 2) et stable en B et C (niveau 2) **<u>Les corallivores :</u>** - *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable - *Drupella cornus* : augmentation en A et B (niveau 0 à 2)
	ST10	**Ilot Kié**	**Attention : pour cette station, les données précédentes datent de novembre 2016** ↳ La richesse spécifique et le recouvrement des coraux sont très élevés sur les niveaux bathymétriques supérieur et médian ; Le transect A est au 1er rang de tous les transects du réseau ↳ Dégradation des communautés benthiques sur l'ensemble de la station lors des évènements dépressionnaires du début d'année 2011, 2013 et 2015 ↳ Perturbations importante du corallivore *Drupella cornus* sur les colonies coralliennes depuis avril 2014 ↳ Selon les missions un dépôt d'origine carbonatée est présent sur quelques colonies mais ce dernier est remobilisé rapidement par les courants de marée ↳ Présence d'espèce rare de *Gardineroseris planulata* et *Podabacia crustacea* ↳ Abondance des genres coralliens *Acropora*, *Goniopora* et *Alveopora* ↳ Les crinoïdes sont relativement abondantes aux transects A et B ↳ Lors des missions de septembre/octobre, l'espèce *Alveopora* sp1 étant très sensible aux variations de l'environnement, plusieurs colonies se retrouvent blanchies pour tous les transects. L'eau particulièrement froide en octobre 2015 (el Niño) n'a pas fait blanchir cette espèce ↳ 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	**<u>Indicateur Corail :</u>** - Le recouvrement corallien est de 74% au transect A (1er rang du réseau, forte augmentation : 43% en novembre 2016), 34.5% en B (2ème score du réseau) et 8% en C (stables) -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%. - Lésions coralliennes : Des colonies coralliennes sont dégradées suite à la maladie de la bande blanche et à la prédation de corallivore et aux variations des paramètres de l'environnement (T°C, S%, UV) : • Prédation des corallivores *Drupella cornus* en A et B : 0.6 et 0.5 m² de coraux blanchis sans polype • Maladie corallienne : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) pour les 3 niveaux bathymétriques : 0.8, 1.3 et 0.4 m² de coraux blanchis sans polype • Variation des paramètres de l'environnement (T°C, S%, UV) : une espèce d'*Alveopora* parait très sensible et elle blanchi régulièrement aux 3 transects. Cela ne semble pas avoir d'incidence sur sa vitalité car elle paraît réintégrer des zooxanthelles lors des missions d'octobre à novembre suivantes • Perturbations mécaniques et sédimentaires : RAS pour cette mission **<u>Autres indicateurs :</u>** - Cyanobactéries : recouvrement aux 3 transects (niveau 2/2/1). Elles colonisent les colonies coralliennes mortes en place, les *Acropora* tabulaires branchus - 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 2) et absence en C - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : présence en A (niveau 2) et absence en B et C. Le développement est saisonnier, le recouvrement n'a jamais été très important pour cette station, cependant il varie selon les saisons - *Cliona orientalis* : présence aux 3 transects (niveau 2/3/3) - *Cliona jullieni* : présence aux 3 transects (niveau 1/2/2) **<u>Les corallivores :</u>** - *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable -*Drupella cornus* : présence en A et B (niveau 2)

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre octobre 2019 et mai 2020
	ST11	**Toémo**	➢ Les conditions hydrodynamiques sont soutenues durant toute l'année (courant, ressac, houle) ➢ 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 → 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 ➢ Les scléractiniaires développent des morphologies robustes ➢ La richesse spécifique des coraux est relativement élevée pour les niveaux bathymétriques supérieurs (B < A) ➢ Le recouvrement corallien est important en A ➢ 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	**<u>Indicateur Corail :</u>** - Le recouvrement corallien est stable, de 70% au transect A (2ème plus fort recouvrement de tous les transects), 36% en B (1er score du réseau) et 10% en C - 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% - Lésions coralliennes : des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques, à la maladie de la bande blanche et à la prédation de corallivore : • Prédation des corallivores *Drupella cornus* aux 3 transects : 0.7, 1.8 et 0.5 m² de coraux blanchis sans polype • Maladie corallienne : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) pour les niveaux bathymétriques A & B : 1.2 et 1.5 m² de coraux blanchis sans polype • Perturbations mécaniques : les conditions hydrodynamiques sont importantes, de nombreux débris et de nombreuses colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat suite aux évènements dépressionnaires **<u>Autres indicateurs :</u>** - Cyanobactéries : augmentation en A (niveau 0 à 2) et stable en B et C (respectivement niveau 2/0). Elles colonisent les colonies coralliennes mortes en place et les débris coralliens - Le turf algal se développe sur les débris coralliens particulièrement en B & C - Algue brune *Lobophora :* absente et stable - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : diminution aux 3 transects (respectivement niveau 3/4/3 à 2/2/0) - *Cliona orientalis* : stable en A et C (niveau 2) et augmentation en B (niveau 2 à 3) - *Cliona jullieni :* stable **<u>Les corallivores :</u>** - *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable - *Drupella cornus* : stable en A & B (niveau 2)
	ST12	**Ugo**	➢ 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) ➢ Accumulation de débris importante sous le transect et en périphérie de la station (grands couloirs d'effondrement qui deviennent de plus en plus large lors des périodes dépressionnaires) ➢ 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* :** occasionelle : → Présence de 1 spécimen en mai et novembre 2018 en A → Présence de 2 spécimens en avril 2019 en A	**<u>Indicateur Corail :</u>** - Le recouvrement corallien est stable, de 32.5% au transect A et 18% en B - 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% - Lésions coralliennes : des colonies coralliennes sont dégradées suite aux perturbations mécaniques, à la maladie de la bande blanche et à la prédation de corallivore : • Prédation des corallivores *Drupella cornus* en A : 0.3 m² de coraux blanchis sans polype • Maladie corallienne : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) pour le niveau bathymétrique B : 0.4 m² de coraux blanchis sans polype • Perturbations mécaniques : les conditions hydrodynamiques sont importantes, de grands couloirs d'effondrement composés de débris sont disposés de part et d'autres de la station. Ces débris sont régulièrement remobilisés par la houle **<u>Autres indicateurs :</u>** - Cyanobactéries : recouvrement stable en A et B (niveau 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* : recouvrement stable en A (niveau 2) et en augmentation en B (niveau 0 à 2) - Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : stable en A (niveau 2) et absence en B (stable) - *Cliona orientalis* : recouvrement en augmentation en A (niveau 3 à 4) et stable en B (niveau 3) - *Cliona jullieni :* recouvrement en augmentation en A (niveau 2 à 3) et stable en B (niveau 3) **<u>Les corallivores :</u>** - *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable - *Drupella cornus* : augmentation en A (niveau 2)

6.3 Ichtyologie

Ce chapitre présente les résultats obtenus en mai 2020 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 139 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 [R30, R37, R39, R40, R45, R49, R67]. 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 119 au tableau 122 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 nouvelle 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 117) pour les 3 stations de la baie de Prony, montre une **homogénéité** des missions pour la densité et la biomasse et une **hétérogénéité** pour les 2 biodiversités.

Tableau 117 : 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	23	48	1,75	2,08	**1,61**	**1,45**	**2,88**	**4,20**

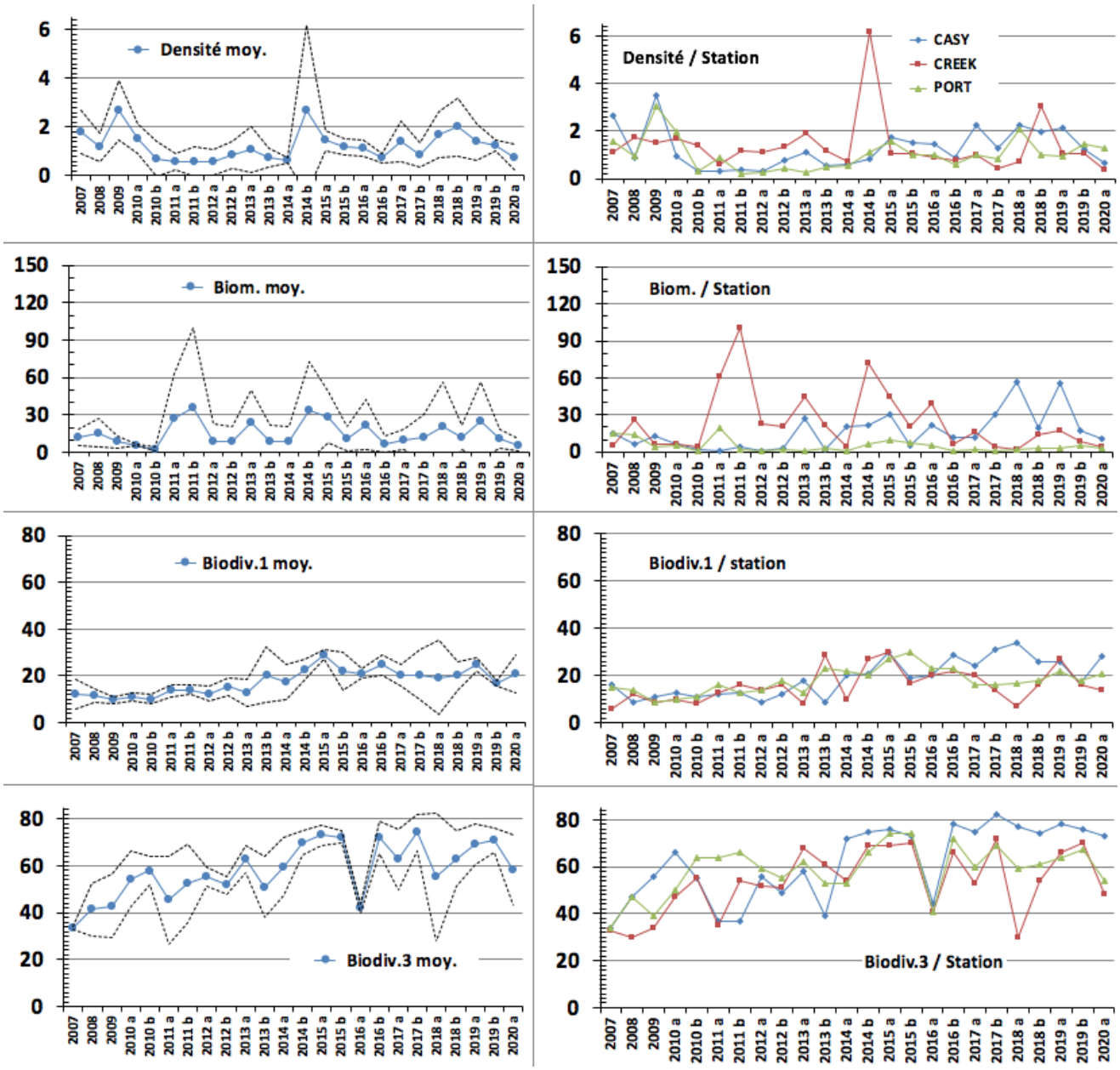


Figure 101 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par campagne et station (baie de Prony)

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 118) pour les 9 stations du canal de la Havannah / Woodin, montre une **hétérogénéité** des missions pour tous, avec le paramètre de densité qui est à la limite d'êter acceptée.

Tableau 118 : 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	23	192	1,61	1,77	1,62	6,43	1,85	6,35

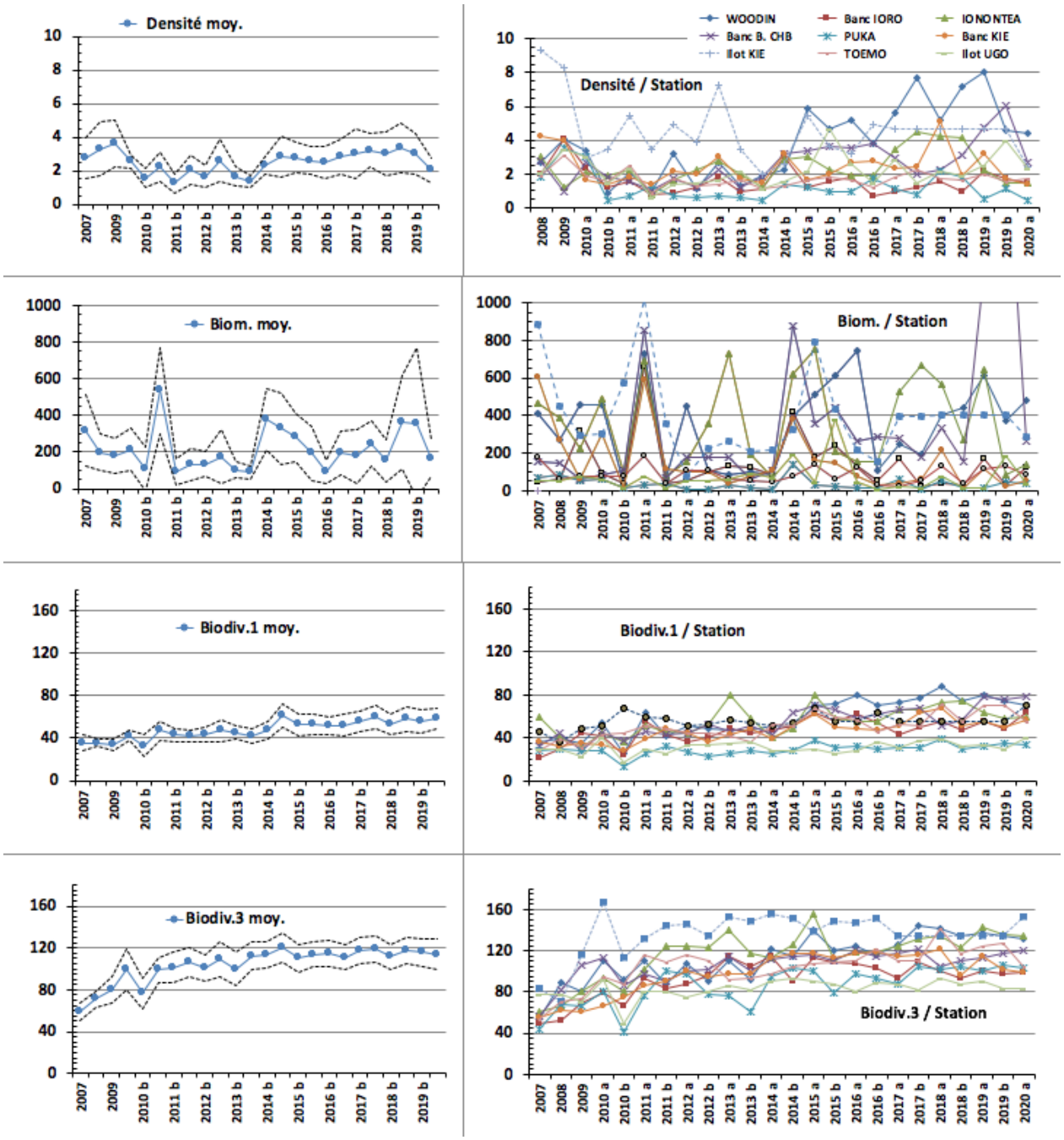


Figure 102 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par campagne et station (canal de la Havannah / Woodin)

Tableau 119 : 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
Moyenne	1,27	1,38	1,03	3,92	1,54	2,37	2,59	1,27	2,46	4,58	1,70	2,18
Int. de Conf.(±)	0,34	0,47	0,27	0,86	0,32	0,40	0,50	0,34	0,43	0,73	0,19	0,38
Variance	0,70	1,35	0,45	4,49	0,61	0,96	1,52	0,68	1,08	3,17	0,22	0,85

Pour tous ces tableaux, les données en italique sont des données estimées à partir de moyennes

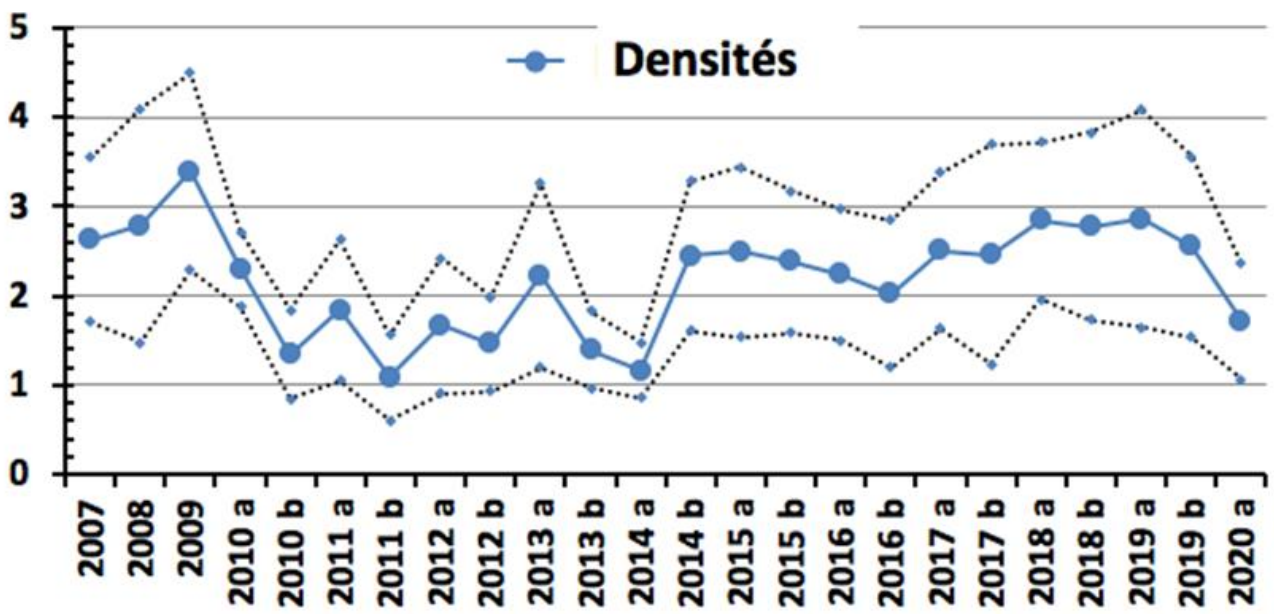


Figure 103 : Synopsis des valeurs moyennes de Densités ichtyologiques depuis 2007

Tableau 120 : 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
Moyenne	14,5	24,4	4,8	349,0	139,2	398,0	363,4	35,8	154,7	393,9	86,1	73,0
Int. de Conf.(±)	5,1	10,0	2,0	88,2	60,1	126,1	180,3	12,6	67,9	92,0	18,4	33,1
Variance	158	606	24	46641	21663	95338	195028	946	27699	50735	2023	6592

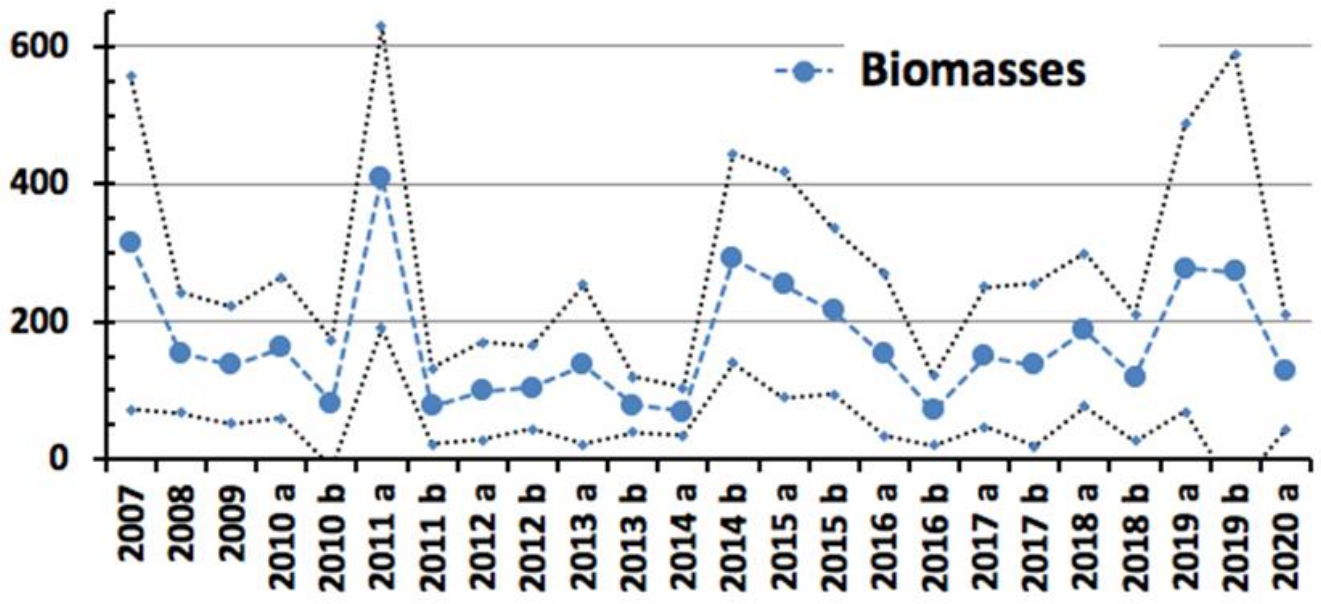


Figure 104 : Synopsis des valeurs moyennes de Biomasses ichtyologiques depuis 2007

Tableau 121 : 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
Moyenne	19,1	15,9	17,9	59,3	47,0	55,3	54,6	29,6	46,7	55,5	50,6	31,7
Int. de Conf.(±)	3,2	2,9	2,2	7,0	4,6	5,4	5,7	2,1	4,2	2,9	4,7	2,3
Variance	61,4	49,7	27,9	294,3	124,4	177,5	197,6	25,4	107,6	49,1	135,2	31,5

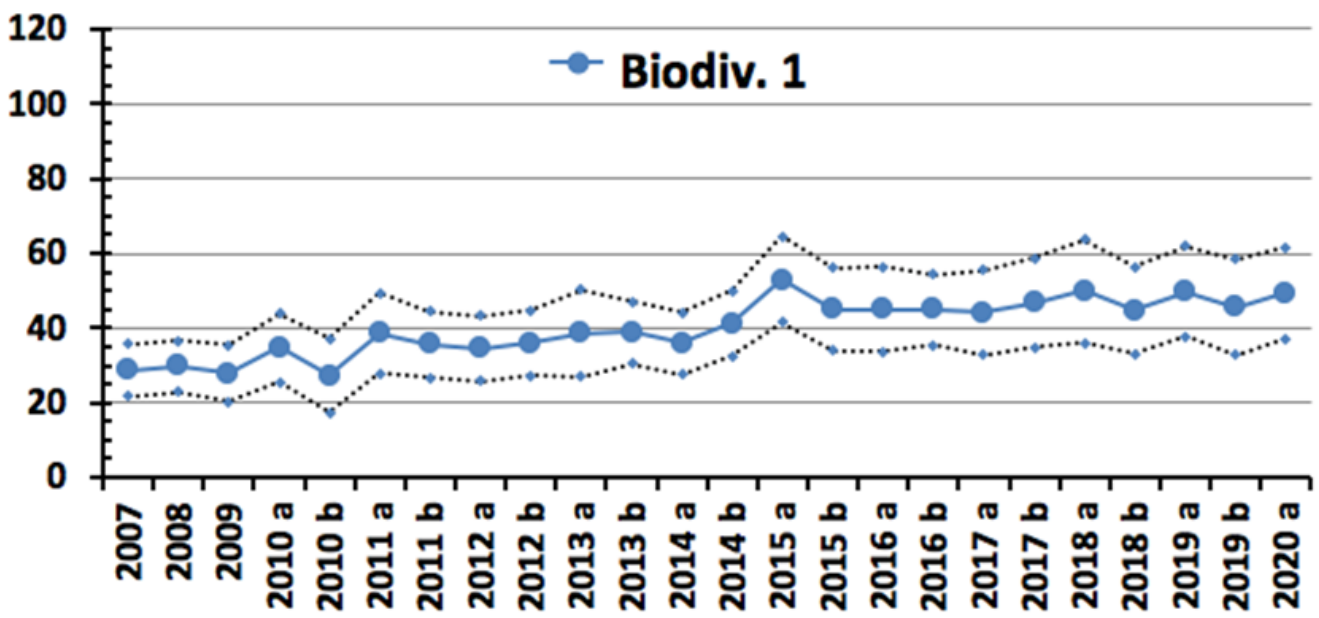


Figure 105 : Synopsis des valeurs moyennes de Biodiversités 1 ichtyologiques depuis 2007

Tableau 122 : 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
Moyenne	62,0	53,4	58,6	113,0	92,9	116,1	105,8	86,1	97,7	136,0	104,3	83,4
Int. de Conf.(±)	6,5	5,7	4,4	9,3	7,4	9,8	6,2	7,9	8,4	8,9	7,9	3,7
Variance	251,6	192,8	115,4	521,8	330,5	580,2	227,3	371,1	423,7	475,2	370,1	84,1

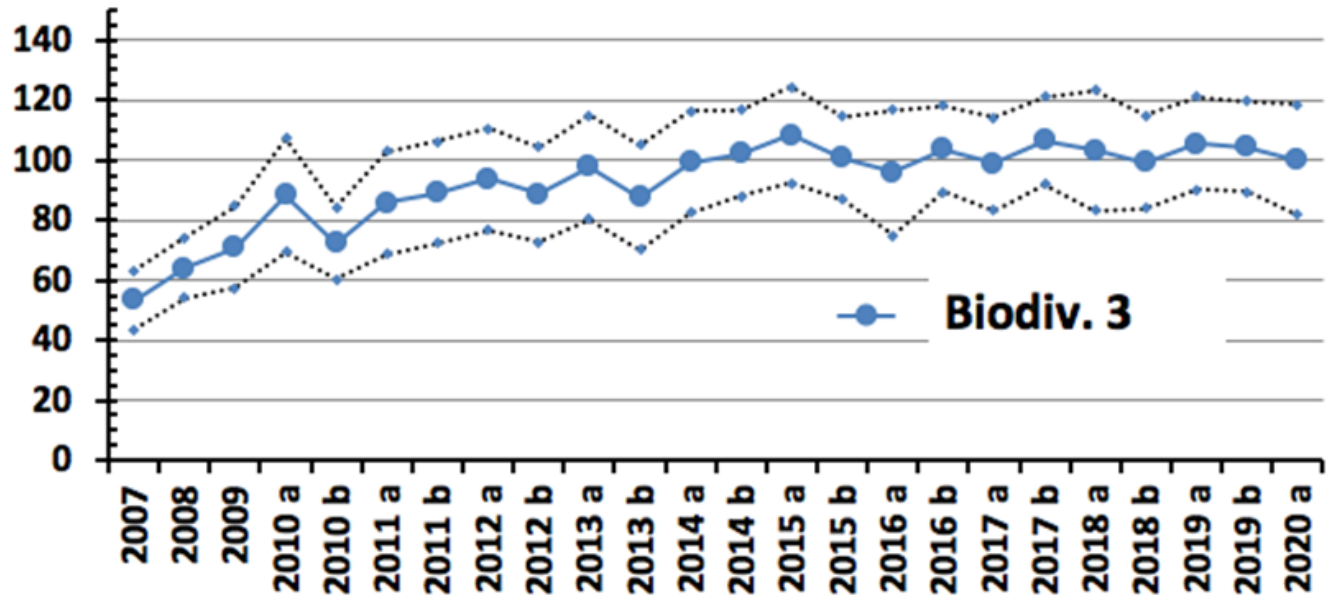


Figure 106 : Synopsis des valeurs moyennes de Biodiversités 3 ichtyologiques depuis 2007

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 123) pour les 3 stations de la baie de Prony, montre une **homogénéité** des stations pour les 2 biodiversités et la densité et une **hétérogénéité** pour la biomasse.

Tableau 123 : 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	69	3,13	3,90	**1,08**	**7,46**	**1,36**	**2,64**

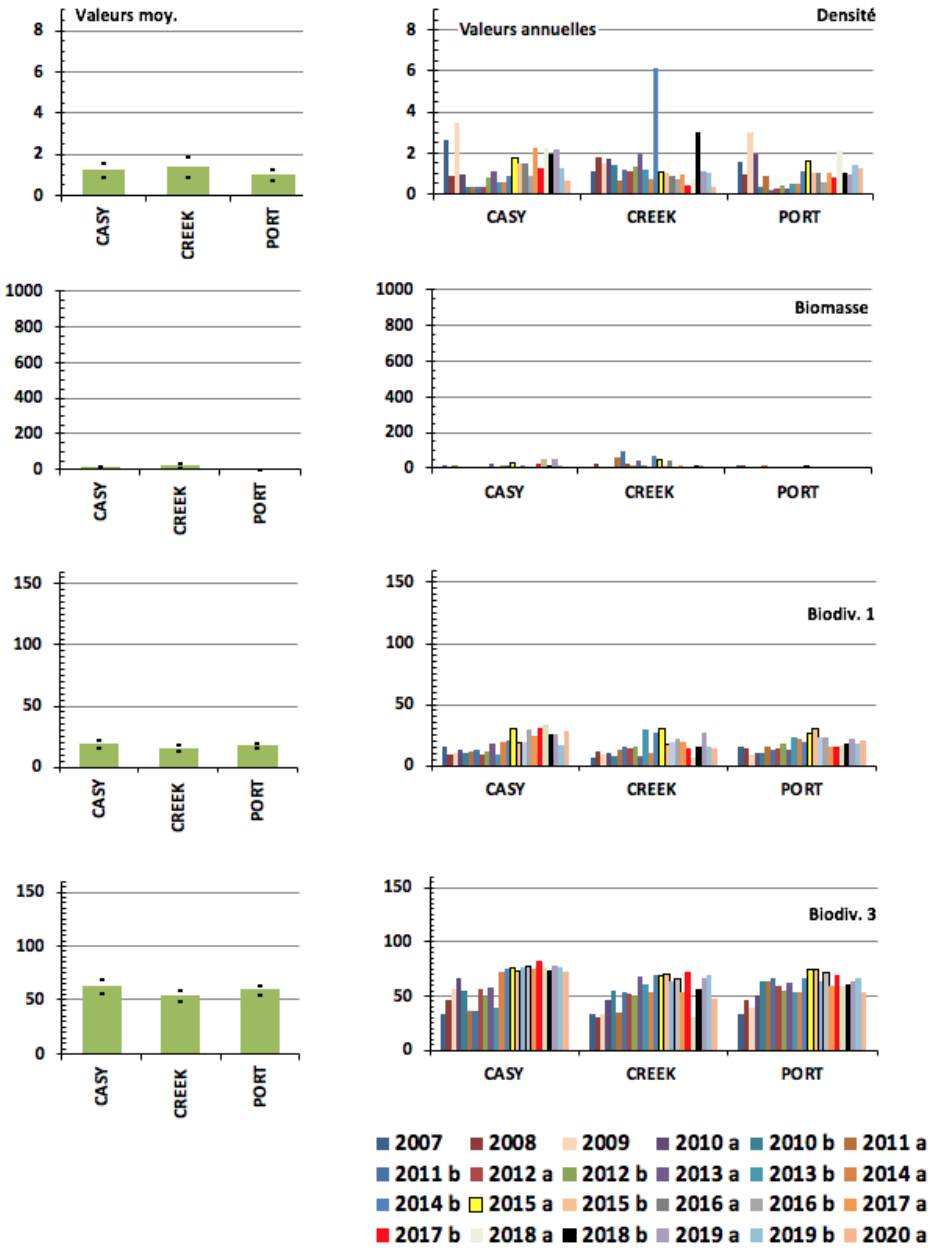


Figure 107 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par station et campagne (baie de Prony)

6.3.1.2.2 Dans le canal de la Havannah / Woodin

L'analyse des variances des 4 paramètres (cf. tableau 124) pour les 9 stations du canal de la Havannah / Woodin, montre une **hétérogénéité** des stations pour tous.

Tableau 124 : 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	207	1,98	1,26	**19,29**	**11,43**	**18,90**	**17,37**

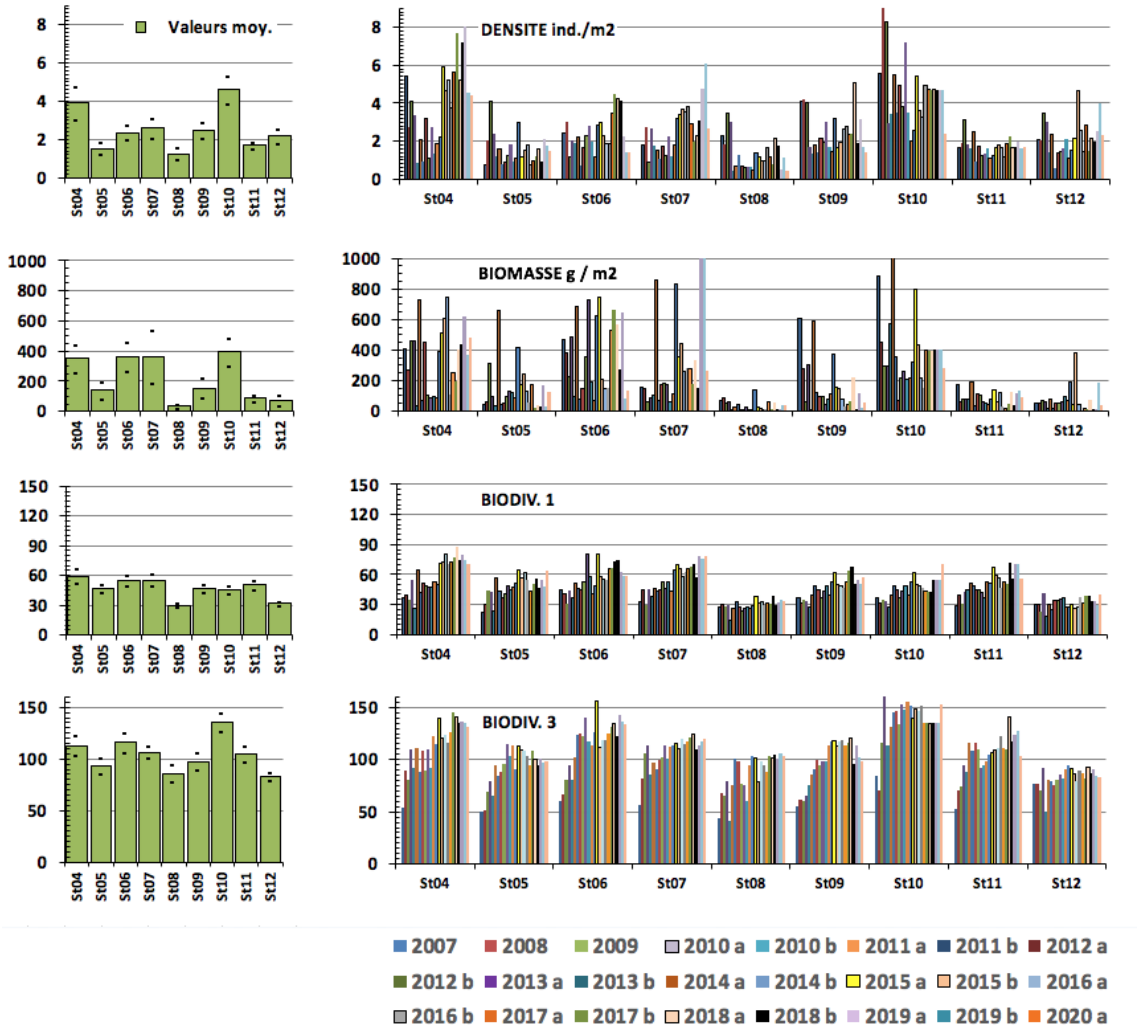


Figure 108 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par station et campagne (canal de la Havannah / Woodin)

Les graphiques synoptiques de la figure 101 à la figure 108 montrent les variations temporelles entre missions au cours de la période du suivi et spatiales entre stations au cours d'une même mission.

La figure 107 et la figure 108 ont les mêmes normes aux ordonnées des graphes d'un même paramètre, si bien que cette présentation permet aussi par comparaison de visualiser l'écart considérable qui existe entre les valeurs obtenues dans la baie de Prony et celles obtenues dans le canal de la Havannah.

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 125. Il présente donc de manière synoptique les données de structures des peuplements observés.

Tableau 125 : 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

Les cases rouges (191) correspondent aux structures de peuplements qui diffèrent significativement (i.e. au risque de 0,05) de la structure moyenne établie à partir des observations faites sur cette station depuis 2007.
A l'inverse, les cases vertes (88) présentent des écarts significativement proches de la valeur moyenne.
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[20].

[20] Dans le rapport de la mission d'avril 2019 [R28] nous avions pris les moyennes à la place des coefficients de variation, ce qui exagérait le rendu visuel du graphe

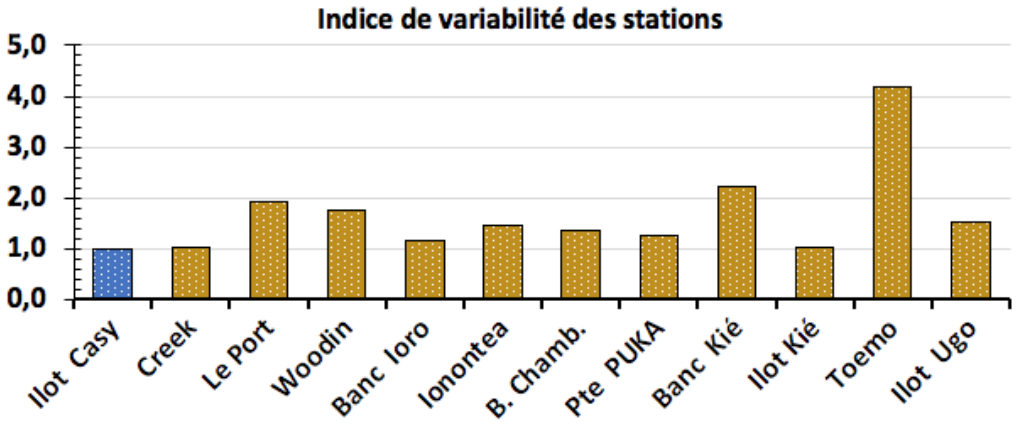


Figure 109 : Représentation de la variabilité des peuplements ichtyologiques des stations

La plus faible variabilité, celle de la station Casy, est prise en référence et rapportée à 1. La station de l'îlot Kié présente une une valeur voisine de 1- notons que toutes les deux sont dans des réserves.
La station en creek Baie nord est peu différente des stations en réserve. A l'opposée, celle de Toémo est 4 fois plus variable, puis viennent le Bancs Kié, le Port, Woodin et Ugo.

En d'autres termes, il n'existe pas de structure type pour une station. Dans le tableau 125, les cases rouges représentent les 2/3 des cas. Il apparaît également que les cases vertes sont aléatoirement disposées ce qui montre que l'ichtyofaune des stations ne présente ni variation unanime lors d'une mission, ni n'est prévisible. Les peuplements sont par nature changeants.

En observant plus en détail les listes spécifiques, ces analyses mettent en exergue que seulement 10% des espèces sont stables (résidentes) sur une station. Les autres sont nomades sur des territoires plus ou moins vastes et sont présentes ou non lors de notre visite. A l'inverse, près de 30% sont exceptionnellement vues. Cela est sans doute dû aux faits conjugués (1) de la faible fréquence de nos visites, et (2) la trop petite taille des stations par rapport à la surface des domaines de vie de ces espèces.

Ainsi, sur une station moyenne imaginaire où nous aurions vu, par exemple, depuis 2007, un total $B\gamma = 280$ espèces, celles-ci se répartiraient typiquement comme dans le tableau 126.

Tableau 126 : 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

Ces remarques argumentent encore 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.
Par ailleurs, 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.
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 12 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 stable.

D'une façon générale, et même dans les zones protégées, l'analyse qualitative de la biodiversité 1 et surtout celle de la biodiversité 3, montre qu'un grand nombre d'espèces disparaissent ou à l'inverse, s'installent sur une

station d'une mission à l'autre et cela de façon aléatoire.
Si nous soulignons encore dans ce rapport ces thèmes, c'est pour insister encore une fois, sur l'aptitude médiocre des paramètres de densité et de biomasse à répondre aux questions que l'on se pose, c'est-à-dire, l'implication des activités industrielles dans les changements biocœnotiques observés, alors qu'en augmentant la taille des stations le paramètre de biodiversité serait très 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), parce qu'il est limité car encadré par le cahier des charges, perd également de l'intérêt. Il en perdrait cependant moins si les espèces retenues étaient des espèces indicatrices ou si la restriction se limitait à la famille.

Le problème peut être contourner en établissant un classement des stations, mission après mission et de suivre ou d'interpréter 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. Pour ce faire le test de rangs de Freidman convient parfaitement.

Nous proposons donc :

- de classer les stations les unes par rapport aux autres, lors de cette mission (cas 1) et de comparer ce classement aux classements faits lors des missions précédentes ;
- de classer les missions les unes par rapport aux autres (cas 2) et de positionner la présente mission dans la série historique. Ceci, bien sûr, dans la mesure où les valeurs obtenues à chaque station et chaque mission soient classables.

Et enfin,

- de donner une note aux stations et une note à cette mission par rapport aux missions précédentes. Ces notes étant construites à l'aide des valeurs des paramètres mesurés (densité, biomasse et biodiversité 1).

Le classement spatial (des stations) et temporel (des missions) est fait par un « Test de Rangs ».
Le but est :

- de classer toutes les stations les unes par rapport aux autres, lors de cette mission ;
- de classer toutes les missions les unes par rapport aux autres.

C'est un test de rangs dérivés de Wilcoxon [R74], qui est utilisé ici : le test de Friedman.
Le **test de Friedman** suppose *a priori* une structure en lignes ou en colonnes des données. Pour le tester on procède au classement des valeurs en colonnes ou en lignes et les sommes faites en lignes ou en colonnes sont testées.
Le choix du test est étayé par le fait qu'il doit respecter le positionnement des valeurs dans les lignes ou les colonnes du tableau. Dans notre problématique celles-ci ne sont pas interchangeables[21]. Le test de Friedman est donc particulièrement adapté.

Le test de Friedman [R44] est un $\chi 2$ adapté aux cas de plusieurs échantillons non-indépendants.

- On peut considérer en effet, que les échantillons « stations » (test sur les lignes des tableaux) ne sont pas indépendants, dans la mesure où ils sont issus d'un dispositif expérimental faisant un choix aléatoire incomplet (i.e. les stations de la Havannah ont été positionnées autour de l'exutoire de l'émissaire et pas de manière indépendante).
- On peut également considérer que les échantillons « missions » (test sur les colonnes de ces mêmes tableaux) ne sont pas indépendants puisque le climat et les facteurs écologiques qui définissent l'environnement s'appliquent sur toute la zone de la même manière.

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. Dans notre cas, nous considèrerons :

[21] Dans une ANOVA ou dans un test de Kruskal & Wallis les valeurs à l'intérieur d'une même série peuvent être interchangées sans que cela modifie le résultat du test.

1. **L'approche spatiale** qui suppose que les « traitements » sont les conditions environnementales de toute nature qui s'appliquent à la zone entre deux missions propres à chaque mission de la série temporelle et que les « blocs » sont les stations visitées chaque mission. Dans ce cas, ce sera une analyse en colonnes. Le classement des années par stations gomme les différences quantitatives entre stations puisque le classement va de 1 à 11, si bien que la somme en colonne correspond à un classement des années. Ce classement sera pertinent si l'Ho est rejetée. Sinon les différences observées sont fortuites, le tableau est homogène.
2. **L'approche temporelle** prend le tableau dans l'autre sens : les « traitements » sont les stations et les « blocs » sont les années. Le classement des stations par année gomme les différences entre années puisque le classement va de 1 à 23, si bien que la somme en ligne correspond à un classement des stations. Ce classement sera pertinent si l'Ho est rejetée. Sinon les différences observées sont fortuites.

Ce traitement sera appliqué à chaque paramètre.

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

Où :
Y est la somme des rangs en colonne (1) ou en ligne (2) ;
En (1), p désigne le nombre de stations et q est le nombre de missions ;
En (2), p désigne le nombre de missions et q est le nombre de stations.

L'hypothèse Ho : « les variations observées entre stations (cas 1) ou entre missions (cas 2) sont fortuites » = « les stations ou les missions sont similaires ».

Tableau 127 : Test de Friedman (analyses spatiales et temporelles) des paramètres ichtyologiques suivis

(A)	**Toutes *STATIONS* (ddl = 11)**			
(12 stations)	Densité	Biomasse	Biodiv. 1	Biodiv. 3
$\chi 2_{obs}$	**214,3**	**197,20**	**226,8**	**198,7**
$\chi 2_{tab\ 0,95}$ = 19,7 $\chi 2_{tab\ 0,999}$ = 21,9				

(B)	**Toutes *MISSIONS* depuis 2007 (ddl = 23)**			
(24 missions)	Densité	Biomasse	Biodiv. 1	Biodiv. 3
$\chi 2_{obs}$	**123,4**	**111,9**	**185,6**	**155,1**
$\chi 2_{tab\ 0,95}$ =35,2 $\chi 2_{tab\ 0,999}$ = 38,1				

Le degré de liberté (ddl) = p-1 / En bleu les cas où Ho est acceptée à la P(0,95), en orange Ho est rejetée

Pour cadrer avec la publication de Friedman [R44], le « traitements » correspondra aux « conditions environnementales » (naturelles ou anthropiques) qui s'appliquent sur la zone marine du sud entre deux missions et le terme de « blocs » correspondra aux « stations ».
Le tableau 127 montre que l'Ho est rejetée tant spatialement que dans le temps. Ce test vérifie donc que les différences entre stations et entre missions sont significative et donc, par voie de conséquence, les éléments de ces deux ensembles peuvent être classées (tableau 128).

Ce classement des stations diffère peu du classement précédent.
Notons que la station de la réserve Merlet (l'Ilot Kié) qui a réintégré la liste après 3 années n'a jamais eu la première place dans ce classement. Ce sont les stations de Woodin et de Basse Chambeyron que se disputent les deux premières places du podium. Toutefois, si nous faisions cette notation en prenant en compte la Biodiversité 3 et non la Biodiversité 1, il serait alors probable l'Ilot Kié ait plus régulièrement un meilleur classement. Ce point montre que les conditions naturelles des bancs du canal de la Havannah et de Woodin sont plus protecteurs et attractifs que la protection par voie législative.

Tableau 128 : Classement des stations (A) et des missions (B) (ichtyologie)

Stations	**Classement des Stations**								
	D	**B**	**Bα1**	**Note**	**Rang**				
					2018a	2018b	2019a	2019b	**2020a**
01 Casy	3	3	3	5,0	9	8	9	11	**10**
02 Creek baie Nord	1	2	1	2,1	12	11	10	12	**12**
03 Port	4	1	2	3,8	11	12	12	10	**11**
04 Woodin	12	12	10	18,3	1	1	1	2	**1**

05 Ioro	7	7	9	13,3	10	9	7	7	**4**
06 Ionontea	6	8	8	12,5	2	3	3	5	**6**
07 B. Chambeyron	11	9	12	18,3	3	4	2	1	**1**
08 Puka	2	4	4	5,8	7	5	11	9	**9**
09 Bancs Kié	5	5	7	10,0	5	7	5	6	**7**
10 Ilot Kié	9	11	11	17,5	3	2	4	3	**3**
11 Toémo	9	10	6	12,9	6	6	6	4	**5**
12 Ugo	8	6	5	10,0	7	7	8	10	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 129 et pour les missions tableau 130.

Tableau 129 : Cotation des stations : IAS, depuis 2012 b (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
Densité.		2	1	3	4	2	2	3	2	2	3	2	3
Biomasse		1	1	1	4	2	2	3	1	1	3	1	1
Biod. 1		4	2	3	4	4	4	4	2	3	4	3	3
IAS	**2020 a**	**2,75**	**1,50**	**2,25**	**4**	**3**	**3**	**3,5**	**1,75**	**2,25**	**3,5**	**2,25**	**2,50**
	2019 b	2,75	1,75	2,5	4	2,25	2,75	4	2	2,5		3	2,75
	2019a	4	3	2,25	4	2,75	3,75	4	1,5	3		3,25	2
	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
	2017b	3,5	1,5	2,25	3,5	2,25	4	3,25	2	3		2,5	2,25
	2017a	3	2,5	2,25	3,75	2,25	4	3,5	2,25	2,5		2,25	2,75
	2016b	3	2,25	2,25	3,5	2	3	3,75	2,25	2,5	3,5	2,25	2,25
	2016a	3,5	3,5	3	4	3	3	4	2	3	3,75	3	2
	2015b	2,5	2,25	2,25	4	3,25	3,5	4	2	3	4	2,75	2,75
	2015a	3,75	3,5	3	4	3	4	3,75	2,25	3	4	3	2
	2014b	2,75	3,5	2,5	3,5	4	3,75	4	3	3,75	3,5	2,75	2
	2014a	3,25	1,25	2,75	2,75	2,75	2,75	3	1,5	2,5	3,5	2,75	1,75
	2013b	1,75	3,5	2,75	3,5	2,75	3	3,75	1,5	2,75	4	2,25	2,5
	2013a	3,25	3	2	3	3	3,75	3,25	1,5	3,25	3,75	2,75	2,25
	2012b	1,75	2,75	2,5	3,5	2,5	3,5	3,25	1,75	3	4	3	1,75
	2012 a	1,50	3	1,75	3,5	2,5	3,5	3	1,75	3	4	3	2

La station du Creek baie nord est dans le rouge sans doute du fait de la mauvaise clarté de l'eau.
En substance :

- les notes des 4 stations Creek baie nord, Port, Bancs Kié et Toémo ont significativement baissé
- celles de Ionontea, Basse Chambeyron, Puka, Ilot Kié et Ugo n'ont que très sensiblement baissées
- celles de Casy et Woodin sont restées très stables
- et uniquement celle de Ioro a augmenté.

Tableau 130 : Cotation des missions : IGm, depuis 2007 (ichtyologie)

Missions	Dens.	Biom.	Biodiv	IGm		Missions	Dens.	Biom.	Biodiv	IGm	
2007	3	3	2	2,50	bon	2014 b	3	3	3	3,00	bon
2008	3	2	2	2,25	médiocre	2015 a	3	3	4	3,50	Très bon
2009	3	2	2	2,25	médiocre	2015 b	3	3	3	3,00	bon
2010 a	3	2	3	2,75	bon	2016 a	2	2	4	3,00	bon
2010 b	2	1	2	1,75	médiocre	2016 b	3	2	3	2,75	bon
2011 a	2	4	3	3,00	bon	2017 a	3	2	3	2,75	bon
2011 b	2	1	3	2,25	médiocre	2017 b	3	2	3	2,75	bon
2012 a	2	1	3	2,25	médiocre	2018 a	4	3	4	3,75	Très bon
2012 b	2	2	3	2,50	bon	2018 b	3	2	3	2,75	bon
2013 a	3	2	3	2,75	bon	2019 a	3	3	3	3,00	bon
2013 b	2	3	3	2,75	bon	2019 b	2	3	3	2,75	bon
2014 a	2	1	3	2,25	médiocre	**2020 a**	**2**	**2**	**3**	**2,50**	**bon**

L'indice global est « bon », bien qu'un peu plus faible qu'en 2019 b du fait d'une baisse de la biomasse.
En substance, : le peuplement 2020 a présente une note toujours qualifié de "bonne" mais à la limite de la qualification de "médiocre".

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.

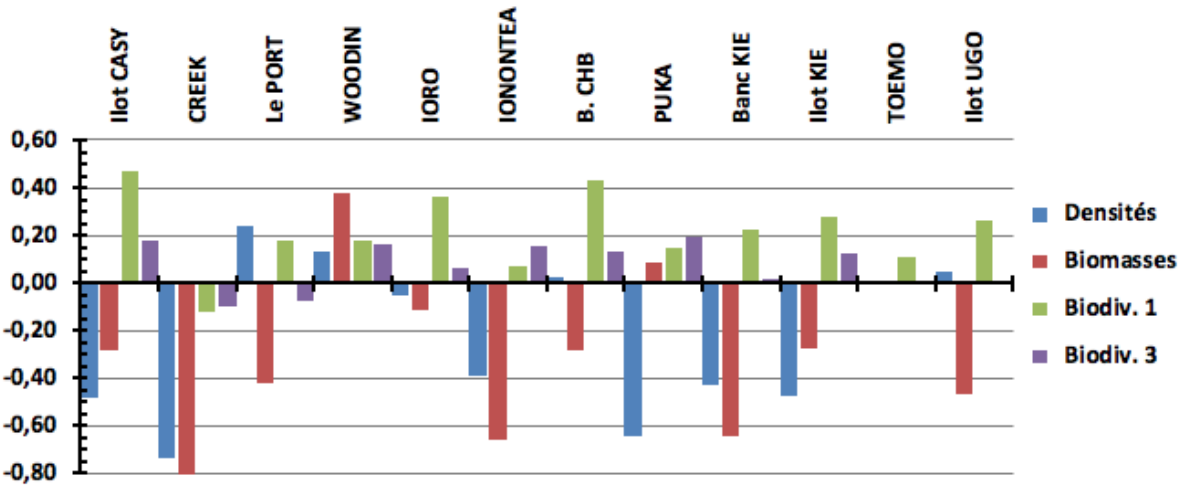


Figure 110 : Positionnement de chaque station par rapport à la moyenne

Pour représenter tous les paramètres sur un même graphique synoptique, chaque valeur est représentée par son écart à la moyenne pondéré par la moyenne.

Les densités sont jusqu'à 5 fois plus fortes dans le canal de la Havannah qu'en baie de Prony. ; et les biomasses jusqu'à 10 fois. Et entre les stations du canal de la Havannah les écarts peuvent être de 1 à 30 et de 1 à 6 pour les stations de la baie de Prony.

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.

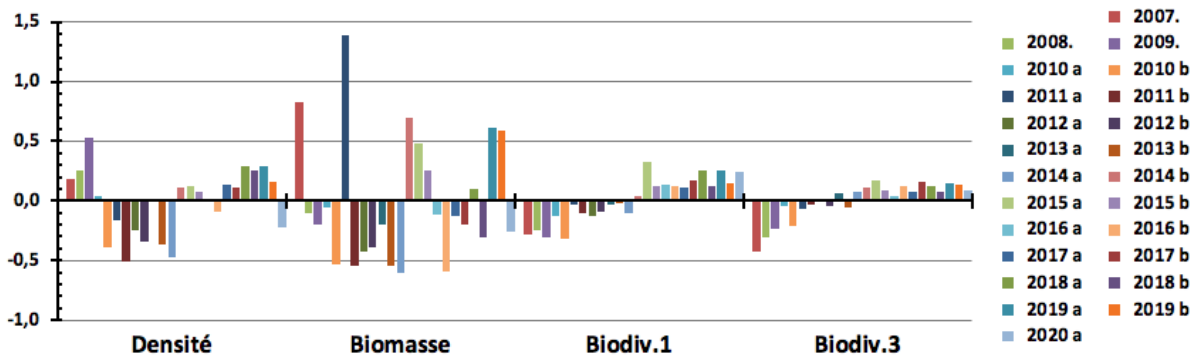


Figure 111 : Positionnement de chaque mission par rapport à la moyenne
Pour représenter tous les paramètres sur un même graphique synoptique, chaque valeur est représentée par son écart à la moyenne pondéré par la moyenne.

- Les biomasses fluctuent énormément : jusqu'à plus de 130 %
- Les densités un peu moins : jusqu'à plus de 50 % ;
- Les biodiversités sont plus stables : moins de 30 % pour la biodiversité 1 (liste DENV) et le plus souvent autour de 10 % pour la biodiversités 3 (toutes espèces).

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 712 espèces
- Sur cet ensemble Bγ, entre 300 et 330 espèces sont vues à chaque mission (327 pour cette mission)
- L'ubiquité[22] spatiale des espèces (entre stations) est faible. Au cours d'une même mission seulement 10% à 15% de ces espèces sont vues sur les différentes stations et un bon 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 24 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 195, 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 -.
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 beaucoup de *Pomacentrus*, de *Plectroglyphidodon*, de *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.

Classement (qualité du peuplement de poissons)

Une appréciation synthétique globale de la qualité du peuplement des poissons peut être donnée par la prise

[22] L'Ubiquité est la faculté pour une espèce d'être vue en plusieurs endroits lors d'une même mission (ubiquité spatiale) ou d'être retrouvée d'une mission à l'autre (ubiquité temporelle)

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 131). 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 mai 2020 a la note de 1 sur 12 : la qualité du peuplement de poissons dans le réseau de suivi est bonne (limite basse).

A noter que malgré les proliférations d'*Acanthaster planci* à la station de Woodin en 2018-2019, l'état du peuplement ichtyologique ne semble pas en avoir été affecté ni quantitativement, ni qualitativement.

Tableau 131 : Qualité du peuplement ichtyologique depuis 2007

2007	**7**	**2011 a**	**9**	**2013 b**	**8**	**2016 a**	**9**	**2018 b**	**8**
2008	**6**	**2011 b**	**6**	**2014 a**	**6**	**2016 b**	**8**	**2019 a**	**9**
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**		

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 R29], 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 [R77].

7.1.1 Les événements météorologiques marquants par année

La Nouvelle-Calédonie est soumise très régulièrement aux assauts de perturbations tropicales. Le tableau 132 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 132 : Principaux phénomènes dépressionnaires touchant la zone d'étude depuis 2003

ANNEE	PERIODE	NOM	CATEGORIE	DEGATS [R77]
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	

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 [R48] 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 [R60] 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, R42].
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[23]. 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 ».

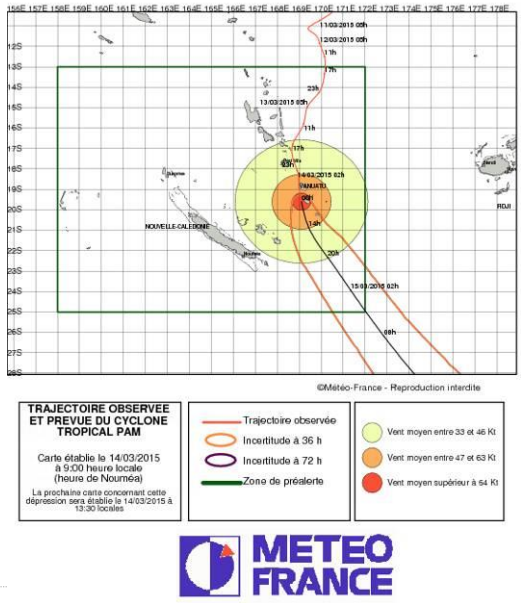
Les zones de Nouvelle-Calédonie qui ont été les plus exposées sont les iles Loyautés (particulièrement Maré et Lifou) et l'ile des Pins où ont sévi de violentes rafales de vent et de fortes précipitations. La gendarmerie de Maré a indiqué qu'une houle avec des creux de 5 à 7 mètres, des trombes d'eau 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.

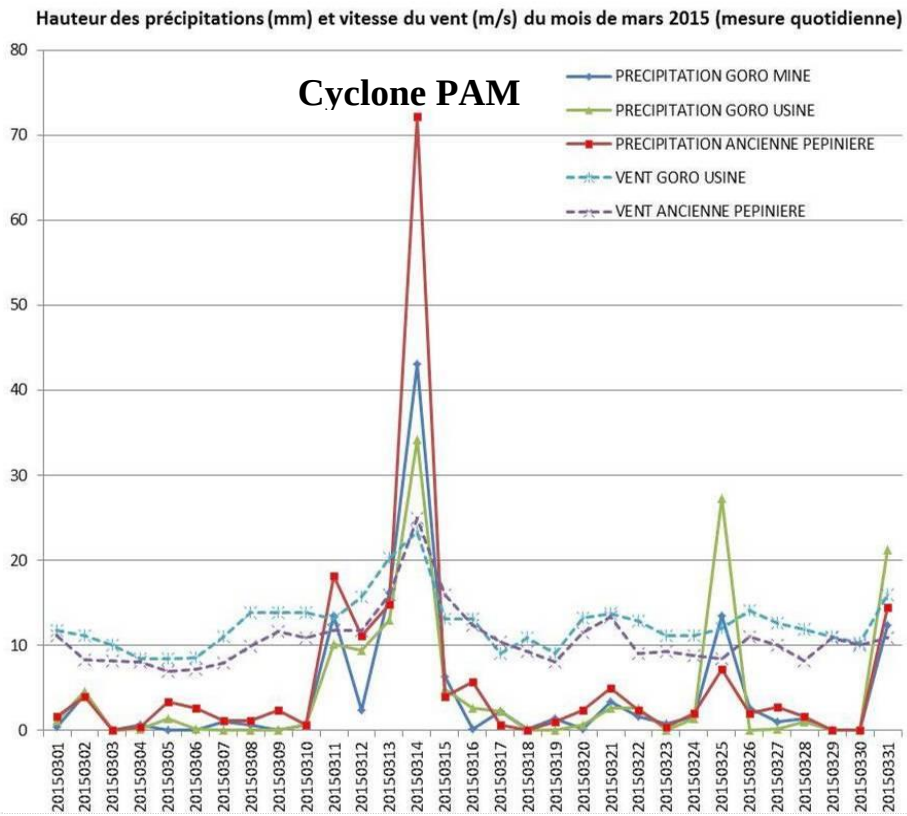


Localisation des stations de Météo France sur le site de Vale NC (stations Goro mine, Goro usine et Ancienne pépinière) (S*ources : Météo France et Google Earth*)



Trajectoire du cyclone Pam entre le 11 et le 15 mars 2015 (*Source : Météo France*)

[23] 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 Vale NC (*Sources : Météo France, Vale NC*)

Figure 112 : Météorologie dans la zone d'étude durant le mois de 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 [R77].

En mer, il a engendré une forte houle et du ressac.

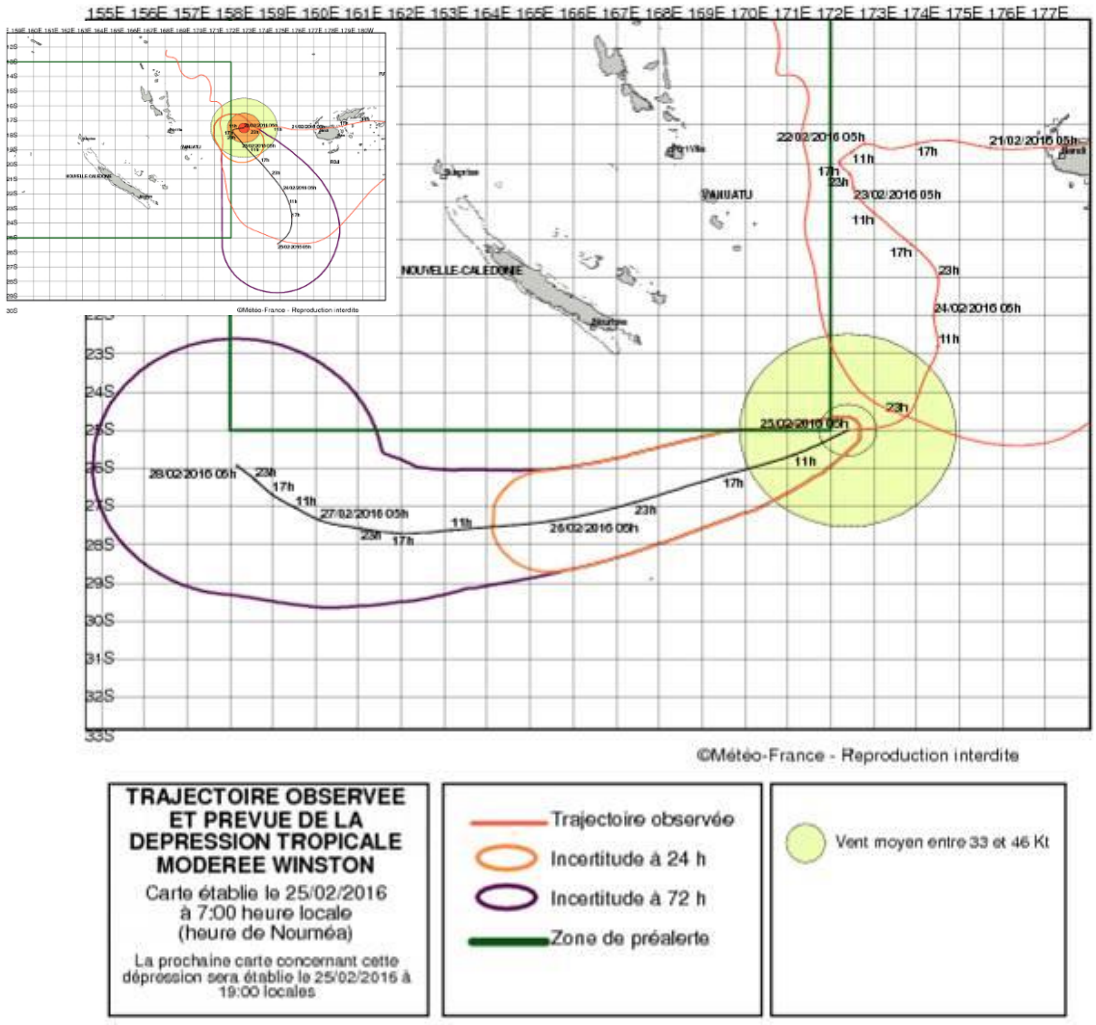


Figure 113 : Trajectoire du cyclone Winston entre le 22 et le 26 février 2016

(Source : Météo France)

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…).

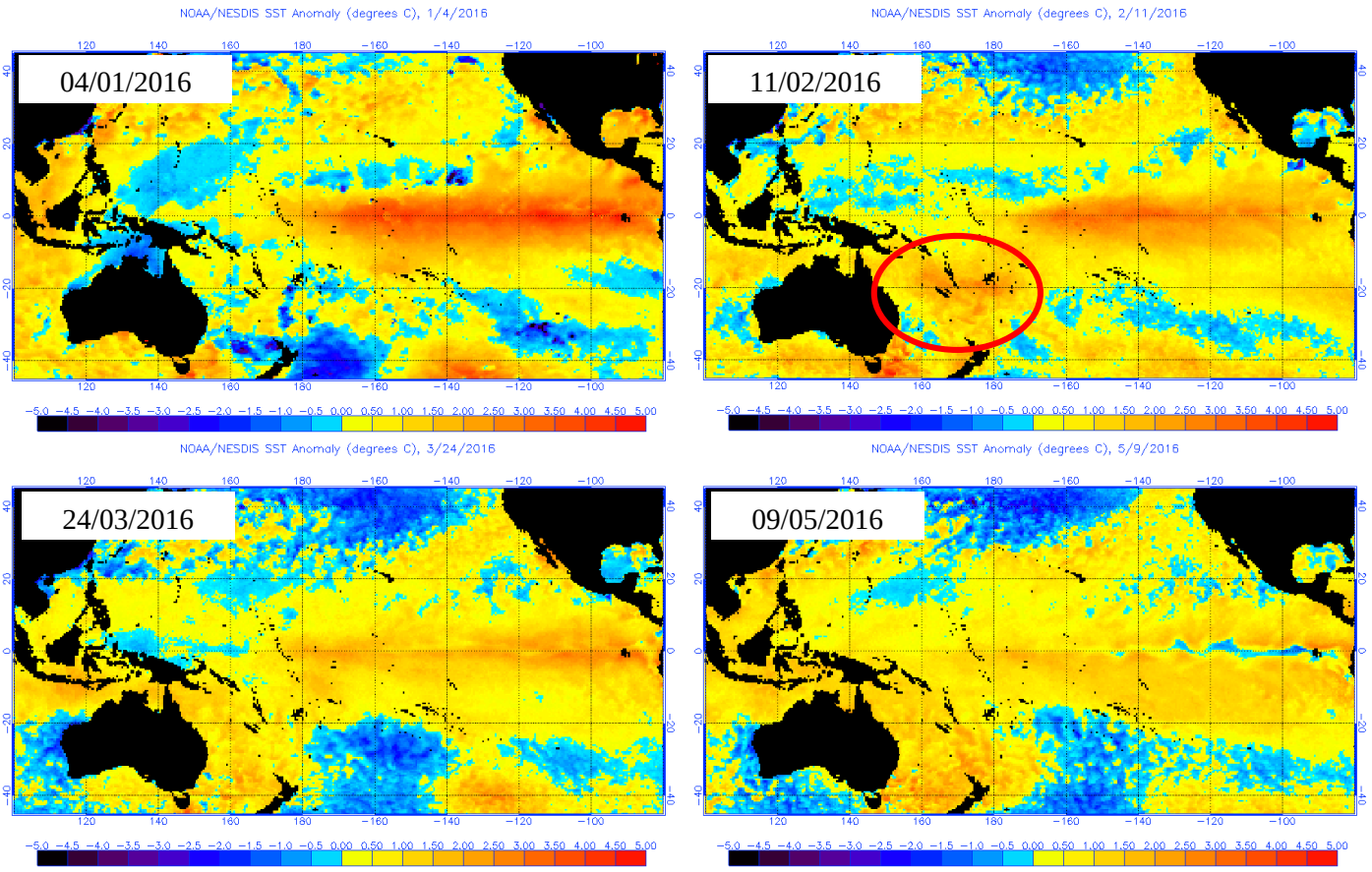


Figure 114 : Cartes des anomalies de température de surface de la mer dans le Pacifique, début 2016

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.

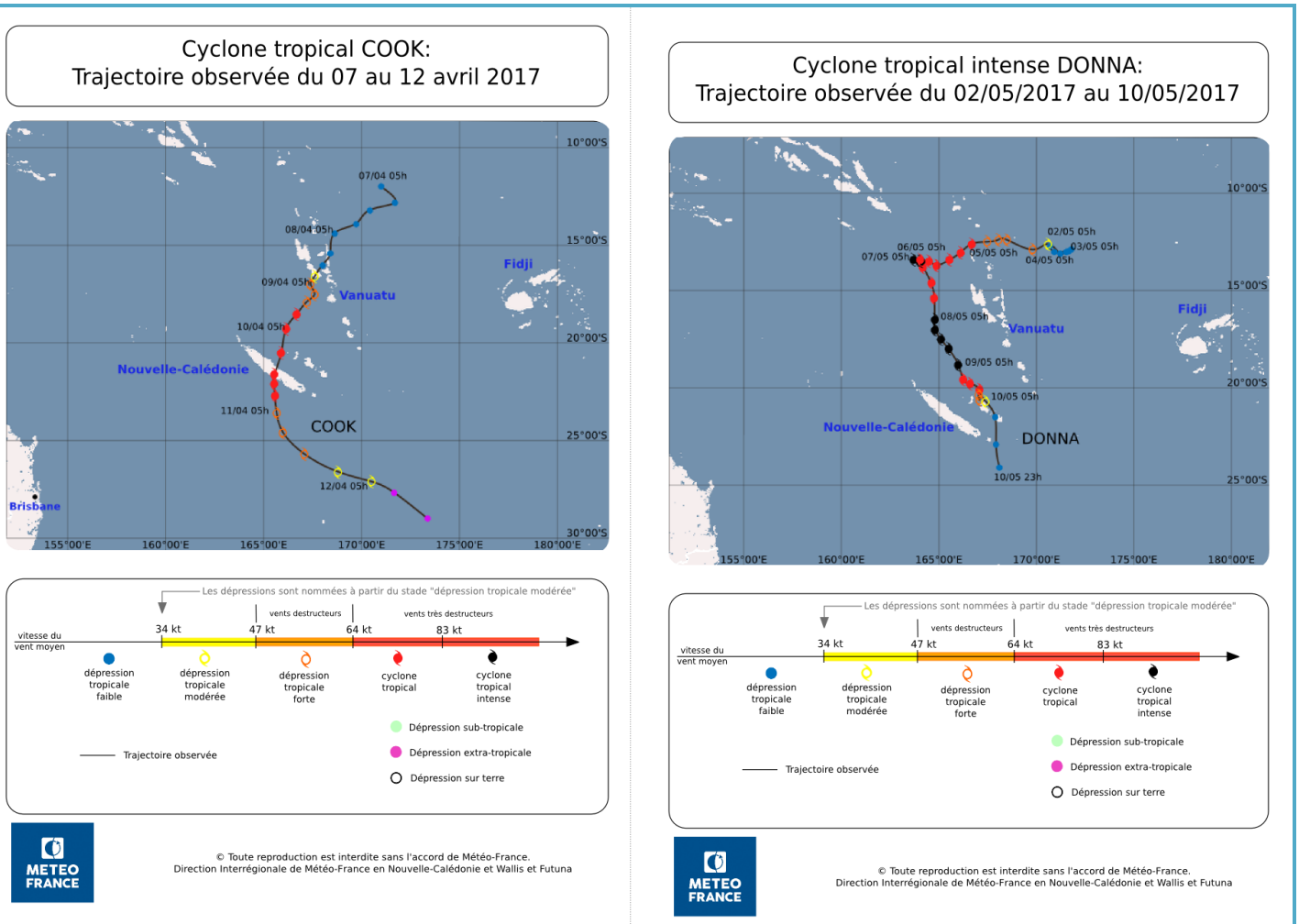


Figure 115 : Trajectoire des cyclones Cook et Donna (début 2017)
(Source : Météo France)

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 [R77].

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 Bélep 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 Bélep 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 tropicale), 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 Bélep 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

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 engendre des rafales comprises entre 120 et 140 km/h sur la côte ouest ainsi qu'un épisode de fortes pluies (relief et Nord). Elle s'évacue ensuite très rapidement vers les Kermadec où elle subit une transition extra-tropicale.

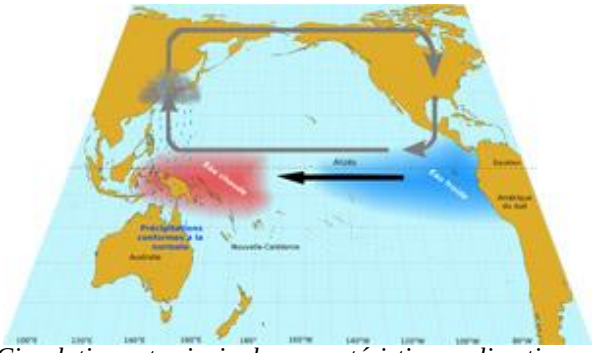
7.1.2 Le phénomène ENSO

7.1.2.1 Généralités

Ces données sont issues du site de Météo France et Météo nc [R77].

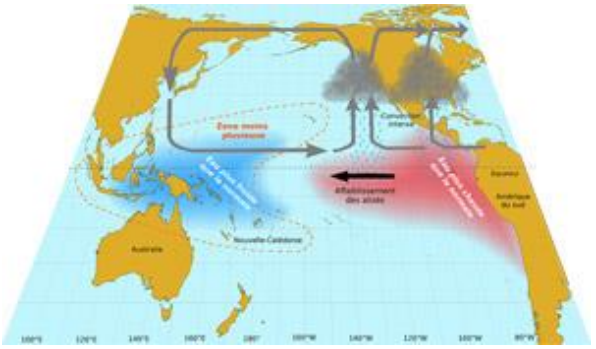
Le terme ENSO (El Niño Southern Oscillation) désigne les modifications de la circulation atmosphérique dans le Pacifique équatorial ainsi que les anomalies de température de l'océan qui y sont associées.
Trois phases peuvent êtres distinguées :

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



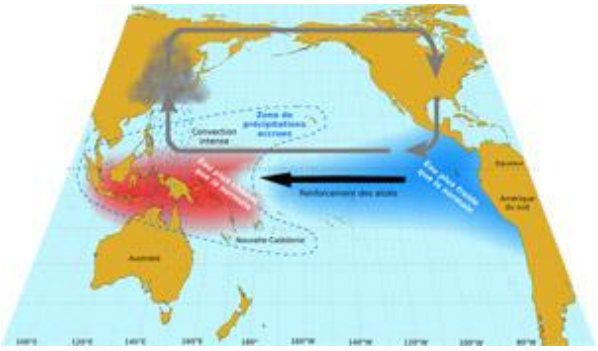
Circulations et principales caractéristiques climatiques dans le Pacifique en phase neutre pendant l'été austral (adaptée de [R77]).

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 [R77])

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 [R77]).

ENSO est la principale source de variabilité interannuelle des précipitations et des températures observées en Nouvelle-Calédonie [R58] :

- 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 116).

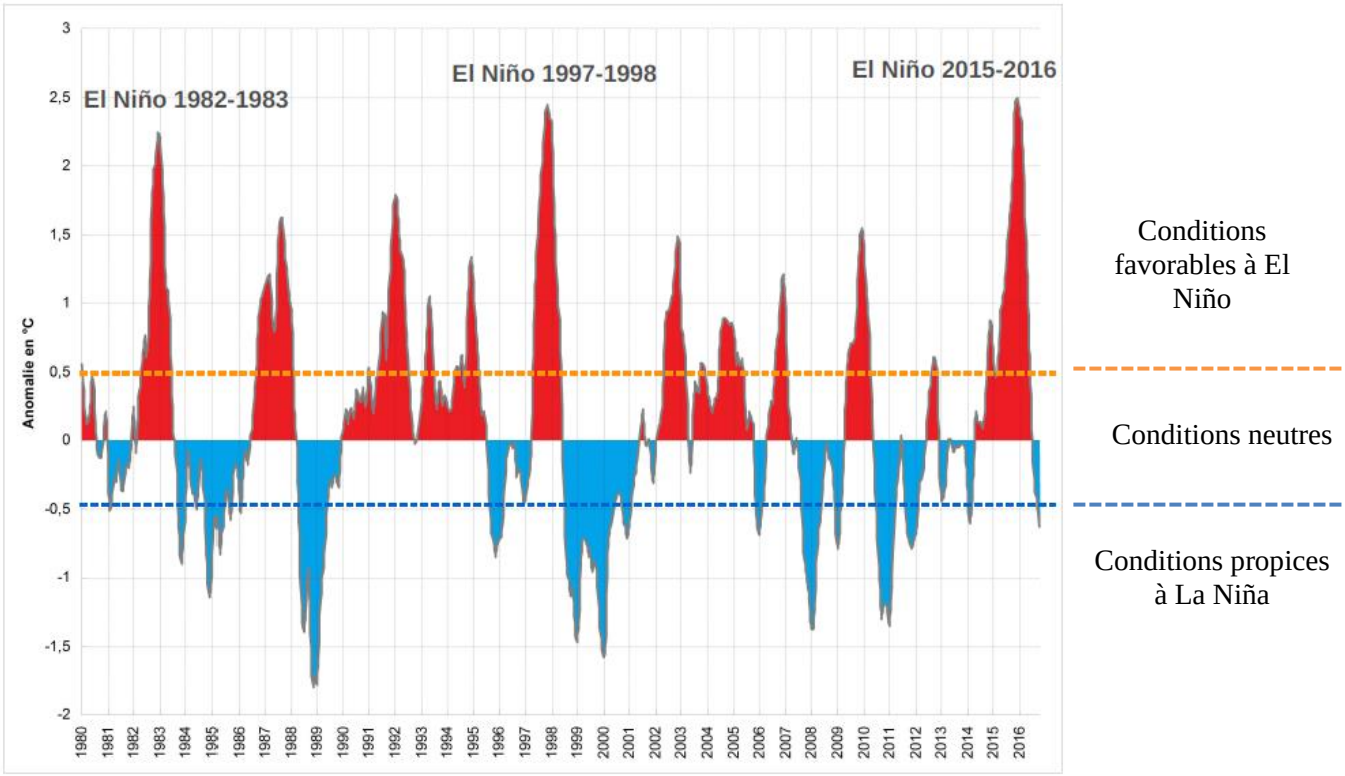


Figure 116 : Variation de l'anomalie de la température moyenne de la surface de la mer 1980-2016

(Indice ONI : Oceanic Niño Index. Partie centrale du Pacifique équatorial. Source : [R75])

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 116).
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.

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 (augmentation) 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.

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.
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 117) 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.

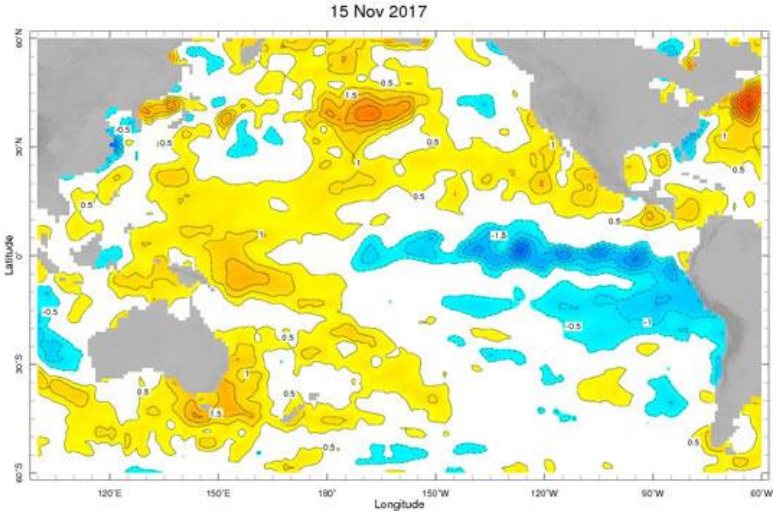


Figure 117 : Anomalies de températures de surface de la mer (9 et le 15 novembre 2017)

(Source : NCEP, OISST v2)

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.

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 133, et le tableau 145 et le tableau 146 en annexe n°04.
Pour cette mission, 12 espèces sont classées, réparties dans 2 groupes : les holothuries et les bénitiers : 2 espèces « en danger » (EN), 2 espèces « dépendant de la conservation » (CD) et 8 espèces « préoccupation mineure » (LC).
Tous les transects sont concernés à l'exception de ST04ABC, ST05C et ST9C.

Tableau 133 : 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
			Bohadschia	*argus*	LC
			Holothuria	*atra*	LC
			Holothuria	*edulis*	LC
			Holothuria	*flavomaculata*	LC
			Holothuria	*fuscopunctata*	LC
			Holothuria	*whitmaei*	EN
		Stichopodidae	*Thelenota*	*ananas*	EN
Mollusque	Bivalve	Tridacnidae	*Tridacna*	*crocea*	LC
			Tridacna	*maxima*	CD
			Tridacna	*squamosa*	CD

Les macrophytes

Pour les espèces actuellement observées, elles sont enregistrées comme « données insuffisantes » (DD).

Les poissons

Pour cette mission, 327 espèces différentes de poissons ont pu être observées sur les 12 stations. Parmi elles :

- 105 ne sont pas évaluées
- 1 est listée comme « données insuffisantes »
- 217 sont calssées « préoccupation mineure »
- 2 sont classées « quasi menacées » (*Chaetodon trifascialis, Scomberomorus commerson*)
- 1 est classée « vulnérable » (*Oxymonacanthus longirostris*)
- 1 est classée « en danger » (*Cheilinus undulatus*, le Napoléon).

7.2.2 Code de l'Environnement de la Province Sud[24]

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
(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 ;

[24] Version du 28/05/2020

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 134 (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)
- 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 4 stations pour cette mission : ST03, ST06, ST09 et ST10)
- 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.)

Tableau 134 : 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 Vale 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 ...) (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 mai 2020 :
Globalement, aucune grande variation temporelle n'est relevable : **les pourcentages de chacune des composantes sont stables par rapport à la mission précédente.** A l'exception de 2 cas, il n'y a aucune différence notable : les deltas sont compris entre -10.5% et +5% pour toutes les stations / transects.
A l'échelle de la zone, **le taux de recouvrement des coraux scléractiniaires est en baisse** (18.78% *vs* 20.41%).
Le recouvrement en cyanobactéries est toujours très bas : seuls 3 transects sont concernés avec un taux à 0.5% et 1%.

Il n'y a donc que 2 transects qui voient des évolutions significatives dans leur recouvrement :

- Un inversement (cyclique et inverse de celui noté en avril 2019) du recouvrement « sable – DCA » en ST07B (Chambeyron), la classe « corail mort avec algues » redevenant dominante
- Un accroissement de 31% du taux de recouvrement des coraux scléractinaires au transect A de la ST10 (Ilot Kié). Il faut cependant noter que dans ce cas, la variation enregistrée l'est sur une période beaucoup plus longue : entre novembre 2016 et mai 2020.

Malgré ces résultats généraux reflétant un état de santé des récifs satisfaisant globalement, **2 stations sont toujours en déclin** :

- **La ST01 (Casy)**, dont le **recouvrement en scléractiniaires est au plus bas** (0% et 0.5% pour les transects) du fait d'une prolifération d'*Acanthaster planci* en 2017 – 2018. Celle-ci est terminée, la disparition des coraux ayant entraîné aussi celle des étoiles de mer. Dans ce cas, la résilience sera difficile car le substrat est majoritairement meuble, ne permettant pas le recrutement de larves coralliennes.
- **La ST04 (Woodin) où le recouvrement en coraux scléractiniaires a fortement chuté** du fait de l'attaque des étoiles de mer corallivores (*Acanthaster planci*) de 2018 - 2019 : .il n'est plus que de 9% au transect A (- 33% par rapport à novembre 2018) et de 10% au transect B (- 22% par rapport à mai 2018).

NB : La ST02 (Creek baie nord) où une prolifération d'*Acanthaster planci* a entraîné une chute du taux de recouvrement en scléractiniaires entre avril et octobre 2019 (- 11% en A et - 17% en B) paraît stabilisée lors de cetet mission.

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 sur les 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.

Deux maladies coralliennes (hypermycose endolithique et la bande blanche) et quelques anomalies de croissance sont particulièrement recensées dans la zone d'étude depuis le début du suivi biologique en 2007.
Cependant, seule la maladie de la bande blanche (white band disease) a une influence perturbatrice dans le temps sur l'état de santé des récifs dans la zone d'étude. 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*. Ces colonies coralliennes meurent en place au fur et à mesure de la progression de la maladie (trace blanche sans polype).
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 canal Woodin.
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) sont localisés principalement dans le canal de la Havannah : ST06AB, ST07ABC, ST08B, ST10ABC, ST11AB, ST12B (cf. tableau 113).

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 octobre 2019 et mai 2020, **la richesse spécifique absolue des invertébrés (hors coraux durs) a évoluée de -5 à +6 espèces selon les transects**. L'évolution est négative en baie de Prony et pour le niveau supérieur du canal Woodin alors que les récifs exposés du canal de la Havannah ont leur diversité absolue en augmentation par rapport à la mission précédente.
Le semestre précédent, cette évolution de diversité était majoritairement négative sur les niveaux bathymétriques les plus exposés du canal de la Havannah.
Les groupes faunistiques faisant varier cette diversité sont particulièrement les organismes mobiles comme les échinodermes (astéries, échinides, holothuries) et des espèces sessiles avec peu d'adhérence au substrat (spongiaires). Ainsi l'influence des apports terrigènes, les conditions hydrodynamiques soutenues et la disponibilité en nourriture pourraient être responsables de cette distribution.

Remarque : Ce n'est pas parce que la diversité et/ou l'abondance des invertébrés (hors coraux durs) varient de manière positive entre deux missions, que les récifs n'ont pas subi de perturbation.
En effet, il faut généralement que les perturbations soient majeures (hydrodynamique et/ou sédimentaire) pour que le signal soit perceptible sur ce groupe. 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.
Par ailleurs, les mollusques et les échinodermes, toujours en recherche de nourriture, peuvent se déplacer sur

des zones récifales qui viennent d'être perturbées et où la nourriture est devenue disponible. Ainsi, des dégradations sur les récifs peuvent au contraire 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 importante. La prolifération à long terme de l'une de ces espèces peut avoir de lourdes conséquences sur l'état de santé des récifs.

En mai 2020, les espèces cibles ayant un développement pouvant nuire à l'état de santé des récifs sont :

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. Les dégradations ne sont pas négligeables en ST06AB et ST11B (> 1 m²) et dans une moindre mesure en ST09AB, ST10AB, ST11AC et ST12A (< 1 m²) (cf. tableau 113).

Lobophora. Cette algue brune est également 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. Le recouvrement est important (niveau 5) en ST02A et en ST03B.

Acanthaster planci est une étoile de mer corallivore (prédatrice de corail) (cf. § 5.4.3.2 et § 6.2.2.3.4).
Elles ne prolifèrent plus (1 spécimen par transect ST01A, ST02AB). Par contre, les proliférations observées lors des missions précédentes ont entrainé des dégradations très importantes sur les coraux en ST01, ST02, ST03 et ST04.

Les cyanobactéries apparaissent de manière épisodique mais elles ne se sont jamais développées de manière pérenne dans la zone d'étude (cf. § 6.2.2.3.1). Depuis août 2007, les stations ayant présenté ces proliférations (niveaux 4 et 5) sont ST01, ST02, ST03, ST06, ST07, ST08, ST10 et ST11.
Depuis octobre 2019, le recouvrement des cyanobactéries ne dépasse pas le niveau 2 d'abondance.

8.2.1.3 Les macrophytes

- En général

L'assemblage des espèces de macrophytes est 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).
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.
Pour rappel, la diversité des macrophytes de la mission d'avril 2019 figurait parmi les plus basses enregistrées depuis le suivi de 2007. Ces résultats s'intégraient dans la saisonnalité et faisaient également suite aux vents forts de fin d'année 2018 et début 2019 qui avaient perturbés les récifs les plus exposés.

- Les espèces cibles et envahissantes

Le recouvrement des macrophytes est particulièrement important à suivre pour les deux genres *Asparagopsis* et *Lobophora*, respectivement dans le canal de la Havannah et la baie de Prony.

Asparagopsis taxiformis est une algue rouge recensée dans le canal de la Havannah (milieux exposés aux agents hydrodynamiques). Son développement est saisonnier (très important durant la saison estivale) car elle

peut recouvrir de très grande surface récifale (surtout les stations ST06, ST07, ST08 ST09 et ST11).
→ Lors de cette dernière mission, *Asparagopsis* est toujours absente dans la baie de Prony (milieu non adapté au développement de cette algue). Elle se développe de manière très modérée dans le canal Woodin (ST04A) et dans le canal de la Havannah (abondance ≤ niveau 2). Son abondance est importante en ST09A (niveau 4) Ces résultats s'intègrent dans son développement saisonnier.

***Lobophora* sp**. est une algue brune, recensée particulièrement dans la baie de Prony (milieu calme et turbide). Son développement est plus pérenne durant l'année dans les eaux calmes où elle colonise au fur et à mesure les parties récifales affaiblies et/ou à nu (dalle, débris, base des coraux). Elle peut ainsi profiter que les coraux soient affaiblis ou perturbés par la sédimentation pour conquérir de nouvelles surfaces et avoir alors des caractéristiques d'une espèce envahissante.
→ Lors de cette dernière mission, son recouvrement est stable par rapport à la mission précédente.
Son développement reste conséquent (niveau 5) en ST02A (Creek baie nord) **et en ST03B** (Port) (cf. § 6.2.2.3.2). Ces stations sont fortement influencées par la sédimentation et la turbidité. Ces facteurs du milieu favorisent le développement de l'algue brune *Lobophora* à la défaveur des coraux scléractiniaires.

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 2020 pour les 2 ensembles suivants :
- 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 annuel de 2011 à 2020), au phénomène climatique (El Niño 2015-2016) et des perturbations 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 récifales (effondrement de colonies, blocs, débris et sable carbonaté) et/ou hyper sédimentation d'origine terrigène (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.

- 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. Les échinodermes (astéries, échinides, ophiures et holothuries) et les mollusques (gastéropodes et nudibranches) reviennent 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 sut 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 mai 2020, les perturbations récentes d'ordre mécanique sont réduites (voir négligeables).
Aucun blanchissement dû à ce facteur (petites colonies coralliennes retournées) n'a été observé lors de cette mission (cf. tableau 113).
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.

- 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 (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 et 2018 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, pour cette dernière mission, 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 mai 2020, les transects présentant des dégradations liées à la sédimentation sont ST02AB, ST03ABC et ST04A. Le blanchissement est observé seulement sur ST03ABC (cf. tableau 113). La station ST08AB (Puka) montre une amélioration particulière concernant l'état de santé des colonies coralliennes (aucun dépôt sédimentaire).
Ces dégradations se caractérisent par :
- des colonies partiellement (nécroses) ou entièrement mortes en place (même les espèces normalement résistantes à la sédimentation sont perturbées comme les colonies de *Porites*, *Cyphastrea japonica*, *Blastomussa merleti*)
- des colonies coralliennes présentant de l'hypermycose endolithique, 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 - Port (compétition spatiale importante avec les 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 mai 2020, le blanchissement corallien induit par des variations de températures, UV et/ou salinité paraît très faible et ponctuel.
Une seule espèce d'*Alveopora* en ST10 (Ilot Kié) a expulsé ses zooxanthelles. Cela ne semble pas avoir d'incidence sur sa vitalité car elle blanchi régulièrement et elle réintègre des zooxanthelles à chaque fois lors des missions d'octobre à novembre des années suivantes.

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 s'orientent, en mai 2020, sur **un état de santé « Médiocre » à « Bon ».** L'état de santé des stations avec les perturbations enregistrées pour cette mission est donné tableau 135. Le classement ne change pas par rapport à la mission précédente hormis pour ST05 (Ioro) qui monte d'un niveau.

Tableau 135 : Etat de santé des stations / perturbations enregistrées (pour cette mission)

ETAT DE SANTE	STATION	PERTURBATIONS
Médiocre	ST01 (Casy)	Présence de 1 spécimen d'*Acanthaster planci* (et anciennes proliférations) et mortalité corallienne importante
	ST02 (Creek baie nord)	Présence de 2 spécimens d'*Acanthaster planci* (et anciennes proliférations), perturbations sédimentaires, développement de *Lobophora* et mortalité corallienne importante
	ST03 (Port)	Ancienne prolifération d'*Acanthaster planci,* perturbations sédimentaires importantes et régulières, développement de *Lobophora* et mortalité corallienne importante
	ST04 (Woodin)	Prolifération d'*Acanthaster planci* et mortalité corallienne importante et perturbation sédimentaire au transect A
	ST12 (Ugo)	Ancienne prolifération *d'Acanthaster planci,* perturbations sédimentaires et mortalité corallienne importante
Moyen	ST06 (Ionontea)	Perturbations mécaniques, maladie de la bande blanche et *Drupella cornus*
	ST07 (B. Chambeyron)	Perturbations mécaniques, maladie de la bande blanche
	ST09 (Bancs Kié)	Perturbations mécaniques et *Drupella cornus* (faible)
	ST10 (Ilot Kié)	Maladie de la bande blanche, *Drupella cornus* et variations de température/salinité/UV (faible)

	ST11 (Toémo)	Maladie de la bande blanche et *Drupella cornus*
Bon	ST05 (Ioro)	Justes quelques perturbations mécaniques
	ST08 (Puka)	Maladie bande blanche (très faible)

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.

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 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 dégradations récifales en **ST01**, **ST02**, **ST03** et **ST04** sont 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).

Les proliférations de cyanobactéries ne sont jamais pérennes sur une même station, cependant, elles ont tendance à se développer de manière importante (niveau 4 à 5) en fin de saison chaude (mission du premier semestre : avril-mai) sur les stations **ST06**, **ST07** et **ST08**. Ce recouvrement important de cyanobactéries pourrait provenir de la déstabilisation du matériel corallien durant les phases dépressionnaires du début d'année puis de la mobilisation par les agents hydrodynamiques jusqu'en bas de pente récifale. Les cyanobactéries se développent principalement sur le sable carbonaté et les débris.

La résilience des récifs est déterminante dans l'évaluation de l'état de santé.
Hors, cette régénération parait être plus lente pour les stations exposées aux agents hydrodynamiques depuis que les évènements dépressionnaires sont de plus en plus fréquents. En effet, les conditions hydrodynamiques et météorologiques intenses entrainent principalement des perturbations mécaniques et de dessalure mais également sédimentaires.
Par ailleurs, les perturbations anthropiques vont exacerbées les réactions. Ainsi, cette résilience est particulièrement sinueuse et affaiblie pour deux stations (ST03 - Port et ST08 - Puka) du réseau de suivi. Ces récifs, ayant une reprise 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 stations 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) font augmenter significativement la mortalité corallienne dans ces zones et empêchentr toute résilience.

8.3 Les populations ichtyologiques

8.3.1 Résultats

Cette nouvelle mission ne présente pas de valeur ni d'événement exceptionnel.
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 136) et pour les missions (cf. tableau 137).

Qualité des stations

Lors de cette mission les stations de Ioro, Ionontea et Bancs Kié ont une meilleure note, alors que les stations de Creek baie nord, Port, Puka et Toémo ont une note en baisse (cf. tableau 136). Les autres stations sont restées stables.
Soulignons que les stations de Woodin et Basse Chambeyron, et Bancs Kié pour cette mission, ont toujours de plus des peuplements ichtyologiques exceptionnels.

En regard du peuplement de poissons, il est à noter que la station de Woodin est la plus foisonnante, elle surpasse même la station de la réserve Merlet (Ilot Kié). Les *Acanthaster* qui y étaient apparues en grand nombre en 2018 - 2019, ne prolifèrent plus. Et contrairement aux invertébrés, l'état du peuplement ichtyologique de cette station phare ne semble toujours pas en avoir été affecté, ni quantitativement, ni qualitativement de cette invasion.

Tableau 136 : Note de chaque station selon la qualité du peuplement de poissons

	ST01	ST02	ST03	ST04	ST05	ST06	ST07	ST08	ST10	ST09	ST11	ST12
	Casy	Creek	Port	Woodin	Ioro	Ionontea	Chamb.	Puka	I. Kié	B. Kié	Toémo	Ugo
2020 a	8	3	6	12	9	9	11	4	6	11	6	7
2019 b	8	4	7	12	6	8	12	5		7	9	8
2019 a	12	8	5	12	8	11	12	5		9	10	5
2018 b	11	7	6	12	5	12	11	8		6	8	4
2018 a	12	2	8	12	8	12	*ind*	7		12	9	7
2017 b	11	3	6	11	6	12	10	5		9	7	6
2017 a	9	7	6	12	6	12	11	6		7	6	8

Comparaison de la mission de mai 2020 à la moyenne des précédentes, par station

Les quatre graphiques de la figure 118 présentent station par station, l'écart relatif de la valeur de mai 2020 à la moyenne de la station sur la période du suivi (depuis 2007) :

$$\Delta = (X_{2018a} - X_{moy}) / X_{moy}$$

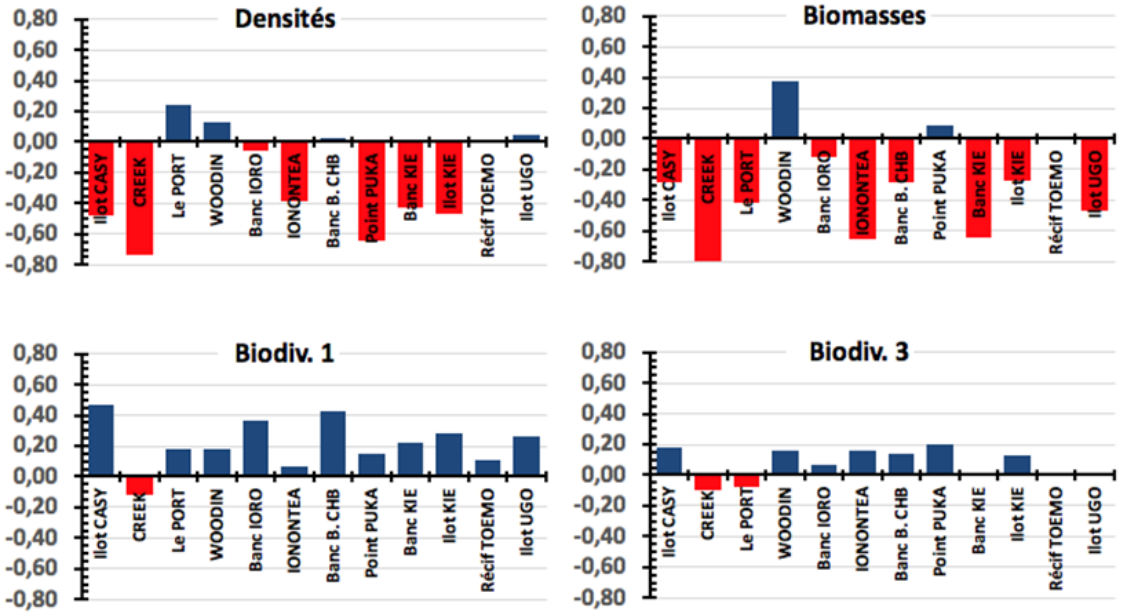


Figure 118 : Ecarts des valeurs obtenues en mai 2020 à chaque station, avec la moyenne depuis 2007 (Ichtyologie)

Comparaison de la mission de mai 2020 à la moyenne globale des stations, par mission

Les quatre graphiques de la figure 119 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) :

$$\Delta = (X_{2018\ b} - X_{moy})/\ X_{moy}$$

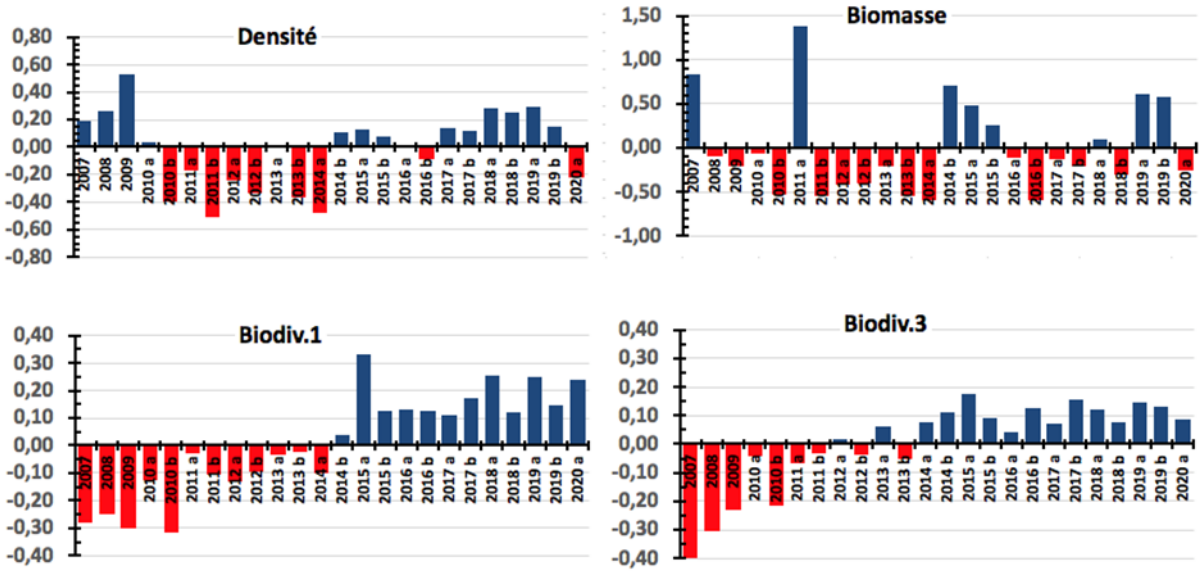


Figure 119 : Ecarts par mission des résultats ichtyologiques en mai 2020 de l'ensemble des stations, avec la moyenne depuis 2007 (Ichtyologie)

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, appréciables pour la densité et peu significative pour la biodiversité.

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 137.

Tableau 137 : Qualité du peuplement ichtyologique depuis 2007

2007	**7**	**2010 b**	**4**	**2012 b**	**7**	**2014 b**	**9**	**2016 b**	**8**	**2018 b**	**8**
2008	**6**	**2011 a**	**9**	**2013 a**	**8**	**2015 a**	**11**	**2017 a**	**8**	**2019 a**	**9**
2009	**6**	**2011 b**	**6**	**2013 b**	**8**	**2015 b**	**9**	**2017 b**	**8**	**2019 b**	**8**
2010 a	**8**	**2012 a**	**6**	**2014 a**	**8**	**2016 a**	**8**	**2018 a**	**12**	**2020 a**	**7**

Sous cet angle de vue, l'état du peuplement de poissons lors de cette mission demeure à un niveau juste bon.

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" [R33 à R36, R68], comme le suggère par exemple le Guide du Milieu Marin [R32].
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 [R31, R38, R59], est parfaitement démontré dans l'article de Kulbicki et Sarramegna (1999) [R56] 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. 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 présententent des variations naturelles très importantes et selon des rythmes impossibles à suivre.
Toutes ces remarques correspondent aux conclusions du rapport INERIS [R52].

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 137).
Les 24 notes de qualité calculées à partir des paramètres de densité, de biomasse et de biodiversité fluctuent pour 20 d'entre-elles entre 6/12 et 9/12
Trois missions ont des notes exceptionnelles (tableau 137) :

- 2010 b qui avec la note de 4/12 est à la limite du rouge
- 2015 a avec la note de 11/12 et 2018 a avec la note maximale de 12/12.

Les résultats de cette mission la place 17ème /24 exæquo avec 2007 et 2012b.

- 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.
La biodiversité, d'un point de vue qualitatif, présente sur l'ensemble des stations une composition très plastique. Un très petit nombre d'espèces sont invariablement présentes mission après mission sur une même station. Beaucoup disparaissent des inventaires pendant un ou plusieurs semestres, puis réapparaissent, ou pas, quelques missions plus tard et disparaissent à nouveau, ou pas. La stabilité quantitative apparente de la Biodiversité α, cache en réalité un ensemble très plastique.

Le peuplement est donc dynamique et instable à petite échelle de temps et stable sur le long terme.

Plus concrètement, après ces 14 années d'observations (2007-2020), 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 à 370 espèces ; et 10% d'entre elles (de $B\gamma$), soit environ 70 à 75 espèces, forment un lot ubiquiste commun à l'ensemble des stations.

Les causes des variations observées laissent une large place à la conjoncture, si bien que seule une variation durable mérite d'être prise en compte.

Aussi, malgré des variations semestrielles et annuelles quelquefois importantes mais jamais durables, le peuplement ichtyologique du sud, considéré sur la période du suivi, est stable, et les activités humaines ne l'ont, à ce jour, pas affecté.

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 :

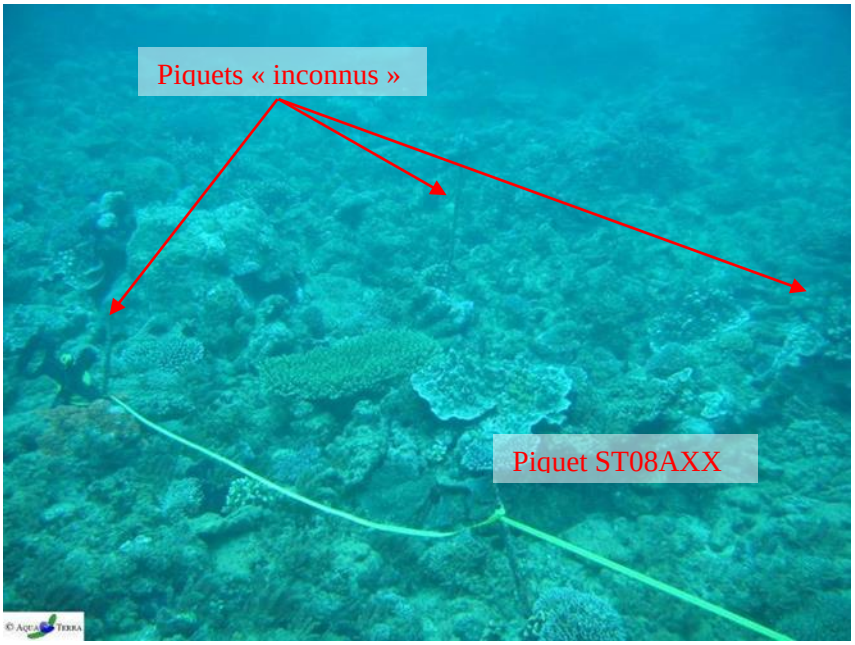
- Evaluer la variabilité naturelle des stations et d'optimiser l'effort d'échantillonnage par une étude de puissance ;
- Suivre dans le temps les effets potentiels des activités industrielles du projet Goro Nickel (Vale Nouvelle-Calédonie).

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 Vale 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 28).



Photographie 28 : 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 28 : 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 120).
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.

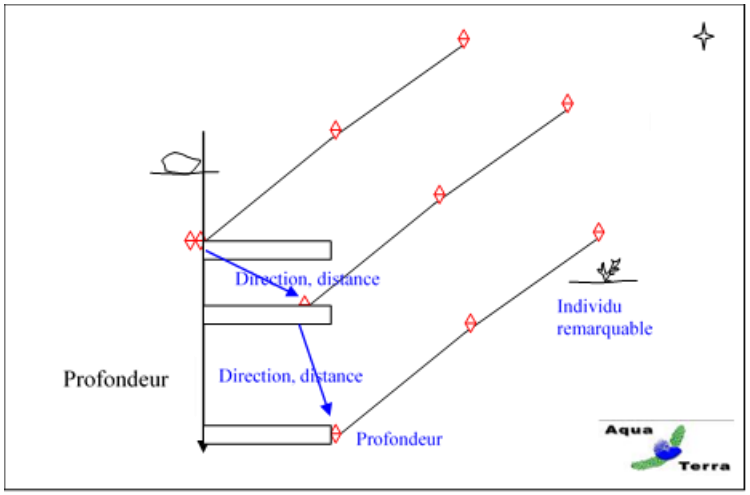


Figure 120 : Exemple de schéma descriptif d'une station

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 Vale Nouvelle-Calédonie 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, une trentaine en tout), **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 [R77]. 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.

=> 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.

- 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 de Vale Nouvelle-Calédonie de 2007 à 2016.

Cependant, au vu du coût engendré, depuis 2017 Vale NC 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 partie 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.

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 de suivi 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 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 Vale Nouvelle-Calédonie 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 mai 2020. 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

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

R30 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

R31 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

R32 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

R33 Buckland S. T., 1992. Fitting density functions with polynomials. Applied Statistics ,41, 63:76

R34 Buckland S. T., 2006. Point transect surveys for songbirds : obust methodologies. The Auk,123, (2), 345-345

R35 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

R36 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

R37 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

R38 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

R39 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

R40 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

R41 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

R42 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

R43 Fisk D., 2009. Best practice for LIT survey. Coral list Vol4 Issue 28

R44 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

R45 Geary, 1956. Test de la normalité. Ann. Inst. Poincaré 15, 35-65

R46 Glynn P.W., 1993. Coral reef bleaching: ecological perspectives. Coral Reefs, 12, 1-17

R47 Green H., 1979. Sampling design and statistical methods for environmental biologists. Wiley Interscience, Chichester, England

R48 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

R49 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

R50 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

R51 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

R52 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

R53 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

R54 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

R55 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

R56 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

R57 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

R58 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

R59 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

R60 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

R61 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

R62 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

R63 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

R64 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

R65 Richer de Forges B., Laboute P., 2004. Lagons et récifs de Nouvelle-Calédonie, 1600 espèces. Edition Catherine Ledru-IRD

R66 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

R67 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

R68 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

R69 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

R70 Veron J.E.N., 1995. Corals in space and time, the biogeography and evolution of the Scleractinia. UNSW Press, Sydney. 321p

R71 Veron J.E.N., 2000. Corals of the world. Australian Institute of Marine Science, Townsville, 1410pp

R72 Vimal, J., 2007. Physiopathologie des coraux. Thèse de Doctorat, Université Claude-Bernard, Lyon, Paris, 122p

R73 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

R74 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

R75 http://www.bom.gov.au/climate/enso/history/ln-2010-12/three-phases-of-ENSO.shtml

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

R76 http://www.fishbase.org/search.php?lang=french

www.ird.fr

http://en.wikipedia.org/wiki/Relative_species_abundance

R77 www.meteo.nc

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 [R41] pour le « Line Intersept Transect » (« life forms ») et présentées dans le tableau 138.

Tableau 138 : 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 139, car ils correspondent aux taxons indicateurs de la santé des récifs, ainsi qu'aux espèces comestibles.

Tableau 139 : 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
Blennidae	*Ecsenius*	*bicolor*	*Meicanthus*	*atrodorsalis*
Gobbidae	*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		

A n n e x e n ° 0 2

Caractéristiques terrain de la campagne d'échantillonnage de mai 2020

Tableau 140 : Rapport de plongée

Date	Heure *	Marée **	Station	Etat station / maintenance	Météo			Sous l'eau		
			Nom		soleil/pluie	vent (dir, force)	courant (dir/force), h vagues	courant (force/dir)	visibilité (m)	température (°C, Prof)
12/05/2020	11h	Début jusant	Casy	OK	Couvert 60%	S 8 nds	Clapot faible	Nul	4 à 6 m	25°C à 7,5 m
12/05/2020	14h30	Jusant	Creek baie nord	OK	Couvert 60%	S 10 nds	Clapot faible	Faible	3 m	24,8°C à 10,4 m
14/05/2020	14h30	Jusant	Port	OK	Couvert 90%	SO 5 nds	Clapot faible	Nul	0,5 à 7 m	25,1°C à 8,9 m
13/05/2020	11h10	Etal / Début jusant	Woodin	OK	Couvert 90%	SO 8 nds	Clapot faible	Moyen	9-12 m	24,7°C à 11 m
13/05/2020	15h	Jusant	Ioro	OK	Couvert 30%	SO 8 nds	Clapot faible	Nul	13 à 18 m	24,9°C à 9,5 m
14/05/2020	9h30	Flot	Ionontea	OK	Couvert 30% - 40%	SSO < 5 nds	Houle 0,5m	Moyen	18 m	24,9°C à 12,5 m
15/05/2020	12h30	Flot	Basse Chambeyron	OK	Couvert 90%	SSO 15 nds	Houle	Faible	> 20 m	24,8°C à 12,8 m
16/05/2020	15h30	Etal / Début jusant	Puka	OK	Couvert 80%	ESE 12 nds	Clapot faible	Faible	12 à 18 m	24,9°C à 6 m
15/05/2020	9h30	Début flot	Bancs Kié	OK	Couvert 60%	SSO 8 nds	Houle longue plate	Moyen à fort	18 à 20 m	24,9°C à 12 m
16/05/2020	10h45	Début flot	Ilot Kié	OK	Couvert 95%	E 5 nds	Clapot faible	Faible	> 20 m	25°C à 13,4 m
17/05/2020	9h	Jusant	Toémo	OK	Couvert 40%	E 5 nds	Forte houle	Très fort	18-20 m	24,9°C à 11,5 m
17/05/2020	12h30	Flot	Ugo	OK	Couvert 30%	E 5 nds	Clapot faible	Faible	14 à 16 m	28,8°C à 8,5 m

* en moyenne, mise à l'eau
** par rapport à l'agenda corrigé (voir tableaux suivants)

Tableau 141 : 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 142 : Agenda des marées

Canal Havanah			
Jour	Date	Heure	Hauteur
Mercredi	13/05/2020	0:12	1,13
		6:30	0,72
		11:42	1,15
		17:57	0,44
Jeudi	14/05/2020	1:10	1,36
		7:33	0,74
		12:41	1,09
		18:55	0,54
Vendredi	15/05/2020	2:15	1,32
		8:42	0,74
		14:01	1,06
		20:12	0,61
Samedi	16/05/2020	3:19	1,3
		9:49	0,7
		15:29	1,07
		21:31	0,65
Dimanche	17/05/2020	4:15	1,31
		10:46	0,64
		16:43	1,13
		22:38	0,65

Baie de Prony / Canal Woodin			
Jour	Date	Heure	Hauteur
Mardi	12/05/2020	5:02	0,58
		10:20	0,96
		16:41	0,21
		23:47	1,14
Mercredi	13/05/2020	5:56	0,6
		11:07	0,92
		17:29	0,28
Jeudi	14/05/2020	0:43	1,1
		6:58	0,61
		12:03	0,88
		18:25	0,36

A n n e x e n ° 0 3

Résultats bruts de l'échantillonnage LIT de mai 2020

Tableau 143 : 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			32,5	2,5	2	7,5		3			10,5	1,5		7,5	2	1	7,5	1	0,5	15		2	6	4	49	4		30	7	1	9,5	4,5
ACE	*Acropora* encroûtant																																
ACS	*Acropora* submassif																																
ACD	*Acropora* digité																																
ACT	*Acropora* tabulaire												4,5		8	4,5		6	2	2	3,5	0,5	4		1,5	2,5			16,5	3,5		5	
CB	Corail branchu						1		2	10	2	1	0,5	1	4,5	7	0,5	6,5	3,5	2	3		6	2	2	6	5		12	1,5		1,5	
CE	Corail encroûtant				0,5		1	2	0,5			15,5	4	1	11	5,5	6,5	4,5	3	1	5	0,5	2,5	4	6,5	11,5	14,5	5,5	9,5	18	0,5	5,5	1,5
CF	Corail foliaire			1,5	3			0,5					3																	4			0,5
CM	Corail massif			1	2,5	2	3	1				6,5	17,5		9,5	12,5	3	3	1	1	3	1,5	4,5	4,5	2,5	3,5	10	2,5	2	2	8,5	8	8,5
CS	Corail submassif		0,5						0,5			1,5	1			0,5																0,5	
CMR	*Fungia*						1,5		3							1,5					0,5					1,5	1					2,5	3
CME	*Millepora*			2	0,5				10	6,5																							
SC	Coraux mous	15	6	5,5	4,5	0,5	1	1			1				2,5				1,5		2,5	2,5	16,5	10	8			0,5	1,5	5	0,5	1,5	3,5
SP	Éponges	0,5	1		0,5	1		0,5		0,5	4,5	2	2	1,5	3	2,5	1,5	1	3	3		6		4	2,5	0,5	2	1,5	0,5		3,5	2	3
ZO	Zoanthaires																																
OT	Autres organismes									1,5	1,5												0,5		1	1			0,5		1		0,5
AA	Assemblages algales		0,5	9												9								1,5									
CA	Algue calcaire			1			1		1	1					4,0	5	9,0	8,5	4	4,5	1,5		9	9,5	7				3,5		6,5		
HA	*Halimeda*			9,5		2,5			0,5																								
MA	Macroalgues						12,5								2,5		2						4,5						0,5	10	5		
F	Algue filamenteuse																								0,5	1	1						
DCA	Corail mort avec algues	12	7,5	37	46	36,8	64,5	7	79,5	72,5	22	31	20,5	3	47,5	46,5	66,0	61,5	72,5	77	62,5	72,5	50,5	54,5	61	23	55,5	28,5	23,5	47,5	67,5	53,5	52,5
DC	Corail mort																									0,5	3						
S	Sable	72,5	84,5							8	69	32	45,5	93		2	10,5	1,5	8,5	9	3,5	16,5		4	3,5		4	61,5		1,5	6	10,5	22,5
R	Débris													0,5		1,5																	
RC	Dalle - Roche																																
SI	Vase			1	40	55,2	7	88																									
W	Eau																																
	Abiotique	72,5	84,5	1	40	55,2	7	88	0	8	69	32	45,5	93,5	0	3,5	10,5	1,5	8,5	9	3,5	16,5	0	4	3,5	0,5	7	61,5	0	1,5	6	10,5	22,5
	Biotique	27,5	15,5	99	60	44,8	93	12	100	92	31	68	54,5	6,5	100	96,5	89,5	98,5	91,5	91	96,5	83,5	100	96	96,5	99,5	93	38,5	100	98,5	94	89,5	77,5
Dont coraux scléractiniaires		1,5	0	0,5	35	8,5	4	14	3,5	9	10	2	35	32	2	40,5	33,5	11	27,5	10,5	6,5	30	2,5	19	16,5	16,5	74	34,5	8	70	36	10	32,5

Tableau 144 : 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	27,5	15	64	51,5	40,8	79	8,5	91	82	29	33	22,5	4,5	59,5	63	78,5	71	81	84,5	66,5	81	81	79,5	80	25,5	58,5	30,5	30	62,5	84	57	59,5
Coraux scléractiniaires	0	0,5	35	8,5	4	14	3,5	9	10	2	35	32	2	40,5	33,5	11	27,5	10,5	6,5	30	2,5	19	16,5	16,5	74	34,5	8	70	36	10	32,5	18
Abiotique	72,5	84,5	1	40	55,2	7	88	0	8	69	32	45,5	93,5	0	3,5	10,5	1,5	8,5	9	3,5	16,5	0	4	3,5	0,5	7	61,5	0	1,5	6	10,5	22,5

A n n e x e n ° 0 4

Résultats bruts de l'échantillonnage du benthos de mai 2020

Données brutes transmises par Biocénose Marine

Tableau 145 : 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.	/				3	2	2	2		2	-2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Lobophora*	sp.	/		3	2	5	2	3	5	3			
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	*Turbinaria*	*ornata*	DD									2		
Algues rouges	Rhodophycées	Bonnemaisonniaceae	*Asparagopsis*	*taxiformis*	DD									2		
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	*Amphiroa*	sp.	/				2	2	2	4	2			
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	*Plocamium*	sp.	/											
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	*Galaxaura*	sp.	/											
Algues rouges	Rhodophycées	Hypneaceae	*Hypnea*	sp.	/											
Algues rouges	Rhodophycées	Liagoraceae	*Trichogloea*	*requienii*	DD											
Algues rouges	Rhodophycées	Peyssonneliaceae	*Peyssonnelia*	sp.	/											
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	*Caulerpa*	sp.	/									1		
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*platyclados*	DD											
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	sp.	/											
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*spongiosum*	DD											
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	*Bornetella*	*oligospora*	DD											
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	*Neomeris*	*vanbosseae*	DD		2	-2			-2					
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	*Halimeda*	sp.	/		2(2spp)	2(2spp)	4(3spp)	2(2spp)	2(2spp)	-3	-2	2(2spp)	2	
Algues vertes	Chlorophycées	Siphonocladaceae	*Dictyosphaeria*	*verluysii*	DD											
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	*Chlorodesmis*	*fastigiata*	DD											
Algues vertes	Chlorophycées	Valoniaceae	*Ventricaria*	*ventricosa*	DD											
Ascidies	Ascidies	Ascidiidae	*Phallusia*	*julinea*	DD			-1								
Ascidies	Ascidies	Diazonidae	*Atriolum*	*robustum*	DD											
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	*molle*	DD		2	2						2	2	
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	sp. (blanche)	/				2	2				2	2	
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	sp. (rouge)	/											
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	sp. (violet)	/											
Ascidies	Ascidies	Indéterminé	Encroûtante	sp. (verte)	/											
Ascidies	Ascidies	Indéterminé	Encroûtante	sp. (violet, blanc)	/											
Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	*Citorclinum*	*laboutei*	DD											
Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	*Clavelina*	*detorta*	DD		2	2	2	2				2	2	
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*aurita*	DD		3	3	2	2	-2				2	
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*clavata*	DD											
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*cryptocarpa*	DD		3	3	2	2	2				2	
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*nigricans*	DD		4	4	3	2	2		-2	2	2	
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	sp. (blanche)	/						-2					
Bryozoaires	Cyclostomes	Tetraplariidae	*Alcyionidium*	sp.	/				2	2				2	4	4
Cnidaires	Actiniaires	Actiniidae	*Entacmaea*	*quadricolor*	DD											
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	*Discosoma*	*rhodostoma*	DD											
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	*Discosoma*	sp.	/		2						2			
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	*Heteractis*	*aurora*	DD											
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	*Heteractis*	*crispa*	DD											
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	*Heteractis*	*magnificus*	DD											
Cnidaires	Actiniaires	Thalassianthidae	*Cryptodendrum*	*adhaesivum*	DD											
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Cladiella*	sp.	/		4	3	3		2	2	2			
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*klyxum*	sp.	/											
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Lobophytum*	sp.	/											
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Rhytisma*	sp.	/											
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sarcophyton*	sp.	/		5	4	5	5	3	3	2	-2	3	2
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.	/		4	3	2	3	2	2	2		2	
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	Dendronephthya	sp.	/									2	2	
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	Nephthea	sp.	/		4	3	2		2	2	2		2	
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	Xenia	sp.	/		2	3								
Cnidaires	Alcyonaires	Nidaliidae	Chironephthya	sp.	/			1		-1						
Cnidaires	Hydrozoaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/									2	2	2
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	Indéterminé	sp.	/		-2	2		2		-2	2			
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	*Palythoa*	*tuberculosa*	DD		2	2	2	2	2			-2	2	2

Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	Zoanthus	sp.	/						2						2
Cyanobactéries	Cyanophycées	Phormidiaceae	Phormidium	sp.	/		2	1	-2	-1	2	2		2	2	
Echinodermes	Astéries	Acanthasteridae	*Acanthaster*	*solaris*	DD		1		1	1	-1	-1		-2	-2	
Echinodermes	Astéries	Echinasteridae	*Echinaster*	*varicolor*	DD					-1	1	1				
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Celerina*	*heffernani*	DD				1			-1				
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*indica*	DD		1							-1		
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*milleporrella*	DD				1							
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*monilis*	DD						1			-1		
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Gomophia*	*egyptiaca*	DD		1		-1						1	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Gomophia*	*watsoni*	DD											
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Linckia*	*multifora*	DD		2	2								-1
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Nardoa*	*gomophia*	DD		1	2	-2	-2	2	-1	-1		-1	-1
Echinodermes	Astéries	Oreasteridae	*Culcita*	*novaeguineae*	DD							-1	-1			
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/		2	2	-2	-2				3	4	4
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*savignyi*	DD		1									
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*setosum*	DD		2	-1			2	3	2		2	
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Echinometrix*	*diadema*	DD											
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinometra*	*mathaei*	DD		-1								2	
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinostrephus*	*aciculatus*	DD		2	2								
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Parasalenia*	*gratiosa*	DD				2						2	
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*flammea*	LR-lc	1										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*lecanora*	DD	1	-1									
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*palauensis*	LR-lc	1										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Bohadschia*	*argus*	LR-lc	1										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Bohadschia*	*vitiensis*	DD	1										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*atra*	LR-lc	1										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*edulis*	LR-lc	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*flavomaculata*	LR-lc	1			2	3	2	4	2			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*fuscopunctata*	LR-lc	1	2	2								
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*whitmaei*	EN	1	1									
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Thelenota*	*ananas*	EN	1										
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Thelenota*	*anax*	DD	1	-1	-1								
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiomastix*	*caryophyllata*	DD		3	2	4	4	3	3	2	2	2	
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiure*	*ind.*	/		3	2	2	3	2	3	2	3	3	3
Echinodermes	Synaptes	Synaptidae	*Euapta*	*godeffroyi*	DD					2						
Eponges	Spongiaires	Anchinoidae	*Hamigera*	*strongylata*	DD		2	2					-1	2	4	3
Eponges	Spongiaires	Ancorinidae	*Stellata*	*globostellata*	DD											
Eponges	Spongiaires	Aplysinellidae	*Pseudoceratina*	*verrucosa*	DD											
Eponges	Spongiaires	Axinellidae	*Cymbastela*	*cantharella*	DD		2	2	-1	-1			-1	1	2	1
Eponges	Spongiaires	Axinellidae	*Ptilocaulis*	*fusiformis*	DD											
Eponges	Spongiaires	Callyspongiidae	*Dactylia*	*delicata*	DD										1	
Eponges	Spongiaires	Clionaidae	*Cliona*	*jullieni*	DD		2	3	2	3	3	1	1	2	2	3
Eponges	Spongiaires	Clionaidae	*Cliona*	*orientalis*	DD		3	2	2	2	2	2	2	2	4	2
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	*Dysidea*	*arenaria*	DD										1	
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	*Dysidea*	*frondosa*	DD		2	2			2					
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	*Dysidea*	*herbacea*	DD		-2				-1				1	
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp. (grise, digité)	/		2	2								
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp. (noire)	/		3	2						2	3	2
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp. (orange)	/											
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp. (rouge)	/									2	2	
Eponges	Spongiaires	Leucettidae	*Leucetta*	*chagosensis*	DD											
Eponges	Spongiaires	Microcionidae	*Clathria*	*rugosa*	DD											
Eponges	Spongiaires	Spirastrellidae	*Spheciospongia*	*vagabunda*	DD		3	3	2	2	2	1	2	2	3	2
Mollusques	Bivalves	Arcidae	*Arca*	*ventricosa*	DD		3	2	2	2	2				2	
Mollusques	Bivalves	Gryphaeidae	*Hyotissa*	*hyotis*	DD		1		2				1		2	
Mollusques	Bivalves	Gryphaeidae	*Hyotissa*	sp.	/											
Mollusques	Bivalves	Isognomonidae	*Isognomon*	*isognomon*	DD		3	3	2	2	3	2	3	2	2	2
Mollusques	Bivalves	Mytilidae	*Septifer*	*bilocularis*	DD		2	2	2	2	2		2		2	
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Lopha*	*cristagalli*	DD										2	2
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Saccostrea*	*cucullata*	DD						2					
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Saccostrea*	sp.	/				2						2	2
Mollusques	Bivalves	Pinnidae	*Athrina*	sp.	/											
Mollusques	Bivalves	Pinnidae	*Pinna*	sp.	/		-1									
Mollusques	Bivalves	Pteridae	*Pinctada*	*margaritifera*	DD											2
Mollusques	Bivalves	Pteridae	*Pteria*	sp.	/		-2	2							2	2
Mollusques	Bivalves	Spondylidae	*Pedum*	*spondyloideum*	DD		2	2			2				2	
Mollusques	Bivalves	Spondylidae	*Spondylus*	sp.	/		2	2	2	2	2	-1	2	2	2	2
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*crocea*	LR-lc	1										

Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*maxima*	LR-cd	1			1							
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*squamosa*	LR-cd	1	1	1		1	1					
Mollusques	Gastéropodes	Bursidae	*Bursa*	sp.	/											
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*litteratus*	DD		1									
Mollusques	Gastéropodes	Coralliophillidae	*Coralliophila*	*violacea*	DD		2	2	2	2						
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Chicoreus*	*brunneus*	DD											
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Drupella*	*cornus*	DD											
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Lambis*	*lambis*	DD											
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Lambis*	*scorpius*	DD											
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Lambis*	*truncata*	DD											
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*fenestratus*	DD											
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*niloticus*	DD	1										
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*pyramis*	DD											
Mollusques	Gastéropodes	Turbinidae	*Astraea*	*rhodostoma*	DD											
Mollusques	Nudibranches	Aglagidae	*Cheilidonura*	*electra*	DD					-1						
Mollusques	Nudibranches	Aglagidae	*Cheilidonura*	*inornata*	DD					1	-1					
Mollusques	Nudibranches	Chromodoridiidae	*Chromodoris*	*kuniei*	DD										-1	
Mollusques	Nudibranches	Chromodoridiidae	*Chromodoris*	*leopardus*	DD		-1									
Mollusques	Nudibranches	Chromodoridiidae	*Chromodoris*	*reticulata*	DD											
Mollusques	Nudibranches	Chromodoridiidae	*Risbecia*	*tryoni*	DD			-1								
Mollusques	Nudibranches	Doridiidae	*Halgerda*	*johnsonorum*	DD		1									
Mollusques	Nudibranches	Doridiidae	*Halgerda*	*punctata*	DD											
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidia*	*ocellata*	DD											
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidiella*	*pustulosa*	DD		1				1					
Vers	Annélides polychètes	Serpulidae	*Spirobranchus*	*giganteus*	DD		3	3	3	3	2	-2	2	3	3	-2

Tableau 146 : 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	3		2	2		2		-2	-2	-2	-2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Lobophora*	sp.	/																2	2					2	2
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	*Turbinaria*	*ornata*	DD		2	2		-2			2					2	2		1						2	
Algues rouges	Rhodophycées	Bonnemaisonniaceae	*Asparagopsis*	*taxiformis*	DD		2			-3	-4	-3	-2	-2	-2	-4	-3	4	2	2	2			2	2	-3	2	
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	*Amphiroa*	sp.	/			2		-2								2	3	2	2	2	2		2	-2		
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	*Plocamium*	sp.	/									-2					2	2				2				
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	*Galaxaura*	sp.	/														2					2	2			
Algues rouges	Rhodophycées	Hypneaceae	*Hypnea*	sp.	/						2	2		2		2	2		2	2				2	2	2		
Algues rouges	Rhodophycées	Liagoraceae	*Trichogloea*	*requienii*	DD						-1	-2																
Algues rouges	Rhodophycées	Peyssonneliaceae	*Peyssonnelia*	sp.	/														2	-3								
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	*Caulerpa*	sp.	/														1		1			2				
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*platyclados*	DD														3	3								
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	sp.	/													2	3	3	1							
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*spongiosum*	DD														3	3								
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	*Bornetella*	*oligospora*	DD														3	3								
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	*Neomeris*	*vanbosseae*	DD		2	-2											3	2				2	2			
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	*Halimeda*	sp.	/		2(2spp)	2			2(2spp)	-2		2	2	2(2spp)	2(2spp)		2(2spp)	2	2			2	2(2spp)			
Algues vertes	Chlorophycées	Siphonocladaceae	*Dictyosphaeria*	*verluysii*	DD													4										
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	*Chlorodesmis*	*fastigiata*	DD		2	2								2			2	-2	2			2	-2	-2	2	
Algues vertes	Chlorophycées	Valoniaceae	*Ventricaria*	*ventricosa*	DD		1	1																2	2		1	2
Ascidies	Ascidies	Ascidiidae	*Phallusia*	*julinea*	DD																							
Ascidies	Ascidies	Diazonidae	*Atriolum*	*robustum*	DD														2	2								
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	*molle*	DD													2	2	3				2	2	2		
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	sp. (blanche)	/		2		2	2	2			2	2	2	2	2	3	3	2	2		2	2			
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	sp. (rouge)	/						2					2												
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	*Didemnum*	sp. (violet)	/													2	2									
Ascidies	Ascidies	Indéterminé	Encroûtante	sp. (verte)	/													3	3	2								
Ascidies	Ascidies	Indéterminé	Encroûtante	sp. (violet, blanc)	/													3	2	2								
Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	*Citorclinum*	*laboutei*	DD				1																			
Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	*Clavelina*	*detorta*	DD					2	2		2	2	2	2	2	2	2	2				2	2	2		
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*aurita*	DD		2	2		2	2	-3	2	-2	-2	2	2	2	2	2	2	2			3	2	-2	-3
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*clavata*	DD						2	2		1	2		1		2	2		2			2	2		2
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*cryptocarpa*	DD			2	2	3	3	2	4	2	2	2	3	2	3	4	3	3	2	3	3	3	2	2
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	*nigricans*	DD		2	2	3	3	4	2	4	3	2	3	3	5	4	5	2	3	2	3	3	3	2	2
Ascidies	Ascidies	Styelidae	*Polycarpa*	sp. (blanche)	/							1																
Bryozoaires	Cyclostomes	Tetraplariidae	*Alcyionidium*	sp.	/		2	3	3	2	2					2	2	2	3	3	2	3	2	2	2	2	2	2
Cnidaires	Actiniaires	Actiniidae	*Entacmaea*	*quadricolor*	DD														1									
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	*Discosoma*	*rhodostoma*	DD											2								2	3		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	2				2	3			
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*klyxum*	sp.	/													2	2	2		2						
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Lobophytum*	sp.	/											2	2	4	-2	-3		2	2	2	3	2		
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Rhytisma*	sp.	/														2	2								
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sarcophyton*	sp.	/		2		-2	3	2		2	2	1	3	2	3	4	3	2			2	4	2	3	5
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	*dura*	DD																					2	
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	*flexibilis*	DD																						
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	*Sinularia*	*leptoclados*	DD																						
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	Sinularia	sp.	/					2			2			2	2	3	3	3	2	2	2	2	3	2	2	2
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	Dendronephthya	sp.	/				1	2	2			2	2			3	4	5	1	2	2		2		2	2
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	Nephthea	sp.	/					-2	-2							2	5	4		2	2	3	3			
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	Xenia	sp.	/														3	2		2	3		2			
Cnidaires	Alcyonaires	Nidaliidae	Chironephthya	sp.	/				2										1	2								
Cnidaires	Hydrozoaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/						2	-2				2	2	2	3	3		2	2	2	2	2	2	2
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	Indéterminé	sp.	/												2						2					
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	*Palythoa*	*tuberculosa*	DD		2	2		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2		2	1	2	2	2	2	2
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	Zoanthus	sp.	/																							
Cyanobactéries	Cyanophycées	Phormidiaceae	Phormidium	sp.	/		-1	-2	-2	-1	2	1		2	2	-2		2	2	2	2	2	1	2	2		2	2
Echinodermes	Astéries	Acanthasteridae	*Acanthaster*	*solaris*	DD																							
Echinodermes	Astéries	Echinasteridae	*Echinaster*	*varicolor*	DD																							
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Celerina*	*heffernani*	DD				1		2			-1			1		1				1		1			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*indica*	DD						2	1	-2		1	1	1		2	2		1			1			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*milleporrella*	DD																							
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*monilis*	DD		1			1										1						1		
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Gomophia*	*egyptiaca*	DD						-1		-1	-1	-1	1		2			1			-1	2		1	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Gomophia*	*watsoni*	DD																					-1		
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Linckia*	*multifora*	DD		2	1		2	2	-2	2	2		2	1	-1	2	2				2	2			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Nardoa*	*gomophia*	DD		1	-1																				
Echinodermes	Astéries	Oreasteridae	*Culcita*	*novaeguineae*	DD																							
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/		2	2	1	3	2	2	3	3	3		2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*savignyi*	DD														1									
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*setosum*	DD		2	2						1	-1		1		1	1	1	2				-1	1	1
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Echinometrix*	*diadema*	DD						2			1					2	2	2	2						
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinometra*	*mathaei*	DD		2	2										2	2									
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinostrephus*	*aciculatus*	DD		2	2	2	2	2	1	2	2		2		2	2	2	2	2	2		2	2	2	2
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Parasalenia*	*gratiosa*	DD																							
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*flammea*	LR-lc	1								1														
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*lecanora*	DD	1				-1																		
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*palauensis*	LR-lc	1	1	1				-1		1	-1	-2	1		1				1					
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Bohadschia*	*argus*	LR-lc	1								1			1											
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Bohadschia*	*vitiensis*	DD	1	1																					
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*atra*	LR-lc	1					-1	1	-1	2	1							2						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*edulis*	LR-lc	1	1	2			1	-1					1				2	1	1			1		
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*flavomaculata*	LR-lc	1																						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*fuscopunctata*	LR-lc	1	1	-1				-1				-1	1											
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*whitmaei*	EN	1										1		1										
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Thelenota*	*ananas*	EN	1	1	1				-1														-1		
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Thelenota*	*anax*	DD	1	-1					-1					1											-1
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiomastix*	*caryophyllata*	DD		2	2	2							2	2							2	3	2	2	2
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiure*	*ind.*	/		2	2	2				2	2	2	2	2	2	3	3	2	2		2	3	2	2	2
Echinodermes	Synaptes	Synaptidae	*Euapta*	*godeffroyi*	DD																							
Eponges	Spongiaires	Anchinoidae	*Hamigera*	*strongylata*	DD		1	2	2		2	2		2	2			2	2	2	2	2	2		2	2	2	2
Eponges	Spongiaires	Ancorinidae	*Stellata*	*globostellata*	DD																			-2			-2	
Eponges	Spongiaires	Aplysinellidae	*Pseudoceratina*	*verrucosa*	DD																			-2				
Eponges	Spongiaires	Axinellidae	*Cymbastela*	*cantharella*	DD				1			2							2	1					2	2		
Eponges	Spongiaires	Axinellidae	*Ptilocaulis*	*fusiformis*	DD						-1																	
Eponges	Spongiaires	Callyspongiidae	*Dactylia*	*delicata*	DD																							
Eponges	Spongiaires	Clionaidae	*Cliona*	*jullieni*	DD		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	1	2	2	2	2	2	3	3
Eponges	Spongiaires	Clionaidae	*Cliona*	*orientalis*	DD		3	3	2	3	4	3	2	3	3	2	2	3	2	3	2	3	2	2	3	2	4	3
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	*Dysidea*	*arenaria*	DD															1								
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	*Dysidea*	*frondosa*	DD								-1															
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	*Dysidea*	*herbacea*	DD		-1	1					1		1	-2	-1		2		2			2	2	2	1	
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp. (grise, digité)	/																							

Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp. (noire)	/		1	2	1		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	2
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp. (orange)	/			2	2			2		2	-2				2	2			2		2	2	1	1
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp. (rouge)	/																							
Eponges	Spongiaires	Leucettidae	*Leucetta*	*chagosensis*	DD							2						-2	-2	2				1	1			
Eponges	Spongiaires	Microcionidae	*Clathria*	*rugosa*	DD		-2	2	2					2	3	2	1						2			-2		-2
Eponges	Spongiaires	Spirastrellidae	*Spheciospongia*	*vagabunda*	DD		2				2	2	2	2	-1	2	2	2	2	2	2	2			2	2	2	2
Mollusques	Bivalves	Arcidae	*Arca*	*ventricosa*	DD		-2	2							2	-2	1				2	2	2				2	2
Mollusques	Bivalves	Gryphaeidae	*Hyotissa*	*hyotis*	DD		2	2	1		1	1		2				2	2		2	2	2		2	1	2	
Mollusques	Bivalves	Gryphaeidae	*Hyotissa*	sp.	/																2	2						
Mollusques	Bivalves	Isognomonidae	*Isognomon*	*isognomon*	DD		2	2								2	2		2	2	2	2				2	2
Mollusques	Bivalves	Mytilidae	*Septifer*	*bilocularis*	DD		2	4	2	1	2			2		2	2	2	2		2	2	2		2	2	3	2
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Lopha*	*cristagalli*	DD																							
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Saccostrea*	*cucullata*	DD			2	2																2	2		
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	*Saccostrea*	sp.	/									2	2						2	3	2					
Mollusques	Bivalves	Pinnidae	*Athrina*	sp.	/																1							
Mollusques	Bivalves	Pinnidae	*Pinna*	sp.	/																							
Mollusques	Bivalves	Pteridae	*Pinctada*	*margaritifera*	DD		1																					2
Mollusques	Bivalves	Pteridae	*Pteria*	sp.	/		-2		2										2						-2		2	
Mollusques	Bivalves	Spondylidae	*Pedum*	*spondyloideum*	DD		3	4		2	2		2	2	2	2	2	2	3	2	3	3	2	3	2		3	2
Mollusques	Bivalves	Spondylidae	*Spondylus*	sp.	/		2	2	1				3	2		2	2	4	2	2	2	2	2		2	2	2	2
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*crocea*	LR-lc	1	2											2	-1									
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*maxima*	LR-cd	1	2			2			2	1		1		2	2		2	2		2	2		1	
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*squamosa*	LR-cd	1	2						1						1			1						
Mollusques	Gastéropodes	Bursidae	*Bursa*	sp.	/						1																	
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	*Conus*	*litteratus*	DD																							
Mollusques	Gastéropodes	Coralliophillidae	*Coralliophila*	*violacea*	DD		2	2		2	2		2	2		2	2	2	2	2	2	2	2		2		2	2
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Chicoreus*	*brunneus*	DD										1													
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	*Drupella*	*cornus*	DD						3							2	2		2	2		2	2		2	
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Lambis*	*lambis*	DD		1									1	-1						1					
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Lambis*	*scorpius*	DD		1							-1														
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	*Lambis*	*truncata*	DD											1												
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*fenestratus*	DD																1	1						
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*niloticus*	DD	1															1							
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*pyramis*	DD																			-1				
Mollusques	Gastéropodes	Turbinidae	*Astraea*	*rhodostoma*	DD													-1	-2		1	1		-1	-1	-2	2	
Mollusques	Nudibranches	Aglagidae	*Cheilidonura*	*electra*	DD																							
Mollusques	Nudibranches	Aglagidae	*Cheilidonura*	*inornata*	DD																1							
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Chromodoris*	*kuniei*	DD																							
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Chromodoris*	*leopardus*	DD																							
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Chromodoris*	*reticulata*	DD			2																				
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	*Risbecia*	*tryoni*	DD																						2	
Mollusques	Nudibranches	Doridae	*Halgerda*	*johnsonorum*	DD																							
Mollusques	Nudibranches	Doridae	*Halgerda*	*punctata*	DD			-1																				
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidia*	*ocellata*	DD				1																	-1	-1	
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	*Phyllidiella*	*pustulosa*	DD							1		1		1						1			1			
Vers	Annélides polychètes	Serpulidae	*Spirobranchus*	*giganteus*	DD		3	3	2	5	5	5	4	5	5	3	3	3	4	4	4	4	5	4	4	4	3	3

Tableau 147 : 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	1	1	2	2	2	2	1	2	0	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	1	1	2	1	2	2	0	0	0	0	2	1
Algues rouges	Rhodophycées	0	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	1	1	0	1	0	1	1	2	6	4	2	1	1	4	4	1	1	0
Algues vertes	Chlorophycées	3	2	3	2	2	0	0	3	1	0	5	3	0	0	2	0	0	1	1	3	2	2	9	6	4	0	0	5	4	0	2	1
Cyanobactéries	Cyanophycée	1	1	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	0	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	7	8	6	4	4	5	5	1	4	1	1	0	2	3	2	0	2	2	2	4	4	6	9	9	3	6	5	5	7	3	4	3
Cnidaires	Actiniaires	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	3	1	0	3	0	1	1	0	1	0
Cnidaires	Hydrozoaires	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1
Cnidaires	Zoanthaires	1	2	1	3	1	0	1	0	1	2	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	0	1	2	1	1	1	1	1
Echinodermes	Astéries	5	2	3	1	3	1	0	0	1	0	3	1	1	2	3	1	1	1	1	3	3	1	3	3	1	1	1	1	4	0	2	0
Echinodermes	Crinoïdes	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Echinodermes	Echinides	3	1	1	0	1	1	1	0	3	0	3	3	1	1	2	1	1	3	0	1	1	2	5	3	3	3	1	0	1	1	2	2
Echinodermes	Holothurides	3	2	2	2	2	2	2	1	1	0	5	3	0	0	1	1	0	4	1	1	5	1	1	0	1	2	2	0	0	1	0	0
Echinodermes	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	1	1	0	2	2	2	2	2
Echinodermes	Synaptes	0	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	0	0	0
Eponges	Spongiaires	8	8	3	3	4	3	3	7	10	6	5	7	7	2	5	8	5	7	6	5	5	5	8	9	6	5	6	5	9	8	7	6
Mollusques	Mollusques	11	8	8	7	8	1	4	2	9	6	12	9	6	4	6	2	5	8	4	9	6	8	10	4	16	15	8	3	9	4	12	7
Ascidies	Ascidies	5	5	5	5	2	0	0	4	6	0	3	3	4	5	7	4	4	5	5	6	6	9	11	10	4	5	2	5	7	6	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		**53**	**44**	**39**	**35**	**34**	**19**	**22**	**28**	**43**	**19**	**46**	**38**	**26**	**21**	**36**	**22**	**23**	**37**	**25**	**41**	**44**	**44**	**74**	**57**	**47**	**50**	**33**	**37**	**54**	**31**	**43**	**31**
Sous-total Invertébrés		48	40	33	30	28	15	20	21	41	19	39	33	26	21	32	20	22	34	23	36	40	38	56	45	38	46	31	27	45	30	37	28
Sous-total Algues		4	3	6	5	5	3	2	6	1	0	7	5	0	0	3	1	1	2	1	5	4	5	17	11	8	3	1	9	8	1	5	2
Sous-total Cnidaires		9	10	7	7	5	5	7	2	6	4	3	2	2	4	5	1	3	3	3	7	9	8	14	12	3	11	8	8	10	5	7	5
Sous-total Echinodermes		14	8	8	6	8	6	5	4	8	2	14	10	5	4	7	4	4	10	4	7	12	6	11	8	7	8	5	4	8	5	7	5

Tableau 148 : 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	2	2	2	1	0	1	1	2	3	0	2
Algues rouges	Rhodophycées	0	1	1	1	2	1	1	1	6	2	5	1
Algues vertes	Chlorophycées	3	3	2	3	5	2	1	3	10	4	6	2
Cyanobactéries	Cyanophycée	1	0	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1
Bryozoaires	Cyclostomes	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Cnidaires	Alcyonaires	8	6	5	4	3	3	3	4	10	7	7	4
Cnidaires	Actiniaires	1	0	1	0	2	1	0	3	3	3	1	1
Cnidaires	Hydrozoaires	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1	1
Cnidaires	Zoanthaires	2	3	2	2	1	1	1	2	1	2	1	1
Echinodermes	Astéries	5	3	3	1	4	4	2	4	5	3	4	2
Echinodermes	Crinoïdes	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Echinodermes	Echinides	3	1	1	3	3	2	3	2	5	3	1	2
Echinodermes	Holothurides	3	2	2	1	5	2	4	6	2	3	1	0
Echinodermes	Ophiurides	2	2	2	2	2	0	1	2	1	1	2	2
Echinodermes	Synaptes	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eponges	Spongiaires	8	3	4	10	9	8	8	5	10	8	9	7
Mollusques	Mollusques	12	10	9	10	17	8	11	10	11	19	9	13
Ascidies	Ascidies	5	5	2	6	5	8	6	7	11	5	7	3
Vers	Annélides polychètes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total		**56**	**44**	**38**	**50**	**62**	**45**	**45**	**54**	**82**	**68**	**58**	**45**
Sous-total Invertébrés		51	38	32	43	54	41	41	49	63	58	46	39
Sous-total Algues		4	6	5	6	8	3	3	5	18	9	11	5
Sous-total Cnidaires		11	9	8	7	6	6	4	10	15	13	10	7
Sous-total Echinodermes		14	9	8	8	15	9	11	15	14	11	9	7

Tableau 149 : Richesse spécifique du macrobenthos par site

Groupe	Sous-groupe	Prony	Woodin	Havannah
Algues brunes	Phéophycées	2	2	3
Algues rouges	Rhodophycées	1	1	6
Algues vertes	Chlorophycées	4	3	11
Cyanobactéries	Cyanophycée	1	1	1
Bryozoaires	Cyclostomes	1	1	1
Cnidaires	Alcyonaires	9	4	11
Cnidaires	Actiniaires	1	0	7
Cnidaires	Hydrozoaires	0	1	1
Cnidaires	Zoanthaires	3	2	2
Echinodermes	Astéries	9	1	6
Echinodermes	Crinoïdes	1	1	1
Echinodermes	Echinides	4	3	5
Echinodermes	Holothurides	4	1	10
Echinodermes	Ophiurides	2	2	2
Echinodermes	Synaptes	1	0	0
Eponges	Spongiaires	8	10	11
Mollusques	Mollusques	16	10	30
Ascidies	Ascidies	6	6	14
Vers	Annélides polychètes	1	1	1
Total		**74**	**50**	**123**
Sous-total Invertébrés		66	43	102
Sous-total Algues		7	6	20
Sous-total Cnidaires		13	7	21
Sous-total Echinodermes		21	8	24

Tableau 150 : 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.	/				3	2	2	2		2	-2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Lobophora*	sp.	/		3	2	5	2	3	5	3			
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	*Turbinaria*	*ornata*	DD									2		
Algues rouges	Rhodophycées	Bonnemaisonniaceae	*Asparagopsis*	*taxiformis*	DD									2		
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	*Amphiroa*	sp.	/				2	2	2	4	2			
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	*Plocamium*	sp.	/											
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	*Galaxaura*	sp.	/											
Algues rouges	Rhodophycées	Hypneaceae	*Hypnea*	sp.	/											
Algues rouges	Rhodophycées	Liagoraceae	*Trichogloea*	*requienii*	DD											
Algues rouges	Rhodophycées	Peyssonneliaceae	*Peyssonnelia*	sp.	/											
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	*Caulerpa*	sp.	/									1		
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*platyclados*	DD											
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	sp.	/											
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*spongiosum*	DD											
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	*Bornetella*	*oligospora*	DD											
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	*Neomeris*	*vanbosseae*	DD		2	-2			-2					
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	*Halimeda*	sp.	/		2(2spp)	2(2spp)	4(3spp)	2(2spp)	2(2spp)	-3	-2	2(2spp)	2	
Algues vertes	Chlorophycées	Siphonocladaceae	*Dictyosphaeria*	*verluysii*	DD											
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	*Chlorodesmis*	*fastigiata*	DD											
Algues vertes	Chlorophycées	Valoniaceae	*Ventricaria*	*ventricosa*	DD											
Echinodermes	Astéries	Acanthasteridae	*Acanthaster*	*solaris*	DD		1		1	1	-1	-1		-2	-2	
Echinodermes	Astéries	Echinasteridae	*Echinaster*	*varicolor*	DD					-1	1	1				
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Celerina*	*heffernani*	DD				1			-1				
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*indica*	DD		1							-1		
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*milleporrella*	DD				1							
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*monilis*	DD						1			-1		
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Gomophia*	*egyptiaca*	DD		1		-1						1	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Gomophia*	*watsoni*	DD											
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Linckia*	*multifora*	DD		2	2								-1
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Nardoa*	*gomophia*	DD		1	2	-2	-2	2	-1	-1		-1	-1
Echinodermes	Astéries	Oreasteridae	*Culcita*	*novaeguineae*	DD							-1	-1			
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/		2	2	-2	-2				3	4	4
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*savignyi*	DD		1									
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*setosum*	DD		2	-1			2	3	2		2	
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Echinometrix*	*diadema*	DD											
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinometra*	*mathaei*	DD		-1								2	
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinostrephus*	*aciculatus*	DD		2	2								
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Parasalenia*	*gratiosa*	DD				2						2	
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*flammea*	LR-lc	1										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*lecanora*	DD	1	-1									
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*palauensis*	LR-lc	1										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Bohadschia*	*argus*	LR-lc	1										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Bohadschia*	*vitiensis*	DD	1										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*atra*	LR-lc	1										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*edulis*	LR-lc	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*flavomaculata*	LR-lc	1			2	3	2	4	2			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*fuscopunctata*	LR-lc	1	2	2								
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*whitmaei*	EN	1	1									
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Thelenota*	*ananas*	EN	1										
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Thelenota*	*anax*	DD	1	-1	-1								
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiomastix*	*caryophyllata*	DD		3	2	4	4	3	3	2	2	2	
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiure*	*ind.*	/		3	2	2	3	2	3	2	3	3	3
Echinodermes	Synaptes	Synaptidae	*Euapta*	*godeffroyi*	DD					2						
Eponges	Spongiaires	Clionaidae	*Cliona*	*jullieni*	DD		2	3	2	3	3	1	1	2	2	3
Eponges	Spongiaires	Clionaidae	*Cliona*	*orientalis*	DD		3	2	2	2	2	2	2	2	4	2
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*crocea*	LR-lc	1										
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*maxima*	LR-cd	1			1							
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*squamosa*	LR-cd	1	1	1		1	1					
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*fenestratus*	DD											
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*niloticus*	DD	1										
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*pyramis*	DD											

Tableau 151 : 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	3		2	2		2		-2	-2	-2	-2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	*Lobophora*	sp.	/																2	2					2	2
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	*Turbinaria*	*ornata*	DD		2	2		-2			2					2	2		1						2	
Algues rouges	Rhodophycées	Bonnemaisonniaceae	*Asparagopsis*	*taxiformis*	DD		2			-3	-4	-3	-2	-2	-2	-4	-3	4	2	2	2			2	2	-3	2	
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	*Amphiroa*	sp.	/			2		-2								2	3	2	2	2	2		2	-2		
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	*Plocamium*	sp.	/									-2					2	2				2				
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	*Galaxaura*	sp.	/														2					2	2			
Algues rouges	Rhodophycées	Hypneaceae	*Hypnea*	sp.	/						2	2		2		2	2		2	2				2	2	2		
Algues rouges	Rhodophycées	Liagoraceae	*Trichogloea*	*requienii*	DD						-1	-2																
Algues rouges	Rhodophycées	Peyssonneliaceae	*Peyssonnelia*	sp.	/														2	-3								
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	*Caulerpa*	sp.	/														1		1			2				
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*platyclados*	DD														3	3								
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	sp.	/													2	3	3	1							
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	*Codium*	*spongiosum*	DD														3	3								
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	*Bornetella*	*oligospora*	DD														3	3								
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	*Neomeris*	*vanbosseae*	DD		2	-2											3	2				2	2			
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	*Halimeda*	sp.	/		2(2spp)	2			2(2spp)	-2		2	2	2(2spp)	2(2spp)		2(2spp)	2	2			2	2(2spp)			
Algues vertes	Chlorophycées	Siphonocladaceae	*Dictyosphaeria*	*verluysii*	DD													4										
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	*Chlorodesmis*	*fastigiata*	DD		2	2								2			2	-2	2			2	-2	-2	2	
Algues vertes	Chlorophycées	Valoniaceae	*Ventricaria*	*ventricosa*	DD		1	1																2	2		1	2
Echinodermes	Astéries	Acanthasteridae	*Acanthaster*	*solaris*	DD																							
Echinodermes	Astéries	Echinasteridae	*Echinaster*	*varicolor*	DD																							
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Celerina*	*heffernani*	DD				1		2			-1			1		1				1		1			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*indica*	DD						2	1	-2		1	1	1		2	2		1			1			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*milleporrella*	DD																							
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Fromia*	*monilis*	DD		1			1										1							1	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Gomophia*	*egyptiaca*	DD						-1		-1	-1	-1	1		2			1			-1	2		1	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Gomophia*	*watsoni*	DD																					-1		
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Linckia*	*multifora*	DD		2	1		2	2	-2	2	2		2	1	-1	2	2				2	2			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	*Nardoa*	*gomophia*	DD		1	-1																				
Echinodermes	Astéries	Oreasteridae	*Culcita*	*novaeguineae*	DD																							
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/		2	2	1	3	2	2	3	3	3		2	3	3	3	3	3	2	2	2	2	3	3
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*savignyi*	DD														1									
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Diadema*	*setosum*	DD		2	2						1	-1		1		1	1	1	2				-1	1	1
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	*Echinometrix*	*diadema*	DD						2			1					2	2	2	2						
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinometra*	*mathaei*	DD		2	2										2	2									
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Echinostrephus*	*aciculatus*	DD		2	2	2	2	2	1	2	2		2		2	2	2	2	2	2		2	2	2	2
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	*Parasalenia*	*gratiosa*	DD																							
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*flammea*	LR-lc	1								1														
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*lecanora*	DD	1				-1																		
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Actinopyga*	*palauensis*	LR-lc	1	1	1				-1		1	-1	-2	1		1				1					
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Bohadschia*	*argus*	LR-lc	1								1			1											
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Bohadschia*	*vitiensis*	DD	1	1																					
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*atra*	LR-lc	1					-1	1	-1	2	1							2						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*edulis*	LR-lc	1	1	2			1	-1					1				2	1	1			1		
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*flavomaculata*	LR-lc	1																						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*fuscopunctata*	LR-lc	1	1	-1				-1				-1	1											
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	*Holothuria*	*whitmaei*	EN	1										1		1										
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Thelenota*	*ananas*	EN	1	1	1				-1														-1		
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	*Thelenota*	*anax*	DD	1	-1					-1					1											-1
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiomastix*	*caryophyllata*	DD		2	2	2							2	2							2	3	2	2	2
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	*Ophiure*	*ind.*	/		2	2	2				2	2	2	2	2	2	3	3	2	2		2	3	2	2	2
Echinodermes	Synaptes	Synaptidae	*Euapta*	*godeffroyi*	DD																							
Eponges	Spongiaires	Clionaidae	*Cliona*	*jullieni*	DD		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	1	2	2	2	2	2	3	3
Eponges	Spongiaires	Clionaidae	*Cliona*	*orientalis*	DD		3	3	2	3	4	3	2	3	3	2	2	3	2	3	2	3	2	2	3	2	4	3
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*crocea*	LR-lc	1	2											2	-1									
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*maxima*	LR-cd	1	2			2			2	1		1		2	2		2	2		2	2		1	
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	*Tridacna*	*squamosa*	LR-cd	1	2						1						1			1						
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*fenestratus*	DD																1	1						
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*niloticus*	DD	1															1							
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	*Tectus*	*pyramis*	DD																			-1				

A n n e x e n ° 0 5

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 121 illustre le classement des catégories employées selon le risque d'extinction qui pèse sur les espèces. Les définitions de chaque catégorie sont données tableau 152.

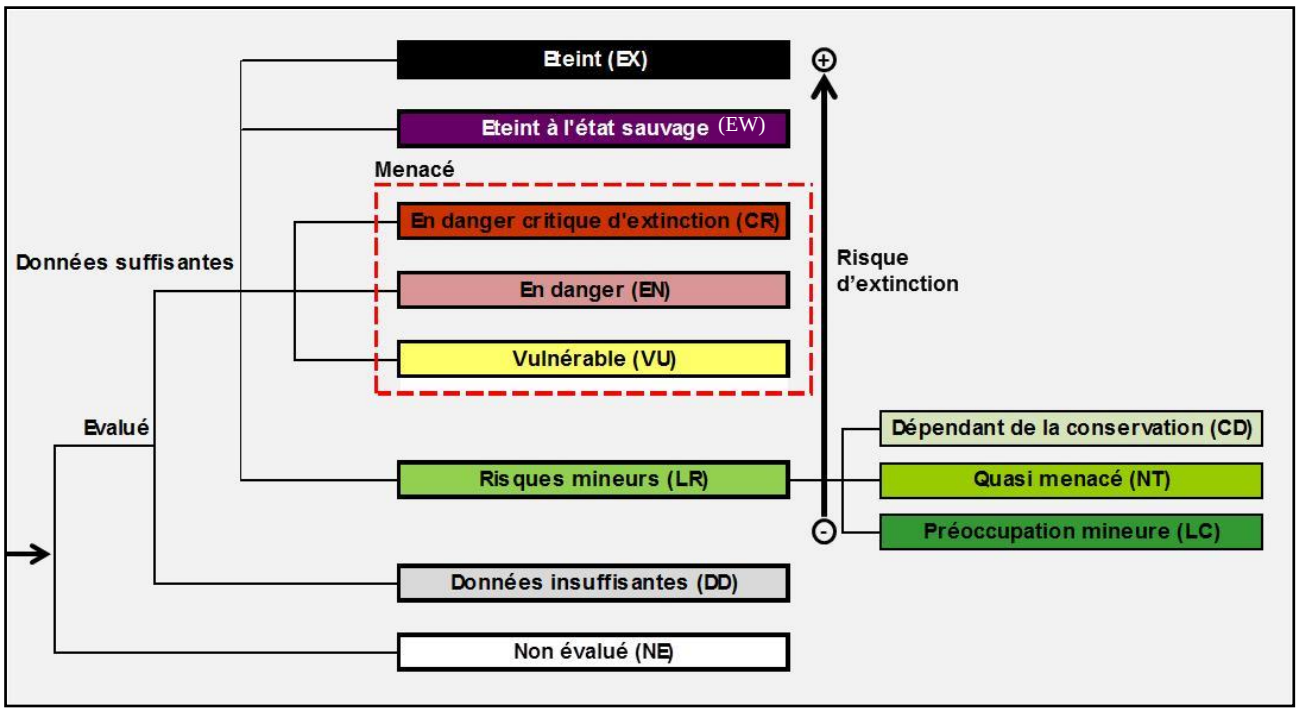


Figure 121 : Classification de la liste rouge UICN

Tableau 152 : 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

