

Bureau d'études en environnement

Aqua



Terra



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

Mission octobre 2019

© AQUA TERRA 10/2019, ST11, *Phyllidia ocellata* sur éponges

© AQUA TERRA

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 041-19_Ver01
Référence du contrat		PO n°L06374 / 0001 du 01/01/18
Numéro de l'affaire		041-19
Client		Vale Nouvelle-Calédonie
Commune		Mont Dore
Coordonnées (WGS 84 UTM58)	X	696 000
	Y	7 528 000
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	Décembre – Février 2020
	Experts partenaires	Rapport remis (format électronique) : version préliminaire (draft) pour relecture du fond	
	VALE NC	Rapport remis au Client (format électronique) : version préliminaire (draft) pour relecture de la forme	Février 2020
01	VALE NC	Rapport remis au Client (format électronique)	03/03/2020
01	VALE NC	Rapport final remis au Client (1 CDRom)	06/03/2020

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 041-19_V00	Février 2020	AQUA TERRA	Vale NC	27/02/2020
Rap 041-19_V01	03/03/2020	AQUA TERRA	Vale NC	06/03/2020



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



E q u i p e d e t r a v a i l

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
TAB LE DES MATIERES	4
LISTE DES CARTES	7
LISTE DES FIGURES	7
LISTE DES PHOTOGRAPHIES	10
LISTE DES TABLEAUX	10
1 PREAMBULE	14
2 OBJECTIF DE L'ETUDE.....	15
3 METHODOLOGIE	16
3.1 ZONE D'ETUDE.....	16
3.1.1 Contexte général	16
3.1.2 Présentation des stations.....	16
3.1.2.1 Les stations	16
3.1.2.2 Les transects.....	18
3.2 LES TRAVAUX D'ECHANTILLONNAGE	19
3.2.1 Vérification des stations.....	19
3.2.1.1 Positionnement.....	19
3.2.1.2 Matérialisation.....	19
3.2.1.2.1 Organisation « matérielle »	19
3.2.1.2.2 Organisation « temporelle »	20
3.2.2 Protocole pour l'étude du substrat.....	20
3.2.3 Protocole pour l'étude du benthos	21
3.2.4 Protocole pour l'étude des poissons.....	23
3.3 PERIODE D'ECHANTILLONNAGE.....	24
3.4 LE TRAITEMENT DES DONNEES.....	26
3.4.1 Pour le substrat	26
3.4.2 Pour le benthos.....	26
3.4.3 Pour les poissons.....	29
4 RESULTATS BRUTS PAR STATION.....	33
4.1 STATION 01 = CASY	33
4.1.1 Le substrat (ST01)	37
4.1.2 Le benthos (ST01).....	38
4.1.2.1 Benthos Transect 01 A.....	39
4.1.2.2 Benthos Transect 01 B	40
4.1.3 Les poissons (ST01).....	41
4.2 STATION 02 = CREEK BAIE NORD	47
4.2.1 Le substrat (ST02)	51
4.2.2 Le benthos (ST02).....	52
4.2.2.1 Benthos Transect 02 A.....	53
4.2.2.2 Benthos Transect 02 B	54
4.2.3 Les poissons (ST02).....	55
4.3 STATION 03 = PORT.....	60
4.3.1 Le substrat (ST03)	65
4.3.2 Le benthos (ST03).....	66
4.3.2.1 Benthos Transect 03 A.....	66
4.3.2.2 Benthos Transect 03 B	67
4.3.2.3 Benthos Transect 03 C.....	68
4.3.3 Les poissons (ST03).....	69
4.4 STATION 04 = WOODIN	74
4.4.1 Le substrat (ST04)	78
4.4.2 Le benthos (ST04).....	79
4.4.2.1 Benthos Transect 04 A.....	79
4.4.2.2 Benthos Transect 04 B	80
4.4.2.3 Benthos Transect 04 C.....	81
4.4.3 Les poissons (ST04).....	82
4.5 STATION 05 = RECIF IORO.....	89
4.5.1 Le substrat (ST05)	92
4.5.2 Le benthos (ST05).....	93
4.5.2.1 Benthos Transect 05 A.....	93
4.5.2.2 Benthos Transect 05 B	94
4.5.2.3 Benthos Transect 05 C.....	95

4.5.3	Les poissons (ST05).....	96
4.6	STATION 06 = BANC IONONTEA	102
4.6.1	Le substrat (ST06)	106
4.6.2	Le benthos (ST06).....	107
4.6.2.1	Benthos Transect 06 A	108
4.6.2.2	Benthos Transect 06 B	109
4.6.2.3	Benthos Transect 06 C	110
4.6.3	Les poissons (ST06).....	111
4.7	STATION 07 = BASSE CHAMBEYRON	118
4.7.1	Le substrat (ST07)	122
4.7.2	Le benthos (ST07).....	123
4.7.2.1	Benthos Transect 07 A	124
4.7.2.2	Benthos Transect 07 B	125
4.7.2.3	Benthos Transect 07 C	126
4.7.3	Les poissons (ST07).....	127
4.8	STATION 08 = POINTE PUKA	134
4.8.1	Le substrat (ST08)	138
4.8.2	Le benthos (ST08).....	139
4.8.2.1	Benthos Transect 08 A	140
4.8.2.2	Benthos Transect 08 B	141
4.8.3	Les poissons (ST08).....	142
4.9	STATION 09 = BANCS KIE	148
4.9.1	Le substrat (ST09)	152
4.9.2	Le benthos (ST09).....	153
4.9.2.1	Benthos Transect 09 A	154
4.9.2.2	Benthos Transect 09 B	155
4.9.2.3	Benthos Transect 09 C	156
4.9.3	Les poissons (ST09).....	157
4.10	STATION 11 = RECIF TOEMO	163
4.10.1	Le substrat (ST11).....	167
4.10.2	Le benthos (ST11)	168
4.10.2.1	Benthos Transect 11 A	169
4.10.2.2	Benthos Transect 11 B	170
4.10.2.3	Benthos Transect 11 C	171
4.10.3	Les poissons (ST11)	172
4.11	STATION 12 = ILOT UGO	179
4.11.1	Le substrat (ST12).....	183
4.11.2	Le benthos (ST12)	184
4.11.2.1	Benthos Transect 12 A	185
4.11.2.2	Benthos Transect 12 B	186
4.11.3	Les poissons (ST12)	187
5	RESULTATS GENERAUX / SYNTHESE	193
5.1	SUBSTRAT.....	193
5.2	BENTHOS	194
5.2.1	Biodiversité du benthos : généralités	194
5.2.1.1	Les contraintes en termes de potentiel « indicateur » et « réactivité ».....	194
5.2.1.2	Les contraintes naturelles de la zone d'étude	195
5.2.1.3	Les contraintes anthropiques de la zone d'étude	196
5.2.2	Répartition des 4 groupes biotiques par transect.....	196
5.2.3	Composition spécifique par site	197
5.2.3.1	Assemblage spécifique du benthos dans le canal de la Havannah.....	198
5.2.3.2	Assemblage spécifique du benthos dans le canal Woodin	198
5.2.3.3	Assemblage spécifique du benthos dans la baie de Prony.....	199
5.2.4	Répartition spatiale de la diversité benthique	200
5.2.4.1	La biodiversité des invertébrés.....	200
5.2.4.2	La biodiversité des macrophytes.....	200
5.3	ICHTYOLOGIE	203
5.4	ESPECES EXOGENES / ESPECES INVASIVES / ENVAHISSANTES.....	205
5.4.1	Définitions	205
5.4.2	Espèces exogènes / invasives.....	205
5.4.3	Espèces envahissantes.....	206
5.4.3.1	Acanthaster planci.....	206
5.4.3.2	Les algues.....	206
5.4.3.2.1	Asparagopsis taxiformis.....	207

5.4.3.2.2	Lobophora variegata.....	208
6	COMPARAISON AVEC LES DONNEES HISTORIQUES	212
6.1	SUBSTRAT.....	212
6.2	BENTHOS	214
6.2.1	Variation de la biodiversité α dans le temps.....	214
6.2.1.1	Pour les invertébrés, généralités.....	215
6.2.1.2	Pour les invertébrés, depuis la dernière mission	215
6.2.1.3	Pour les invertébrés, depuis le début.....	216
6.2.1.3.1	Analyse par Anovar.....	217
6.2.1.3.2	Analyse par le test de Friedman	219
6.2.1.4	Pour les macrophytes, généralités.....	220
6.2.1.5	Pour les macrophytes, depuis le début	221
6.2.1.5.1	Analyse par Anovar.....	222
6.2.1.5.2	Analyse par le test de Friedman	224
6.2.2	Indicateurs de l'état de santé des récifs de la zone d'étude	226
6.2.2.1	Le blanchissement des coraux.....	226
6.2.2.2	Les maladies et les lésions coralliennes.....	228
6.2.2.2.1	Les maladies ou lésions les plus fréquemment rencontrées dans la zone d'étude	229
6.2.2.2.2	Les lésions rencontrées de manière épisodique dans la zone d'étude.....	233
6.2.2.3	Les principales espèces concurrentes	233
6.2.3	Evolution globale des stations par rapport à la mission précédente.....	239
6.3	ICHTHYOLOGIE	249
6.3.1	Test paramétrique par analyse des variances (ANOVAR)	249
6.3.1.1	Variance temporelle : comparaison entre les missions.....	250
6.3.1.1.1	En baie de Prony	250
6.3.1.1.2	Dans le canal de la Havannah / Woodin.....	251
6.3.1.2	Variance spatiale : comparaison entre les stations	257
6.3.1.2.1	En baie de Prony	257
6.3.1.2.2	Dans le canal de la Havannah / Woodin.....	258
6.3.1.3	Les structures de peuplement – Présence / absence des espèces.....	259
6.3.2	Test non paramétrique.....	261
6.3.3	Indice Annuel par Station (IAS) et Indice Global de mission (IGm)	263
6.3.4	Résumé	264
6.3.4.1	Synopsis des résultats par station	264
6.3.4.2	Synopsis des résultats par mission	264
6.3.4.3	Le peuplement de poissons.....	265
7	SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	267
7.1	SYNTHESE DES EVENEMENTS CLIMATOLOGIQUES SUR LA PERIODE D'ETUDE	268
7.1.1	Les événements météorologiques marquants par année	268
7.1.1.1	2011	268
7.1.1.2	2013	269
7.1.1.3	2015	269
7.1.1.4	2016	271
7.1.1.5	2017	273
7.1.1.1	2018	274
7.1.1.2	2019	275
7.1.2	Le phénomène ENSO.....	275
7.1.2.1	Généralités.....	275
7.1.2.2	El Niño	277
7.1.2.3	La Niña.....	278
7.2	CONTEXTE REGLEMENTAIRE	278
7.2.1	Liste rouge UICN	278
7.2.2	Code de l'Environnement de la Province Sud.....	280
7.2.2.1	Ecosystèmes patrimoniaux.....	280
7.2.2.2	Espèces endémiques, rares ou menacées	281
7.2.2.3	Espèces protégées	283
7.2.2.4	Espèces exotiques envahissantes.....	283
8	CONCLUSION	284
8.1	LE SUBSTRAT	284
8.2	LES COMMUNAUTES BENTHIQUES	285
8.2.1	Etat général.....	285
8.2.1.1	Les coraux.....	285
8.2.1.2	Les invertébrés	285
8.2.1.3	Les macrophytes	286
8.2.1.4	Les espèces exogènes.....	287

8.2.2	Les perturbations.....	287
8.2.3	Synthèse.....	290
8.3	LES POPULATIONS ICTHYOLOGIQUES.....	291
8.3.1	Résultats	291
8.3.2	Discussion	293
8.3.3	Conclusion.....	294
9	DISCUSSION	295
9.1	AMELIORATIONS PROPRES A CE SUIVI.....	295
9.2	AMELIORATIONS AU CAHIER DES CHARGES	296
9.3	SUGGESTIONS AU NIVEAU PROVINCIAL OU TERRITORIAL.....	299
9.4	SUGGESTIONS AU NIVEAU DES ACTIVITES ANTHROPIQUES	300
10	SOURCES	301
A N N E X E S		311
ANNEXE N°01		312
METHODOLOGIE GENERALE D'ECHANTILLONNAGE DES COMMUNAUTES RECIFALES		312
ANNEXE N°02		315
CARACTERISTIQUES TERRAIN DE LA CAMPAGNE D'ECHANTILLONNAGE DE OCTOBRE 2019		315
ANNEXE N°03		316
RESULTATS BRUTS DE L'ECHANTILLONNAGE LIT DE OCTOBRE 2019		316
ANNEXE N°04		317
RESULTATS BRUTS DE L'ECHANTILLONNAGE DU BENTHOS DE OCTOBRE 2019		317
ANNEXE N°05		324
NOMENCLATURE UICN		324

Liste des Cartes

Carte 01 : Localisation des stations sur carte topographique (source DITTT).....	16
Carte 02 : Localisation des stations sur photographie aérienne (source Google Earth)	17
Carte 03 : Localisation de la station 01 (Casy).....	35
Carte 04 : Localisation de la station 02 (Creek baie nord)	49
Carte 05 : Localisation de la station 03 (Port).....	63
Carte 06 : Localisation de la station 04 (Woodin).....	76
Carte 07 : Localisation de la station 05 (Ioro)	90
Carte 08 : Localisation de la station 06 (Ionontea).....	104
Carte 09 : Localisation de la station 07 (Basse Chambeyron)	120
Carte 10 : Localisation de la station 08 (Pointe Puka)	136
Carte 11 : Localisation de la station 09 (Bancs Kié).....	150
Carte 12 : Localisation de la station 11 (Toémo)	165
Carte 13 : Localisation de la station 12 (Ilot Ugo).....	181
Carte 14 : Résultats généraux : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station de la baie de Prony – canal Woodin	210
Carte 15 : Résultats généraux : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station pour le canal de la Havannah	211

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.....	37
Figure 05 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01B.....	37
Figure 06 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST01)	38
Figure 07 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST01)	43
Figure 08 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01).....	46
Figure 09 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01)	46

Figure 10 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02A.....	51
Figure 11 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02B.....	51
Figure 12 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST02).....	52
Figure 13 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST02).....	56
Figure 14 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02).....	59
Figure 15 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02).....	59
Figure 16 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03A.....	65
Figure 17 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03B.....	65
Figure 18 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C.....	65
Figure 19 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST03).....	66
Figure 20 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST03).....	71
Figure 21 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03).....	73
Figure 22 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03).....	73
Figure 23 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04A.....	78
Figure 24 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04B.....	78
Figure 25 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04C.....	78
Figure 26 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST04).....	79
Figure 27 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST04).....	85
Figure 28 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04).....	88
Figure 29 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04).....	88
Figure 30 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05A.....	92
Figure 31 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05B.....	92
Figure 32 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05C.....	92
Figure 33 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST05).....	93
Figure 34 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST05).....	99
Figure 35 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05).....	101
Figure 36 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05).....	101
Figure 37 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06A.....	106
Figure 38 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06B.....	106
Figure 39 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06C.....	106
Figure 40 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST06).....	107
Figure 41 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST06).....	114
Figure 42 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06).....	117
Figure 43 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06).....	117
Figure 44 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07A.....	122
Figure 45 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07B.....	122
Figure 46 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07C.....	122
Figure 47 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST07).....	123
Figure 48 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST07).....	130
Figure 49 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07).....	133
Figure 50 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07).....	133
Figure 51 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08A.....	138
Figure 52 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08B.....	138
Figure 53 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST08).....	139
Figure 54 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST08).....	144
Figure 55 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08).....	147
Figure 56 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08).....	147
Figure 57 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09A.....	152
Figure 58 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09B.....	152
Figure 59 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09C.....	152
Figure 60 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST09).....	153

durs) (ST09)	153
Figure 61 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST09).....	160
Figure 62 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09).....	162
Figure 63 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09)	162
Figure 64 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11A.....	167
Figure 65 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11B.....	167
Figure 66 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11C.....	167
Figure 67 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST11)	168
Figure 68 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST11).....	175
Figure 69 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11).....	178
Figure 70 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11)	178
Figure 71 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12A.....	183
Figure 72 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12B.....	183
Figure 73 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST12)	184
Figure 74 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST12)	189
Figure 75 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12).....	192
Figure 76 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12)	192
Figure 77 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat partie biotique/abiotique	193
Figure 78 : Richesse taxonomique du benthos dans 2 groupes clés	197
Figure 79 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal de la Havannah	198
Figure 80 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal Woodin	199
Figure 81 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour la baie de Prony.....	199
Figure 82 : Assemblage des invertébrés (hors coraux durs) et des macrophytes par groupe pour les trois sites.....	201
Figure 83 : Richesse spécifique des biocénoses* benthiques selon les groupes par station	201
Figure 84 : Richesse spécifique des biocénoses* benthiques selon les groupes par transect	202
Figure 85 : Richesse spécifique de l'ichtyofaune par station	204
Figure 86 : Densité (nb ind/m ²) de l'ichtyofaune par station	204
Figure 87 : Biomasse (g/m ²) de l'ichtyofaune par station	204
Figure 88 : Abondance semi quantitative (1 à 5) d' <i>Asparagopsis taxiformis</i> et de <i>Lobophora variegata</i> entre septembre 2013 et octobre 2019	207
Figure 89 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010.....	218
Figure 90 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des macrophytes depuis 2010	223
Figure 91 : Abondance semi-quantitative (1 à 5) des principales espèces cibles depuis septembre 2013.....	234
Figure 92 : Comparaison du recouvrement de corail blanchi, par transect, depuis 2012	240
Figure 93 : Comparaison des richesses spécifiques (invertébrés, hors coraux durs), par transect, depuis 2010.....	241
Figure 94 : Comparaison des richesses spécifiques (macrophytes), par transect, depuis 2010	241
Figure 95 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par campagne et station (baie de Prony).....	251
Figure 96 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par campagne et station (canal de la Havannah / Woodin)	252
Figure 97 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par station et campagne (baie de Prony).....	257
Figure 98 : Evolution de la moyenne des paramètres ichtyologiques depuis 2007, par station et campagne (canal de la Havannah / Woodin)	258
Figure 99 : Représentation de la variabilité des peuplements ichtyologiques des stations.....	260
Figure 100 : Positionnement de chaque station par rapport à la moyenne.....	264
Figure 101 : Positionnement de chaque mission par rapport à la moyenne	265
Figure 102 : Météorologie dans la zone d'étude durant le mois de mars 2015	271
Figure 103 : Trajectoire du cyclone Winston entre le 22 et le 26 février 2016.....	272
Figure 104 : Cartes des anomalies de température de surface de la mer dans le Pacifique, début 2016.....	273

Figure 105 : Trajectoire des cyclones Cook et Donna (début 2017).....	274
Figure 106 : Variation de l'anomalie de la température moyenne de la surface de la mer 1980-2016.....	277
Figure 107 : Anomalies de températures de surface de la mer (9 et le 15 novembre 2017)	278
Figure 108 : Ecart des valeurs obtenues en octobre 2019 à chaque station, avec la moyenne depuis 2007 (Ichtyologie).....	292
Figure 109 : Ecart par mission des résultats ichthyologiques en octobre 2019 de l'ensemble des stations, avec la moyenne depuis 2007 (Ichtyologie).....	292
Figure 110 : Exemple de schéma descriptif d'une station	296
Figure 111 : Classification de la liste rouge UICN.....	324

Liste des Photographies

Photographie 01 : Différents stades de travail in situ	25
Photographie 02 : Position en surface par rapport à la pointe sud de l'îlot (ST01)	35
Photographie 03 : Vue d'ensemble des transects (ST01).....	36
Photographie 04 : Position en surface par rapport à la côte (ST02)	49
Photographie 05 : Vue d'ensemble des transects (ST02).....	50
Photographie 06 : Vue aérienne : emplacement par rapport aux structures portuaires (ST03)	62
Photographie 07 : Position en surface par rapport aux structures portuaires (ST03).....	63
Photographie 08 : Vue d'ensemble des transects (ST03).....	64
Photographie 09 : Position en surface par rapport à la côte (ST04)	76
Photographie 10 : Vue d'ensemble des transects (ST04).....	77
Photographie 11 : Position en surface par rapport au feu signal (ST05).....	90
Photographie 12 : Vue d'ensemble des transects (ST05).....	91
Photographie 13 : Position en surface (ST06).....	104
Photographie 14 : Vue d'ensemble des transects (ST06).....	105
Photographie 15 : Position en surface (ST07).....	120
Photographie 16 : Vue d'ensemble des transects (ST07).....	121
Photographie 17 : Position en surface par rapport à la côte (ST08)	136
Photographie 18 : Vue d'ensemble des transects (ST08).....	137
Photographie 19 : Position en surface (ST09).....	150
Photographie 20 : Vue d'ensemble des transects (ST09).....	151
Photographie 21 : Position en surface par rapport à la côte (ST11)	165
Photographie 22 : Vue d'ensemble des transects (ST11).....	166
Photographie 23 : Position en surface par rapport à la côte (ST12)	181
Photographie 24 : Vue d'ensemble des transects (ST12).....	182
Photographie 25 : Evolution du blanchissement corallien : colonie témoin du transect A de la ST04 (Woodin). 232	
Photographie 26 : Station 08 : fin de transect A : 3 autres piquets formant un quadrat.....	295

Liste des Tableaux

Tableau 01 : Coordonnées des stations d'échantillonnage	17
Tableau 02 : Caractéristiques des transects selon les stations.....	18
Tableau 03 : Indices semi-quantitatifs d'abondance – cas classique	22
Tableau 04 : Indices semi-quantitatifs d'abondance – présence de grandes colonies (plusieurs m ²).....	22
Tableau 05 : Degré de blanchissement pour une espèce (/ 100 m ²)	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	27
Tableau 09 : Lexique des abréviations des familles.....	29
Tableau 10 : Exemple de calcul pour « poisson »	30
Tableau 11 : Clé de calcul des Indices ichthyologiques	32
Tableau 12 : Clé de cotation des Indices ichthyologiques	32
Tableau 13 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST01A)	39

Tableau 14 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST01B)	40
Tableau 15 : Données sur les poissons (ST01)	41
Tableau 16 : Liste des espèces complémentaires (ST01)	41
Tableau 17 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST01)	42
Tableau 18 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST01).....	44
Tableau 19 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01).....	44
Tableau 20 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST02A)	53
Tableau 21 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST02B)	54
Tableau 22 : Données sur les poissons (ST02)	55
Tableau 23 : Liste des espèces complémentaires (ST02)	55
Tableau 24 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST02).....	57
Tableau 25 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST02).....	57
Tableau 26 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02).....	58
Tableau 27 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST03A)	66
Tableau 28 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST03B)	67
Tableau 29 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST03C).....	68
Tableau 30 : Données sur les poissons (ST03)	69
Tableau 31 : Liste des espèces complémentaires (ST03)	69
Tableau 32 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST03).....	70
Tableau 33 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST03).....	71
Tableau 34 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03).....	72
Tableau 35 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST04A)	79
Tableau 36 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST04B)	80
Tableau 37 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST04C).....	81
Tableau 38 : Données sur les poissons (ST04)	82
Tableau 39 : Liste des espèces complémentaires (ST04).....	83
Tableau 40 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST04).....	85
Tableau 41 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST04).....	86
Tableau 42 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04).....	86
Tableau 43 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST05A)	93
Tableau 44 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST05B)	94
Tableau 45 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST05C).....	95
Tableau 46 : Données sur les poissons (ST05)	96
Tableau 47 : Liste des espèces complémentaires (ST05).....	97
Tableau 48 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST05).....	98
Tableau 49 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST05).....	99
Tableau 50 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05).....	100
Tableau 51 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST06A)	108
Tableau 52 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST06B)	109
Tableau 53 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST06C).....	110
Tableau 54 : Données sur les poissons (ST06)	111
Tableau 55 : Liste des espèces complémentaires (ST06).....	112
Tableau 56 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST06).....	113
Tableau 57 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST06).....	115
Tableau 58 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06).....	115
Tableau 59 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST07A)	124
Tableau 60 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST07B)	125
Tableau 61 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST07C).....	126
Tableau 62 : Données sur les poissons (ST07)	127
Tableau 63 : Liste des espèces complémentaires (ST07).....	128
Tableau 64 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST07).....	129
Tableau 65 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07).....	131
Tableau 66 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST07).....	131
Tableau 67 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST08A)	140
Tableau 68 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST08B)	141

Tableau 69 : Données sur les poissons (ST08)	142
Tableau 70 : Liste des espèces complémentaires (ST08).....	143
Tableau 71 : Nombre d'espèces par famille ichthyologique (ST08).....	144
Tableau 72 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST08).....	145
Tableau 73 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST08).....	146
Tableau 74 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST09A)	154
Tableau 75 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST09B)	155
Tableau 76 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST09C).....	156
Tableau 77 : Données sur les poissons (ST09)	157
Tableau 78 : Liste des espèces complémentaires (ST09).....	158
Tableau 79 : Nombre d'espèces par famille ichthyologique (ST09).....	159
Tableau 80 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST09).....	160
Tableau 81 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST09).....	161
Tableau 82 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST10A)	169
Tableau 83 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST10B)	170
Tableau 84 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST10C).....	171
Tableau 85 : Données sur les poissons (ST11)	172
Tableau 86 : Liste des espèces complémentaires (ST11).....	173
Tableau 87 : Nombre d'espèces par famille ichthyologique (ST11).....	174
Tableau 88 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST11).....	176
Tableau 89 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST11).....	176
Tableau 90 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST12A)	185
Tableau 91 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST12B)	186
Tableau 92 : Données sur les poissons (ST12)	187
Tableau 93 : Liste des espèces complémentaires (ST12).....	188
Tableau 94 : Nombre d'espèces par famille ichthyologique (ST12).....	188
Tableau 95 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST12).....	190
Tableau 96 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST12).....	190
Tableau 97 : Récapitulatif des paramètres biologiques pour l'ichtyofaune	203
Tableau 98 : Valeur de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2010.....	216
Tableau 99 : Analyse de la Variance de la biodiversité α des invertébrés (hors coraux durs), depuis 2010.....	217
Tableau 100 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2010.....	217
Tableau 101 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010	219
Tableau 102 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010.....	219
Tableau 103 : Valeur de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2010	221
Tableau 104 : Analyse de la Variance de la biodiversité α des macrophytes depuis 2010.....	222
Tableau 105 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2010.....	223
Tableau 106 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2010.....	224
Tableau 107 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2010.....	224
Tableau 108 : Evolution du taux de recouvrement du substrat entre avril 2019 et octobre 2019 (différence en %)	242
Tableau 109 : Evolution de la richesse spécifique du benthos (hors coraux durs) entre avril 2019 et octobre 2019 (gain/perte en taxa).....	242
Tableau 110 : Particularités de chaque station et évolution entre avril 2019 et octobre 2019.....	243
Tableau 111 : Analyse de la Variance temporelle des paramètres ichthyologiques (densité, biomasse, biodiversités) en baie de Prony.....	250
Tableau 112 : Analyse de la Variance temporelle des paramètres ichthyologiques (densité, biomasse, biodiversités) dans le canal de la Havannah / Woodin.....	251

Tableau 113 : Densités moyennes ichthyologiques (ind./m ²) par campagne et station	253
Tableau 114 : Biomasses ichthyologiques (g/m ²) moyennes par campagne et station	254
Tableau 115 : Biodiversités 1 ichthyologiques par campagne et station.....	255
Tableau 116 : Biodiversités 3 ichthyologiques par campagne et station.....	256
Tableau 117 : Analyse de la Variance spatiale des paramètres ichthyologiques (densité, biomasse, biodiversités) en baie de Prony	257
Tableau 118 : Analyse de la Variance spatiale des paramètres ichthyologiques (densité, biomasse, biodiversités) dans le canal de la Havannah / Woodin.....	258
Tableau 119 : Valeur des écarts (quadratiques moyens) des structures de peuplement par rapport à la structure moyenne (depuis 2007).....	259
Tableau 120 : Fréquence moyenne de l'observation des espèces ichthyologiques	260
Tableau 121 : Test de Friedman (analyses spatiales et temporelles) des paramètres ichthyologiques suivis	262
Tableau 122 : Classement des stations (A) et des missions (B) (ichthyologie).....	262
Tableau 123 : Cotation des stations : IAS, depuis 2012 b (ichthyologie).....	263
Tableau 124 : Cotation des missions : IGm, depuis 2007 (ichthyologie)	263
Tableau 125 : Qualité du peuplement ichthyologique depuis 2007.....	266
Tableau 126 : Principaux phénomènes dépressionnaires en Nouvelle-Calédonie depuis 2003.....	268
Tableau 127 : Invertébrés inscrits sur la liste UICN et échantillonnés lors de cette mission	279
Tableau 128 : Extrait de la liste des espèces endémiques, rares ou menacées en Province Sud, potentiellement présentes sur la zone d'étude	282
Tableau 129 : Note de chaque station selon la qualité du peuplement de poissons	291
Tableau 130 : Qualité du peuplement ichthyologique depuis 2007.....	293
Tableau 131 : Catégories et composantes de substrat retenues pour l'échantillonnage et le traitement des données	312
Tableau 132 : Liste des poissons indicateurs.....	313
Tableau 133 : Rapport de plongée.....	315
Tableau 134 : Corrections des marées	315
Tableau 135 : Agenda des marées (corrigées selon le lieu)	315
Tableau 136 : Recouvrement du substrat (en %) pour toutes les catégories	316
Tableau 137 : Répartition du recouvrement (en %) du substrat, partie biotique/abiotique	316
Tableau 138 : Inventaire des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations baie de Prony et du canal Woodin)	317
Tableau 139 : Inventaire des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah).....	318
Tableau 140 : Richesse spécifique des biocénoses* benthiques par groupes et transect (*hors coraux durs)	321
Tableau 141 : Richesse spécifique des biocénoses* benthiques par groupes et station (*hors coraux durs)	321
Tableau 142 : Richesse spécifique du macrobenthos par site.....	321
Tableau 143 : Liste des espèces cibles (CdC DENV) et leur abondance (1 à 5) (stations de la baie de Prony et du canal Woodin)	322
Tableau 144 : Liste des espèces cibles (CdC DENV) et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah)	323
Tableau 145 : Liste Définitions des catégories UICN	324

Crédit photographique : Grégory Lasne 2019 pour Biocénose Marine, Valérie Vaillet 2019, 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) [R40] 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 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 2nd semestre, réalisée en octobre & novembre 2019 (S43 et S46) et répond aux exigences du cahier des charges initial, transmis lors de l'appel d'offre¹.

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 Benthique².

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 faite selon les données historiques disponibles des campagnes précédentes réalisées depuis 2007.

Du fait de la participation de 2 autres spécialistes (ACREM en ichtyologie et BIOCEÑOSE 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.

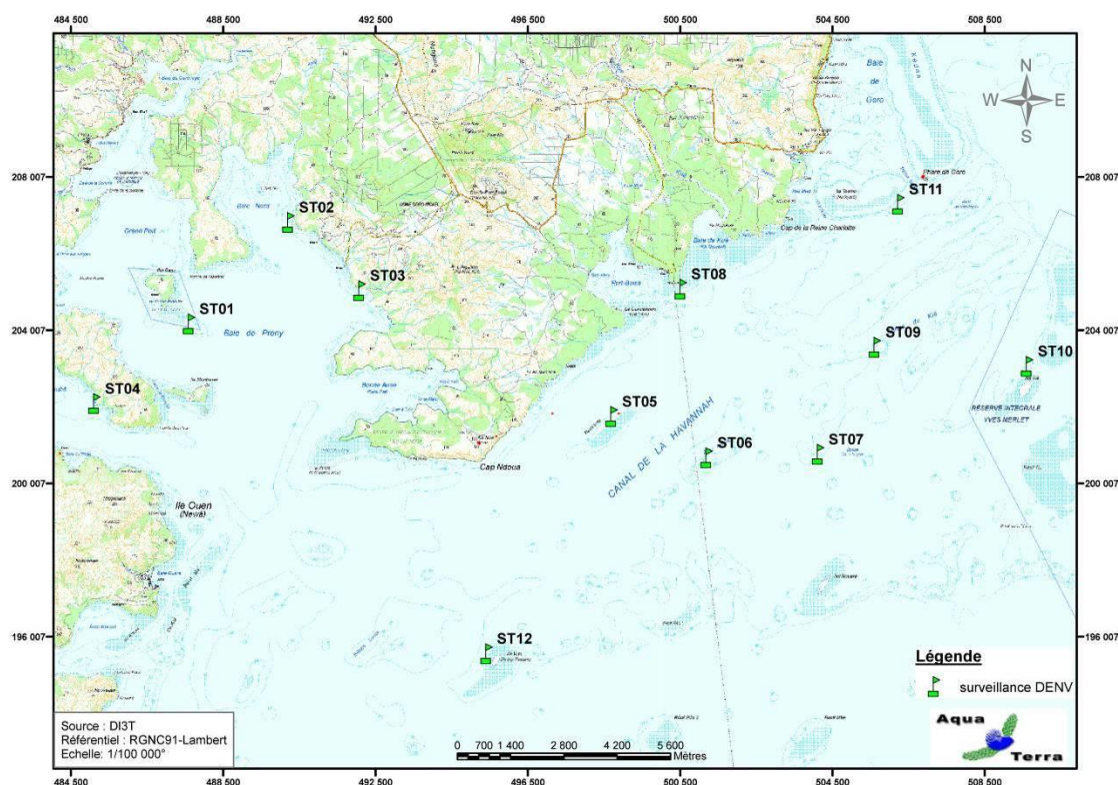
3.1 Zone d'étude

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.

Depuis le début de 2017, la ST10 n'a pas été échantillonnée (décision Client).

Cette station est située dans la réserve intégrale Y. Merlet. Elle constituait du fait de sa préservation totale - interdite d'accès - une véritable station de référence puisqu'elle n'est soumise à aucun facteur anthropique direct. **Elle était ainsi la seule station pouvant être considérée comme une véritable référence.**

Depuis, l'ensemble des stations du réseau de suivi (les 11 maintenues) se trouvent dans la zone d'influence de l'usine et/ou de l'émissaire du projet ainsi il n'y a pas de zone témoin existante à ce jour.

→ La méthode de comparaison BACI n'est 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 [R31, R45].

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 2^{ème} piquet a été posé au point 0 m du 1^{er} transect (le plus haut).

Une station classique (avec 3 transects) peut donc être schématisée comme dans la [figure 01](#).

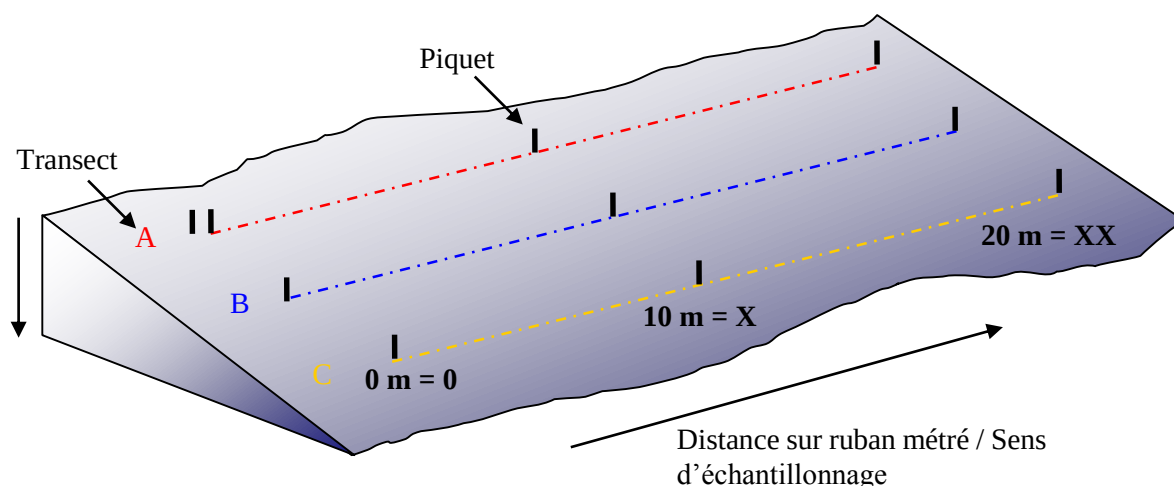


Figure 01 : Schéma théorique d'une station composée de 3 transects (A, B, C), de 20 m de long

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 marquant les transects de la station.

Les plongeurs emmènent à cette occasion une bouée qu'ils attachent au 1^{er} piquet (0 m) du 1^{er} 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 133 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 influencer 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) [R40] 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 prises en compte sont exclusivement celles sous le ruban.

L'évaluation du substrat a été faite 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.

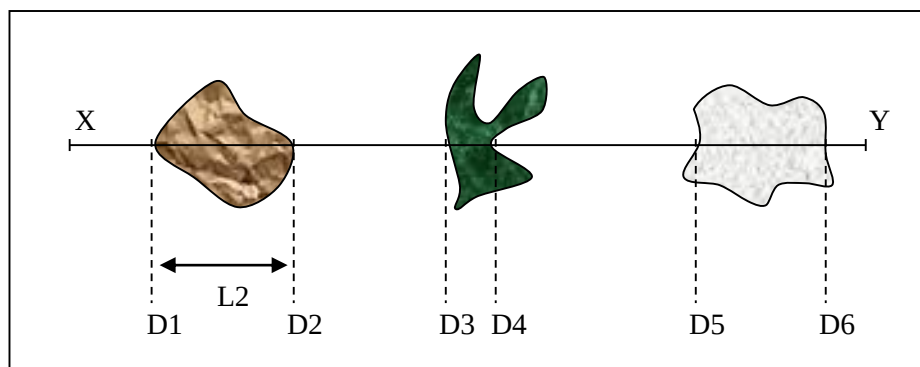


Figure 02 : Diagramme schématique d'un transect

Les classes retenues (au nombre de 28) sont adaptées de celles préconisées par English et al. [R40] pour le « Line Intercept Transect » (« life forms »), et présentées dans le [tableau 131](#) 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 clones (abondance),
- les bédouilles 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 identifiées 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 [R68, R66, R67, R60, R62, R59] 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 [R40]. 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 m ²)
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 m ²)
1	Rare	< 0.5% (soit < 0.5 m ² / 100 m ²)
2	Faible	> 0.5% (soit > 0.5 m ² / 100 m ²)
3	Moyen	> 5% (soit > 5 m ² / 100 m ²)
4	Fort	> 10% (soit > 10 m ² / 100 m ²)
5	Important	> 15% (soit > 15 m ² / 100 m ²)

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 m ²)
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).

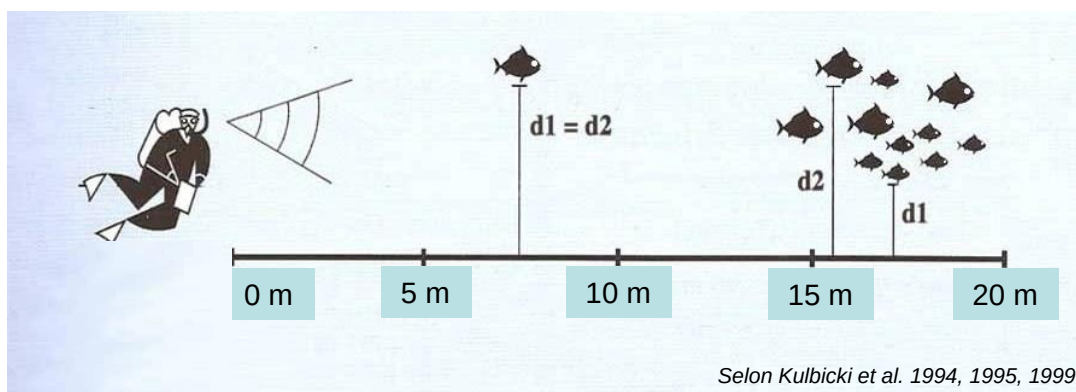


Figure 03 : Comptage visuel des poissons : méthode des transects à largeur variable

Les poissons qui doivent être comptabilisés sont listés dans le [tableau 132](#) 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 [R48]. Le cahier des charges de la DENV impose donc la méthode des Transects à Largeurs Variables (TLV [R54]) 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 visibilité 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 essentiellement en octobre 2019 (semaine 43) et terminé (3 stations) en novembre 2019 (semaine 46)³.

³ En effet, lors de la 1^{ère} mission, se sont cumulés une panne moteur ainsi que des courants très forts sur les secs empêchant des plongées en

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

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

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

Des photos représentatives des différentes étapes de la mission d'échantillonnage sont présentées en [photographie 01](#).



Mise en place d'un piquet



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



Echantillonnage poissons



Echantillonnage LIT



Echantillonnage benthos



Prise de vidéo

Photographie 01 : Différents stades de travail in situ

toute sécurité et assurant la qualité des données. Les 3 dernières stations ont donc été planifiées à la 1^{ère} conjoncture « bonnes heures / bons coefficients » de marée soit en novembre

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 131](#) 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 scléactiniaires, 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 scléactiniaires.

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 taxinomique 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 taxinomique
sp.	Spécimen sans identification spécifique
spp.	Plusieurs spécimens du même genre mais pas de la même espèce sans identification spécifique
• Evolution de la richesse spécifique des Coraux* et des Biocénoses*	
Genre sp. (+n spp.)	n espèce(s) du genre cité ont nouvellement été recensée(s)
Genre sp. (-n spp.)	n espèce(s) du genre cité ont disparu

• Variation d'abondance « A »	
Ai	L'espèce est abondante au degré « i » compris entre A1 à A5
ΔAi /+ x	L'espèce est abondante au degré « i » mais a augmenté d'abondance de «+x» degré(s) depuis la mission précédente
ΔAi /- x	L'espèce est abondante au degré « i » mais a diminué d'abondance de «-x» degré(s) depuis la mission précédente
• Blanchissement corallien « B »	
n blanchies	Nombre d'espèce(s) blanchie(s)
% d'espèces blanchies	(n espèces scléractiniaires blanchies / n espèces scléractiniaires)*100
Bi	L'espèce est blanchie au degré « i » compris entre B1 à B5
• Evolution du nombre d'espèce(s) blanchie(s)	
N	Espèce nouvellement blanchie depuis à la mission précédente
+n spp. B*	Augmentation du nombre d'espèces blanchies au sein d'un genre
-n spp. B*	Diminution du nombre d'espèces blanchies au sein d'un genre
• Evolution du degré de blanchissement	
ΔB +i	Le blanchissement de l'espèce a augmenté de « i » degré(s) depuis la mission précédente (le degré actuel apparait dans les espèces blanchies)
ΔB -i	Le blanchissement de l'espèce a diminué de « i » degré(s) depuis la mission précédente (le degré actuel apparait dans les espèces blanchies)
∞	Espèce toujours blanchie mais pas de changement par rapport à la dernière mission
ØB	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 α d'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 :

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

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. [R61] ou Fish Base [R71].

Le nom des familles est abrégé dans les différents 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
Anthiidae	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

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

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

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

Où :

- L : longueur du transect (20 m)
- n_i : nombre d'individus de l'espèce i
- w_i : poids de l'espèce i (g) (de l'espèce i : donc de tous les individus i de cette espèce)
- d_i : 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 :

- l_i = longueur du poisson
- a et b = variables

Ces variables sont des coefficients mis au point par Kulbicki & al. [R52] 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 m ²	Densité (D) / m ²	Biomasse (W) g/m ²	a	b
<i>Pomacentrus aurifrons</i>	20	3	15,52	1	1,5	25	0,8	0,621	0,028	3,02

n_i = nombre de poissons observés de cette espèce = 20

l_i = longueur moyenne de chaque individu = 3 cm

w_i = 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 = $d_i * L = (1+1.5) / 2 * 20 = 25$ 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.

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 un ensemble qui en contient beaucoup.

L'indice d'Équitabilité 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 ;

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 132 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.).

- 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 χ^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 procéderons 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'en octobre 2017, 13 espèces de Pomacentridés aient été observées sur une station particulière St_i et que sur toute la série historique 55 espèces aient été observées sur cette St_i - 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 St_i , 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 obérerait l'utilisation raisonnable d'un test de χ^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 St_i ... leur somme ne fait d'ailleurs pas 100 sur la St_i . Ces valeurs sont donc indépendantes et répondent aux critères d'utilisation du test de χ^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

La biodiversité γ (B_γ) est la biodiversité totale de la zone

$$B_\gamma = \cup B_{aii}$$

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 :

$$I = (\text{Densité} + \text{Biomasse} + 2 * \text{Biodiversité}) / 4$$

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 (MÉDIOCRE)		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 <i>Lobophyllia corymbosa</i> , 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 amicum*, *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 et en avril 2019 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 avril 2019 et octobre 2019

Indicateur Corail :

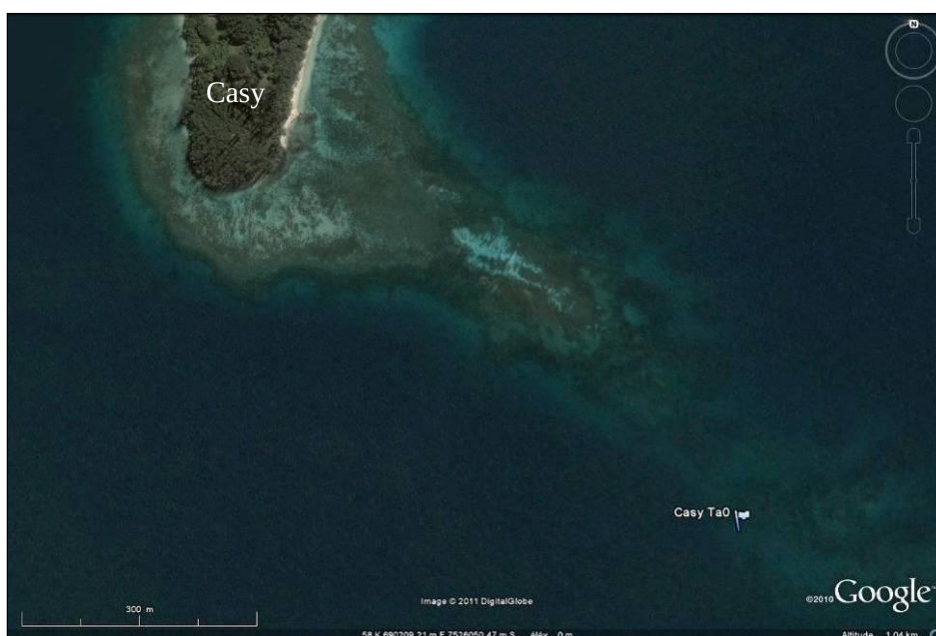
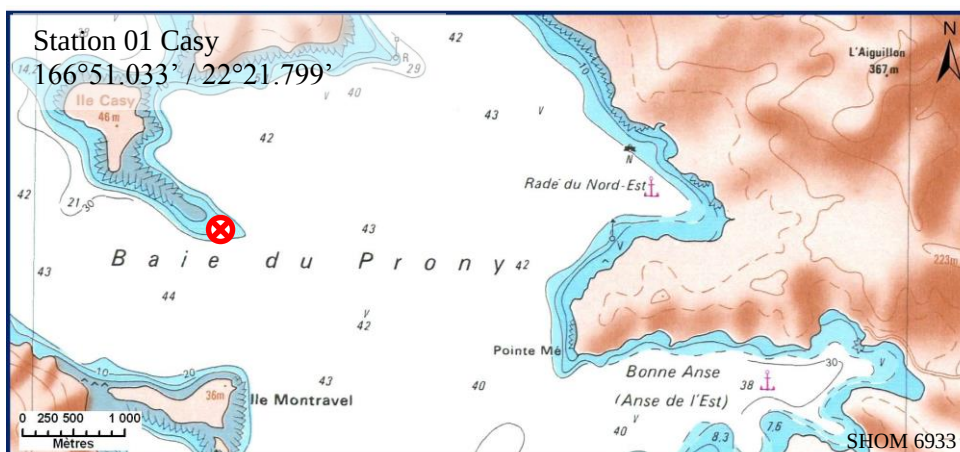
- Le recouvrement corallien est de 1.5% et 1% aux transects A et B. Stable
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.15% ; Avril 2016 : 2.6% ; Novembre 2016 : 0.6% ; Avril 2017 : 1.9% ; Septembre 2017 : 2.5% (lié à *Acanthaster planci*) ; Mai 2018 : 0.6% (lié à *Acanthaster planci*) ; Novembre 2018 : 0.45% ; Avril 2019 : 0.25% ; Octobre 2019 : 0%*
- 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)
- Maladie de la bande blanche : non recensée
- Perturbations sédimentaires : RAS pour cette mission, absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes

Autres indicateurs :

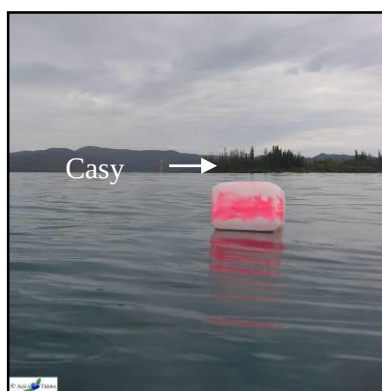
- Cyanobactéries : diminution en A et B (respectivement niveau 3/2 à 2/1). Elles colonisent des colonies coralliennes mortes en place (*Acropora* tabulaire et branchu)
- Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place au fur et à mesure de leur dégradation
- Algue brune *Lobophora* : présence stable en A et B (niveau 2)
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absence et stable
- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona jullieni* : stable

Les corallivores :

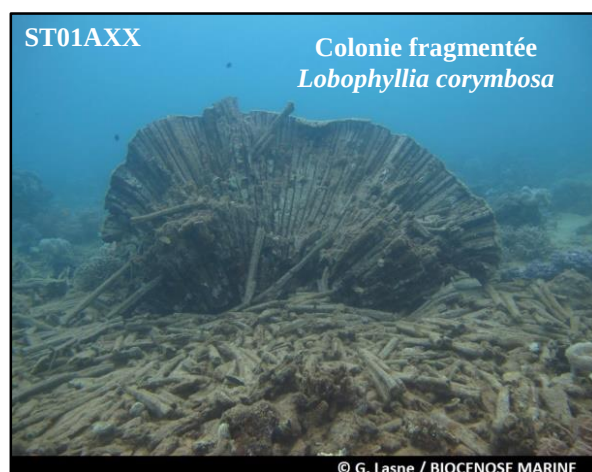
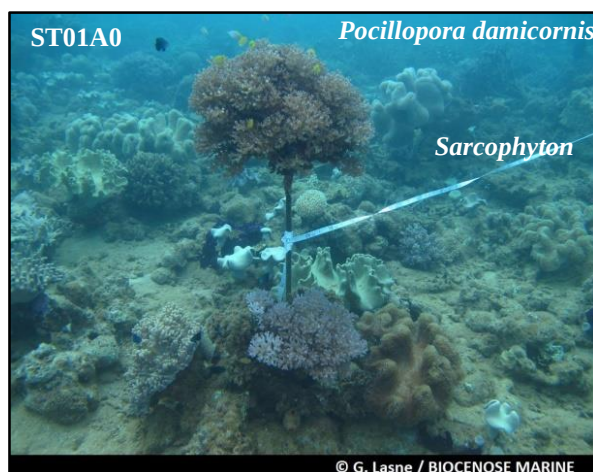
- *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Acanthaster planci* : absence. Diminution de 1 spécimen en A
- *Drupella cornus* : absence, stable



Carte 03 : Localisation de la station 01 (Casy)



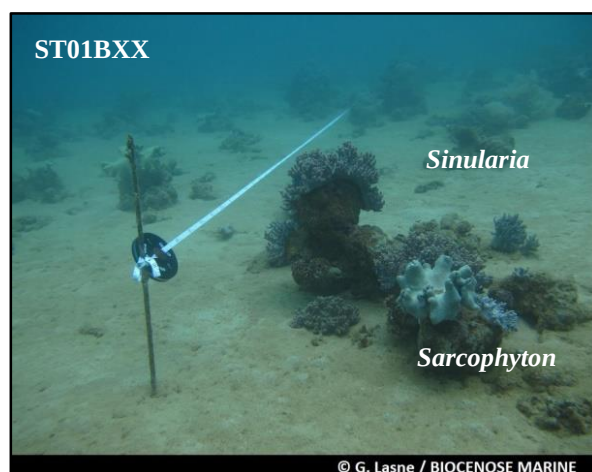
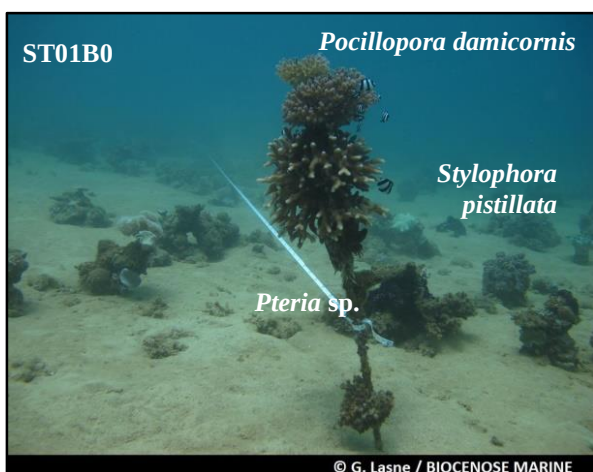
Photographie 02 : Position en surface par rapport à la pointe sud de l'îlot (ST01)



Pente sédimentaire avec colonies, massifs coralliens et très nombreux alcyonaires



Le recouvrement corallien a fortement diminué depuis la prolifération d'*Acanthaster planci*
Très nombreuses colonies coralliennes mortes en place avec turf algal



Pente sédimentaire recouverte par alcyonaires et petits massifs coralliens dispersés

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

(

4.1.1 Le substrat (ST01)

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

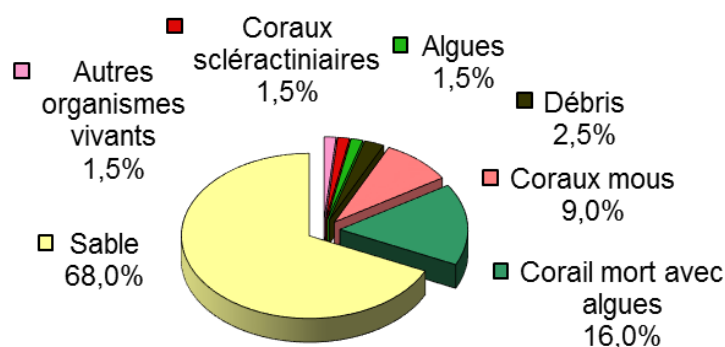


Figure 04 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01A

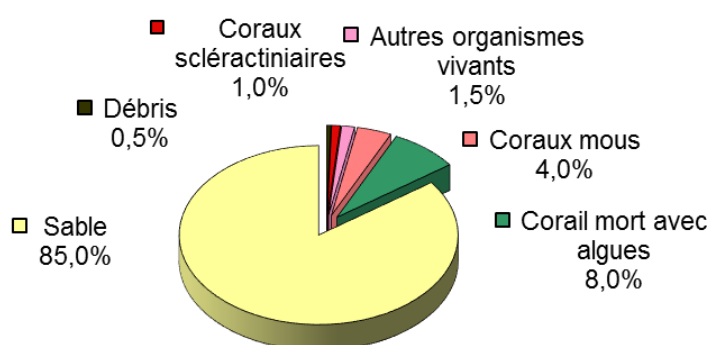


Figure 05 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01B

Le sable est prédominant avec respectivement 68% et de 85% 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*, le recouvrement des coraux scléractiniaires est bas sur les 2 transects (1,5% et 1%) : presque tous les coraux sont morts. 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.

A noter : 1% de cyanobactéries au transect A.

Les transects sont stables dans l'ensemble. Il faut cependant noter que les 2 transects sont dégradés pour ce qui est du recouvrement en scléractiniaires. Actuellement tous les coraux sont morts à part quelques rares *Pocillopora* sp. Cela est imputable à la prolifération d'*Acanthaster planci* qui a eu lieu précédemment (2017 – 2018). Ces dernières ont « disparu », faute de nourriture certainement.

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 octobre 2019, la richesse spécifique de la station Casy (ST01) est composée de :

- **52 espèces d'invertébrés** dont 12 espèces de mollusques ; 10 espèces de cnidaires : alcyonaires (8 taxons), zoanthaires (2 taxons) ; 14 espèces d'échinodermes : holothurides (5 taxons), astéries (3 taxons), échinides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 9 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies
- **4 espèces de macrophytes** : algues vertes (3 taxons), algues brunes (1 taxon)
- **1 espèce de cyanobactéries**.

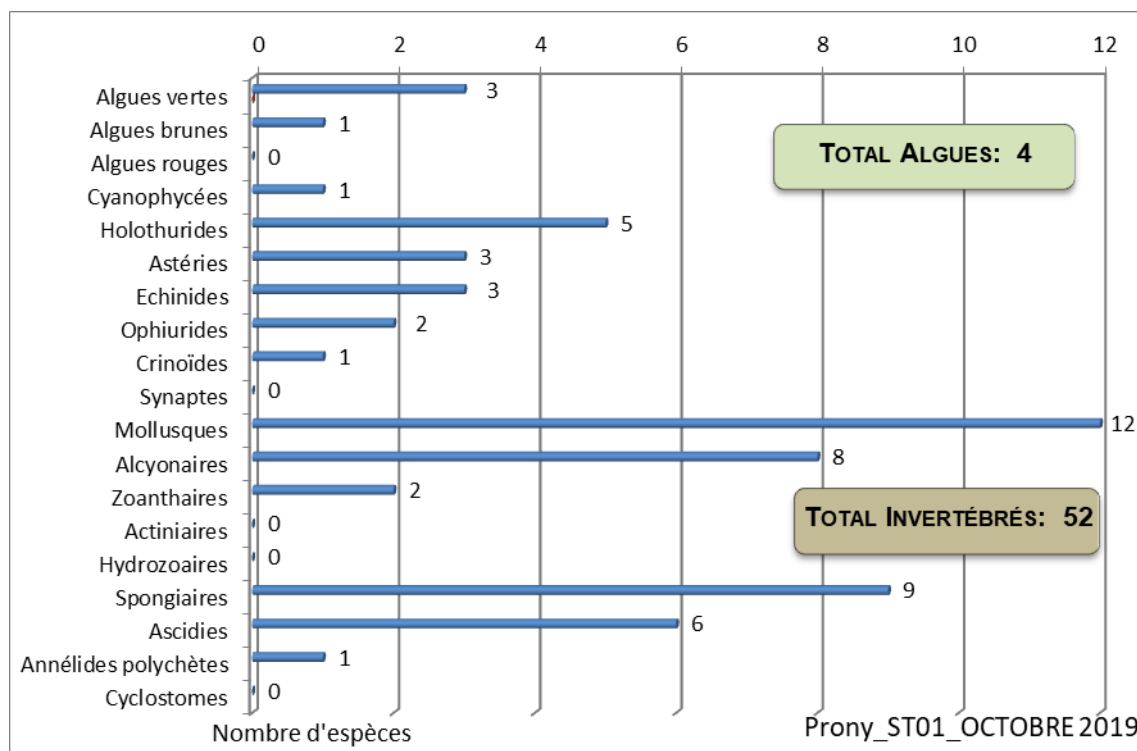


Figure 06 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST01)

4.1.2.1 Benthos Transect 01 A

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST01A est composée de :

- 46 espèces d'invertébrés dont 11 espèces de mollusques ; 8 espèces de cnidaires : alcyonaires (6 taxons), zoanthaires (2 taxons) ; 14 espèces d'échinodermes : holothurides (5 taxons), astéries (3 taxons), échinides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- 4 espèces de macrophytes : algues vertes (3 taxons), algues brunes (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

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

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 2 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : • <i>Padina</i> sp. (A0/-2) ; et l'algue verte : • <i>Caulerpa</i> sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☒	Une espèce de cyanobactéries diminue d'abondance : • <i>Phormidium</i> sp. (A2/- 1).
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : • <i>Xenia</i> sp. (A0/-2).	☒
Echinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les échinides (1 espèce) : • <i>Echinometra mathaei</i> (A1) ; ➢ pour les holothurides (2 espèces) : • <i>Holothuria whitmaei</i> (A1), • <i>Thelenota anax</i> (A1). 3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : • <i>Acanthaster planci</i> (A0/-1), • <i>Celerina heffernani</i> (A0/-1) ; ➢ pour les échinides (-1 espèce) : • <i>Toxopneustes pileolus</i> (A0/-1).	3 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les astéries (2 espèces) : • <i>Linckia multifora</i> (A1/- 1), • <i>Nardoa gomophia</i> (A1/- 1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria edulis</i> (A1/- 1).
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Tridacna squamosa</i> (A1) ; ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : • <i>Chromodoris leopardus</i> (A1). Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les gastéropodes (-1 espèce) : • <i>Astraea rhodostoma</i> (A0/-2).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Pedum spondyloideum</i> (A2/- 1).
Eponges	
Une espèce d'éponges disparue : • <i>Clathria rugosa</i> (A0/-2).	☒
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : • <i>Didemnum molle</i> (A2). Une espèce d'ascidies disparue : • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A0/-1).	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : • <i>Polycarpa aurita</i> (A3/+ 1), • <i>Polycarpa nigricans</i> (A4/+ 1).
Bryozoaires	
1 espèce de bryozoaires disparue : • <i>Reptadeonella violacea</i> (A0/-2).	☒

4.1.2.2 Benthos Transect 01 B

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST01B est composée de :

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

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

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue verte : <i>•Halimeda</i> sp. (2spp./+1spp.) (A2) ; Une espèce d'algue disparue, l'algue brune : <i>•Padina</i> sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☒	Une espèce de cyanobactéries diminue d'abondance : <i>•Phormidium</i> sp. (A1/- 1).
Cnidaires	
☒	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : <i>•Sarcophyton</i> sp. (A5/+ 1).
Echinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (1 espèce) : <i>•Nardoa gomophia</i> (A1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : <i>•Thelenota anax</i> (A1). Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les holothurides (-1 espèce) : <i>•Holothuria whitmaei</i> (A0/-1).	2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les échinides (1 espèce) : <i>•Diadema setosum</i> (A1/- 1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : <i>•Holothuria edulis</i> (A1/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : <i>•Risbecia tryoni</i> (A1). 2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-1 sp) : <i>•Pinna</i> sp. (A0/-1) ; ➢ pour les gastéropodes (-1 sp) : <i>•Astraea rhodostoma</i> (A0/-1).	☒
Eponges	
Une espèce d'éponges disparue : <i>•Clathria rugosa</i> (A0/-2).	☒
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : <i>•Didemnum molle</i> (A2), <i>•Clavelina detorta</i> (A2). Une espèce d'ascidies disparue : <i>•Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A0/-1).	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : <i>•Polycarpa aurita</i> (A3/+ 1), <i>•Polycarpa nigricans</i> (A4/+ 1).
Bryozoaires	
☒	☒

4.1.3 Les poissons (ST01)

La liste des espèces observées⁵ sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 15](#).

Tableau 15 : Données sur les poissons (ST01)

Ilot Casy ST01		Transect			Transect			Station		
		A			B			Moyenne		
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	15	0,21	14,46				7,50	0,11	7,23
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	2	0,03	0,12				1,00	0,01	0,06
Epi	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>	1	0,01	4,46				0,50	0,01	2,23
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	2	0,03	0,42				1,00	0,01	0,21
Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	2	0,03	1,26	1	0,03	0,36	1,50	0,03	0,81
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	2	0,03	0,20				1,00	0,01	0,10
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	5	0,07	0,73				2,50	0,04	0,37
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	3	0,04	0,05				1,50	0,02	0,03
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	3	0,04	0,05				1,50	0,02	0,03
Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>	10	0,14	0,62				5,00	0,07	0,31
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	4	0,06	0,03	3	0,08	0,04	3,50	0,07	0,04
Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>	25	0,36	0,19	15	0,38	0,20	20,00	0,37	0,20
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	25	0,36	0,19	10	0,25	0,14	17,50	0,30	0,16
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	6	0,09	0,11	3	0,08	0,10	4,50	0,08	0,10
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>	5	0,07	3,92				2,50	0,04	1,96
Sca	<i>Scarus schlegeli</i>	4	0,06	6,67				2,00	0,03	3,33
Sig	<i>Siganus vulpinus</i>	2	0,03	0,99				1,00	0,01	0,49
Total		116	1,66	34,48	32	0,80	0,84	74,00	1,23	17,66
Biodiversité		17			5			17		
Indice de Shannon =		3,251								
Equitabilité =		0,795								

Sur l'ensemble des transects de la station, 148 individus appartenant à 17 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.23 poissons/m² pour une biomasse de 17.66 g/m².

76 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. [tableau 16](#)).

Tableau 16 : Liste des espèces complémentaires (ST01)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	Gra	<i>Diploprion bifasciatum</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	Hae	<i>Plectorhynchus lessonii</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Hol	<i>Neoniphon sammara</i>	Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Anampses neoguinaicus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>
Apo	<i>Apogon doederleini</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon leucogaster</i>
Apo	<i>Apogon fucata</i>	Lab	<i>Cheilinus fasciatus</i>	Pom	<i>Chromis atripes</i>
Apo	<i>Archamia leai</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Halichoeres biocellatus</i>	Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>

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

Ble	<i>Ecsenius bicolor</i>	Lab	<i>Halichoeres melanurus</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Cae	<i>Pterocaesio pisang</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopion</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon melas</i>
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Pomacentrus adelus</i>
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus amboinesis</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	Lab	<i>Oxycheilinus digrammus</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Mic	<i>Gunnellichthys monostigma</i>	Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>
Cha	<i>Coradion altivelis</i>	Mic	<i>Ptereleotris evides</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>	Mic	<i>Ptereleotris microlepis</i>	Sca	<i>Scarus rivulatus</i>
Cha	<i>Heniochus monoceros</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Epi	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>	Mul	<i>Upeneus tragula</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Sig	<i>Siganus puellus</i>
Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>	Nem	<i>Scolopsis lineatus</i>	Sig	<i>Siganus punctatus</i>
Epi	<i>Epinephelus ongus</i>	Pin	<i>Parapercis hexophtalma</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Ple	<i>Assessor macneilli</i>	Syn	<i>Synodus variegatus</i>
Gob	<i>Amblygobius phalaena</i>				

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 ichthyologique (ST01)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		Campagne	Moy.	Campagne	Moy.
Acanthuridae	40	1	1,17	2,50	2,93
Chaetodontidae	30	1	1,70	3,33	5,65
Epinephelinae	26	2	1,57	7,69	6,02
Labridae	97	2	2,35	2,06	2,42
Lethrinidae	16	0	0,00	0,00	0,00
Lutjanidae	22	0	0,00	0,00	0,00
Mullidae	14	0	0,22	0,00	1,55
Pomacanthidae	14	2	0,74	14,29	5,28
Pomacentridae	92	5	5,65	5,43	6,14
Scaridae	23	2	1,65	8,70	7,18
Siganidae	10	1	0,65	10,00	6,52
Autres	257	1	2,91	0,39	1,13
Khi2 obs		4,7		15,8	
Khi2 tab	16,9				

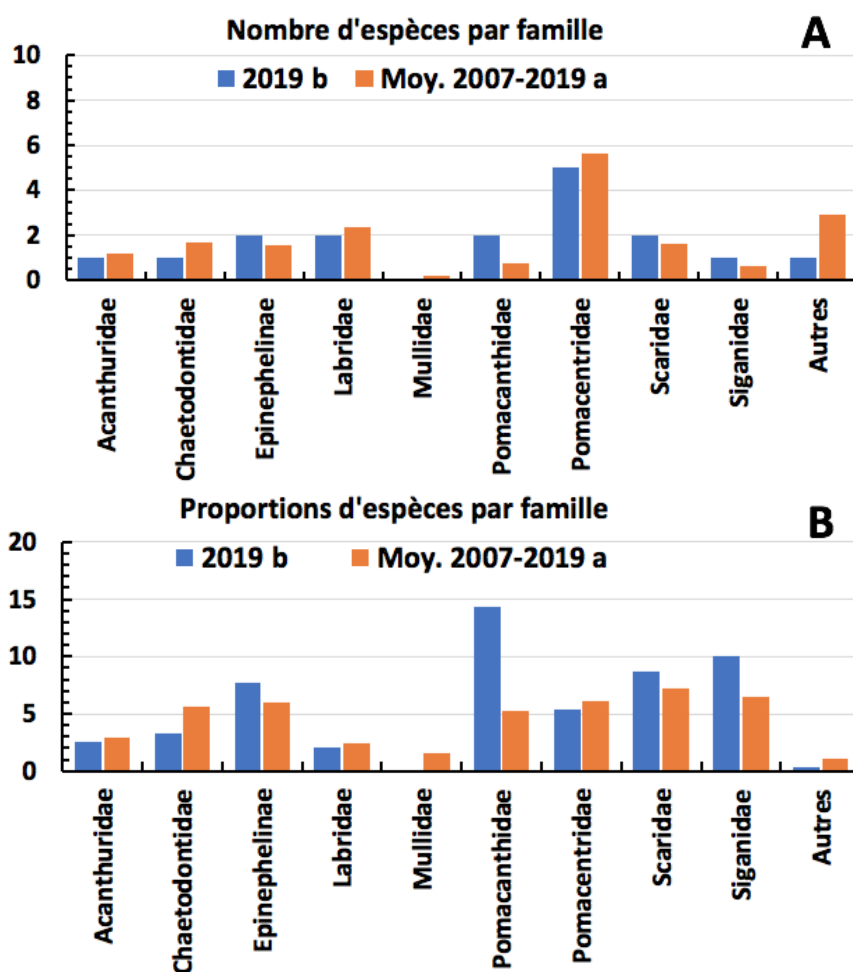


Figure 07 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST01)

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
2019 b	Transect A	116	1,66	34,48	17		
	Transect B	32	0,80	0,84	5		
	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 [$E_{ri} = (X_i - X_m) / X_m$] 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	2 403,5	0,7	240,5	59,5	130,8	251,7
Ecart type	49,0	0,8	15,5	7,7	11,4	15,9
Moyenne	76,6	1,3	16,6	18,7	38,0	62,8
Coef. de Var.	0,6	0,6	0,9	0,4	0,3	0,3

Commentaires :

- La valeur de la biodiversité est stable. Elle se situe entre 20 et 25 espèces de la liste restrictive (biodiversité 1) et autour de 80 pour la liste exhaustive pour une surface inventoriée de 1 000 m² environ.
- Beaucoup d'espèces sont présentes à l'état juvénile.
- La biomasse est revenue à un niveau habituel.
- Le faible nombre de Chaetodontidae (1 espèce) sur le transect ne reflète pas leur réelle présence sur la station qui en compte au total 7.

- 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, Densité 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 du nombre d'espèces des biodiversités 1, 2, 3 masque une structure spécifique changeante.

La structure spécifique considérée en nombre d'espèces, observée en 2019 b ne diffère pas de la structure moyenne (cf. § 3.4.3) obtenue sur la période (cf. [tableau 17](#)). C'est également le cas, lorsqu'elle est exprimée par rapport aux nombres d'espèces possibles présentes dans la zone d'étude.

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.

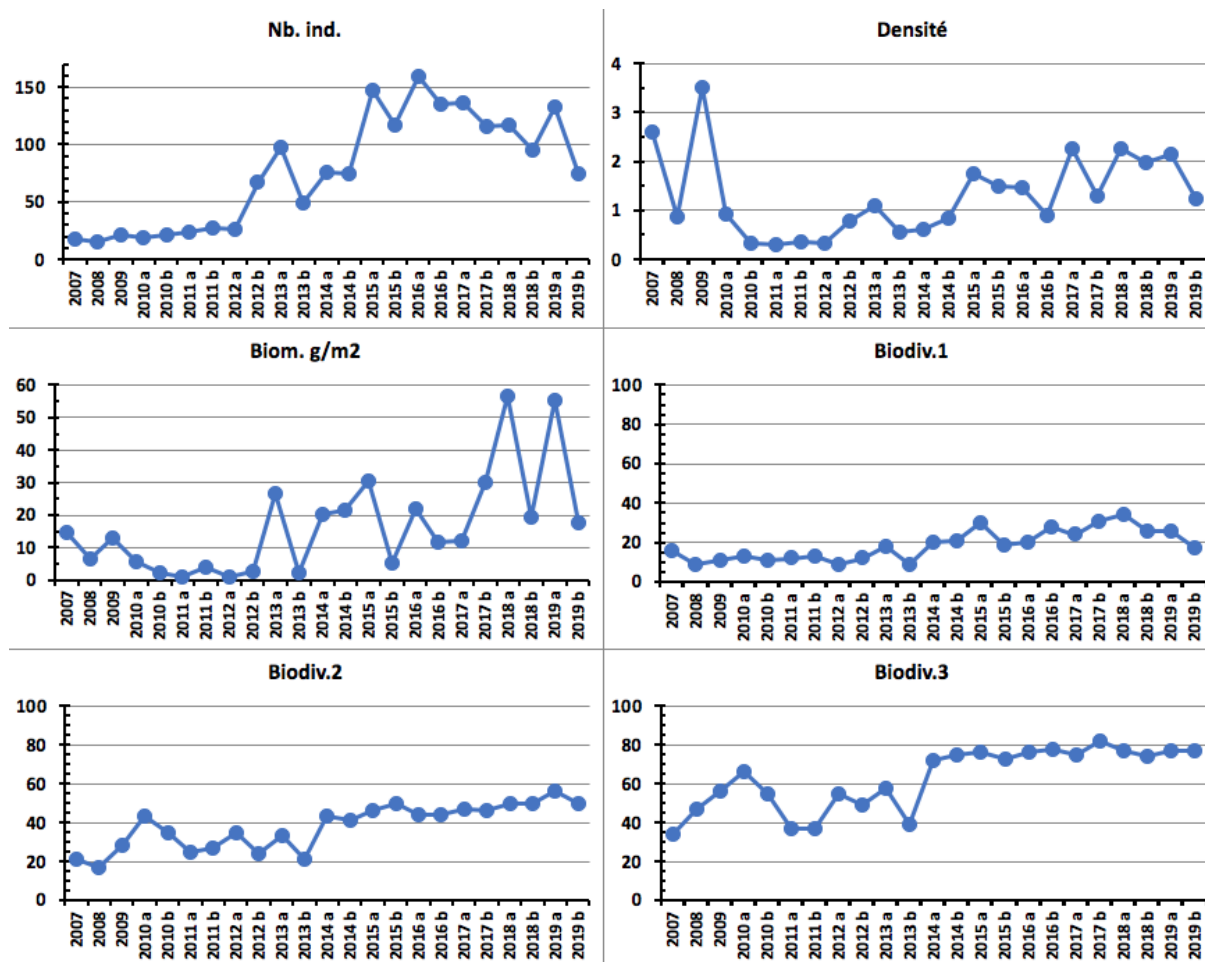


Figure 08 : Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST01)

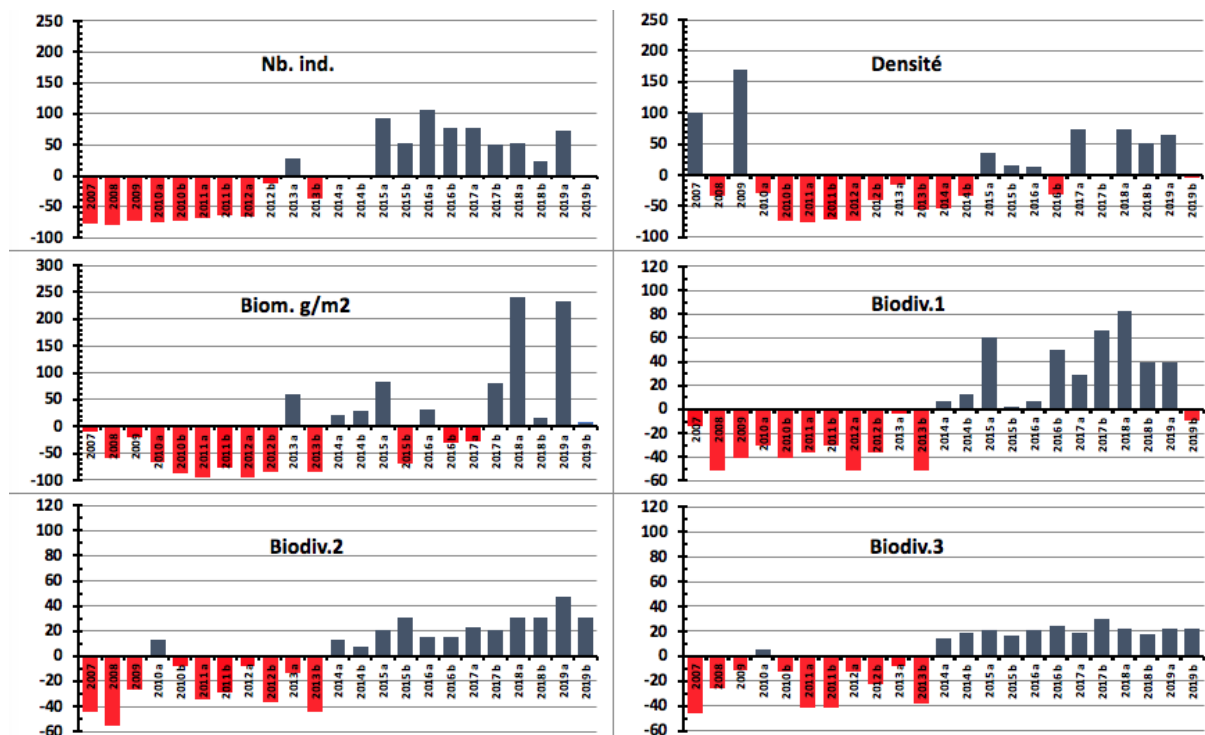


Figure 09 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST01)

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
- ↗ 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 importante 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)

Variations entre avril 2019 et octobre 2019

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est en diminution : de 34% au transect A (vs 46%) et 10.5% en B (vs 27.5%)
- 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%*
- Lésions coralliennes : De nombreuses colonies coralliennes sont mortes en place (partiellement ou entièrement) suite à la prolifération d'*Acanthaster* (depuis avril 2019)
- Maladies : absence de la maladie de la bande blanche, quelques taches noires (hypermycose endolithique) induites ponctuellement par la sédimentation et quelques colonies sont dégradées partiellement par la sédimentation. Si la maladie de la bande blanche est présente elle ne pourrait pas facilement être recensée car les *Acanthaster* mangent préférentiellement les *Acropora* tabulaires, le plus souvent affectées par cette maladie
- Perturbations sédimentaires : quelques colonies coralliennes sont dégradées partiellement par la sédimentation

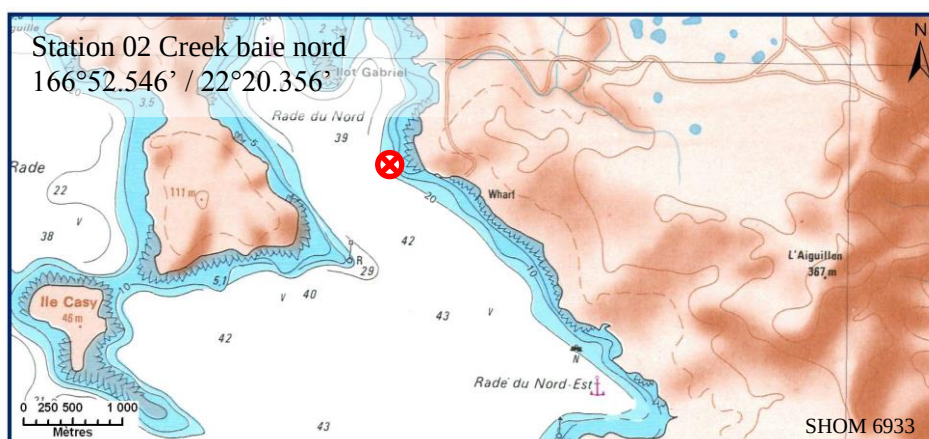
Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : absence : recouvrement en augmentation faible en A & B (niveau 0/0 à 2/1). Elles se développaient sur les algues vertes *Halimeda* qui sont entremêlées dans les colonies d'*Acropora* branchus et sur quelques colonies coralliennes mortes en place

- 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
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente et stable
- *Cliona orientalis* : stable en A et diminution en B (niveau 3 à 2)
- *Cliona jullieni* : stable

Les corallivores :

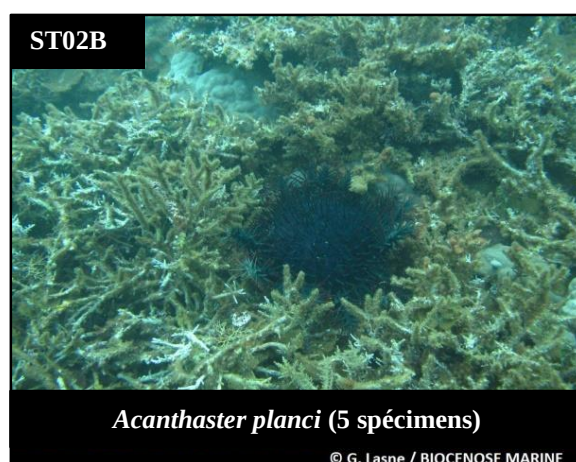
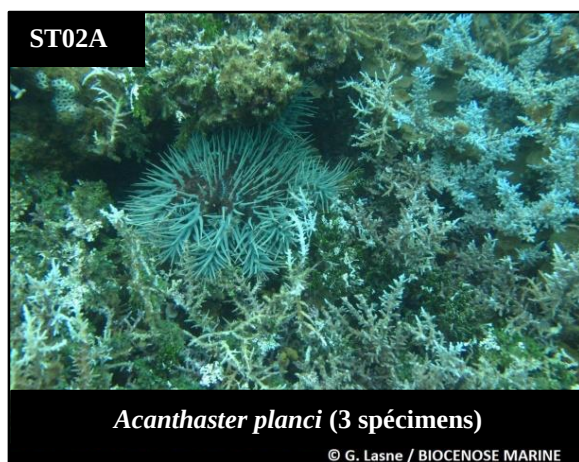
- *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Acanthaster planci* : prolifération en A et B (respectivement 3 et 5 spécimens)
- *Drupella cornus* : absence, stable



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



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



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



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

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.

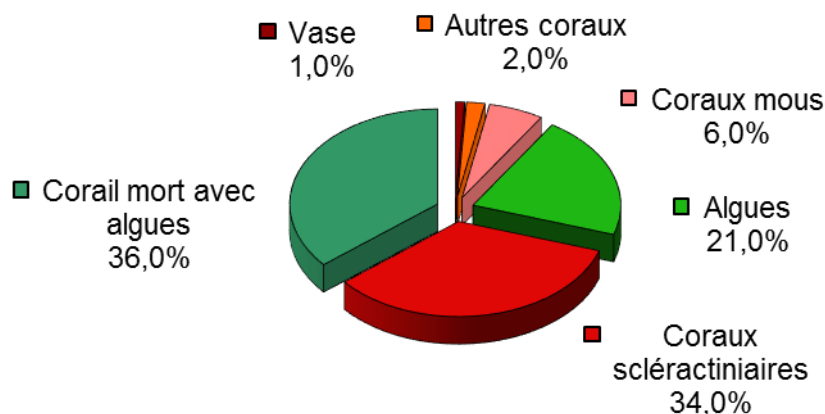


Figure 10 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02A

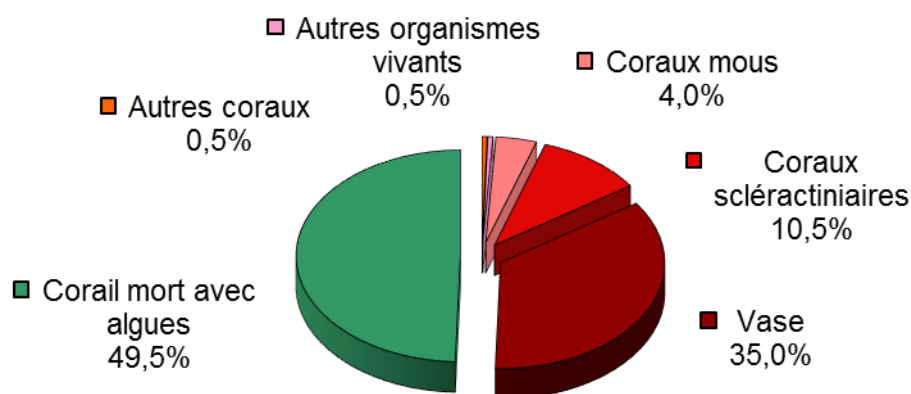


Figure 11 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02B

Le transect A est caractérisé par un substrat quasiment totalement biotique (99%). **Le recouvrement des coraux scléactiniaires qui avait fortement augmenté en novembre 2018 chute** (34% vs 46%). Par ailleurs, les cyanobactéries sont toujours absentes et il n'y a pas de blanchissement.

Le substrat au transect B est aussi majoritairement biotique (65%), avec ici aussi une **baisse du recouvrement des coraux scléactiniaires** (10.5% vs 27.5%), 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 scléactiniaires 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 cette mission voit donc une baisse significative du recouvrement corallien (respectivement 12% et 17%), cette mortalité étant la conséquence d'une prolifération d'*Acanthaster planci* (apparition en avril 2019).

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 octobre 2019, la richesse spécifique de la station Creek baie nord (ST02) est composée de :

- **41 espèces d'invertébrés** dont 9 espèces de mollusques ; 9 espèces de cnidaires : alcyonaires (7 taxons), zoanthaires (2 taxons) ; 13 espèces d'échinodermes : astéries (6 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon), synaptes (1 taxon) ; 4 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.**

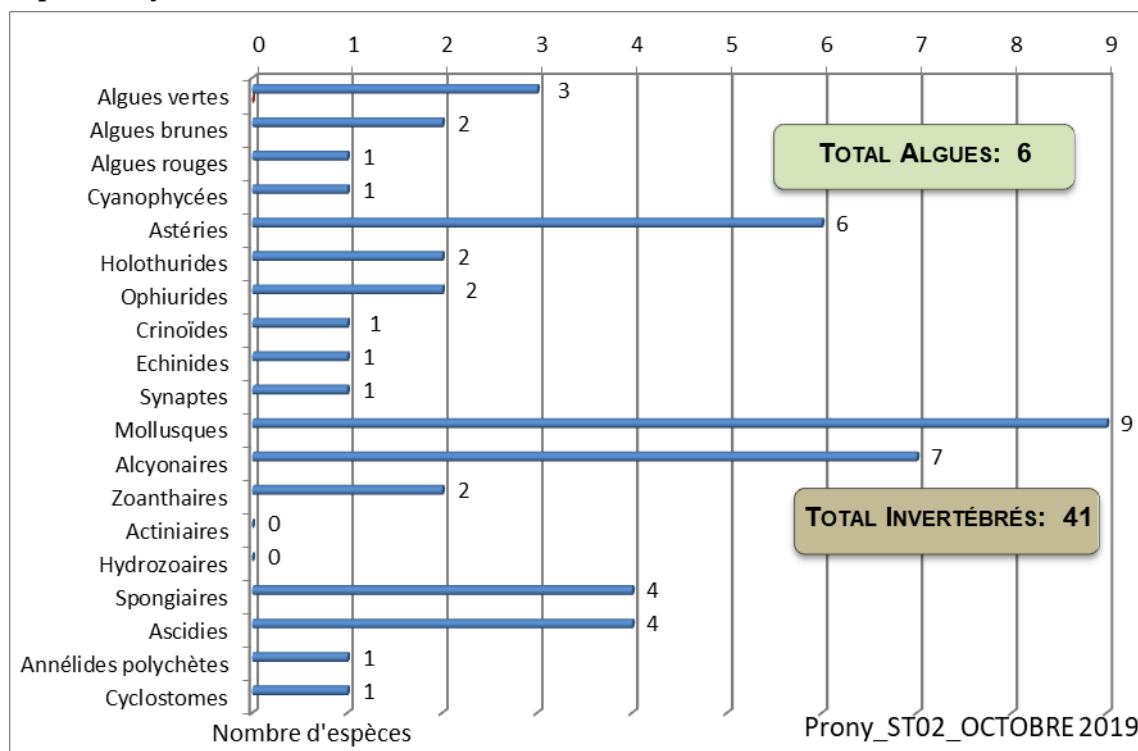


Figure 12 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST02)

4.2.2.1 Benthos Transect 02 A

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST02A est composée de :

- 35 espèces d'invertébrés dont 8 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (6 taxons), zoanthaires (1 taxon) ; 10 espèces d'échinodermes : astéries (5 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 4 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 20 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : 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.	Une espèce d'algue recensée une espèce algues brunes : • <i>Dictyota</i> sp. (A3/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : • <i>Phormidium</i> sp. (A2).	☒
Cnidaires	
☒	2 espèces de cnidaires augmentent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (2 espèces) : • <i>Cladiella</i> sp. (A3/+ 1), • <i>Sinularia dura</i> (A3/+ 1).
Echinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (3 espèces) : • <i>Celerina heffernani</i> (A1), • <i>Fromia milleporrella</i> (A1), • <i>Gomophia egyptiaca</i> (A1). 1 espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Echinaster varicolor</i> (A0/-1).	2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria flavomaculata</i> (A2/- 1) ; ➢ pour les ophiurides (1 espèce) : • <i>Ophiomastix caryophyllata</i> (A3/- 1).
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Pedum spondyloideum</i> (A0/-2).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 sp) : • <i>Isognomon isognomon</i> (A2/- 2).
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : • <i>Cymbastela cantharella</i> (A1). 1 espèce d'éponges disparue : •Spongiaires ind. (noire) (A0/-2).	☒
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : • <i>Polycarpa aurita</i> (A2).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : • <i>Polycarpa nigricans</i> (A2/- 1).
Bryozoaires	
☒	☒

4.2.2.2 Benthos Transect 02 B

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

- 31 espèces d'invertébrés dont 6 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (5 taxons), zoanthaires (2 taxons) ; 9 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), synaptres (1 taxon) ; 4 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.

Tableau 21 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses (ST02B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : • <i>Phormidium</i> sp. (A1).	☒
Cnidaires	
☒	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Simularia dura</i> (A3/- 1).
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les synaptres (1 espèce) : • <i>Euapta godeffroyi</i> (A1). 3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : • <i>Celerina heffernani</i> (A0/-1), • <i>Fromia milleporrella</i> (A0/-1) ; ➢ pour les échinides (-1 espèce) : • <i>Parasalenia gratiosa</i> (A0/-1).	2 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Nardoa gomophia</i> (A2/+ 1) ; ➢ pour les ophiurides (1 espèce) : • <i>Ophiomastix caryophyllata</i> (A4/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria edulis</i> (A1/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : • <i>Cheilidonura electra</i> (A1). 3 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-3 espèce) : • <i>Pteria</i> sp. (A0/-2), • <i>Pedum spondyloideum</i> (A0/-2), • <i>Tridacna squamosa</i> (A0/-1).	3 espèces de mollusques diminuent d'abondance : ➢ pour les bivalves (3 espèces) : • <i>Arca ventricosa</i> (A2/- 1), • <i>Isognomon isognomon</i> (A2/- 2), • <i>Spondylus</i> sp. (A2/- 1).
Eponges	
2 espèces d'éponges disparues : •Spongiaires ind. (noire) (A0/-2), • <i>Clathria rugosa</i> (A0/-2).	3 espèces d'éponges diminuent d'abondance : • <i>Cymbastela cantharella</i> (A1/- 1), • <i>Cliona orientalis</i> (A2/- 1), • <i>Spheciospongia vagabunda</i> (A2/- 1).
Ascidies	
☒	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : • <i>Polycarpa nigricans</i> (A2/- 1).
Bryozoaires	
☒	☒

4.2.3 Les poissons (ST02)

La liste des espèces observées⁶ 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			Transect			Station		
		A			B			Moyenne		
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Cae	<i>Caesio cuning</i>				30	0,21	3,12	15,00	0,11	1,56
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	2	0,02	0,09				1,00	0,01	0,04
Cha	<i>Chaetodon ephippium</i>	2	0,02	0,33				1,00	0,01	0,17
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>				3	0,01	0,60	1,50	0,01	0,30
Cha	<i>Chaetodon lineolatus</i>	2	0,05	0,73				1,00	0,03	0,36
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	2	0,02	0,05				1,00	0,01	0,03
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>				2	0,01	0,03	1,00	0,01	0,02
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	1	0,01	0,03				0,50	0,01	0,01
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	2	0,02	0,29	2	0,05	0,34	2,00	0,04	0,32
Epi	<i>Epinephelus ongus</i>	1	0,01	0,20				0,50	0,01	0,10
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>				6	0,15	3,00	3,00	0,08	1,50
Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>	6	0,04	0,11	5	0,04	0,37	5,50	0,04	0,24
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	4	0,10	0,05	1	0,01	0,01	2,50	0,06	0,03
Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>	50	1,25	0,68	1	0,02	0,01	25,50	0,63	0,34
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	3	0,05	0,06	1	0,02	0,02	2,00	0,03	0,04
Sca	<i>Chlorurus microrhinos</i>				1	0,01	6,40	0,50	0,00	3,20
Total		75	1,59	2,62	52	0,53	13,90	63,50	1,06	8,26
Biodiversité		11			10			16		
Indice de Shannon =		2,796								
Equitabilité =		0,699								

Sur l'ensemble des transects de la station, 127 individus appartenant à 16 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.06 poissons/m² pour une biomasse de 8.26 g/m².

70 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	<i>Acanthurus blochii</i>	Gra	<i>Diploprion bifasciatum</i>	Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Hae	<i>Plectorhinchus chaetodonoides</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon melanopterus</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Hae	<i>Plectorhinchus picus</i>	Pom	<i>Chromis atripes</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Hol	<i>Myripristis kuntze</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Apo	<i>Cheilodipterus macrodon</i>	Hol	<i>Myripristis murdjan</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon melas</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Hol	<i>Neoniphon sammara</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Cac	<i>Triaenodon obesus</i>	Hol	<i>Sargocentron spiniferum</i>	Pom	<i>Pomacentrus adelus</i>
Cae	<i>Caesio cuning</i>	Lab	<i>Cheilinus fasciatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus amboinensis</i>
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>

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

Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Sca	<i>Cetoscarus ocellatus</i>
Cha	<i>Chaetodon ephippium</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopion</i>	Sca	<i>Chlorurus bleekeri</i>
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>	Lab	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Sca	<i>Chlorurus microrhinos</i>
Cha	<i>Chaetodon lineolatus</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Sca	<i>Scarus longipinnis</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Lut	<i>Lutjanus fulvus</i>	Sca	<i>Scarus niger</i>
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	Lut	<i>Lutjanus gibbus</i>	Sca	<i>Scarus spinus</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Mul	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	Sig	<i>Siganus argenteus</i>
Cha	<i>Chaetodon unimaculatus</i>	Mul	<i>Parupeneus spilurus</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Sig	<i>Siganus puellus</i>
Epi	<i>Cromileptes altivelis</i>	Ple	<i>Assessor macneilli</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>	Poc	<i>Pygoplites diacanthus</i>	Zan	<i>Zanclus cornutus</i>
Epi	<i>Epinephelus ongus</i>				

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

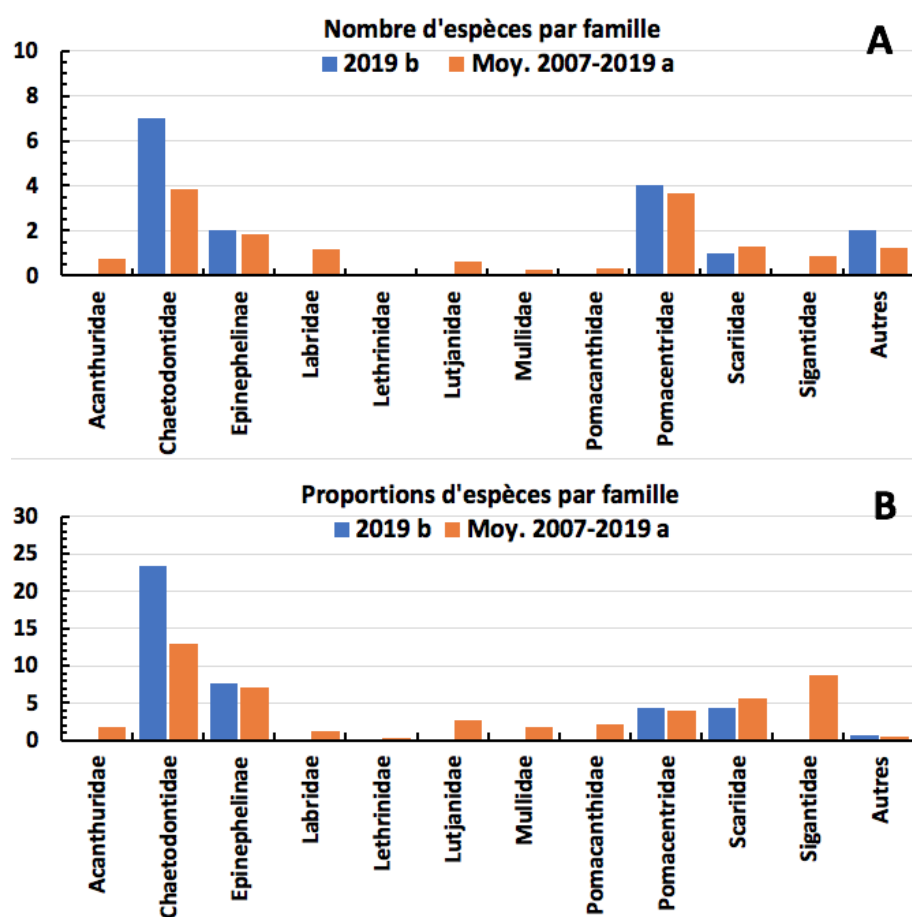


Figure 13 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST02)

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

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

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		Campagne	Moy.	Campagne	Moy.
Acanthuridae	40	0	0,74	0,00	1,85
Chaetodontidae	30	7	3,87	23,33	12,90
Epinephelinae	26	2	1,83	7,69	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		7,0		31,9	
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/m ²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2019 b	Transect A	75,00	1,59	2,62	11		
	Transect B	52,00	0,53	13,90	10		
	Moy. AB	63,50	1,06	8,26	16		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 [$E_r = (X_i - X_m)/X_m$] 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	3 968,2	1,4	638,1	55,6	97,3	187,0
Ecart type	63,0	1,2	25,3	7,5	9,9	13,7
Moyenne	88,8	1,4	25,2	16,0	35,8	54,0
Coef. de Var.	0,7	0,8	1,0	0,5	0,3	0,3

Commentaires :

- De nombreuses espèces (Chaetodontidae, Siganidae, Acanthuridae, Epinephelinae...) sont à l'état de juvéniles.
- Les nombres d'individus et la densité sur les transects se maintiennent à des valeurs classiques.
- La biomasse est plutôt faible.
- La diversité sur les transects (biodiversité 1) est revenue à une valeur moyenne et la diversité totale (biodiversité 3) est toujours à des valeurs élevées et habituelles.
- La demoiselle *Pomacentrus aurifrons* constituent toujours l'essentiel du peuplement des transects et maintien ainsi la valeur des paramètres de densité et de nombre d'individus.
- Les observations, mission après mission, montrent des structures spécifiques peu stables.
- Mission après mission, un grand nombre d'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 des Siganidae et non pas, comme en 2019a du fait de leur abondance accrue. Il faut donc noter, que ce sont deux phénomènes *inverses* (absence vs forte présence) qui laissent la même trace "mathématique".

Ces résultats relatifs aux Picots, soulignent une fois de plus la grande instabilité qualitative (spécifique) des peuplements lorsqu'ils sont décrits à partir de surfaces trop réduites. En effet, en se référant aux listes de biodiversité 3 (2019a vs 2019b), elles montrent que le nombre de Siganidae n'a en fait pas beaucoup changé et qu'il s'est même accru d'une espèce lors de cette dernière mission.

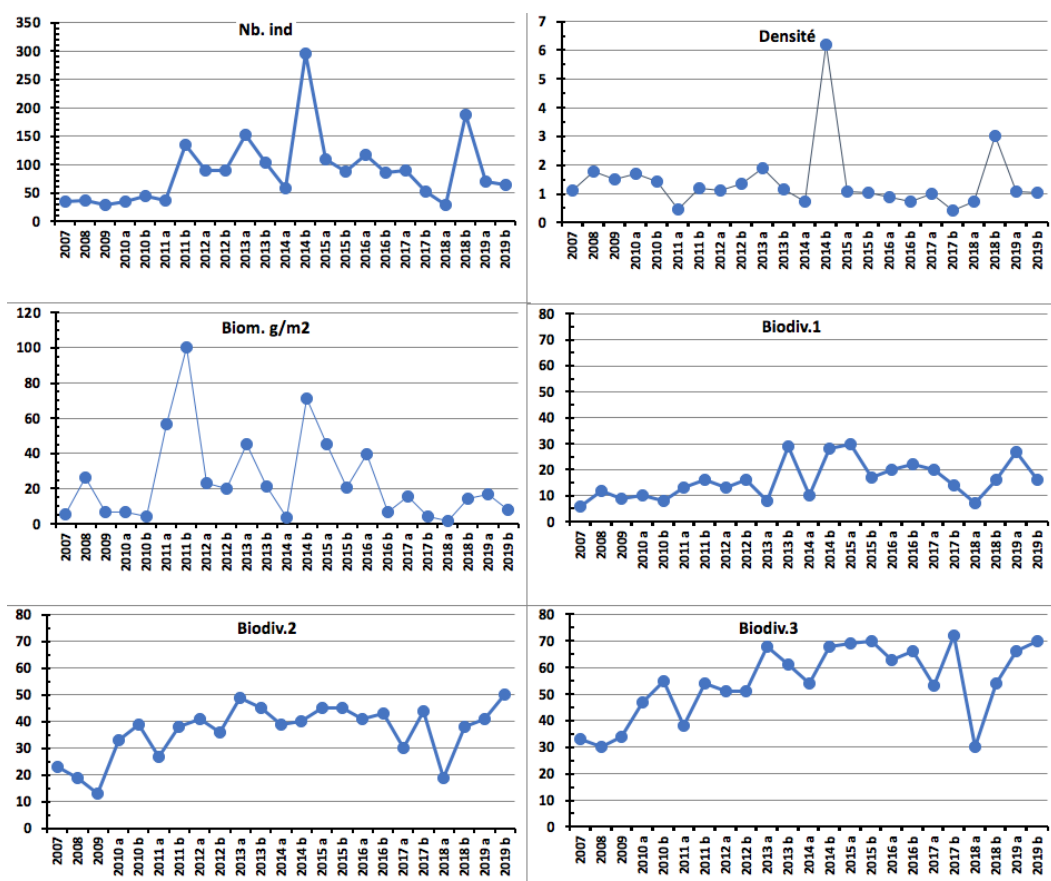


Figure 14 : Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST02)

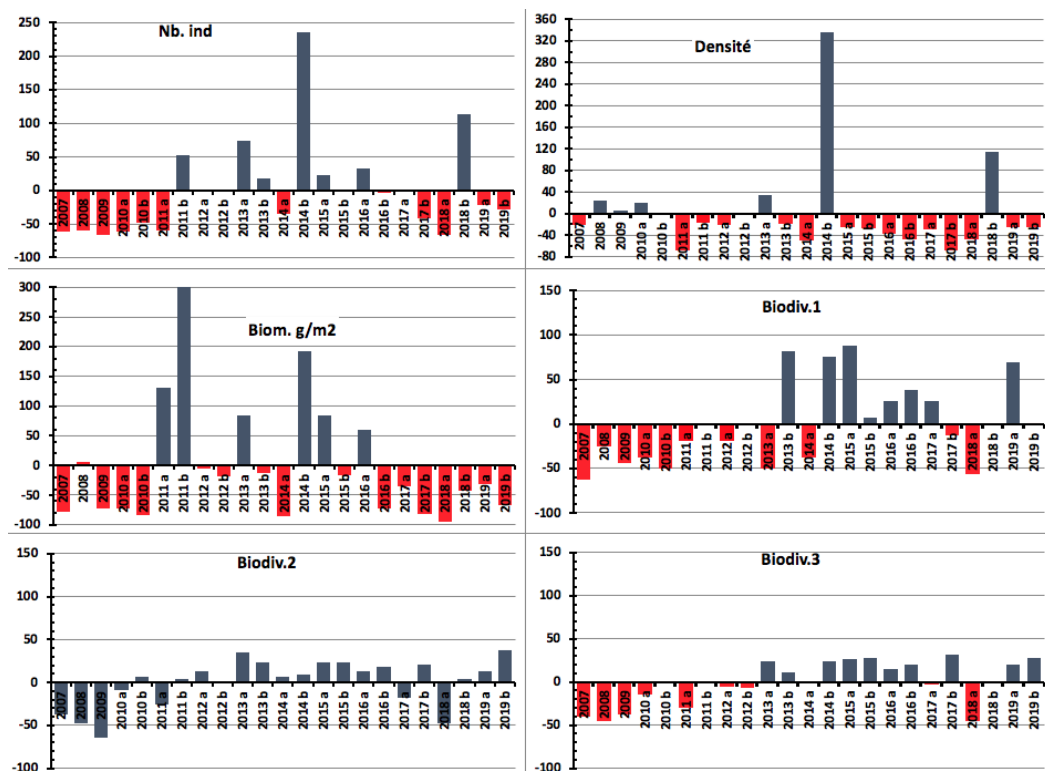


Figure 15 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST02)

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**

Variations entre avril 2019 et octobre 2019

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 4.5% au transect A, 12.5% 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%*
 - Lésions coralliennes : RAS pour la maladie de la bande blanche
- Le développement très important des algues brunes (*Lobophora*) entraîne des lésions partielles et irréversibles sur de nombreuses colonies coralliennes (surtout en B & C). Si la maladie de la bande blanche est présente elle ne pourrait pas facilement être identifiée car les *Acanthaster* mangent préférentiellement les *Acropora* tabulaires le plus souvent affectées par cette maladie
- Perturbations sédimentaires : des dépôts sédimentaires ont été observés sur les colonies coralliennes pour l'ensemble de la station et plus particulièrement en B & C

Autres indicateurs :

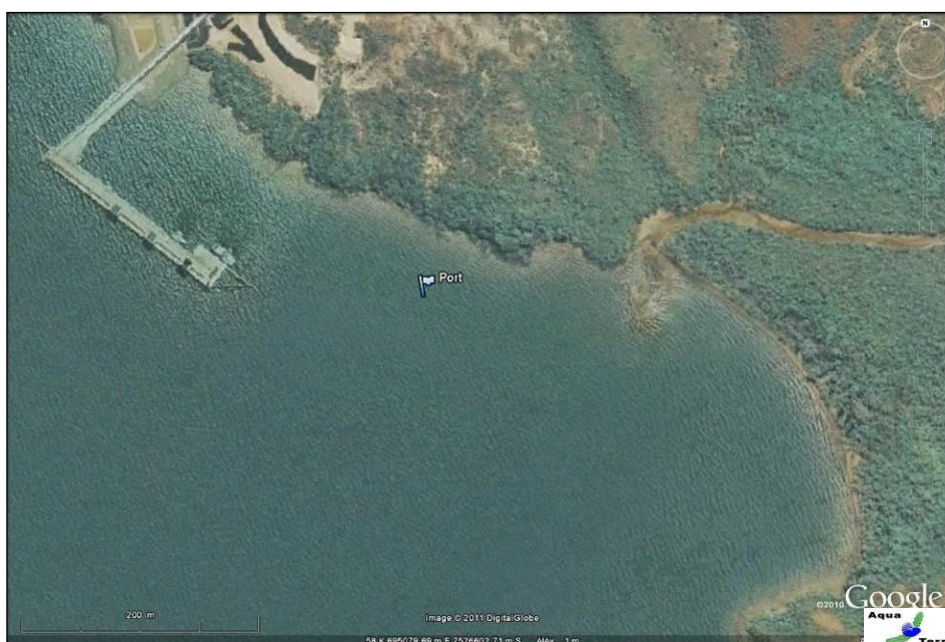
- Cyanobactéries : stable en A & B (niveau 2). Elles se développent sur les débris coralliens et le substrat d'origine terrigène. Absence en C
- Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens et les colonies mortes en place
- Algue brune *Lobophora* : stable aux 3 transects (respectivement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

Les corallivores :

- *Culcita novaeguineae* : 1 spécimen en B (stable) & C (augmentation)
- *Acanthaster planci* : 1 spécimen en A (stable) & B (diminution de 15 spécimens). Absence en C (diminution de 1 spécimen)
- *Drupella cornus* : absence, stable



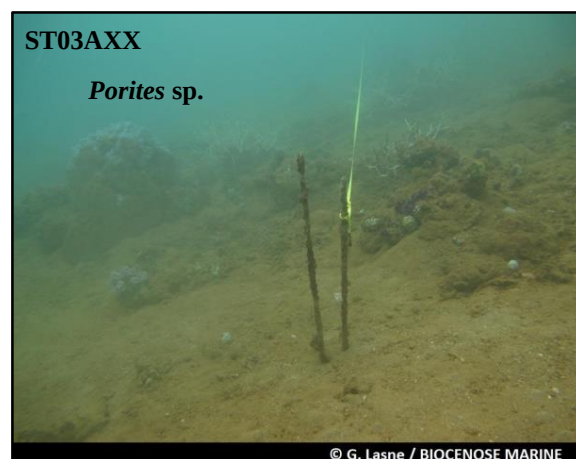
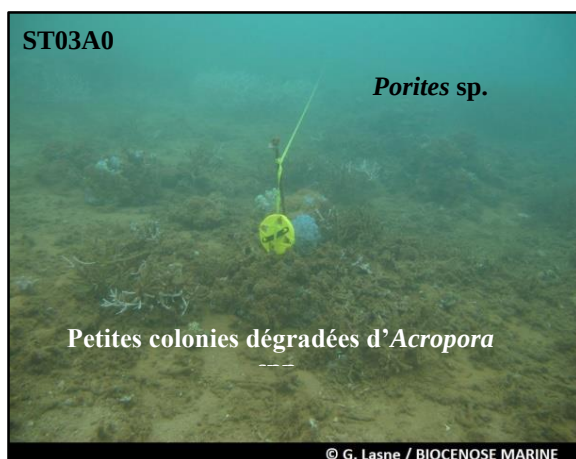
Photographie 06 : Vue aérienne : emplacement par rapport aux structures portuaires (ST03)



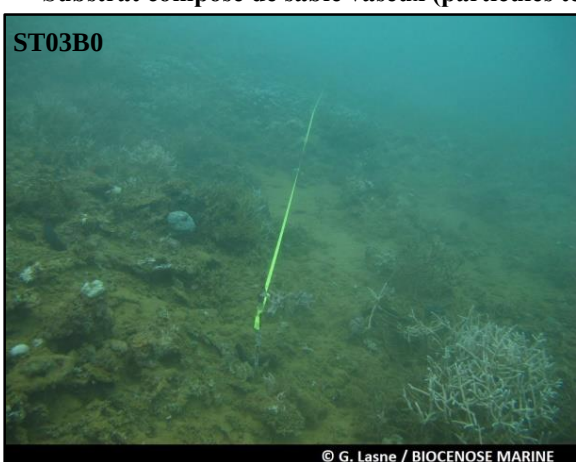
Carte 05 : Localisation de la station 03 (Port)



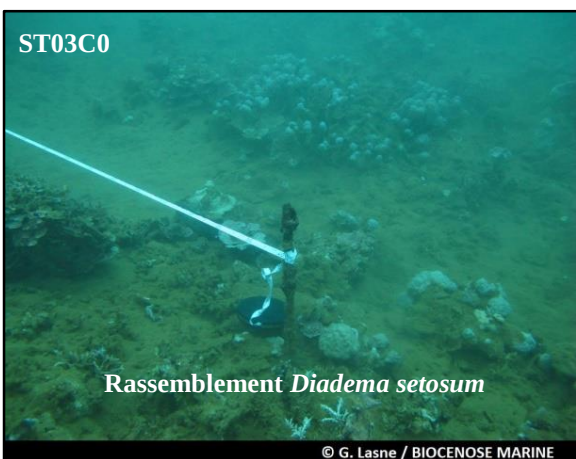
Photographie 07 : Position en surface par rapport aux structures portuaires (ST03)



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, *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.

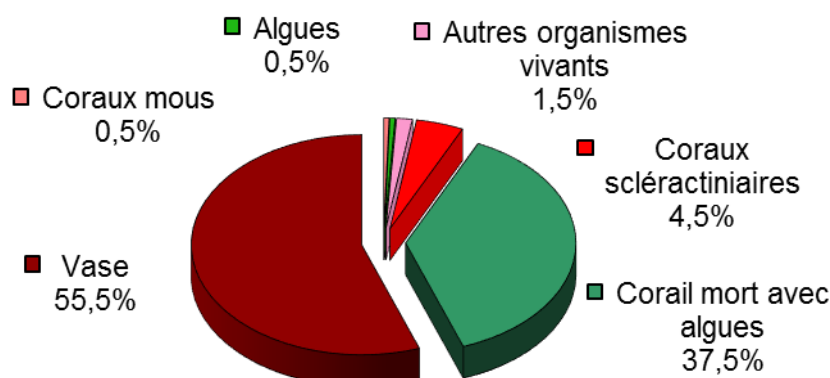


Figure 16 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03A

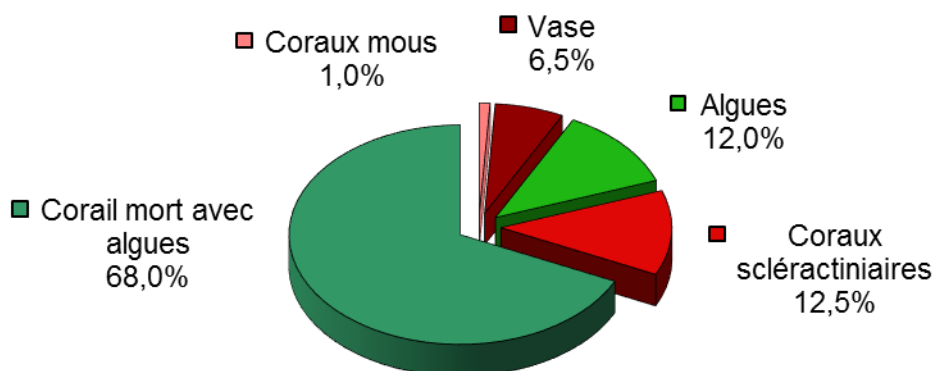


Figure 17 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03B

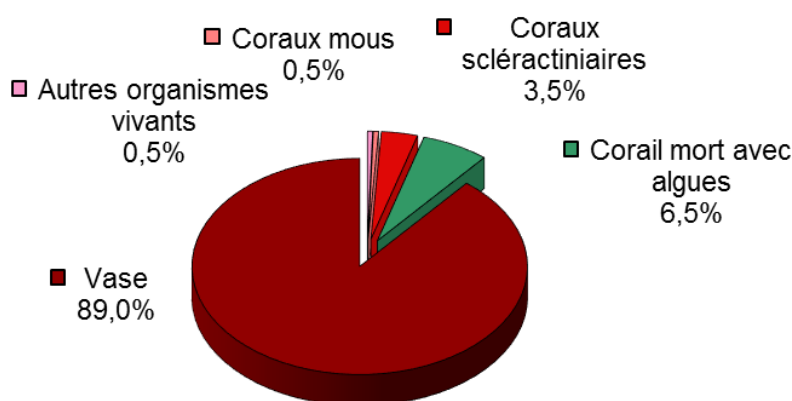


Figure 18 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C

Le transect A est caractérisé par des fonds abiotiques du fait de la présence de vase (55.5%). La partie biotique est essentiellement due à la classe « corail mort avec algues » (37.5%), les coraux scléractiniaires étant faiblement présents (4.5%).

Le transect B a un recouvrement biotique important (93.5%) dû en partie aux coraux scléractiniaires qui sont à mi-pente moyennement représentés (12.5%) mais surtout à la classe « corail mort avec algues » (68%)

Le transect C est très vaseux (89% 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 octobre 2019, la richesse spécifique de la station Port (ST03) est composée de :

- **39 espèces d'invertébrés** dont 8 espèces de mollusques ; 8 espèces de cnidaires : alcyonaires (5 taxons), zoanthaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon) ; 11 espèces d'échinodermes : astéries (6 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), échinides (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.**

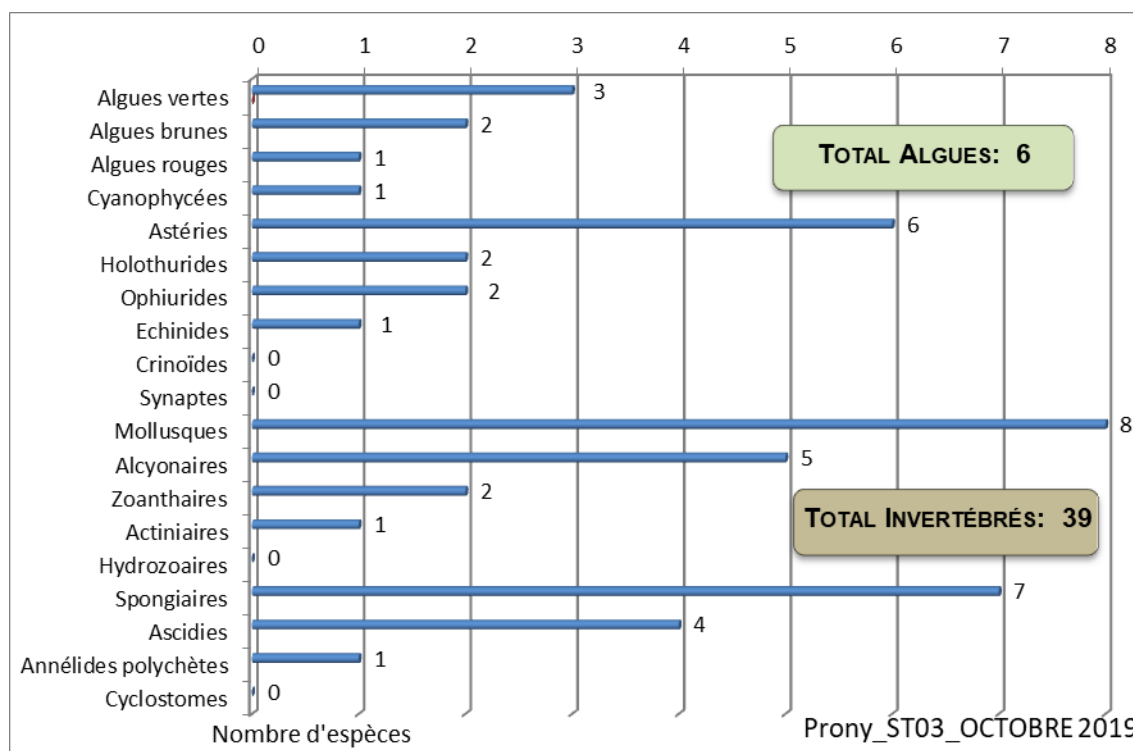


Figure 19 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST03)

4.3.2.1 Benthos Transect 03 A

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST03A est composée de :

- **31 espèces d'invertébrés** dont 7 espèces de mollusques ; 5 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), zoanthaires (1 taxon) ; 9 espèces d'échinodermes : astéries (4 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), échinides (1 taxon) ; 5 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 27 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : 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 : • <i>Halimeda</i> sp. (2spp./-1spp., A2/-1).	Aucune espèce d'algues n'augmente. 2 espèces d'algues diminuent, dont 2 espèces d'algues vertes : • <i>Halimeda</i> sp. (2spp., A2/-1).
Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	

☒	☒
Echinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➤ pour les astéries (2 espèces) : • <i>Fromia monilis</i> (A1), • <i>Nardoa gomophia</i> (A1). Une espèce d'échinodermes disparue : ➤ pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Gomophia egyptiaca</i> (A0/-1).	☒
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➤ pour les nudibranches (1 espèce) : • <i>Cheilidonura inornata</i> (A1). Une espèce de mollusques disparue : ➤ pour les gastéropodes (-1 sp) : • <i>Chicoreus brunneus</i> (A0/-1).	☒
Eponges	
2 nouvelles espèces d'éponges recensées : • <i>Dysidea frondosa</i> (A2), • <i>Dysidea herbacea</i> (A1).	2 espèces d'éponges diminuent d'abondance : • <i>Cliona jullieni</i> (A2/- 1), • <i>Spherospongia vagabunda</i> (A2/- 1).
Ascidies	
☒	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : • <i>Polycarpa nigricans</i> (A3/+ 1).
Bryozoaires	
☒	☒

4.3.2.2 Benthos Transect 03 B

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST03B est composée de :

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

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

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue brune : • <i>Dictyota</i> sp. (A2). Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➤ pour les zoanthaires (1 espèce) : • <i>Zoanthidae</i> ind.sp. (A2). Une espèce de cnidaires disparue : ➤ pour les zoanthaires (-1 espèce) : • <i>Palythoa tuberculosa</i> (A0/-2).	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Sarcophyton</i> sp. (A4/+ 1).
Echinodermes	
☒	3 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➤ pour les astéries (2 espèces) : • <i>Acanthaster planci</i> (A1/- 2), • <i>Celerina heffernani</i> (A1/- 1) ; ➤ pour les échinides (1 sp) : • <i>Diadema setosum</i> (A3/-1)
Mollusques	
☒	☒
Eponges	

2 espèces d'éponges disparues : • <i>Leucetta chagosensis</i> (A0/-1), • <i>Sphaciospongia vagabunda</i> (A0/-2).	☒
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : • <i>Polycarpa nigricans</i> (A0/-2).	☒
Bryozoaires	
☒	☒

4.3.2.3 Benthos Transect 03 C

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

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

Tableau 29 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : 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 : • <i>Halimeda</i> sp. (1spp./-1spp., A2/-0).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	
☒	4 espèces de cnidaires diminuent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (4 espèces) : • <i>Sarcophyton</i> sp. (A3/- 1), • <i>Sinularia dura</i> (A2/- 1), • <i>Sinularia</i> sp. (A2/- 1), • <i>Nephthea</i> sp. (A2/- 1).
Echinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 espèces) : • <i>Nardoa gomophia</i> (A1), • <i>Culcita novaeguineae</i> (A1). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : • <i>Acanthaster planci</i> (A0/-1), • <i>Celerina heffernani</i> (A0/-2).	2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les échinides (1 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A3/- 1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria flavomaculata</i> (A1/- 3).
Mollusques	
2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les nudibranches (-2 espèce) : • <i>Cadlinella</i> sp. (A0/-1), • <i>Chromodoris leopardus</i> (A0/-1).	☒
Eponges	
☒	2 espèces d'éponges diminuent d'abondance : • <i>Hamigera strongylata</i> (A1/- 1), • <i>Cymbastela cantharella</i> (A1/- 1).
Ascidies	
☒	☒
Bryozoaires	
☒	☒

4.3.3 Les poissons (ST03)

La liste des espèces observées⁷ sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 30](#).

Tableau 30 : Données sur les poissons (ST03)

Port ST03		Transect			Transect			Transect			Station		
		A			B			C			Moyenne		
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>				1	0,03	0,06				0,33	0,01	0,02
Can	<i>Canthigaster valentini</i>				1	0,03	0,01				0,33	0,01	0,00
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>				3	0,08	0,19				1,00	0,03	0,06
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>				4	0,10	0,25				1,33	0,03	0,08
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>				2	0,05	0,06				0,67	0,02	0,02
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	2	0,05	0,13	2	0,05	0,22	2	0,05	0,13	2,00	0,05	0,16
Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>	1	0,03	4,00							0,33	0,01	1,33
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	2	0,05	0,34							0,67	0,02	0,11
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	6	0,15	2,19	5	0,13	2,50	3	0,08	0,77	4,67	0,12	1,82
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>				2	0,05	0,13				0,67	0,02	0,04
Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>				15	0,38	2,57				5,00	0,13	0,86
Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>	1	0,03	0,06							0,33	0,01	0,02
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	1	0,03	0,01	4	0,10	0,05	2	0,05	0,03	2,33	0,06	0,03
Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>	15	0,38	0,20							5,00	0,13	0,07
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	15	0,38	0,20	10	0,25	0,135				8,33	0,21	0,11
Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>	30	0,75	0,41	30	0,75	0,41				20,00	0,50	0,27
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	4	0,10	0,13	6	0,15	0,08	1	0,03	0,01	3,67	0,09	0,07
Sig	<i>Siganus vulpinus</i>				2	0,05	0,51				0,67	0,02	0,17
Total		77	1,93	7,67	87	2,18	7,18	8	0,20	0,93	57,33	1,43	5,26
Biodiversité		10			14			4			18		
Indice de Shannon =		3,153											
Equitabilité =		0,756											

Sur l'ensemble des transects de la station, 172 individus appartenant à 19 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.43 poissons/m² pour une biomasse de 5.36 g/m².

67 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	<i>Acanthurus blochii</i>	Gra	<i>Diploprion bifasciatum</i>	Pom	<i>Chromis amboinensis</i>
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Chrysiptera rex</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopoeion</i>	Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Apo	<i>Archamia fucata</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Pom	<i>Pomacentrus adelus</i>
Apo	<i>Cheilodipterus macrodon</i>	Let	<i>Lethrinus harak</i>	Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>
Apo	<i>Ostorhinchus angustatus</i>	Lut	<i>Lutjanus gibbus</i>	Pom	<i>Pomacentrus brachialis</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Mic	<i>Gunnellichthys viridescens</i>	Pom	<i>Pomacentrus chrysurus</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>	Pom	<i>Pomacentrus coelestis</i>
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Mul	<i>Parupeneus cyclostomus</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	Nem	<i>Pentapodus caninus</i>	Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>
Cha	<i>Chaetodon ephippium</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>

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

Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Pin	<i>Parapercis hexophthalma</i>	Sca	<i>Scarus niger</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	Sca	<i>Scarus rivulatus</i>
Cha	<i>Heniochus varius</i>	Poc	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	Poc	<i>Pygoplites diacanthus</i>	Sig	<i>Siganus corallinus</i>
Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>	Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Epi	<i>Epinephelus ongus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>	Zan	<i>Zanclus cornutus</i>
Gob	<i>Amblygobius phalaena</i>				

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 ichthyologique (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	1	1,09	1,03	1,12
Lethrinidae	16	0	0,04	0,00	0,27
Lutjanidae	22	0	0	0	0
Mullidae	14	0	0,83	0,00	5,90
Pomacanthidae	14	1	0,30	7,14	2,17
Pomacentridae	92	7	4,91	7,61	5,34
Scaridae	23	0	1,30	0,00	5,67
Siganidae	10	1	1,22	10,00	12,17
Autres	257	3	3,17	1,17	1,23
Khi2 obs		5,9		31,2	
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 33](#) et la [figure 21](#).

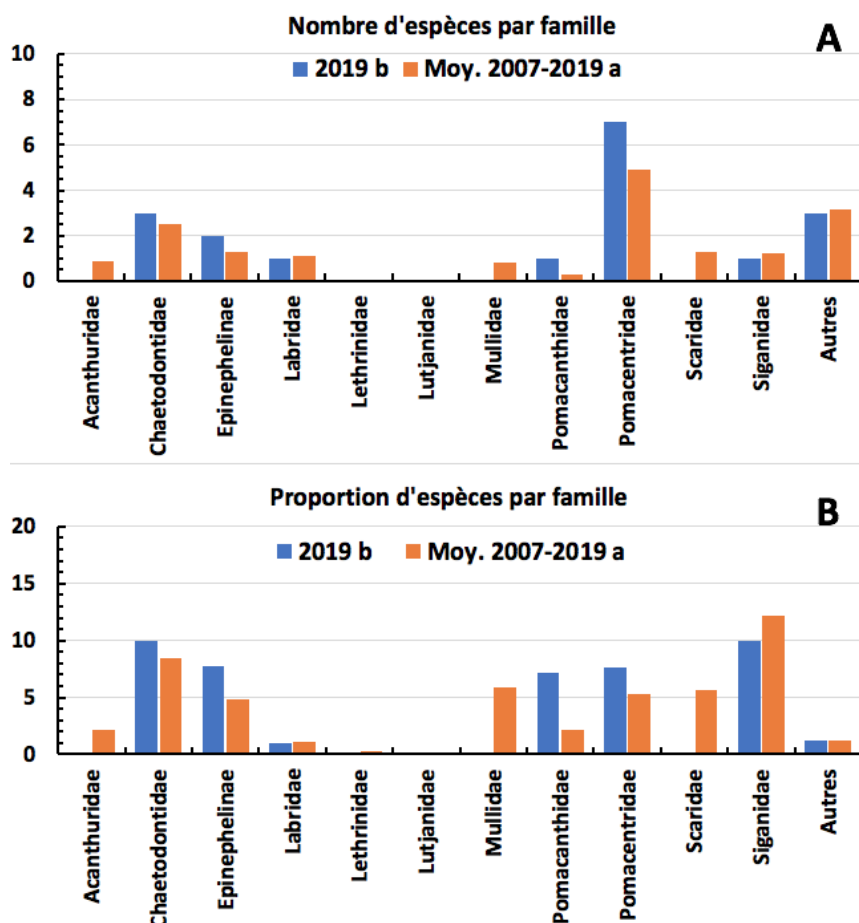


Figure 20 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST03)

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/m ²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2019 b	Transect A	77,00	1,93	7,67	10		
	Transect B	87,00	2,18	7,18	14		
	Transect C	08,00	0,20	0,93	4		
	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 [$E_{ri} = (X_i - X_m)/X_m$] 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	607,92	0,47	25,20	29,06	114,08	104,75
Ecart type	24,66	0,68	5,02	5,39	10,68	10,23
Moyenne	48,48	1,02	4,95	17,65	40,52	59,74
Coef. de Var.	0,51	0,67	1,01	0,31	0,26	0,17

Commentaires :

- Le Pomacanthidae *Centropyge bicolor* est toujours sur la station, mais *Pomacanthus sexstriatus* n'est plus sur le transect B... mais toujours proche puisqu'il figure dans la liste biodiversité 3.
- 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 continue à la hausse.
- La biodiversité sur les transects comme la biodiversité totale sur la station sont à des valeurs moyennes.
- 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 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 familles possibles 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 (ie. observées dans la zone d'étude depuis 2007), les résultats divergent nettement essentiellement du fait, non pas, de l'abondance des Siganidae (Picots) qui est proche de la moyenne, ni des Pomacanthidae (Poissons-Anges) mais plutôt des Chaetodontidae (Poissons-Papillons) dont l'effectif s'est sensiblement réduit et surtout des Scaridae qui ont disparu....

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 encore une fois, l'impact d'une trop faible longueur de transect sur l'appréciation que l'on peut faire de la dynamique du peuplement de poissons.

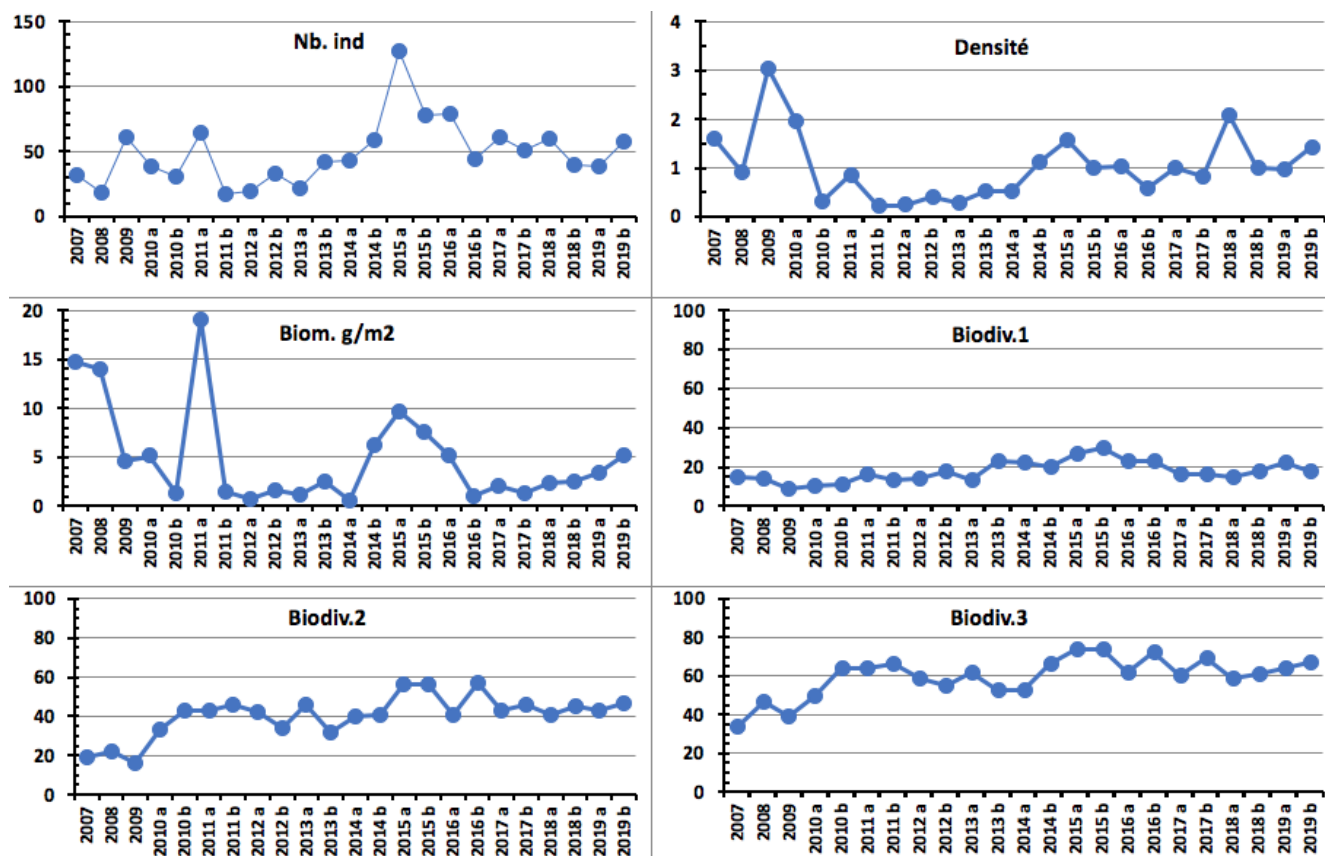


Figure 21 : Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST03)

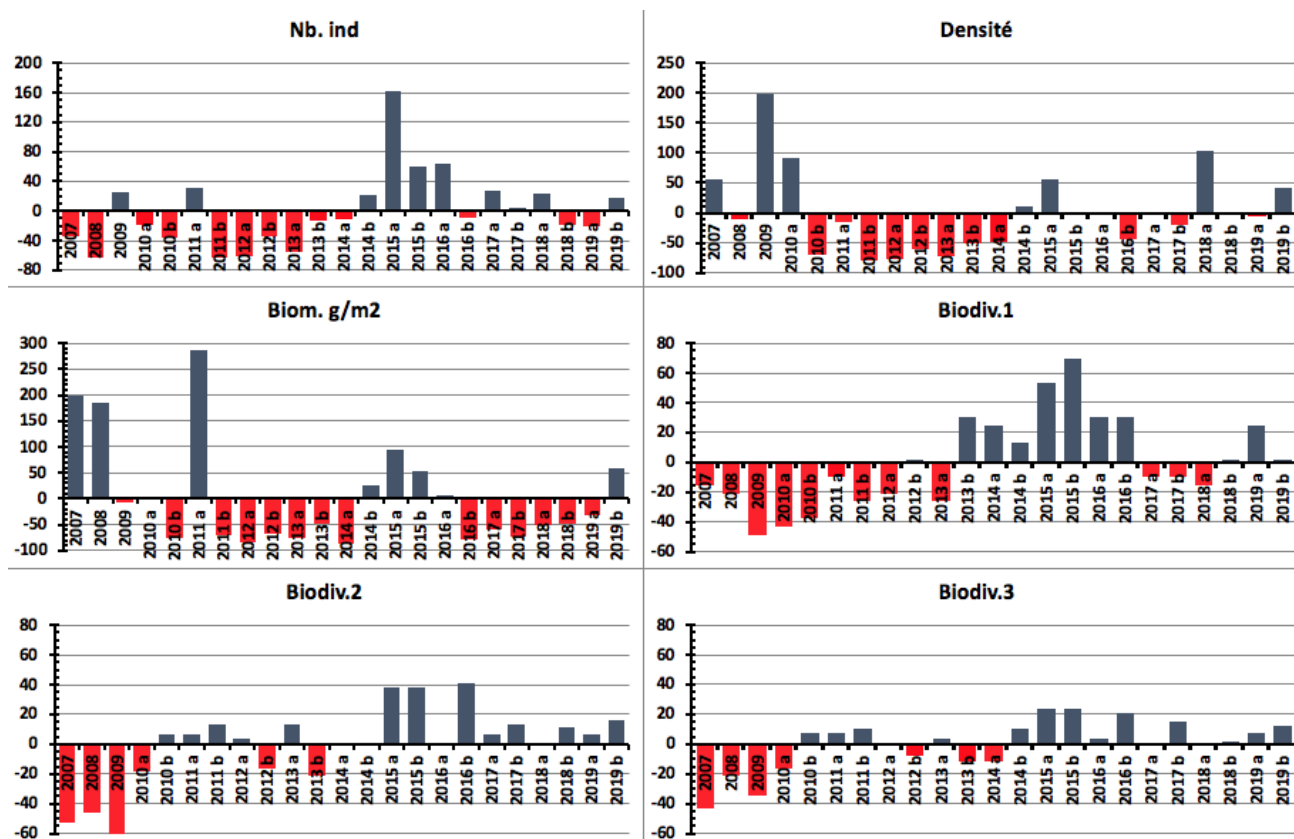


Figure 22 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST03)

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 <i>Millepora</i> et de <i>Seriatopora hystrix</i> 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 <i>Tubastraea micrantha</i> 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)**

Variations entre avril 2019 et octobre 2019

Indicateur Corail :

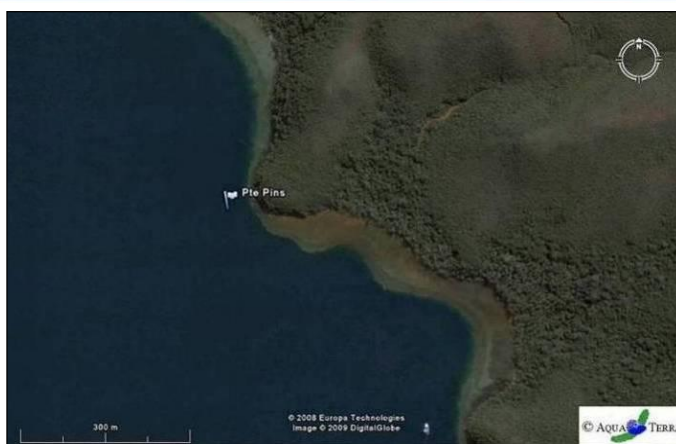
- Le recouvrement corallien est de 12% au transect A (diminution vs 24.5% en avril 2019 et 42% en novembre 2018), 7.5% en B et 6% en C (stables)
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.37% ; Avril 2016 : 11.57% ; Novembre 2016 : 0.43% ; Avril 2017 : 1.07% ; Septembre 2017 : 0.17 % ; Mai 2018 : 0.63% ; Novembre 2018 : 2% ; Avril 2019 : 1.43% ; Octobre 2019 : 1.23%*
- 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)
Les colonies blanchies concernent surtout le niveau médian (1.2 m² en A et 2.4 m² en B). Elles ont été dévorées par les *Acanthaster planci*
- Maladie de la bande blanche : non recensée : en fait, si cette maladie est présente elle ne pourrait pas facilement être identifiée car les *Acanthaster* mangent préférentiellement les *Acropora* tabulaires, le plus souvent affectées par cette maladie
- 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 : recouvrement stable en B (niveau 2), en diminution en A & C (niveau 2 à 0). Elles se développent sur les colonies coralliennes mortes en place (colonies affectées par *Acanthaster*)
- Le turf algal se développe 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
- *Cliona jullieni* : stable

Les corallivores :

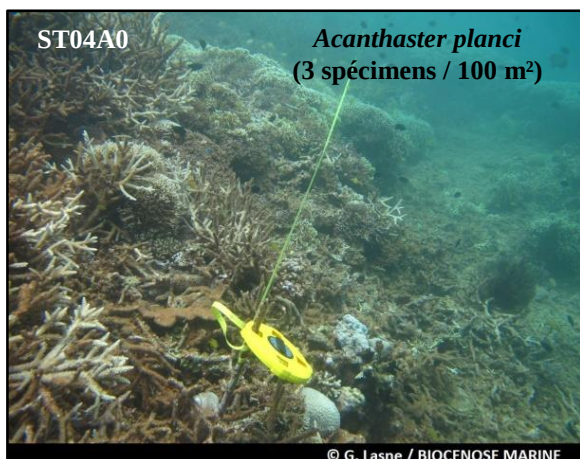
- *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Acanthaster planci* : augmentation en A et B (respectivement 3 et 2 spécimens vs 2 et 1)
- *Drupella cornus* : absence, stable



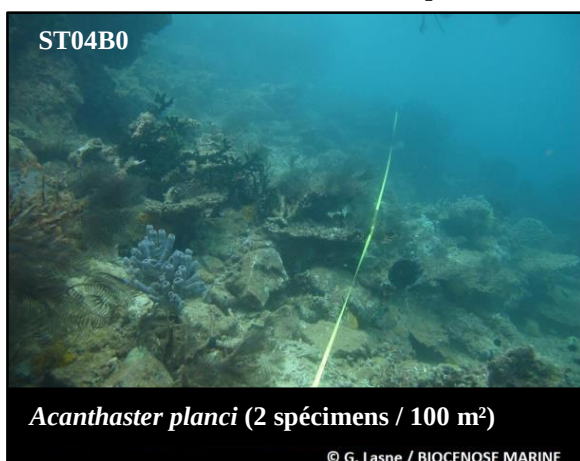
Carte 06 : Localisation de la station 04 (Woodin)



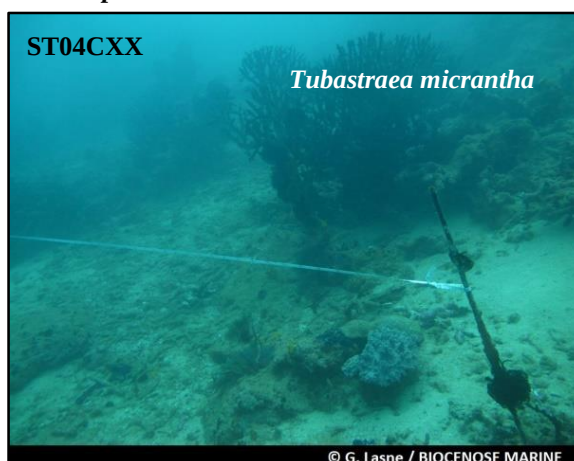
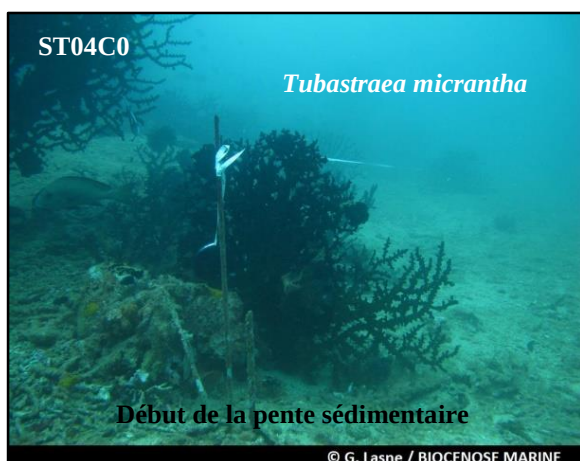
Photographie 09 : Position en surface par rapport à la côte (ST04)



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



De nombreuses colonies coralliennes sont mortes en place (surtout *Acropora tabulaires*)
Prédation d'*Acanthaster planci*



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.

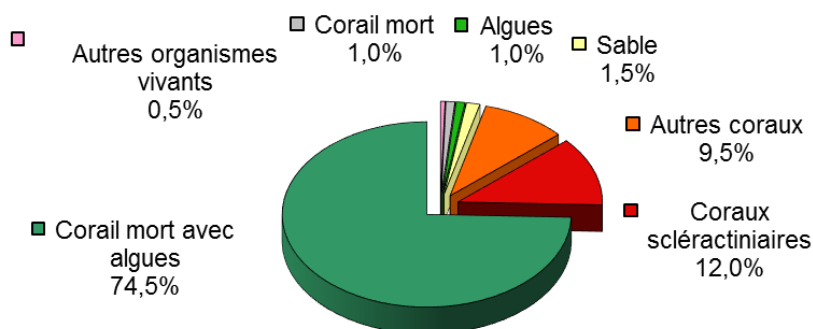


Figure 23 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04A

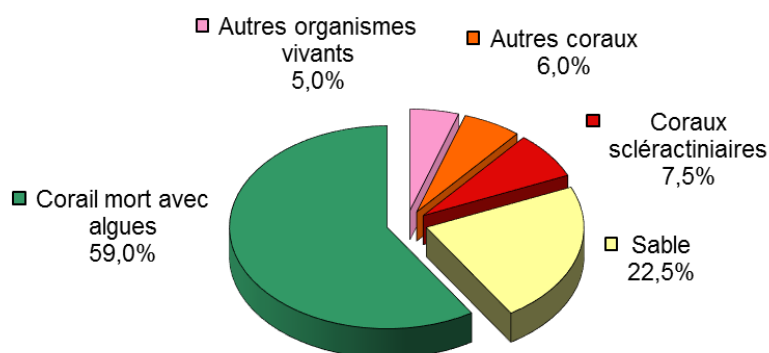


Figure 24 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04B

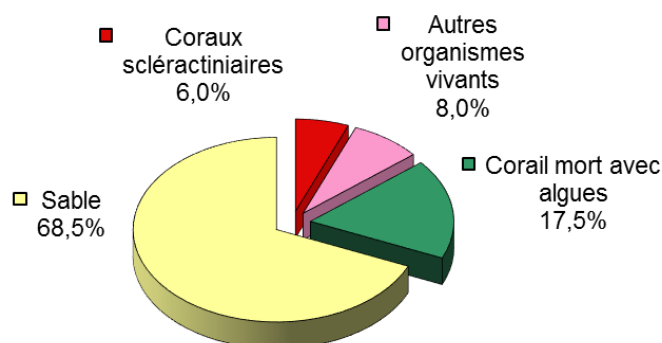


Figure 25 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04C

Les transects A et B ont classiquement un fort recouvrement biotique total (97.5% et 77.5%), dû en grande partie au « Corail mort avec algues ».

Le recouvrement des scléractiniaires est encore en diminution en A (12% vs 24.5% vs 42%) mais est stabilisé en B (7.5%), du fait de la prolifération d'*Acanthaster planci* depuis novembre 2018.

Le recouvrement du substrat du transect C est majoritairement abiotique (68.8%) du fait de la dominance du sable. Toujours peu de coraux (6%).

A noter : 0.5% d'*Acropora* et 0.5% de *Seriatopora blanchi* en A. Disparition des cyanobactéries.

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 entraîne 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 octobre 2019, la richesse spécifique de la station Woodin (ST04) est composée de :

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

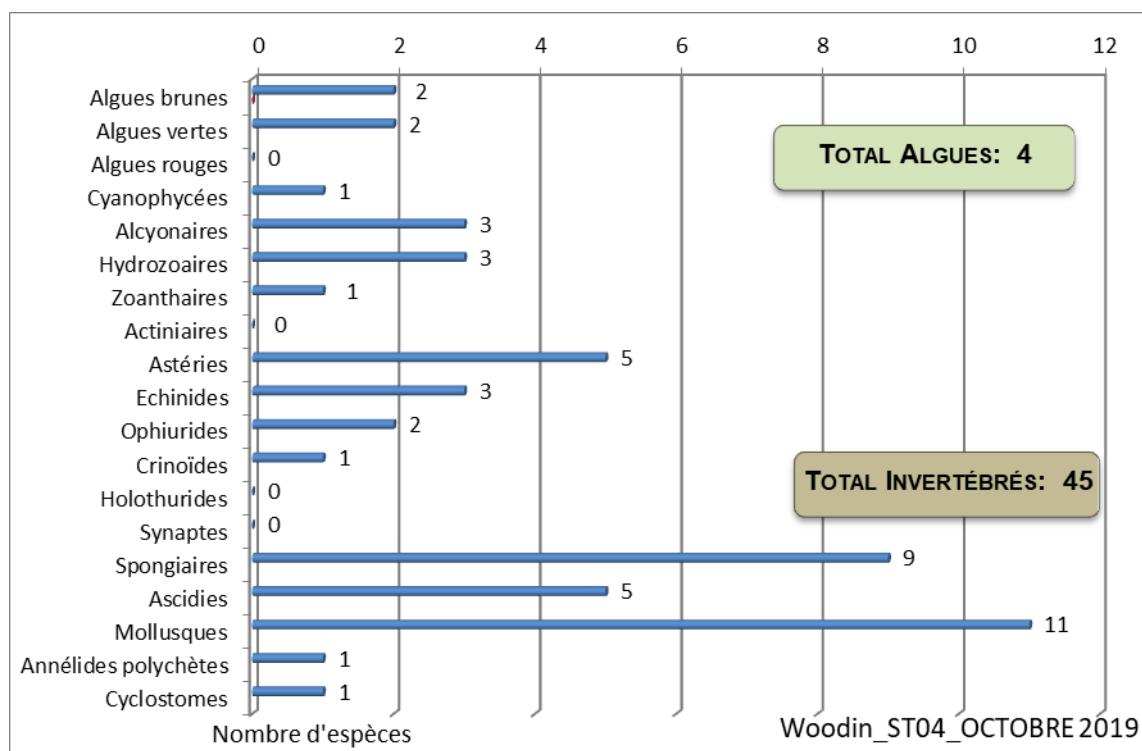


Figure 26 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST04)

4.4.2.1 Benthos Transect 04 A

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST04A est composée de :

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

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

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
2 nouvelles espèces d'algues recensées, dont 2 espèces d'algues brunes : • <i>Dictyota</i> sp. (A2), • <i>Turbinaria ornata</i> (A2). Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une espèce de cyanobactéries disparue : • <i>Phormidium</i> sp. (A0/-2).	☒
Cnidaires	

4 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Dendronephthya</i> sp. (A2) ; ➤ pour les hydrozoaires (3 sp) : •Hydrozoaires ind. (3spp.) (A3). Une espèce de cnidaires disparue : ➤ pour les alcyonaires (-1 espèce) : • <i>Nephthea</i> sp. (A0/-2).	☒
Echinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➤ pour les astéries (2 sp) : • <i>Fromia indica</i> (A1), • <i>Fromia monilis</i> (A1). Une espèce d'échinodermes disparue : ➤ pour les échinides (-1 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A0/-2).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➤ pour les ophiurides (1 espèce) : • <i>Ophiure</i> ind. (A3/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➤ pour les crinoïdes (1 espèce) : • <i>Crinoïdes</i> ind. (A3/- 1).
Mollusques	
2 espèces de mollusques disparues : ➤ pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Septifer bilocularis</i> (A0/-2) ; ➤ pour les nudibranches (-1 sp) : • <i>Phyllidiella pustulosa</i> (A0/-1).	☒
Eponges	
Une espèce d'éponges disparue : • <i>Clathria rugosa</i> (A0/-2).	☒
Ascidies	
☒	☒
Bryozoaires	
☒	☒

4.4.2.2 Benthos Transect 04 B

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST04B est composée de :

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

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

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
1 nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue brune : • <i>Dictyota</i> sp. (A2) Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente.ni ne diminue
Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➤ pour les hydrozoaires (2 espèces) : •Hydrozoaires ind. (3spp./+2spp.) (A5). 2 espèces de cnidaires disparues : ➤ pour les alcyonaires (-2 espèce) : • <i>Lobophytum</i> sp. (A0/-1), • <i>Dendronephthya</i> sp. (A0/-2).	3 espèces de cnidaires augmentent d'abondance : ➤ pour les hydrozoaires (3 espèces) : •Hydrozoaires ind. (3spp., A5/+ 3).
Echinodermes	
Une espèce d'échinodermes disparue : ➤ pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Gomophia egyptiaca</i> (A0/-2).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➤ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Acanthaster planci</i> (A2/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➤ pour les échinides (1 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A2/- 1).
Mollusques	
3 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➤ pour les bivalves (2 sp) : • <i>Lopha cristagalli</i> (A2), • <i>Pedum spondyloideum</i> (A2) ;	2 espèces de mollusques diminuent d'abondance : ➤ pour les bivalves (2 espèces) : • <i>Arca ventricosa</i> (A2/- 1), • <i>Spondylus</i> sp. (A2/- 1).

➤ pour les nudibranches (1 espèce) : • <i>Chromodoris kuniei</i> (A1). Une espèce de mollusques disparue :	
➤ pour les nudibranches (-1 sp) : • <i>Phyllidiella pustulosa</i> (A0/-1).	
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : • <i>Dysidea herbacea</i> (A2). 2 espèces d'éponges disparues : • <i>Dysidea arenaria</i> (A0/-1), • <i>Clathria rugosa</i> (A0/-2).	☒
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : • <i>Polycarpa aurita</i> (A2), • <i>Polycarpa nigricans</i> (A2).	☒
Bryozoaires	
☒	☒

4.4.2.3 Benthos Transect 04 C

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST04C est composée de :

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

Tableau 37 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : 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	
1 espèce de cyanobactéries disparue : • <i>Phormidium</i> sp. (A0/-2).	☒
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➤ pour les hydrozoaires (1 espèce) : •Hydrozoaires ind. (2spp./+1spp.) (A3). 1 espèce de cnidaires disparue : ➤ pour les zoanthaires : • <i>Zoanthidae</i> ind.sp. (A0/-1).	2 espèces de cnidaires augmentent d'abondance : ➤ pour les hydrozoaires (2 espèces) : •Hydrozoaires ind. (2spp., A3/+ 1).
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➤ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Linckia multifora</i> (A1). 3 espèces d'échinodermes disparues : ➤ pour les échinides (-2 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A0/-1), • <i>Parasalenia gratiosa</i> (A0/-2) ; ➤ pour les holothurides (-1 espèce) : • <i>Holothuria edulis</i> (A0/-1).	☒
Mollusques	
4 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➤ pour les bivalves (4 sp) : • <i>Lopha cristagalli</i> (A2), • <i>Saccostrea</i> sp. (A2), • <i>Pinctada margaritifera</i> (A2), • <i>Pteria</i> sp. (A2).	☒
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : • <i>Spheciospongia vagabunda</i> (A3).	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •Spongiaires ind. (noire) (A3/- 1).
Ascidies	
☒	☒
Bryozoaires	
☒	☒

4.4.3 Les poissons (ST04)

La liste des espèces observées⁸ 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	<i>Acanthurus blochii</i>							2	0,04	3,14	0,67	0,01	1,05
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	2	0,07	2,30	1	0,03	1,15				1,00	0,03	1,15
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	3	0,08	2,00	2	0,07	2,30				1,67	0,05	1,43
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	2	0,05	1,00	2	0,07	1,07				1,33	0,04	0,69
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	1	0,03	2,25							0,33	0,01	0,75
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>							1	0,03	0,07	0,33	0,01	0,02
Cae	<i>Caesio cuning</i>				100	3,33	533,33	50	0,71	91,43	50,00	1,35	208,25
Cae	<i>Caesio marri</i>							70	1,00	54,00	23,33	0,33	18,00
Cae	<i>Caesio pisang</i>	40	0,80	78,61	100	3,33	182,93				46,67	1,38	87,18
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>				2	0,07	0,46	2	0,07	1,07	1,33	0,04	0,51
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	4	0,13	1,94	2	0,07	0,68				2,00	0,07	0,88
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	3	0,10	1,46							1,00	0,03	0,49
Cha	<i>Chaetodon ephippium</i>	2	0,07	2,30							0,67	0,02	0,77
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	5	0,17	1,14	3	0,10	0,43				2,67	0,09	0,53
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	3	0,10	0,43	3	0,10	0,25				2,00	0,07	0,23
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	2	0,07	0,46	2	0,07	0,46				1,33	0,04	0,30
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>				1	0,03	0,23				0,33	0,01	0,08
Cha	<i>Chaetodon unimaculatus</i>	2	0,07	6,55							0,67	0,02	2,18
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>				1	0,03	0,49				0,33	0,01	0,16
Cha	<i>Coradion altivelis</i>				1	0,03	2,25	3	0,10	2,76	1,33	0,04	1,67
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>							3	0,10	2,76	1,00	0,03	0,92
Epi	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>	1	0,05	8,00							0,33	0,02	2,67
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>				2	0,07	2,30				0,67	0,02	0,77
Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>							2	0,07	6,22	0,67	0,02	2,07
Epi	<i>Epinephelus merra</i>	2	0,10	2,00	1	0,03	0,67				1,00	0,04	0,89
Epi	<i>Epinephelus ongus</i>	1	0,05	2,20							0,33	0,02	0,73
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>							1	0,01	49,37	0,33	0,00	16,46
Hae	<i>Plectorhinchus picus</i>							1	0,03	5,68	0,33	0,01	1,89
Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	2	0,10	3,46	1	0,03	1,15	1	0,03	3,66	1,33	0,06	2,76
Lab	<i>Cheilinus trilobatus</i>							1	0,03	2,62	0,33	0,01	0,87
Lab	<i>Choerodon graphicus</i>				1	0,03	18,00				0,33	0,01	6,00
Lab	<i>Coris gaimard</i>	2	0,10	1,46							0,67	0,03	0,49
Lab	<i>Gomphosus varius</i>				2	0,07	0,68				0,67	0,02	0,23
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	1	0,03	1,37	1	0,03	1,46				0,67	0,02	0,95
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	5	0,17	0,72	3	0,10	0,43	3	0,10	0,10	3,67	0,12	0,42
Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	6	0,20	2,05							2,00	0,07	0,68
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	7	0,23	1,60	4	0,13	0,91				3,67	0,12	0,84
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	7	0,23	2,39							2,33	0,08	0,80
Lut	<i>Lutjanus fulviflamma</i>	3	0,08	2,00	2	0,07	2,30				1,67	0,05	1,43
Mon	<i>Oxymonacanthus longirostris</i>	2	0,10	2,66							0,67	0,03	0,89
Mul	<i>Parupeneus barberinus</i>	4	0,20	8,79	3	0,10	2,00				2,33	0,10	3,60
Mul	<i>Parupeneus indicus</i>							2	0,07	9,88	0,67	0,02	3,29
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	8	0,27	9,22	4	0,13	5,86	5	0,17	7,32	5,67	0,19	7,46
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	4	0,13	0,33	2	0,07	0,17	2	0,07	0,07	2,67	0,09	0,19
Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	3	0,10	0,13							1,00	0,03	0,04
Poc	<i>Centropyge flavissima</i>	2	0,07	0,17							0,67	0,02	0,06
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	2	0,07	0,09				2	0,07	0,13	1,33	0,04	0,07

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

Poc	<i>Pomacanthus imperator</i>							1	0,03	11,92	0,33	0,01	3,97
Poc	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>							1	0,02	8,64	0,33	0,01	2,88
Poc	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>				1	0,03	18,00				0,33	0,01	6,00
Poc	<i>Pygoplites diacanthus</i>	1	0,03	0,86	1	0,03	5,33	1	0,03	5,68	1,00	0,03	3,96
Pom	<i>Abudefduf septemfasciatus</i>	30	1,00	10,24							10,00	0,33	3,41
Pom	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>	30	1,00	10,24							10,00	0,33	3,41
Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>	30	1,00	10,24	10	0,33	4,86				13,33	0,44	5,03
Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>	5	0,25	1,72							1,67	0,08	0,57
Pom	<i>Chromis viridis</i>	50	2,50	3,20	40	1,33	3,33				30,00	1,28	2,18
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	10	0,50	0,27	3	0,10	0,05	4	0,08	0,03	5,67	0,23	0,12
Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>	30	1,50	0,81	20	0,67	0,36	10	0,33	0,14	20,00	0,83	0,44
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	30	1,50	0,81	20	0,67	0,36	15	0,50	0,22	21,67	0,89	0,46
Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>				15	0,50	0,64	10	0,33	0,67	8,33	0,28	0,44
Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>	100	5,00	2,70							33,33	1,67	0,90
Pom	<i>Pomacentrus coelestis</i>				4	0,13	0,17				1,33	0,04	0,06
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	20	1,00	1,28	4	0,13	0,17	3	0,10	0,10	9,00	0,41	0,52
Pse	<i>Pictichromis coralensis</i>							2	0,07	0,23	0,67	0,02	0,08
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>	5	0,25	10,99	3	0,10	2,00				2,67	0,12	4,33
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>							5	0,13	2,66	1,67	0,04	0,89
Sca	<i>Scarus ghobban</i>				1	0,03	10,42	1	0,03	3,20	0,67	0,02	4,54
Sca	<i>Scarus niger</i>	2	0,07	4,50							0,67	0,02	1,50
Sca	<i>Scarus rivulatus</i>							1	0,03	4,26	0,33	0,01	1,42
Sca	<i>Scarus schlegeli</i>				2	0,07	18,43				0,67	0,02	6,14
Scr	<i>Pterois radiata</i>							1	0,03	1,80	0,33	0,01	0,60
Sig	<i>Siganus corallinus</i>	2	0,07	3,66							0,67	0,02	1,22
Sig	<i>Siganus doliatus</i>	3	0,10	5,49	2	0,07	2,93				1,67	0,06	2,81
Sig	<i>Siganus puellus</i>	4	0,13	5,86							1,33	0,04	1,95
Sig	<i>Siganus vulpinus</i>	4	0,13	4,61							1,33	0,04	1,54
Total		487	20,02	226,53	372	12,40	829,04	206	4,40	279,84	355,00	4,56	372,66
Biodiversité		47			39			30			75		
Indice de Shannon =		4,591											
Equitabilité =		0,737											

Sur l'ensemble des transects de la station, 1 065 individus appartenant à 75 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 4.56 poissons/m² pour une biomasse de 372.66 g/m².

135 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	<i>Acanthurus blochii</i>	Gin	<i>Nebrius ferrugineus</i>	Pom	<i>Abudefduf septemfasciatus</i>
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	Gra	<i>Diploprion bifasciatum</i>	Pom	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>
Aca	<i>Acanthurus xanthopterus</i>	Hae	<i>Plectorhynchus picus</i>	Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	Lab	<i>Bodianus axillaris</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Lab	<i>Bodianus diana</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon leucogaster</i>
Aca	<i>Naso caesi</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>
Aca	<i>Prionurus maculatus</i>	Lab	<i>Cheilinus trilobatus</i>	Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Choerodon fasciatus</i>	Pom	<i>Chromis amboinensis</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Choerodon graphicus</i>	Pom	<i>Chromis atripectoralis</i>
Apo	<i>Apogon aureus</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Pom	<i>Chromis atripes</i>
Apo	<i>Apogon doederleini</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Chromis fumea</i>
Apo	<i>Apogon novemfasciatus</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Chromis leucura</i>
Apo	<i>Ostorhinchus cyanosoma</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Chromis viridis</i>
Apo	<i>Ostorhinchus cyanosoma</i>	Lab	<i>Halichoeres melanurus</i>	Pom	<i>Chrysiptera cyanea</i>

Apo	<i>Ostorhinchus doederleini</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopeion</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Apo	<i>Ostorhinchus doederleini</i>	Lab	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>
Apo	<i>Ostorhinchus flavus</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Apo	<i>Ostorhinchus flavus</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Oxycheilinus celebicus</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon melas</i>
Bal	<i>Pseudobalistes fuscus</i>	Lab	<i>Oxycheilinus digrammus</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	Pom	<i>Neopomacentrus nemurus</i>
Cae	<i>Caesio cuning</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon dickii</i>
Cae	<i>Caesio marri</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>
Cae	<i>Caesio pisang</i>	Lut	<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus coelestis</i>
Car	<i>Caranx melampygus</i>	Lut	<i>Lutjanus bohar</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lut	<i>Lutjanus ehrenbergii</i>	Pom	<i>Pomacentrus simsiang</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lut	<i>Lutjanus fulviflamma</i>	Pom	<i>Stegastes aureus</i>
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	Lut	<i>Lutjanus fulvus</i>	Pri	<i>Priacanthus hamrur</i>
Cha	<i>Chaetodon ephippium</i>	Lut	<i>Lutjanus quinquelineatus</i>	Pse	<i>Pictichromis coralensis</i>
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>	Lut	<i>Lutjanus russellii</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Mon	<i>Oxymonacanthus longirostris</i>	Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinus</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	Sca	<i>Scarus niger</i>
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Mul	<i>Parupeneus spilurus</i>	Sca	<i>Scarus rivulatus</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Cha	<i>Chaetodon unimaculatus</i>	Pin	<i>Parapercis hexophthalma</i>	Scr	<i>Pterois radiata</i>
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	Scr	<i>Pterois volitans</i>
Cha	<i>Coradion altivelis</i>	Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	Sig	<i>Siganus corallinus</i>
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>	Poc	<i>Centropyge flavissima</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Epi	<i>Anypserodon leucogrammicus</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	Sig	<i>Siganus puellus</i>
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	Poc	<i>Chaetodontoplus conspicillatus</i>	Sig	<i>Siganus punctatus</i>
Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>	Poc	<i>Pomacanthus imperator</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Epi	<i>Epinephelus merra</i>	Poc	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>	Sph	<i>Sphyraena jello</i>
Epi	<i>Epinephelus ongus</i>	Poc	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>	Syn	<i>Saurida gracilis</i>
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Poc	<i>Pygoplites diacanthus</i>	Zan	<i>Zanclus cornutus</i>

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](#).

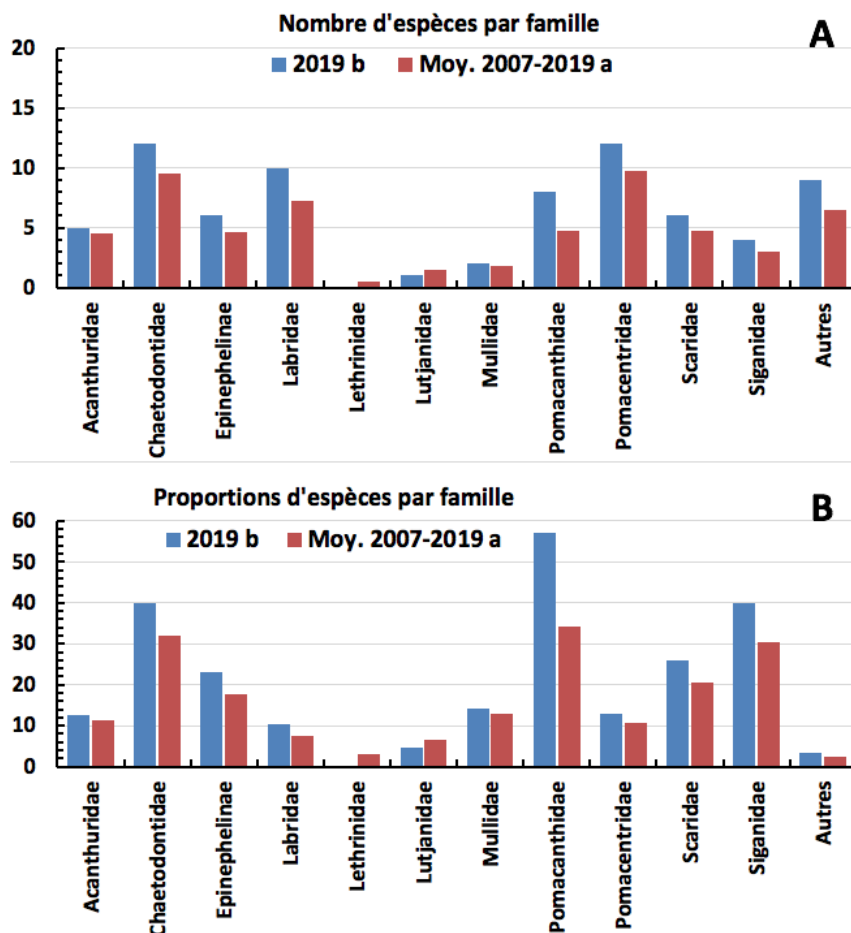


Figure 27 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST04)

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 ichthyologique (ST04)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		Campagne	Moy.	Campagne	Moy.
Acanthuridae	40	5	4,48	12,50	11,20
Chaetodontidae	30	12	9,57	40,00	31,88
Epinephelinae	26	6	4,61	23,08	17,73
Labridae	97	10	7,26	10,31	7,49
Lethrinidae	16	0	0,48	0,00	2,99
Lutjanidae	22	1	1,43	4,55	6,52
Mullidae	14	2	1,83	14,29	13,04
Pomacanthidae	14	8	4,78	57,14	34,16
Pomacentridae	92	12	9,70	13,04	10,54
Scaridae	23	6	4,74	26,09	20,60
Siganidae	10	4	3,04	40,00	30,43
Autres	257	9	6,48	3,50	2,52
Khi2 obs		1,8		10,3	
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 [$E_{ri} = (X_i - X_m) / X_m$] 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/m ²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2019 b	Transect A	487,00	20,02	226,53	47		
	Transect B	372,00	12,40	829,04	39		
	Transect C	206,00	4,40	279,84	30		
	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	33 984	4,74	47 947	300	348	546
Ecart type	184,35	2,18	218,97	17,33	18,66	23,36
Moyenne	267,36	3,87	343,35	58,70	82,00	112,52
Coef. de Var.	0,69	0,56	0,64	0,30	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) est toujours forte.
- Les 4 familles, Acanthuridae, Chaetodontidae, Pomacentridae et Labridae, représentent la moitié de la biodiversité totale.
- 80 % de la biomasse est due aux espèces de *Caesio*, notamment *C. cuning*.

La structure spécifique du peuplement de cet mission ne diffère pas de la structure moyenne sur la période de suivi qu'elle soit représentée par le nombre d'espèces ou par 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 Lutjanidae, toutes les familles ont vu leur nombre d'espèces augmenter dans des proportions similaires.

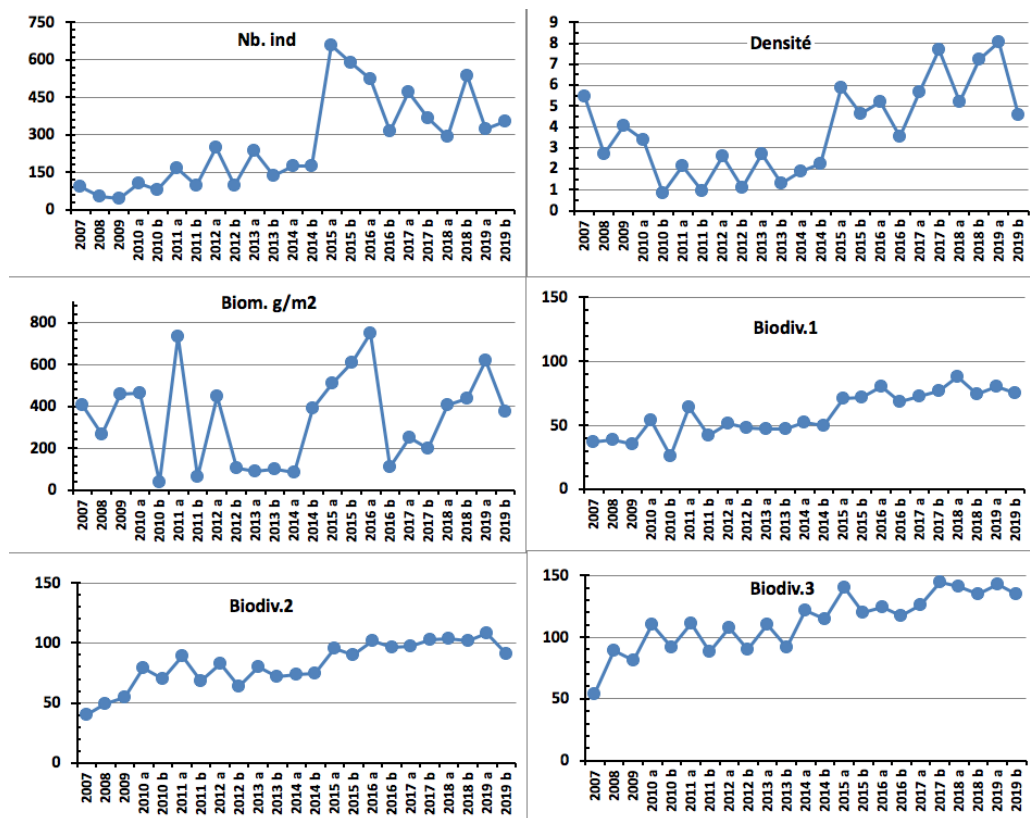


Figure 28 : Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST04)

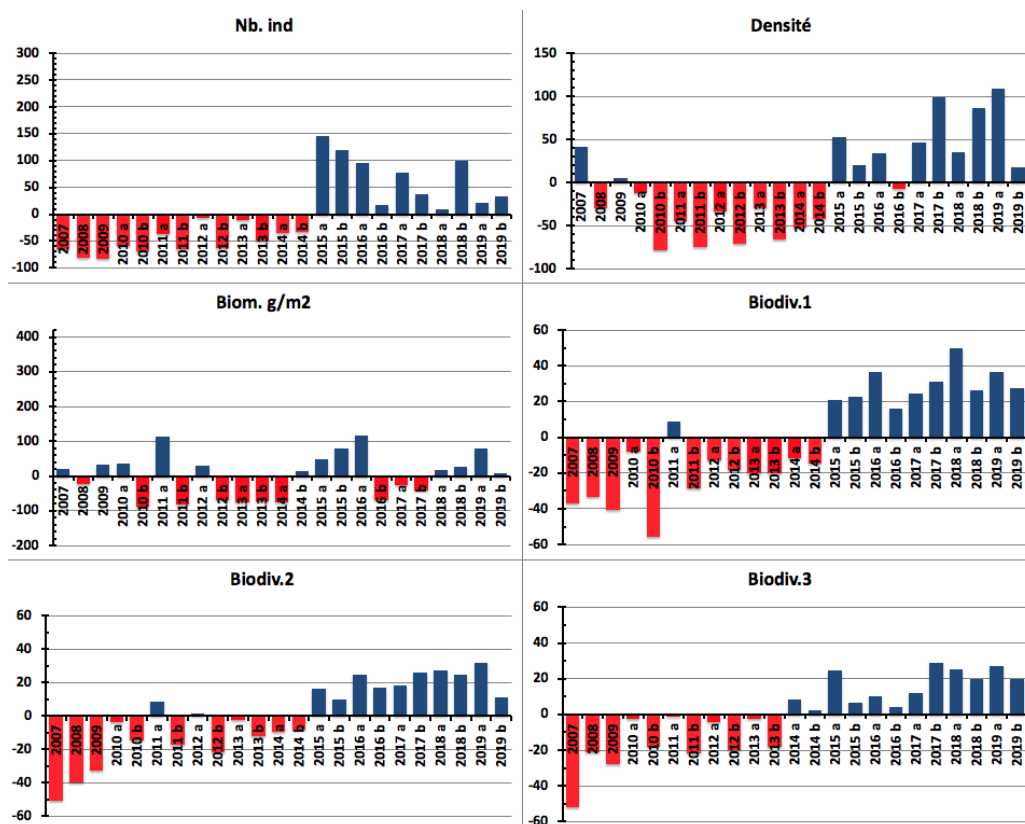


Figure 29 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST04)

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 <i>Porites</i> et des massifs coralliens épars. Ces derniers sont recouverts principalement par des corallines et des colonies coralliennes de taille décimétrique. Des <i>Cliona</i> encroûtent quelques coraux massifs (taille métrique). Le transect B se caractérise par un recouvrement important de débris, de blocs coralliens et de colonies de <i>Porites</i> (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 heliophora*
- 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 avril 2019 et octobre 2019

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 34.5% au transect A, 31.5% en B et 1% 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%*
- Lésions coralliennes : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) en A (1.5 m² de coraux blanchis sans polype). Les anomalies de croissance n'évoluent pas sur la grande colonie de *Diploastrea heliophora* (transect B)
- Perturbations mécaniques et sédimentaires : RAS pour cette mission

Autres indicateurs :

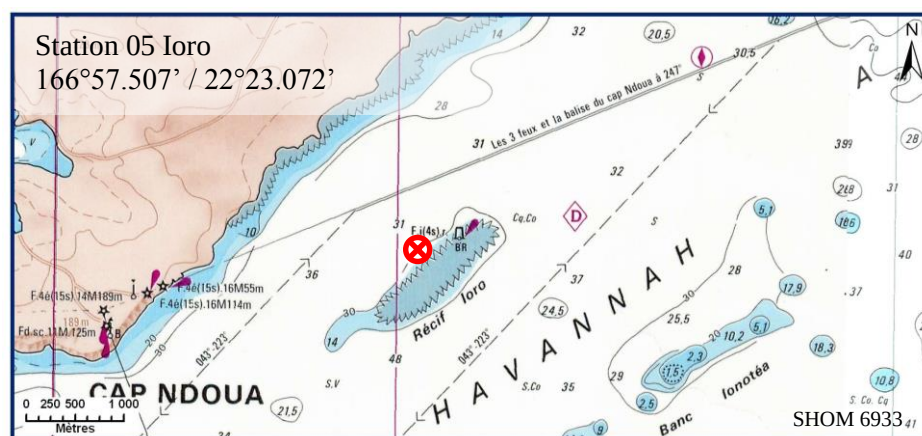
- Cyanobactéries : présence faible aux 3 transects : recouvrement en diminution pour A, stable en B et en augmentation en C (respectivement niveau 2/2/0 à 1/2/2). Elles se développent sur les colonies coralliennes mortes en place
- Le turf algal se développe modérément sur les débris et les colonies coralliennes mortes en place au fur et à mesure de

leur dégradation

- Algue brune *Lobophora* : absente et stable
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : augmentation en A (niveau 0 à 2) et absente et stable en B & C
- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona jullieni* : stable

Les corallivores :

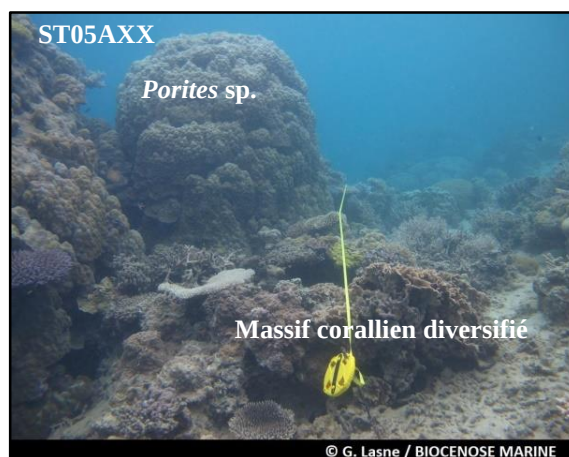
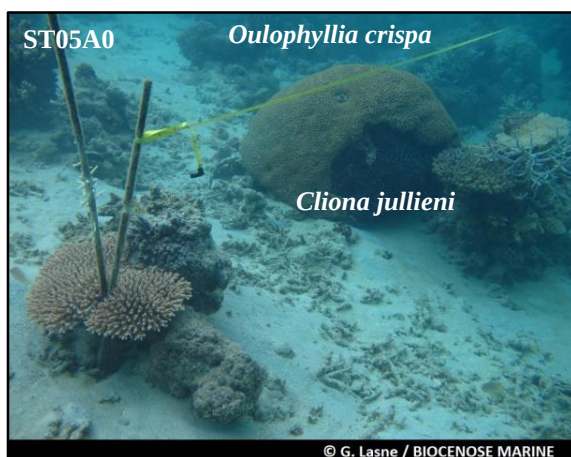
- *Culcita novaeguineae* et *Acanthaster planci* : absence, stable
- *Drupella cornus* : absence, stable



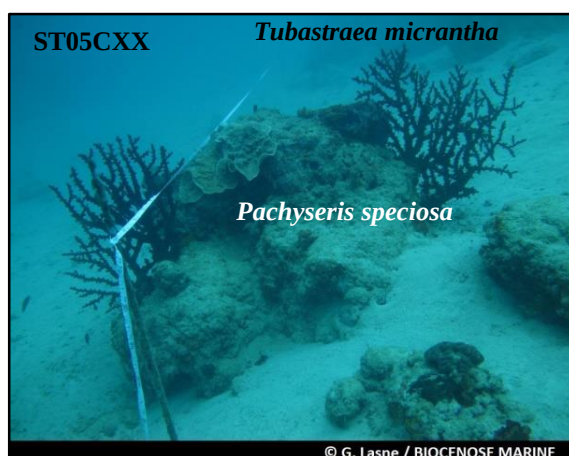
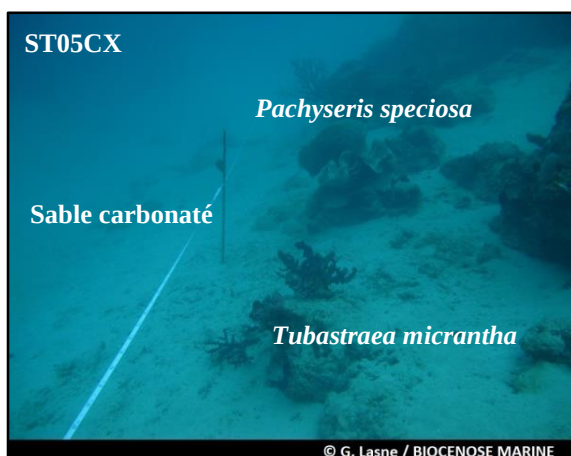
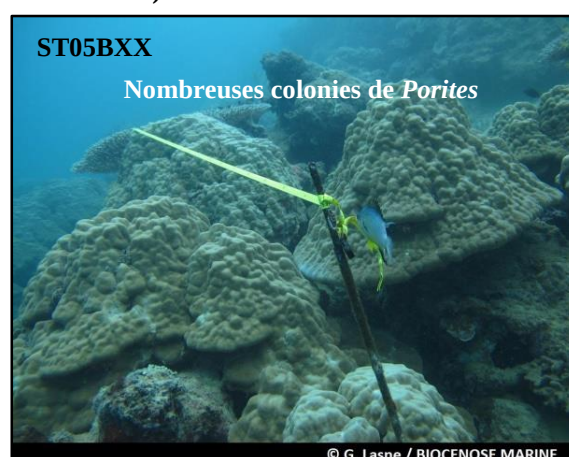
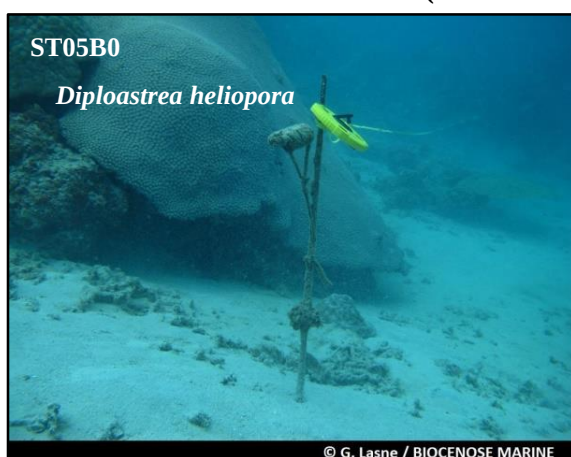
Carte 07 : Localisation de la station 05 (Ioro)



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



Nombreuses espèces d'holothuries pouvant coloniser le niveau bathymétrique supérieur (STA)
(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.

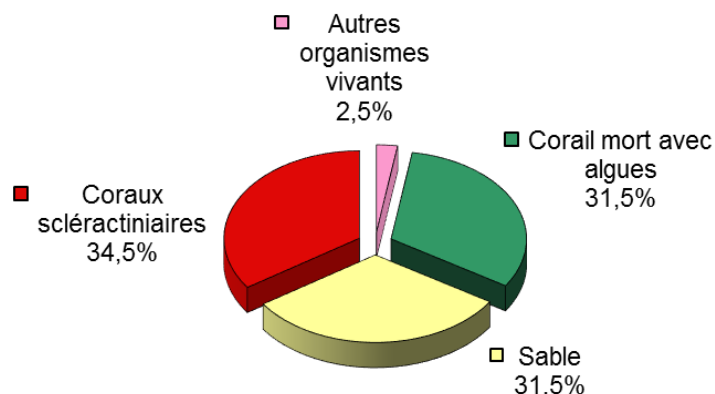


Figure 30 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05A

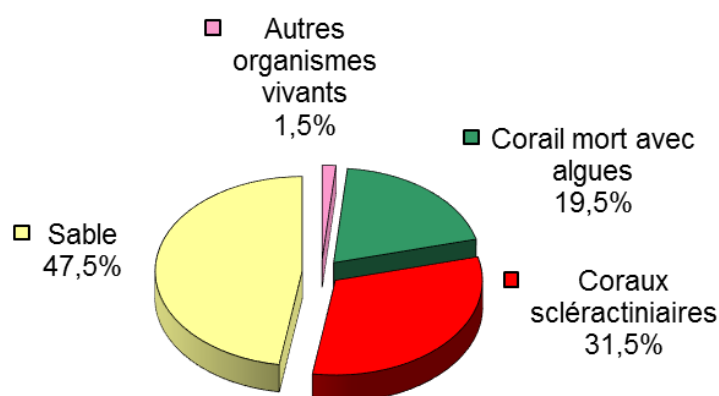


Figure 31 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05B

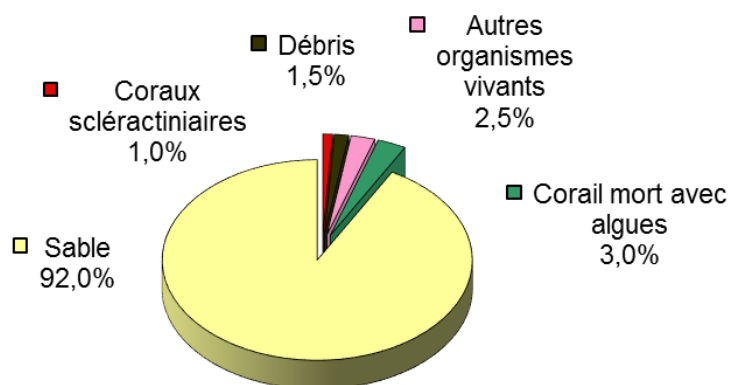


Figure 32 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05C

Le substrat est composé de sable dont la proportion augmente avec la profondeur (31.5%, 47.5% puis 92%). Les coraux scléactiniaires ne sont correctement représentés que sur les deux premiers transects (34.5% et 31.5%), contre que 1% 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 octobre 2019, la richesse spécifique de la station Ioro (ST05) est composée de :

- **48 espèces d'invertébrés** dont 13 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (3 taxons), actiniaires (2 taxons), zoanthaires (1 taxon) ; 14 espèces d'échinodermes : holothurides (5 taxons), astéries (3 taxons), échinides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 9 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- **6 espèces de macrophytes** : algues vertes (5 taxons), algues rouges (1 taxon)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

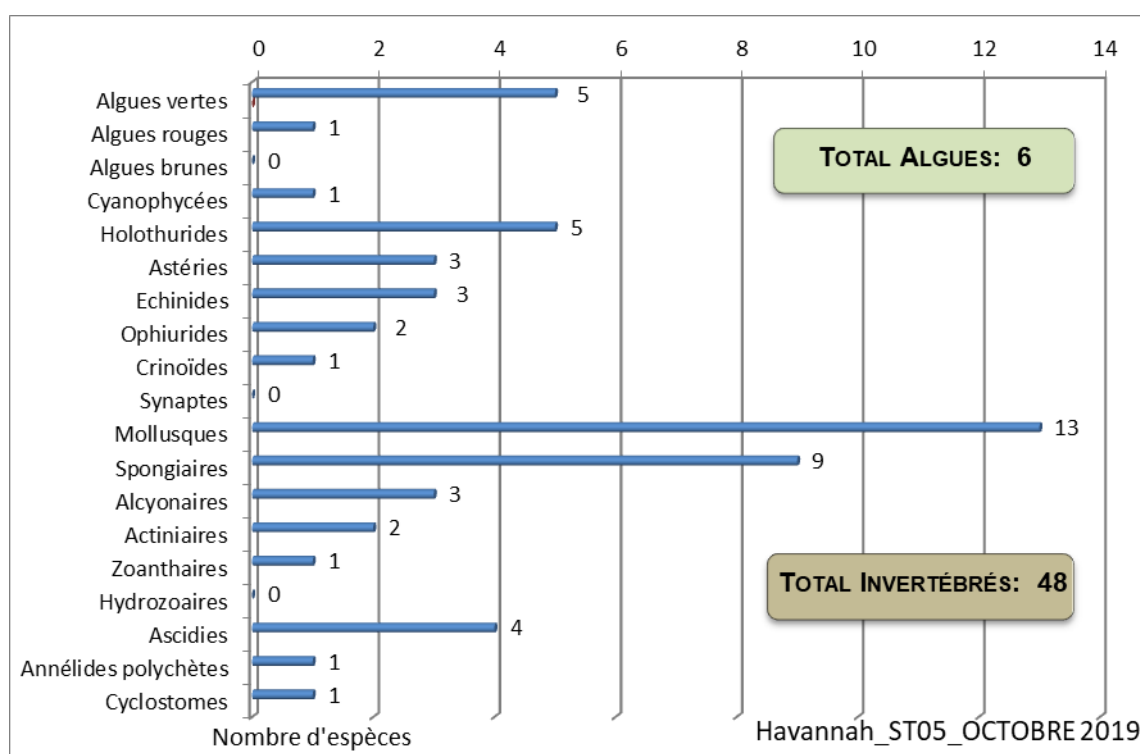


Figure 33 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST05)

4.5.2.1 Benthos Transect 05 A

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST05A est composée de :

- 35 espèces d'invertébrés dont 11 espèces de mollusques ; 2 espèces de cnidaires : 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 ; une espèce d'ascidies
- 5 espèces de macrophytes : algues vertes (4 taxons), algues rouges (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

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

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
2 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue rouge : <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A2) et l'algue verte : <i>Halimeda</i> sp. (2spp./+1spp.) (A2) ; Une espèce d'algue disparue, l'algue verte : <i>Ventricaria ventricosa</i> (A0/-2)	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	

☒	Une espèce de cyanobactéries diminue d'abondance : • <i>Phormidium</i> sp. (A1/- 1).
Cnidares	
☒	Une espèce de cnidares augmente d'abondance : ➤ pour les zoanthaires : • <i>Palythoa tuberculosa</i> (A2/+ 1).
Echinodermes	
4 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➤ pour les astéries (2 espèces) : • <i>Fromia monilis</i> (A1), • <i>Nardoa gomophia</i> (A1) ; ➤ pour les holothurides (2 espèces) : • <i>Bohadschia vitiensis</i> (A1), • <i>Thelenota anax</i> (A1).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➤ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria fuscopunctata</i> (A1/- 1).
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : ➤ pour les gastéropodes (-1 espèce) : • <i>Astraea rhodostoma</i> (A0/-2).	4 espèces de mollusques augmentent d'abondance : ➤ pour les bivalves (4 espèces) : • <i>Pteria</i> sp. (A2/+ 1), • <i>Pedum spondyloideum</i> (A4/+ 1), • <i>Tridacna crocea</i> (A3/+ 1), • <i>Tridacna squamosa</i> (A2/+ 1).
Eponges	
☒	2 espèces d'éponges diminuent d'abondance : • <i>Dysidea herbacea</i> (A1/- 1), • <i>Spheciospongia vagabunda</i> (A1/- 1).
Ascidies	
☒	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : • <i>Polycarpa nigricans</i> (A2/- 1).
Bryozoaires	
☒	☒

4.5.2.2 Benthos Transect 05 B

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST05B est composée de :

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

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

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue verte : • <i>Chlorodesmis fastigiata</i> (A2) Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente ni ne diminue
Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidares	
Une espèce de cnidares disparue : ➤ pour les alcyonaires (-1 espèce) : • <i>Sarcophyton</i> sp. (A0/-2).	☒
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➤ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria fuscopunctata</i> (A1).	2 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➤ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Linckia multifora</i> (A2/+ 1) ; ➤ pour les échinides (1 sp) : • <i>Echinometra mathaei</i> (A2/+ 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➤ pour les nudibranches (1 espèce) : • <i>Halgerda punctata</i> (A1).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➤ pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Septifer bilocularis</i> (A5/+ 1).

Une espèce de mollusques disparue : ➤ pour les gastéropodes (-1 sp) : • <i>Astraea rhodostoma</i> (A0/-2).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➤ pour les bivalves (1 sp) : • <i>Pedum spondyloideum</i> (A3/- 1).
Eponges	
2 nouvelles espèces d'éponges recensées : • <i>Dysidea herbacea</i> (A1), •Spongiaires ind. (noire) (A2).	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : • <i>Clathria rugosa</i> (A2/- 1).
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : • <i>Polycarpa aurita</i> (A2).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : • <i>Polycarpa nigricans</i> (A2/- 1).
Bryozoaires	
☒	☒

4.5.2.3 Benthos Transect 05 C

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST05C est composée de :

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

Tableau 45 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : 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 nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : • <i>Phormidium</i> sp. (A2).	☒
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Dendronephthya</i> sp. (A1).	☒
Echinodermes	
☒	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➤ pour les échinides : • <i>Echinostrephus aciculatus</i> (A2/+ 1).
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : ➤ pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Arca ventricosa</i> (A0/-2).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➤ pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Hyotissa hyotis</i> (A1/- 1).
Eponges	
☒	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : • <i>Cymbastela cantharella</i> (A2/+ 1).
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : • <i>Didemnum</i> sp. (blanche) (A2), • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A2).	☒
Bryozoaires	
☒	☒

4.5.3 Les poissons (ST05)

La liste des espèces observées⁹ sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 46](#).

Tableau 46 : Données sur les poissons (ST05)

Banc Ioro ST05		Transect			Transect			Transect			Station		
		A			B			C			Moyenne		
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	<i>Acanthurus mata</i>				25	0,50	21,97	10	0,08	2,88	11,67	0,19	8,28
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>				2	0,04	1,38				0,67	0,01	0,46
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	3	0,04	1,30							1,00	0,01	0,43
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	2	0,03	0,50	3	0,06	1,20				1,67	0,03	0,57
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	2	0,03	0,26							0,67	0,01	0,09
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	2	0,03	0,36	2	0,04	0,58				1,33	0,02	0,32
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>				3	0,06	1,60				1,00	0,02	0,53
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	4	0,05	0,34	5	0,10	0,69				3,00	0,05	0,34
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	1	0,01	0,05	2	0,05	0,22				1,00	0,02	0,09
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	1	0,01	0,13							0,33	0,00	0,04
Cha	<i>Coradion altivelis</i>							1	0,01	0,46	0,33	0,00	0,15
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>							3	0,03	1,37	1,00	0,01	0,46
Das	<i>Dasyatis kuhlii</i>				2	0,02	0,09				0,67	0,01	0,03
Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>							1	0,01	7,15	0,33	0,00	2,38
Epi	<i>Epinephelus merra</i>	1	0,01	0,15							0,33	0,00	0,05
Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	2	0,03	1,10	1	0,01	0,43				1,00	0,01	0,51
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	1	0,01	0,69							0,33	0,00	0,23
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	2	0,03	0,06				2	0,02	0,04	1,33	0,01	0,03
Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	5	0,06	0,27							1,67	0,02	0,09
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	5	0,06	0,16	5	0,10	0,69				3,33	0,05	0,28
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	3	0,04	0,02							1,00	0,01	0,01
Lut	<i>Lutjanus adetii</i>							8	0,07	10,67	2,67	0,02	3,56
Lut	<i>Lutjanus gibbus</i>							3	0,03	5,32	1,00	0,01	1,77
Lut	<i>Lutjanus monostigma</i>	2	0,03	7,81							0,67	0,01	2,60
Mul	<i>Parupeneus ciliatus</i>				4	0,04	4,24				1,33	0,01	1,41
Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	2	0,03	8,79							0,67	0,01	2,93
Mul	<i>Parupeneus spilurus</i>							3	0,03	2,92	1,00	0,01	0,97
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	4	0,05	1,33							1,33	0,02	0,44
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>				2	0,04	0,01				0,67	0,01	0,00
Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	2	0,04	0,05	3	0,06	0,03	2	0,02	0,04	2,33	0,04	0,04
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	2	0,04	0,05	2	0,04	0,00				1,33	0,03	0,02
Poc	<i>Pygoplites diacanthus</i>				1	0,02	0,00				0,33	0,01	0,00
Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>	5	0,06	0,08							1,67	0,02	0,03
Pom	<i>Amphiprion perideraion</i>	2	0,03	0,03	4	0,08	0,10				2,00	0,04	0,04
Pom	<i>Chromis viridis</i>	20	0,25	0,14	30	0,60	0,21				16,67	0,28	0,12
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	2	0,03	0,01							0,67	0,01	0,00
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>	10	0,13	0,07							3,33	0,04	0,02
Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>	10	0,13	0,07	15	0,30	0,11	10	0,08	0,05	11,67	0,17	0,07
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>				30	0,60	0,21	20	0,17	0,09	16,67	0,26	0,10
Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>	5	0,06	0,08	10	0,20	0,11	5	0,04	0,05	6,67	0,10	0,08
Pom	<i>Pomacentrus coelestis</i>	15	0,19	0,10							5,00	0,06	0,03
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	4	0,05	0,06	2	0,04	0,05				2,00	0,03	0,04
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>				5	0,06	1,92				1,67	0,02	0,64
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>	5	0,06	2,75							1,67	0,02	0,92
Sca	<i>Scarus niger</i>	1	0,01	0,84							0,33	0,00	0,28
Sca	<i>Scarus rivulatus</i>	1	0,01	1,23	1	0,01	0,61				0,67	0,01	0,61
Sig	<i>Siganus doliatus</i>	2	0,03	0,86							0,67	0,01	0,29
Zan	<i>Zanclus cornutus</i>							1	0,02	0,40	0,33	0,01	0,13

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

Total	128	1,63	29,74	159	3,06	36,44	69	0,59	31,43	119	1,76	32,54
Biodiversité	32			23			13			48		
Indice de Shannon =	4,628											
Equitabilité =	0,829											

Sur l'ensemble des transects de la station, 357 individus appartenant à 48 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.76 poissons/m² pour une biomasse de 32.54 g/m².

97 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	<i>Acanthurus blochii</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>	Lab	<i>Choerodon fasciatus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon aureus</i>
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon leucogaster</i>
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>
Aca	<i>Naso lituratus</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopoeion</i>	Pom	<i>Amphiprion perideraion</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Lab	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Pom	<i>Chromis amboinensis</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Chromis atripes</i>
Apo	<i>Apogon aureus</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Chromis lepidolepis</i>
Apo	<i>Apogon doederleini</i>	Lab	<i>Macropharyngodon meleagris</i>	Pom	<i>Chromis margaritifer</i>
Apo	<i>Apogon fuscus</i>	Lab	<i>Oxycheilinus bimaculatus</i>	Pom	<i>Chromis nitida</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	Pom	<i>Chromis viridis</i>
Bal	<i>Sufflamen bursa</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Ble	<i>Salarias fasciatus</i>	Let	<i>Lethrinus miniatus</i>	Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Lut	<i>Lutjanus adetii</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lut	<i>Lutjanus gibbus</i>	Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lut	<i>Lutjanus monostigma</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>	Lut	<i>Macolor niger</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon johnstonianus</i>
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Mon	<i>Oxymonacanthus longirostris</i>	Pom	<i>Pomacentrus adelus</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinus</i>	Pom	<i>Pomacentrus brachialis</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Mul	<i>Parupeneus ciliatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus chrysurus</i>
Cha	<i>Coradion altivelis</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	Pom	<i>Pomacentrus coelestis</i>
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>	Mul	<i>Parupeneus spilurus</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cir	<i>Cirrhitichthys falco</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Das	<i>Dasyatis kuhlii</i>	Pin	<i>Parapercis hexophtalma</i>	Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>
Epi	<i>Epinephelus coioides</i>	Pin	<i>Parapercis multiplicata</i>	Sca	<i>Scarus niger</i>
Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	Sca	<i>Scarus rivulatus</i>
Epi	<i>Epinephelus merra</i>	Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	Syg	<i>Syngnathoides biaculeatus</i>
Gra	<i>Diploprion bifasciatum</i>	Poc	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>	Syn	<i>Saurida gracilis</i>
Hae	<i>Plectorhinchus flavomaculatus</i>	Poc	<i>Pygoplites diacanthus</i>	Zan	<i>Zanclus cornutus</i>
Lab	<i>Bodianus mesothorax</i>				

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	4	4,77	10,00	11,93
Chaetodontidae	30	8	5,82	26,67	19,39
Epinephelinae	26	2	2,64	7,69	10,14
Labridae	97	7	5,95	7,22	6,14
Lethrinidae	16	0	0,77	0,00	4,83
Lutjanidae	22	3	0,91	13,64	4,13
Mullidae	14	3	2,09	21,43	14,94
Pomacanthidae	14	4	3,55	28,57	25,32
Pomacentridae	92	10	8,91	10,87	9,68
Scaridae	23	4	3,82	17,39	16,60
Siganidae	10	1	1,32	10,00	13,18
Autres	257	3	5,27	1,17	2,05
Khi2 obs		7,8		29,7	
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 49](#) et la [figure 35](#).

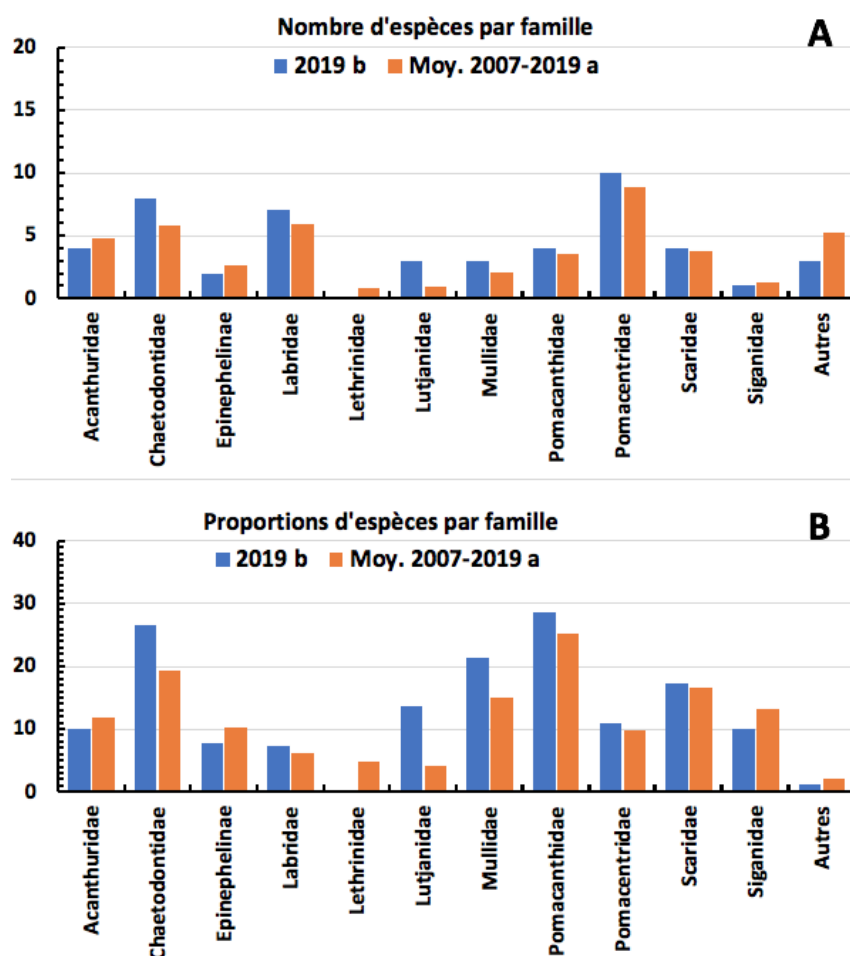


Figure 34 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST05)

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/m ²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2019 b	Transect A	128,00	1,63	29,74	32		
	Transect B	159,00	3,06	36,44	23		
	Transect C	69,00	0,59	31,43	13		
	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 ichthyologiques depuis 2007 (ST05)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	2 425	0,64	22 640	125,2	147,9	342,1
Ecart type	49,25	0,80	150,47	11,2	12,2	18,5
Moyenne	107,6	1,55	139,88	45,3	66,3	92,5
Coef. de Var.	0,46	0,52	1,08	0,2	0,2	0,2

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 supplémentaires chez les Acanthuridés, des absences ou des remplacements chez les Pomacentridés (*Chromis*, *Pomacentrus*), des absences chez les Scaridés, etc.

Malgré son apparente stabilité, le peuplement de cette station, comme les autres, est également 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 23 missions effectuées, cette dernière s'ajoute aux 15 de la série historique qui diffèrent significativement de la structure moyenne.

En revanche, celle de 2019a et celles de 2008, 2010a, 2011a, 2012a et b, et 2017a ne se distinguent pas de la moyenne.

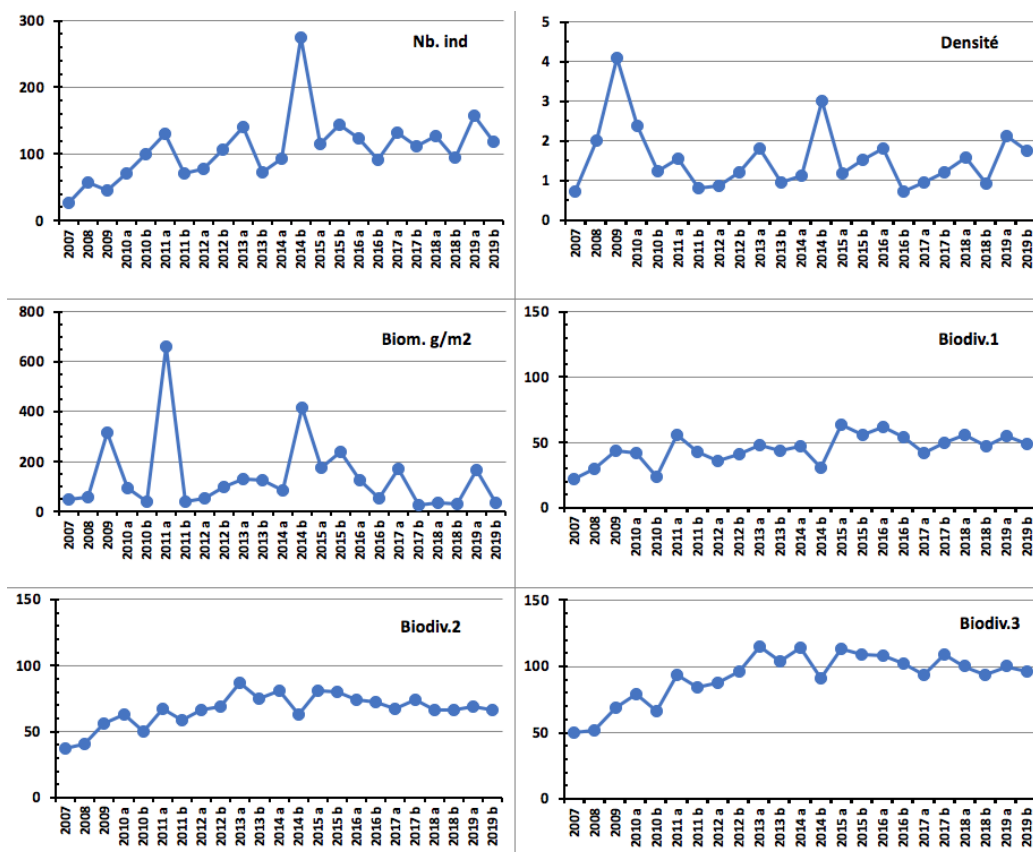


Figure 35 : Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST05)

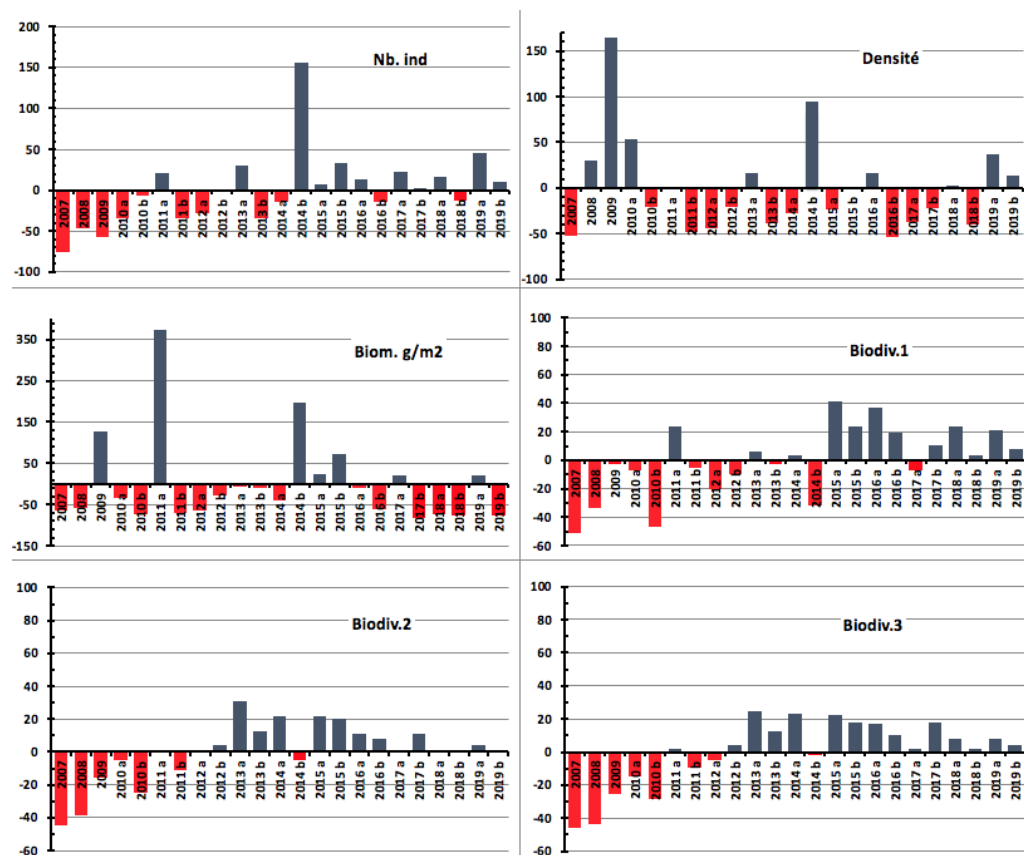


Figure 36 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST05)

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 <i>Acropora</i> 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 algue 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 inexistantes.

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* :**
- Présence en avril 2019 de 1 spécimen juvénile en C

Variations entre avril 2019 et octobre 2019

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 40% au transect A (vs 34.5%, monte au 2^{ème} rang du réseau), 32.5% en B et 10.5% en C (stables)
- 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%*
- Lésions coralliennes : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) pour les 3 niveaux bathymétriques (1 colonie par transect respectivement 0.4 ; 0.2 et 0.3 m² de coraux blanchis sans polype)

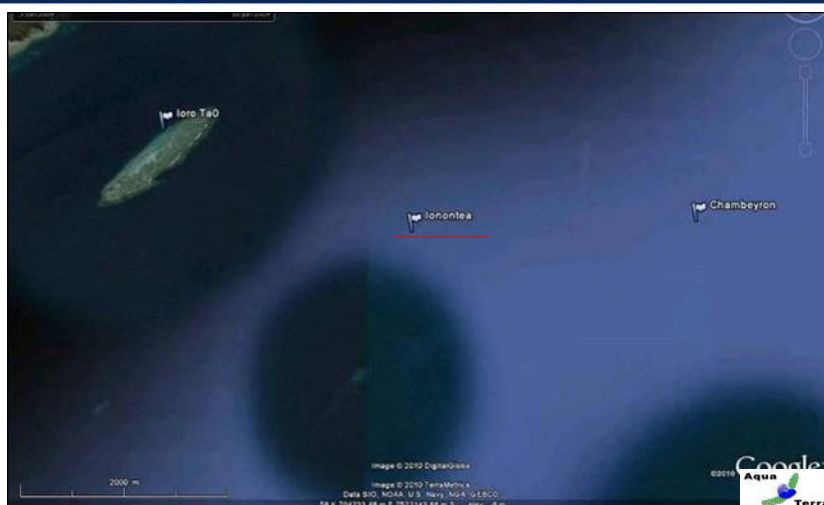
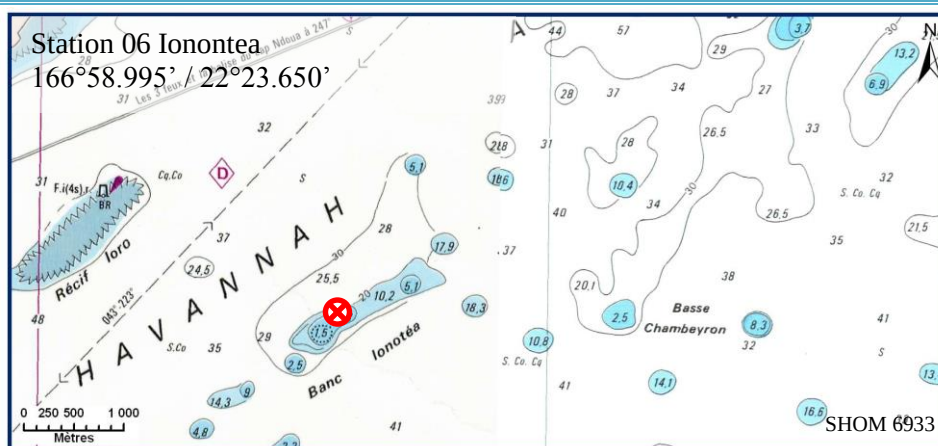
- Perturbations mécaniques : RAS pour cette mission mais les conditions hydrodynamiques sont importantes, de nombreux débris et de nombreuses colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat suite aux événements dépressionnaires de 2018

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : recouvrement en diminution importante aux 3 transects (respectivement niveau 2/4/5 à 1/2/2). 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* : recouvrement en augmentation importante aux 3 transects (respectivement niveau 0 à 3/4/3)
- *Cliona orientalis* : Présence importante aux 3 transects : diminution en A (respectivement niveau 4 à 3) et stable en B & C
- *Cliona jullieni* : stable

Les corallivores :

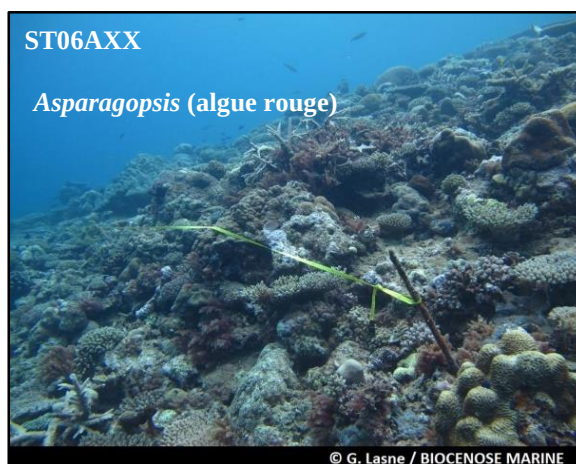
- *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Acanthaster planci* : absente : diminution (1 spécimen juvénile en C)
- *Drupella cornus* : diminution en A (niveau 3 à 0)



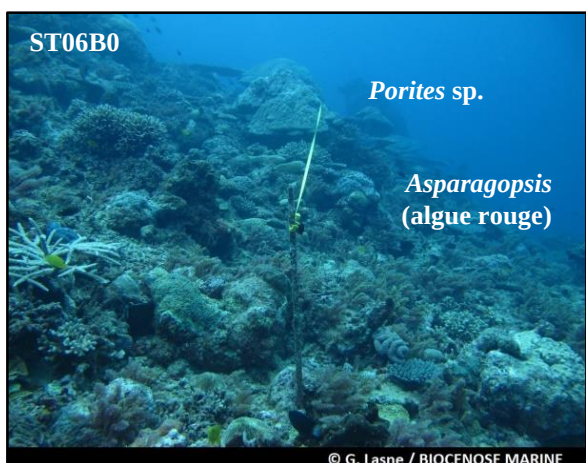
Carte 08 : Localisation de la station 06 (Ionontea)



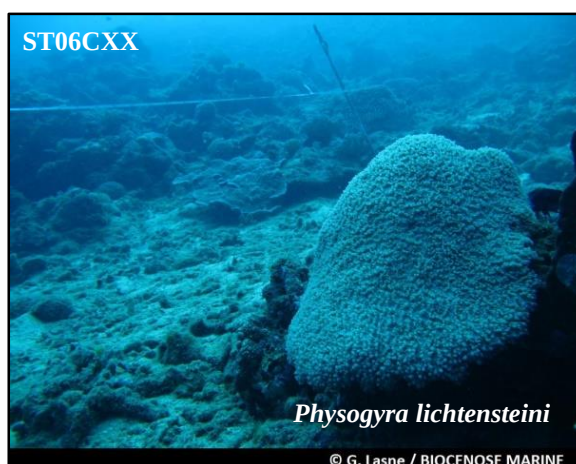
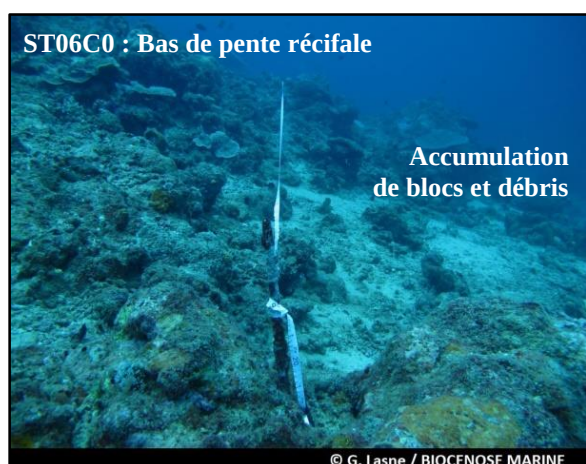
Photographie 13 : Position en surface (ST06)



Les thalles d'*Asparagopsis* (algue rouge) commencent à coloniser les niveaux bathymétriques supérieur et médian



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



Les cyanobactéries qui étaient importantes lors de la dernière mission ont quasiment disparu

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.

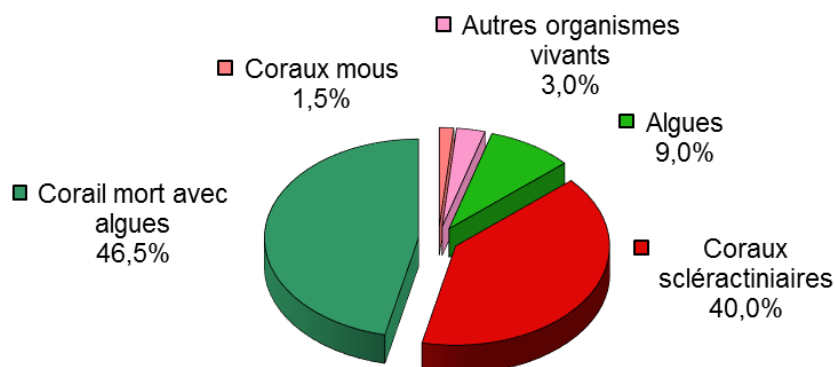


Figure 37 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06A

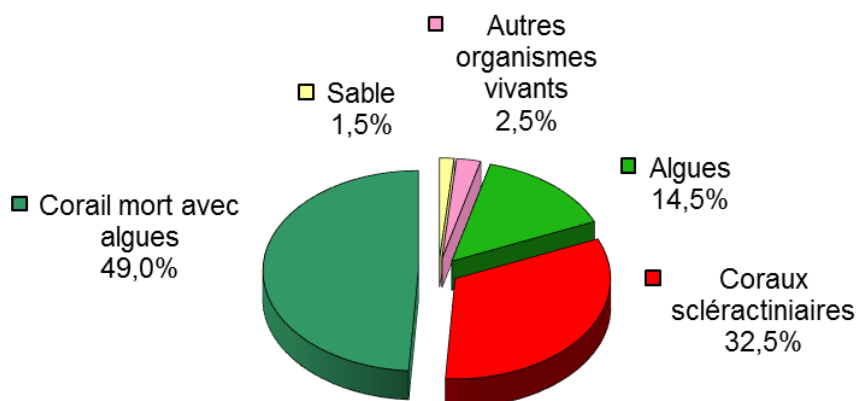


Figure 38 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06B



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, 98.5% en B et 89.5% en C).

Les coraux scléactiniaires sont bien représentés particulièrement sur les 2 transects haut (40% en A, 32.5% en B et 10.5% en C).

A noter : disparition des cyanobactéries à tous les niveaux bathymétriques.

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 octobre 2019, la richesse spécifique de la station Banc Ionon Tea (ST06) est composée de :

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

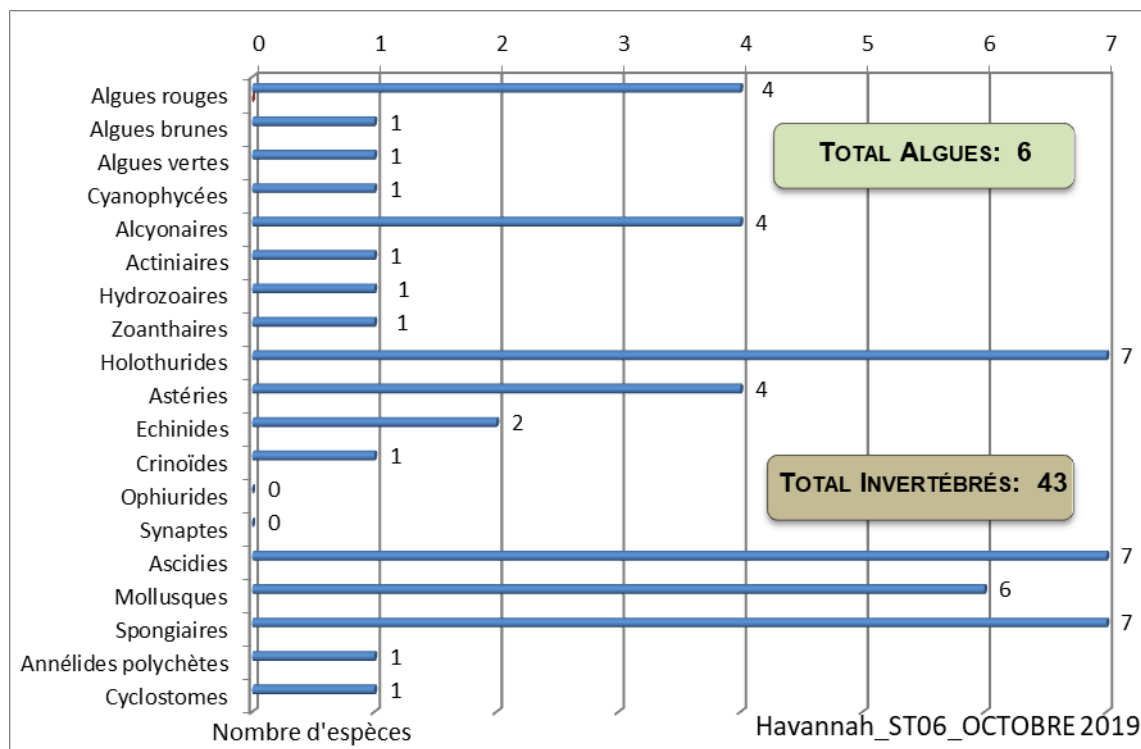


Figure 40 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST06)

4.6.2.1 Benthos Transect 06 A

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST06A est composée de :

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

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

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue rouge : <i>•Asparagopsis taxiformis</i> (A3). Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Une espèce d'algue diminue, l'algue brune : <i>•Turbinaria ornata</i> (A2/- 1).
Cyanobactéries	
☒	Une espèce de cyanobactéries diminue d'abondance : <i>•Phormidium</i> sp. (A1/- 1).
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : <i>•Nephtea</i> sp. (A2).	2 espèces de cnidaires diminuent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : <i>•Sarcophyton</i> sp. (A2/- 1) ; ➢ pour les zoanthaires (1 espèce) : <i>•Palythoa tuberculosa</i> (A2/- 1).
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : <i>•Actinopyga lecanora</i> (A1). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : <i>•Fromia indica</i> (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-1 sp) : <i>•Holothuria whitmaei</i> (A0/-2).	☒
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : <i>•Coralliophila violacea</i> (A2). 3 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : <i>•Tridacna squamosa</i> (A0/-1) ; ➢ pour les gastéropodes (-2 espèce) : <i>•Drupella cornus</i> (A0/-3), <i>•Astraea rhodostoma</i> (A0/-2).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : <i>•Pedom spondyloideum</i> (A3/+ 1).
Eponges	
Une espèce d'éponges disparue : <i>•Dysidea frondosa</i> (A0/-1).	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : <i>•Cliona orientalis</i> (A3/- 1).
Ascidies	
☒	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : <i>•Polycarpa aurita</i> (A3/+ 1), <i>•Polycarpa nigricans</i> (A4/+ 1). 2 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : <i>•Clavelina detorta</i> (A2/- 1), <i>•Polycarpa cryptocarpa</i> (A2/- 2).
Bryozoaires	
☒	☒

4.6.2.2 Benthos Transect 06 B

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST06B est composée de :

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

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

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
3 nouvelles espèces d'algues recensées, dont 3 espèces d'algues rouges : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A4), • <i>Hypnea</i> sp. (A2), • <i>Trichogloea requienii</i> (A1). 3 espèces d'algues disparues, dont l'algue rouge : • <i>Amphiroa</i> sp. (A0/-2) ; et 2 espèces d'algues vertes : • <i>Halimeda</i> sp. (-2spp., A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☒	Une espèce de cyanobactéries diminue d'abondance : • <i>Phormidium</i> sp. (A2/- 2).
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : • <i>Sinularia</i> sp. (A0/-2).	☒
Echinodermes	
3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Fromia monilis</i> (A0/-2) ; ➢ pour les holothurides (-2 espèce) : • <i>Actinopyga palauensis</i> (A0/-1), • <i>Holothuria whitmaei</i> (A0/-1).	☒
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : • <i>Bursa</i> sp. (A1). Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Tridacna maxima</i> (A0/-1).	☒
Eponges	
☒	☒
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : • <i>Polycarpa aurita</i> (A2). Une espèce d'ascidies disparue : • <i>Polycarpa clavata</i> (A0/-1).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A2/- 1).
Bryozoaires	
☒	☒

4.6.2.3 Benthos Transect 06 C

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST06C est composée de :

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

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

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
4 nouvelles espèces d'algues recensées, dont 3 espèces d'algues rouges : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A3), • <i>Hypnea</i> sp. (A2), • <i>Trichogloea requienii</i> (A2) ; et l'algue verte : • <i>Halimeda</i> sp. (A2) ; 2 espèces d'algues disparues, dont l'algue rouge : • <i>Amphiroa</i> sp. (A0/-2) ; et l'algue verte : • <i>Caulerpa serrulata</i> (A0/-1).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☒	Une espèce de cyanobactéries diminue d'abondance : • <i>Phormidium</i> sp. (A2/- 3).
Cnidaires	
3 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-2 espèce) : • <i>Sarcophyton</i> sp. (A0/-2), • <i>Simularia</i> sp. (A0/-1) ; ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : • <i>Zoanthidae</i> ind.sp. (A0/-2).	☒
Echinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les holothurides (3 espèces) : • <i>Actinopyga palauensis</i> (A1), • <i>Thelenota ananas</i> (A1), • <i>Thelenota anax</i> (A1). 3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : • <i>Acanthaster planci</i> (A0/-1), • <i>Nardoa gomophia</i> (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-1 espèce) : • <i>Actinopyga lecanora</i> (A0/-2).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2/- 1).
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Septifer bilocularis</i> (A0/-2).	☒
Eponges	
☒	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : • <i>Spheciospongia vagabunda</i> (A2/+ 1).
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : • <i>Polycarpa aurita</i> (A3), • <i>Polycarpa nigricans</i> (A2).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A2/- 1).
Bryozoaires	
☒	☒

4.6.3 Les poissons (ST06)

La liste des espèces observées¹⁰ sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 54](#).

Tableau 54 : Données sur les poissons (ST06)

Ionontea ST06		Transect			Transect			Transect			Station		
		A			B			C			Moyenne		
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	15	0,19	8,24	30	0,25	12,30	10	0,13	8,27	18,33	0,19	9,60
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	3	0,04	0,75							1,00	0,01	0,25
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	4	0,05	1,33	1	0,01	0,19				1,67	0,02	0,51
Aca	<i>Zebрасoma scopas</i>	2	0,03	0,36	3	0,03	0,50				1,67	0,02	0,29
Aca	<i>Zebрасoma veliferum</i>							1	0,01	0,39	0,33	0,00	0,13
Ant	<i>Pseudanthias bicolor</i>	5	0,06	0,16							1,67	0,02	0,05
Ant	<i>Pseudanthias dispar</i>	7	0,09	0,22							2,33	0,03	0,07
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	2	0,03	0,17							0,67	0,01	0,06
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>				2	0,02	0,11				0,67	0,01	0,04
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	6	0,08	0,19							2,00	0,03	0,06
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>				3	0,03	0,50				1,00	0,01	0,17
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	2	0,03	0,03							0,67	0,01	0,01
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>	2	0,03	0,06							0,67	0,01	0,02
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>	2	0,03	0,11	1	0,01	0,09				1,00	0,01	0,06
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	1	0,01	0,05							0,33	0,00	0,02
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	2	0,03	0,06	1	0,01	0,06				1,00	0,01	0,04
Cha	<i>Chaetodon unimaculatus</i>	3	0,04	0,38							1,00	0,01	0,13
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>				2	0,02	0,47				0,67	0,01	0,16
Epi	<i>Cephalopholis urodeta</i>				3	0,03	0,36				1,00	0,01	0,12
Epi	<i>Epinephelus fasciatus</i>				1	0,01	0,46				0,33	0,00	0,15
Epi	<i>Epinephelus merra</i>	1	0,01	0,25	1	0,01	0,20				0,67	0,01	0,15
Epi	<i>Plectropomus laevis</i>							1	0,01	10,13	0,33	0,00	3,38
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>				2	0,02	30,38	2	0,03	37,04	1,33	0,01	22,47
Lab	<i>Bodianus perditio</i>							2	0,03	14,90	0,67	0,01	4,97
Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>							1	0,01	0,57	0,33	0,00	0,19
Lab	<i>Cheilinus undulatus</i>							1	0,01	43,20	0,33	0,00	14,40
Lab	<i>Gomphosus varius</i>	2	0,03	0,36							0,67	0,01	0,12
Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>				1	0,01	0,56				0,33	0,00	0,19
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	2	0,03	0,86	1	0,01	0,48				1,00	0,01	0,45
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>				2	0,02	0,01				0,67	0,01	0,00
Lab	<i>Thalassoma amblycephalum</i>	10	0,13	0,86							3,33	0,04	0,29
Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	10	0,13	0,69							3,33	0,04	0,23
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	7	0,09	0,48	6	0,05	0,37	5	0,06	0,27	6,00	0,07	0,37
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	8	0,10	0,75							2,67	0,03	0,25
Mic	<i>Ptereleotris evides</i>				4	0,03	0,02				1,33	0,01	0,01
Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>	1	0,01	0,33							0,33	0,00	0,11
Mul	<i>Parupeneus multifasciatus</i>							6	0,08	7,11	2,00	0,03	2,37
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>				4	0,03	2,30	5	0,06	3,14	3,00	0,03	1,81
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	4	0,05	0,13	4	0,03	0,07	4	0,05	0,13	4,00	0,04	0,11
Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	3	0,04	0,05	3	0,03	0,05				2,00	0,02	0,03
Poc	<i>Centropyge flavissima</i>	2	0,03	0,11	2	0,02	0,05				1,33	0,01	0,05
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	4	0,05	0,06	2	0,02	0,02	3	0,04	0,06	3,00	0,03	0,05
Poc	<i>Pygoplites diacanthus</i>				1	0,01	0,30	1	0,01	0,52	0,67	0,01	0,27
Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>	5	0,06	0,16							1,67	0,02	0,05
Pom	<i>Chromis fumea</i>	15	0,19	0,24	20	0,17	0,18	10	0,13	0,21	15,00	0,16	0,21
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	1	0,01	0,01	4	0,03	0,02	3	0,04	0,02	2,67	0,03	0,02
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>	8	0,10	0,05	10	0,08	0,05				6,00	0,06	0,04

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

Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	10	0,13	0,07	10	0,08	0,05	15	0,19	0,10	11,67	0,13	0,07
Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>				5	0,04	0,03	8	0,10	0,05	4,33	0,05	0,03
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	3	0,04	0,02	3	0,03	0,04	4	0,05	0,06	3,33	0,04	0,04
Sca	<i>Cetoscarus ocellatus</i>							1	0,01	0,09	0,33	0,00	0,03
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>	5	0,06	2,75	1	0,01	0,30				2,00	0,02	1,02
Sca	<i>Scarus longipinnis</i>	3	0,04	14,76							1,00	0,01	4,92
Sca	<i>Scarus niger</i>	2	0,03	8,79	2	0,02	1,00				1,33	0,01	3,26
Sca	<i>Scarus schlegeli</i>	4	0,05	17,58							1,33	0,02	5,86
Sig	<i>Siganus argenteus</i>				1	0,01	0,25				0,33	0,00	0,08
Sig	<i>Siganus corallinus</i>				1	0,01	0,18				0,33	0,00	0,06
Sig	<i>Siganus vulpinus</i>	3	0,04	0,55							1,00	0,01	0,18
Total		169	2,11	62,01	137	1,14	51,94	83	1,03	126,28	129,67	1,43	80,08
Biodiversité		22			21			16			58		
Indice de Shannon =		4,949											
Equitabilité =		0,845											

Sur l'ensemble des transects de la station, 389 individus appartenant à 58 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.43 poissons/m² pour une biomasse de 80.08 g/m².

136 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	<i>Acanthurus blochii</i>	Hae	<i>Plectorhinchus lessonii</i>	Ple	<i>Assessor macneilli</i>
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>	Hae	<i>Plectorhinchus picus</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	Hol	<i>Sargocentron ensifer</i>	Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	Lab	<i>Anampses femininus</i>	Poc	<i>Centropyge flavissima</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Lab	<i>Anampses neoguinaicus</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>
Aca	<i>Naso brevirostris</i>	Lab	<i>Bodianus loxozonus</i>	Poc	<i>Pygoplites diacanthus</i>
Aca	<i>Naso lituratus</i>	Lab	<i>Bodianus perditio</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon leucogaster</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Cheilinus undulatus</i>	Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Coris aygula</i>	Pom	<i>Chromis amboinensis</i>
Ant	<i>Pseudanthias bicolor</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Chromis atripes</i>
Ant	<i>Pseudanthias dispar</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Pom	<i>Chromis chrysura</i>
Apo	<i>Apogon aureus</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Chromis fumea</i>
Apo	<i>Apogon doederleini</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Chromis margaritifer</i>
Apo	<i>Apogon fucata</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Chromis nitida</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopion</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Bal	<i>Sufflamen chrysopterus</i>	Lab	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Bal	<i>Sufflamen chrysopterus</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Labroides bicolor</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Ble	<i>Atrosalarias fuscus</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon johnstonianus</i>
Cae	<i>Pterocaesio marri</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Pom	<i>Pomacentrus adelus</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Oxycheilinus digrammus</i>	Pom	<i>Pomacentrus bankanensis</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lab	<i>Oxycheilinus unifasciatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus lepidogenys</i>
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	Lab	<i>Thalassoma amblycephalum</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>

Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>	Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Pom	<i>Pomacentrus simsiang</i>
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Pri	<i>Priacanthus hamrur</i>
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>	Lab	<i>Thalassoma nigrofasciatum</i>	Sca	<i>Cetoscarus ocellatus</i>
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	Let	<i>Lethrinus atkinsoni</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Let	<i>Monotaxis grandoculis</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Lut	<i>Aprion virescens</i>	Sca	<i>Scarus globiceps</i>
Cha	<i>Chaetodon unimaculatus</i>	Lut	<i>Lutjanus adetii</i>	Sca	<i>Scarus longipinnis</i>
Cha	<i>Chaetodon vagabondus</i>	Lut	<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	Sca	<i>Scarus niger</i>
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>	Lut	<i>Lutjanus bohar</i>	Sca	<i>Scarus rubroviolaceus</i>
Cir	<i>Cirrhitichthys falco</i>	Lut	<i>Lutjanus fulviflamma</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Cir	<i>Paracirrhites arcatus</i>	Lut	<i>Macolor niger</i>	Scr	<i>Pterois volitans</i>
Epi	<i>Cephalopholis urodeta</i>	Mic	<i>Gunnellichthys curiosus</i>	Sig	<i>Siganus argenteus</i>
Epi	<i>Epinephelus cyanopodus</i>	Mic	<i>Gunnellichthys viridescens</i>	Sig	<i>Siganus corallinus</i>
Epi	<i>Epinephelus fasciatus</i>	Mic	<i>Ptereleotris evides</i>	Sig	<i>Siganus dolliatus</i>
Epi	<i>Epinephelus merra</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>	Sig	<i>Siganus punctatus</i>
Epi	<i>Plectropomus laevis</i>	Mul	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Syn	<i>Synodus variegatus</i>
Gob	<i>Valenciennaea decora</i>	Pin	<i>Parapercis hexophtalma</i>	Zan	<i>Zanclus cornutus</i>
Hae	<i>Plectorhinchus chaetodonoides</i>				

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 ichthyologique (ST06)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		Campagne	Moy.	Campagne	Moy.
Acanthuridae	40	5	7,13	12,50	17,83
Chaetodontidae	30	11	7,48	36,67	24,93
Epinephelinae	26	5	4,22	19,23	16,22
Labridae	97	11	8,61	11,34	8,87
Lethrinidae	16	0	0,78	0,00	4,89
Lutjanidae	22	0	1,83	0,00	8,30
Mullidae	14	2	1,43	14,29	10,25
Pomacanthidae	14	5	4,17	35,71	29,81
Pomacentridae	92	7	5,65	7,61	6,14
Scaridae	23	5	4,39	21,74	19,09
Siganidae	10	3	1,70	30,00	16,96
Autres	257	4	5,35	1,56	2,08
Khi2 obs		6,7		27,2	
Khi2 tab	19,17				

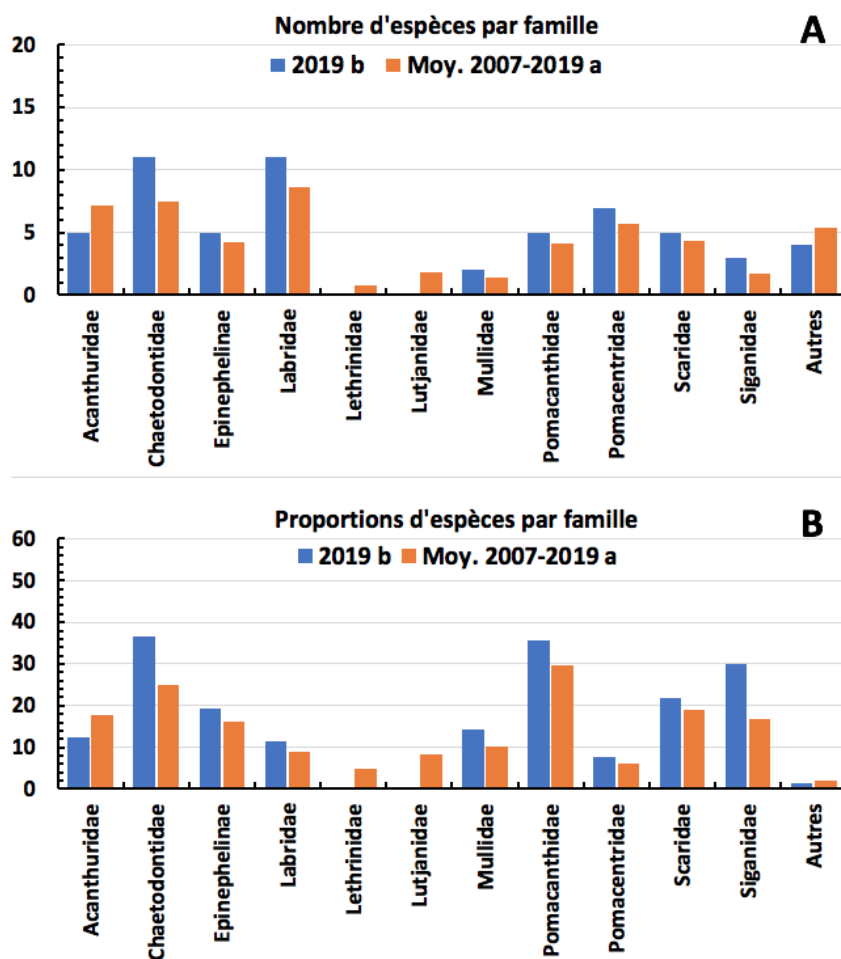


Figure 41 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST06)

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/m ²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2019 b	Transect A	169,00	2,11	62,01			
	Transect B	137,00	1,14	51,94			
	Transect C	83,00	1,03	126,28			
	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	6 444,8	1,0	97 383,6	156,9	288,2	589,4
Ecart type	80,3	1,0	312,1	12,5	17,0	24,3
Moyenne	171,9	2,4	410,6	53,7	80,6	115,2
Coef. de Var.	0,5	0,4	0,8	0,2	0,2	0,2

Commentaires :

- La densité est faible.
- La biomasse est très faible.

- La biodiversité est moyenne.
- Les structures de peuplements fluctuent 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 diffère significativement de la moyenne des structures obtenue sur la période du suivi.

Dans la série historique des 23 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 familles montrent, sur les petites surfaces que représente une station, des jeux de *remplacement* similaires.

A titre d'exemples :

- Dans la famille des Acanthuridae (poissons chirurgiens) il faut noter l'absence de *Naso thynnoides* ainsi que celle de *Naso lopezi* qui était de nouveau présent en avril. C'est cette fois-ci *N. annulatus* qui est absent.
- Dans la famille des Chaetodonts (poissons papillons) *Chaetodon unimaculatus* était cette fois-ci présente tandis que *Coradion altivelis*, *Heniochus monoceros* et *H. varius* manquaient.
- Dans la famille des Pomacentridés (poissons demoiselles) *Amblyglyphidodon leucogaster* était nouveau, avec *Chromis amboinensis* et *C. chrysurus* tandis que *Chromis agilis* et *C. leucurus* était absents mais présents en avril.

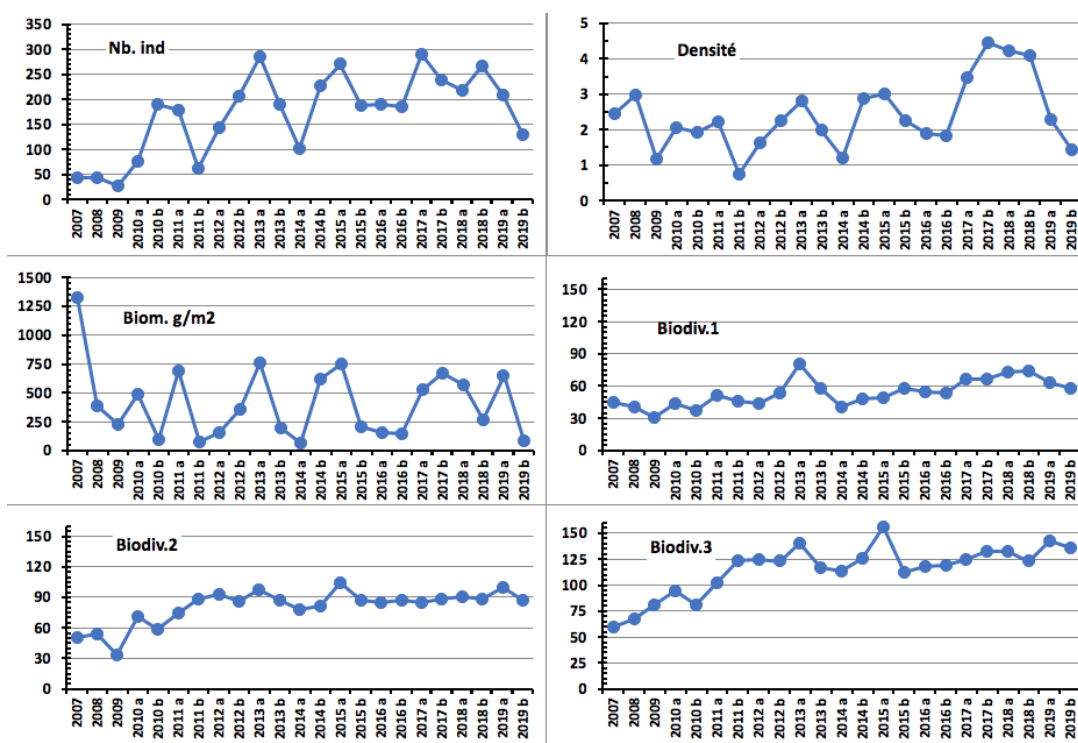


Figure 42 : Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST06)

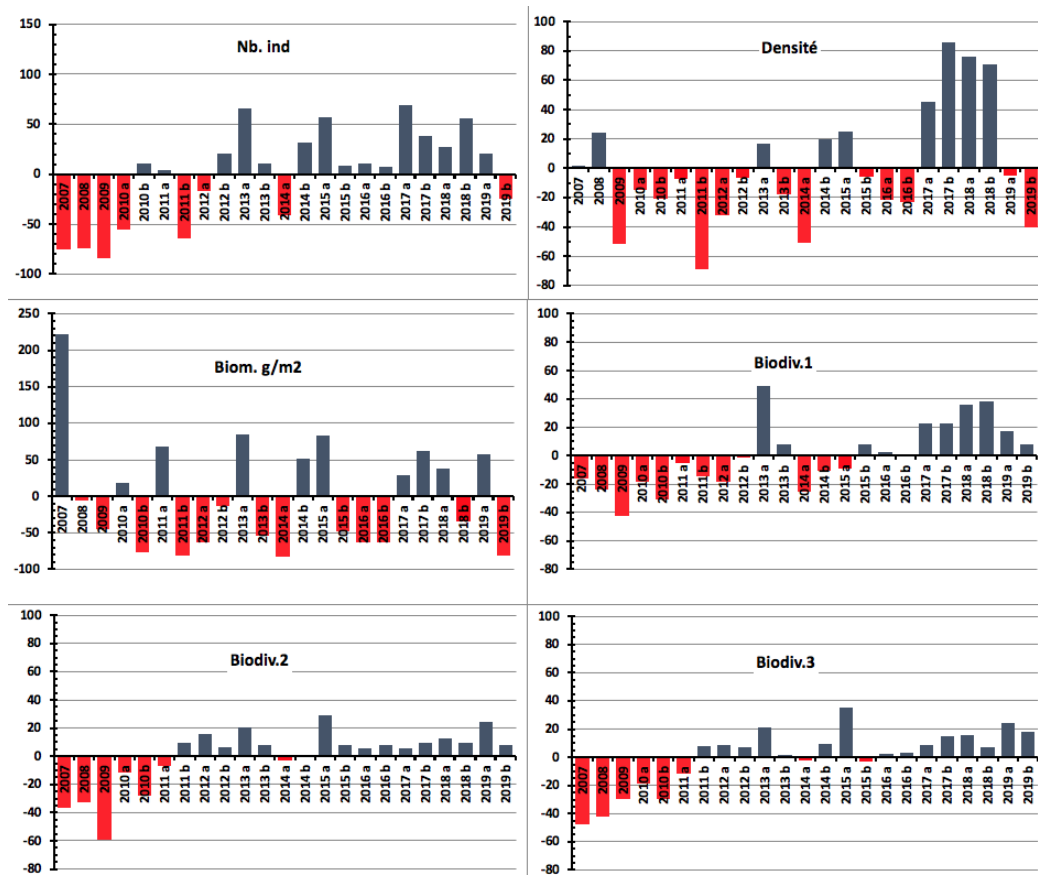


Figure 43 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST06)

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 a été très dégradée lors des événements cycloniques du début d'année 2011. Au-delà de 6-7 mètres, la pente est inclinée à 40°, la zone présente des séquelles de dégradations mécaniques (tempêtes et cyclones) comme l'atteste un nombre conséquent de roches et de débris coralliens de tailles variées. Par le phénomène d'avalanches, les grosses colonies fixées à l'origine vers 6-7 mètres (gros *Acropora* tabulaires, *Porites* massifs, ...) ont été arrachées, détruisant les organismes fixés sur leur passage.

Caractéristiques principales

- ↗ Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme très important (courant de marée, houle et ressac) et taille relativement petite des colonies. Cependant présence de colonie de taille métrique d'*Acropora* tabulaire en A et de *Porites* massif en C
- ↗ Croissance importante des colonies d'*Acropora* tabulaire en A en novembre 2018
- ↗ Présence de *Blastomussa wellsi* en B
- ↗ 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 avril 2019 et octobre 2019

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est stable, de 27% au transect A, 11% en B et 4.5% 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%
- Lésions coralliennes : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) pour les niveaux bathymétriques A & C (respectivement 1.2 et 0.3 m² de coraux blanchis sans polype)

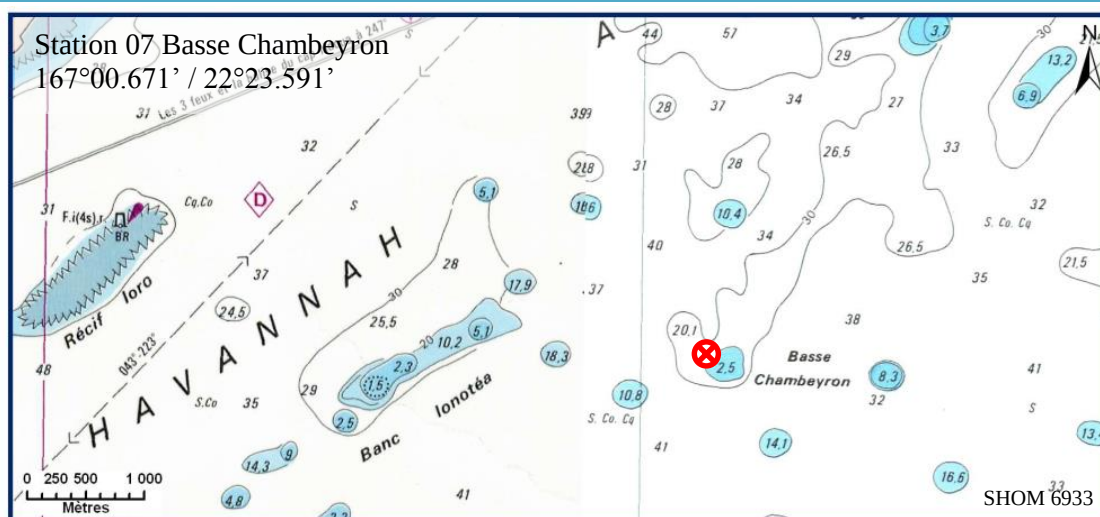
- Perturbations mécaniques : RAS pour cette mission mais les conditions hydrodynamiques sont importantes, de nombreux débris et de nombreuses colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat suite aux événements dépressionnaires (2018)

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : absente en A (stable) & C et diminution importante en B & C (respectivement niveau 4/3 à 2/0). 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* : recouvrement en augmentation aux 3 transects (niveau 0 à 2)
- *Cliona orientalis* : stable en A et C et diminution en B (niveau 4 à 3)
- *Cliona jullieni* : stable en A et C et diminution en B (niveau 3 à 2)

Les corallivores :

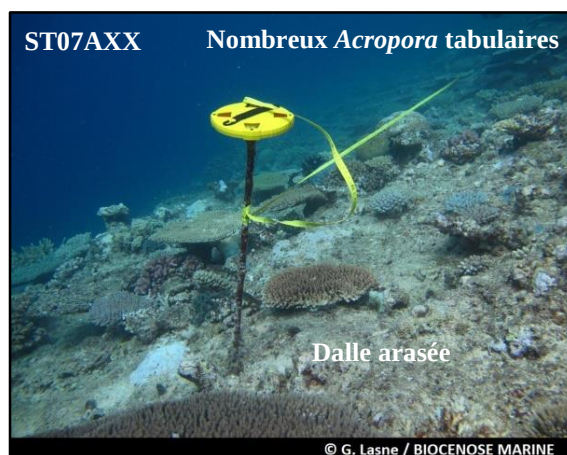
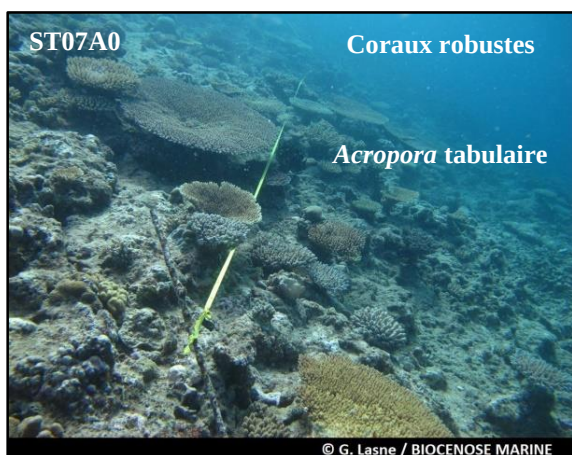
- *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Drupella cornus* : absence, stable



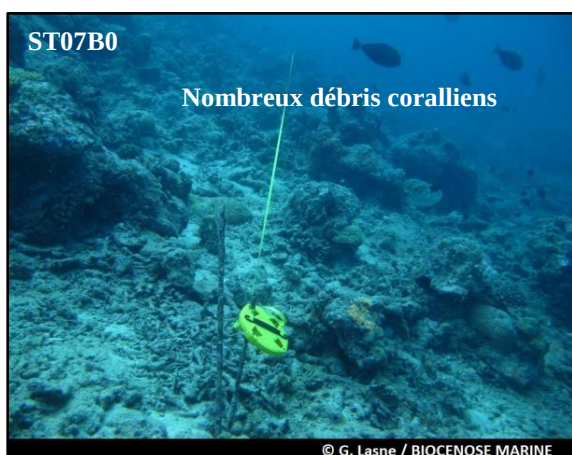
Carte 09 : Localisation de la station 07 (Basse Chambeyron)



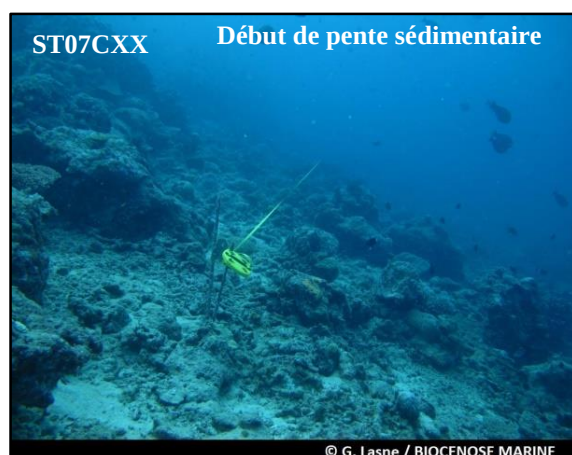
Photographie 15 : Position en surface (ST07)



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



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



Le développement des cyanobactéries peut être important et cyclique sur les débris coralliens
Pour cette mission : les cyanobactéries ont seulement un recouvrement faible (niveau 2) pour le milieu de 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.

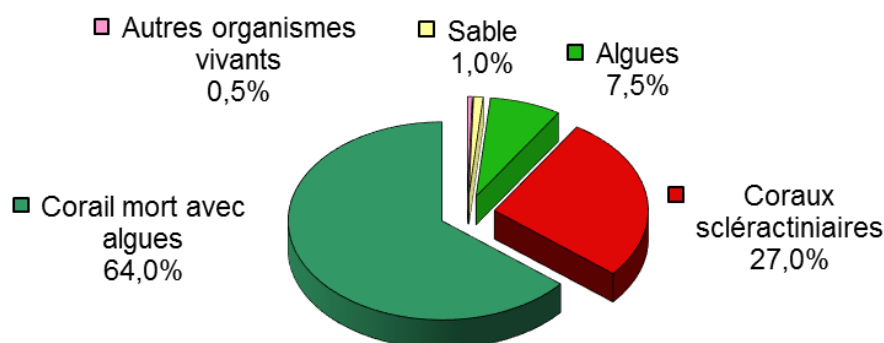


Figure 44 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07A

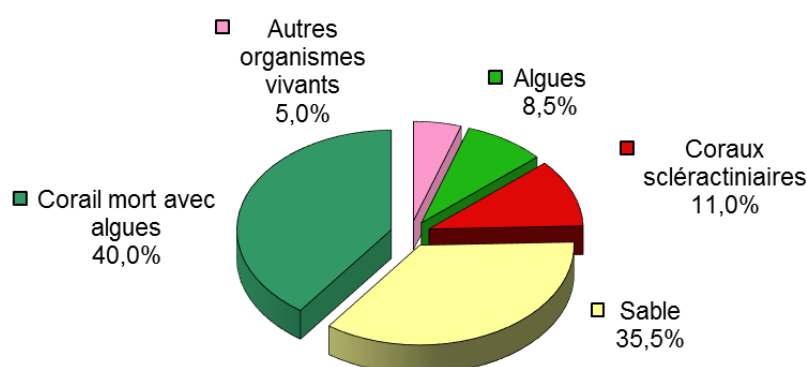


Figure 45 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07B

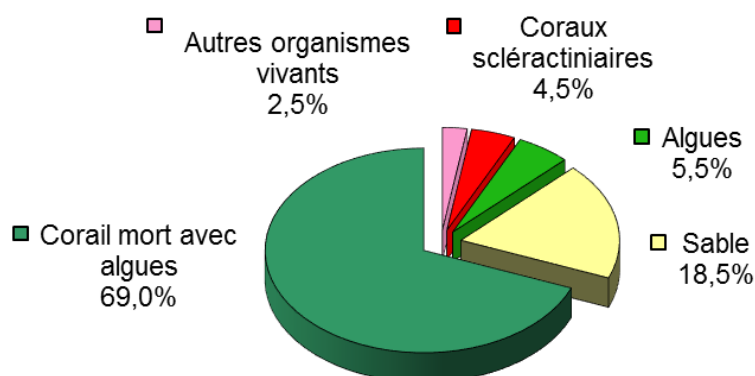


Figure 46 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07C

Cette station a un substrat qui est très biotique (99%, puis 64,5% et 81,5%). 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 scléactiniaires sont moyennement représentés en A et faiblement en dessous (respectivement 27%, 11% et 4,5%).

A noter : disparition des cyanobactéries aux transects B et C.

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 octobre 2019, la richesse spécifique de la station Basse Chambeyron (ST07) est composée de :

- **41 espèces d'invertébrés** dont 11 espèces de mollusques ; 2 espèces de cnidaires : alcyonaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 12 espèces d'échinodermes : astéries (4 taxons), échinides (3 taxons), holothurides (3 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 9 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies
- **4 espèces de macrophytes** : algues rouges (2 taxons), algues brunes (1 taxon), algues vertes (1 taxon)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

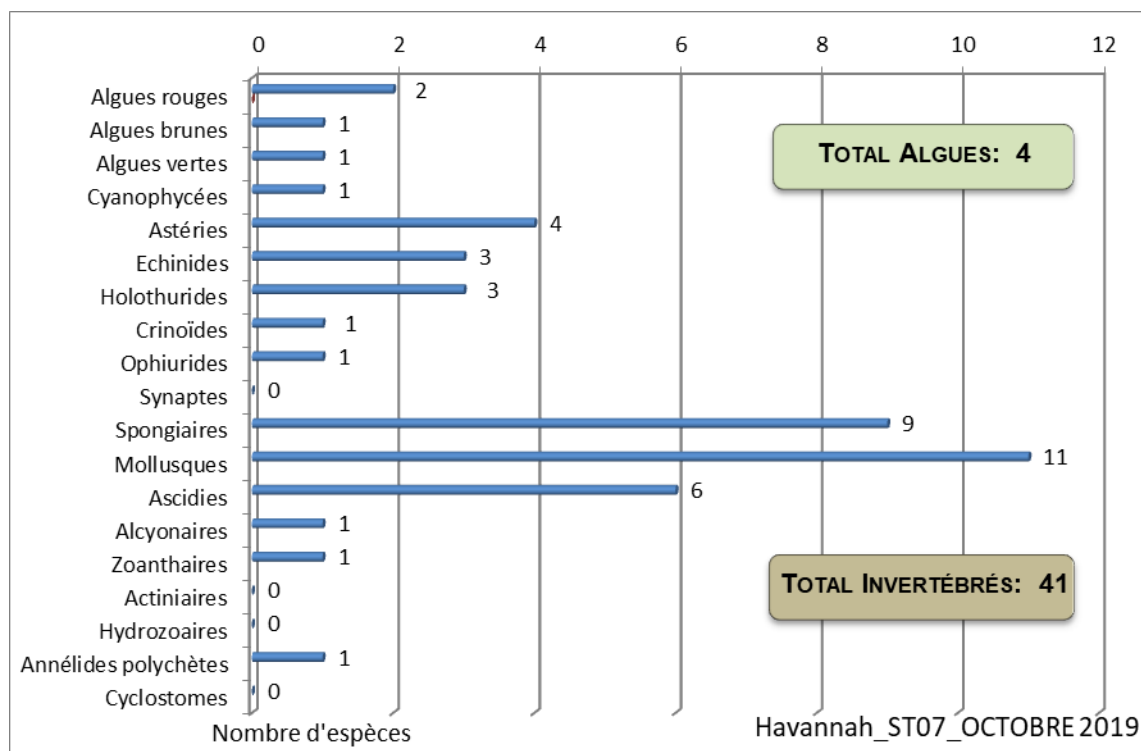


Figure 47 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST07)

4.7.2.1 Benthos Transect 07 A

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST07A est composée de :

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

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

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue rouge : <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A2).	Aucune espèce d'algues n'augmente.
Une espèce d'algue disparue, l'algue rouge : <i>Plocamium</i> sp. (A0/-2).	Une espèce d'algue diminue, l'algue brune : <i>Turbinaria ornata</i> (A2/- 1).
Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	
☒	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les zoanthaires (1 sp) : <i>Palythoa tuberculosa</i> (A2/- 1).
Echinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (2 espèces) : <i>Fromia indica</i> (A2), <i>Gomophia egyptiaca</i> (A1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : <i>Holothuria atra</i> (A1). Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les holothurides (-1 espèce) : <i>Actinopyga palauensis</i> (A0/-1).	2 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : <i>Crinoïdes ind.</i> (A3/+ 1) ; ➢ pour les échinides (1 espèce) : <i>Echinostrephus aciculatus</i> (A3/+ 1).
Mollusques	
☒	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : <i>Spondylus</i> sp. (A3/+ 1).
Eponges	
3 nouvelles espèces d'éponges recensées : <i>Dysidea frondosa</i> (A1), <i>Dysidea herbacea</i> (A1), <i>Spongiaires ind. (noire)</i> (A2).	☒
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : <i>Clavelina detorta</i> (A2). Une espèce d'ascidies disparue : <i>Polycarpa clavata</i> (A0/-1).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : <i>Polycarpa aurita</i> (A3/+ 1). 2 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A3/- 1), <i>Polycarpa nigricans</i> (A3/- 1).
Bryozoaires	
☒	☒

4.7.2.2 Benthos Transect 07 B

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST07B est composée de :

- 34 espèces d'invertébrés dont 9 espèces de mollusques ; une espèce de cnidaires ; 11 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), échinides (3 taxons), holothurides (3 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies
- 3 espèces de macrophytes : algues rouges (2 taxons), algues vertes (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

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

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
2 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue rouge : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A2) ; et l'algue verte : • <i>Halimeda</i> sp. (A2) ; - Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☒	Une espèce de cyanobactéries diminue d'abondance : • <i>Phormidium</i> sp. (A2/- 2).
Cnidaires	
4 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-4 espèce) : • <i>Cladiella</i> sp. (A0/-2), • <i>Lobophytum</i> sp. (A0/-2), • <i>Sarcophyton</i> sp. (A0/-1), • <i>Chironophthya</i> sp. (A0/-1).	☒
Echinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les échinides (1 espèce) : • <i>Echinostrephus aciculatus</i> (A2) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Actinopyga flammea</i> (A1). 4 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Fromia monilis</i> (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-3 espèce) : • <i>Actinopyga lecanora</i> (A0/-1), • <i>Holothuria edulis</i> (A0/-2), • <i>Holothuria fuscopunctata</i> (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les échinides (1 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A2/+ 1). 3 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les astéries (2 espèces) : • <i>Gomophia egyptiaca</i> (A1/- 1), • <i>Linckia multifora</i> (A2/- 1) ; ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A3/- 1).
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : • <i>Lambis scorpius</i> (A1) ; ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : • <i>Phyllidiella pustulosa</i> (A1).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Pedum spondyloideum</i> (A1/- 2).
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : • <i>Hamigera strongylata</i> (A2). Une espèce d'éponges disparue : • <i>Ptilocaulis fusiformis</i> (A0/-1).	2 espèces d'éponges diminuent d'abondance : • <i>Cliona jullieni</i> (A2/- 1), • <i>Cliona orientalis</i> (A3/- 1).
Ascidies	
☒	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A2/- 2).
Bryozoaires	
☒	☒

4.7.2.3 Benthos Transect 07 C

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST07C est composée de :

- 22 espèces d'invertébrés dont 2 espèces de mollusques ; une espèce de cnidaires ; 7 espèces d'échinodermes : astéries (2 taxons), holothurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- 2 espèces de macrophytes : algues rouges (1 taxon), algues vertes (1 taxon)
- **Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.**

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

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
2 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue rouge : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A2) ; et l'algue verte : • <i>Halimeda</i> sp. (A2) Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une espèce de cyanobactéries disparue : • <i>Phormidium</i> sp. (A0/-3).	☒
Cnidaires	
2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-2 espèce) : • <i>Dendronephthya</i> sp. (A0/-1), • <i>Chironophthya</i> sp. (A0/-1).	☒
Echinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Fromia indica</i> (A1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Actinopyga palauensis</i> (A1). 3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Linckia multifora</i> (A0/-2) ; ➢ pour les holothurides (-2 espèce) : • <i>Actinopyga flammea</i> (A0/-1), • <i>Holothuria edulis</i> (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Arca ventricosa</i> (A2). 3 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-2 espèce) : • <i>Septifer bilocularis</i> (A0/-2), • <i>Pedum spondyloideum</i> (A0/-2) ; ➢ pour les nudibranches (-1 sp) : • <i>Phyllidiella pustulosa</i> (A0/-1).	☒
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : • <i>Clathria rugosa</i> (A2).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •Spongiaires ind. (orange) (A2/+ 1).
Ascidies	
☒	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : • <i>Polycarpa aurita</i> (A2/+ 1). 2 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : • <i>Polycarpa clavata</i> (A1/- 1), • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A3/- 1).
Bryozoaires	
☒	☒

4.7.3 Les poissons (ST07)

La liste des espèces observées¹¹ sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 62](#).

Tableau 62 : Données sur les poissons (ST07)

Basse Chambeyron ST07		Transect			Transect			Transect			Station		
		A			B			C			Moyenne		
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>				2	0,02	9,00				0,67	0,01	3,00
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>				1	0,01	10,67	1	0,01	16,00	0,67	0,01	8,89
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	10	0,07	11,43	20	0,17	26,67	30	0,21	45,63	20,00	0,15	27,91
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	2	0,02	0,73							0,67	0,01	0,24
Aca	<i>Naso brachycentron</i>							6	0,05	68,92	2,00	0,02	22,97
Aca	<i>Naso brevirostris</i>							8	0,07	39,72	2,67	0,02	13,24
Aca	<i>Naso lopezi</i>	3	0,01	17,45	10	0,08	106,67	20	0,13	160,00	11,00	0,07	94,71
Aca	<i>Naso tonganus</i>							5	0,04	45,71	1,67	0,01	15,24
Aca	<i>Naso unicornis</i>							5	0,03	120,00	1,67	0,01	40,00
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	2	0,03	1,15	2	0,03	0,49				1,33	0,02	0,55
Ant	<i>Pseudanthias pascalus</i>	10	0,13	0,86							3,33	0,04	0,29
Ant	<i>Pseudanthias pictilis</i>	5	0,06	0,43							1,67	0,02	0,14
Ant	<i>Pseudanthias pleurotaenia</i>				20	0,33	4,86	5	0,06	0,91	8,33	0,13	1,92
Ant	<i>Pseudanthias squamipinnis</i>							10	0,13	1,82	3,33	0,04	0,61
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>				1	0,02	0,01				0,33	0,01	0,00
Cae	<i>Caesio caerulea</i>				300	2,14	669,64	1000	7,14	2232,1	433,33	3,10	967,26
Cae	<i>Pterocaesio digramma</i>	20	0,25	53,24	20	0,14	30,42	20	0,11	23,66	20,00	0,17	35,78
Cae	<i>Pterocaesio marri</i>	20	0,20	37,04	20	0,14	26,46	20	0,11	20,58	20,00	0,15	28,03
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	1	0,02	0,00	1	0,03	0,01	1	0,03	0,01	1,00	0,02	0,01
Car	<i>Caranx melampygus</i>							4	0,03	73,73	1,33	0,01	24,58
Car	<i>Gnathanodon speciosus</i>							10	0,05	512,00	3,33	0,02	170,67
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	2	0,03	0,34	1	0,03	0,50				1,00	0,02	0,28
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	3	0,05	0,34				2	0,05	0,13	1,67	0,03	0,16
Cha	<i>Chaetodon lineolatus</i>							2	0,03	10,42	0,67	0,01	3,47
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>	2	0,03	0,23							0,67	0,01	0,08
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>	2	0,03	0,14							0,67	0,01	0,05
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	1	0,02	0,04	2	0,03	0,17				1,00	0,01	0,07
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	2	0,03	0,34							0,67	0,01	0,11
Cha	<i>Forcipiger flavissimus</i>				2	0,03	0,50				0,67	0,01	0,17
Cha	<i>Heniochus varius</i>							2	0,03	14,63	0,67	0,01	4,88
Epi	<i>Epinephelus fasciatus</i>	1	0,02	1,13							0,33	0,01	0,38
Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>				1	0,02	9,00				0,33	0,01	3,00
Epi	<i>Epinephelus malabaricus</i>							2	0,02	400,00	0,67	0,01	133,33
Epi	<i>Epinephelus merra</i>	1	0,02	0,33							0,33	0,01	0,11
Epi	<i>Epinephelus ongus</i>				1	0,01	1,46				0,33	0,00	0,49
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>				2	0,03	45,56	3	0,02	72,00	1,67	0,01	39,19
Lab	<i>Bodianus perditio</i>				1	0,02	21,33	1	0,01	11,39	0,67	0,01	10,91
Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	1	0,02	0,91				1	0,03	2,92	0,67	0,01	1,28
Lab	<i>Coris gaimard</i>							1	0,03	0,86	0,33	0,01	0,29
Lab	<i>Gomphosus varius</i>	3	0,05	1,33							1,00	0,02	0,44
Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>							1	0,03	1,37	0,33	0,01	0,46
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>				3	0,04	0,16				1,00	0,01	0,05
Lab	<i>Stethojulis bandanensis</i>				1	0,02	0,33				0,33	0,01	0,11
Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	6	0,10	1,46	5	0,04	0,83				3,67	0,05	0,76
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	7	0,12	0,80	3	0,05	0,34	4	0,10	0,69	4,67	0,09	0,61
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	6	0,10	0,84							2,00	0,03	0,28

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

Lut	<i>Aprion virescens</i>							6	0,04	624,86	2,00	0,01	208,29
Lut	<i>Lutjanus bohar</i>				7	0,04	109,38	3	0,02	53,57	3,33	0,02	54,32
Mic	<i>Ptereleotris evides</i>				4	0,05	0,34	3	0,08	0,51	2,33	0,04	0,29
Mul	<i>Parupeneus ciliatus</i>							4	0,07	10,67	1,33	0,02	3,56
Mul	<i>Parupeneus cyclostomus</i>				3	0,03	4,80				1,00	0,01	1,60
Mul	<i>Parupeneus indicus</i>				3	0,03	9,38				1,00	0,01	3,13
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>				2	0,03	1,15				0,67	0,01	0,38
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	4	0,07	0,17	3	0,05	0,22	1	0,03	0,11	2,67	0,05	0,16
Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	2	0,03	0,04	2	0,03	0,08	2	0,05	0,13	2,00	0,04	0,09
Poc	<i>Centropyge flavissima</i>	4	0,07	0,17							1,33	0,02	0,06
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	1	0,02	0,02	2	0,03	0,08	1	0,03	0,01	1,33	0,03	0,04
Poc	<i>Pomacanthus imperator</i>	1	0,02	2,67							0,33	0,01	0,89
Poc	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>							1	0,01	10,72	0,33	0,00	3,57
Poc	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>				1	0,02	6,56				0,33	0,01	2,19
Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>	3	0,05	0,22							1,00	0,02	0,07
Pom	<i>Chromis fumea</i>	15	0,25	0,32	20	0,33	0,18	15	0,38	0,20	16,67	0,32	0,23
Pom	<i>Chromis viridis</i>	25	0,42	0,23	20	0,33	0,20				15,00	0,25	0,14
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>	10	0,17	0,09	10	0,17	0,07	10	0,25	0,11	10,00	0,19	0,09
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	20	0,33	0,18	15	0,25	0,16	15	0,38	0,25	16,67	0,32	0,20
Pom	<i>Neopomacentrus azysron</i>	15	0,25	0,14							5,00	0,08	0,05
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	5	0,08	0,11	3	0,05	0,03				2,67	0,04	0,04
Pom	<i>Stegastes aureus</i>	1	0,02	0,11							0,33	0,01	0,04
Sca	<i>Cetoscarus ocellatus</i>							3	0,02	39,05	1,00	0,01	13,02
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>	4	0,07	2,30	3	0,03	2,95				2,33	0,03	1,75
Sca	<i>Scarus chameleon</i>							1	0,01	4,50	0,33	0,00	1,50
Sca	<i>Scarus forsteni</i>				1	0,01	0,98				0,33	0,00	0,33
Sca	<i>Scarus rivulatus</i>				2	0,03	4,63				0,67	0,01	1,54
Sca	<i>Scarus rubroviolaceus</i>				1	0,01	4,50				0,33	0,00	1,50
Sca	<i>Scarus schlegeli</i>	1	0,02	1,64							0,33	0,01	0,55
Sig	<i>Siganus argenteus</i>	5	0,08	5,63	4	0,03	1,93	5	0,03	3,07	4,67	0,05	3,54
Total		226	3,3	144,6	525	4,96	1112,7	1234	9,91	4623,0	661,7	6,07	1960,1
Biodiversité		38			41			39			76		
Indice de Shannon =		2,678											
Equitabilité =		0,429											

Sur l'ensemble des transects de la station, 1 985 individus appartenant à 76 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 6.07 poissons/m² pour une biomasse de 1 960.1 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	<i>Acanthurus blochii</i>	Cir	<i>Cirrhitichthys falco</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>	Cir	<i>Paracirrhites arcatus</i>	Poc	<i>Genicanthus watanabei</i>
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	Cir	<i>Paracirrhites forsteri</i>	Poc	<i>Pomacanthus imperator</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Epi	<i>Epinephelus fasciatus</i>	Poc	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>
Aca	<i>Naso brachycentron</i>	Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>	Poc	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>
Aca	<i>Naso brevirostris</i>	Epi	<i>Epinephelus malabaricus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>
Aca	<i>Naso lopezi</i>	Epi	<i>Epinephelus merra</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon leucogaster</i>
Aca	<i>Naso tonganus</i>	Epi	<i>Epinephelus ongus</i>	Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Pom	<i>Chromis atripes</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Epi	<i>Variola louti</i>	Pom	<i>Chromis fumea</i>
Ant	<i>Pseudanthias pascualus</i>	Fis	<i>Fistularia commersonii</i>	Pom	<i>Chromis iomelas</i>

Ant	<i>Pseudanthias pictilis</i>	Lab	<i>Bodianus axillaris</i>	Pom	<i>Chromis margaritifer</i>
Ant	<i>Pseudanthias pleurotaenia</i>	Lab	<i>Bodianus perditio</i>	Pom	<i>Chromis viridis</i>
Ant	<i>Pseudanthias squamipinnis</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Apo	<i>Cheilodipterus macrodon</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Apo	<i>Ostorhinchus aureus</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Pom	<i>Neopomacentrus azysron</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon johnstonianus</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Pomacentrus lepidogenys</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cae	<i>Caesio caeruleaurea</i>	Lab	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Cae	<i>Pterocaesio digramma</i>	Lab	<i>Labroides bicolor</i>	Pom	<i>Pomacentrus philippinus</i>
Cae	<i>Pterocaesio marri</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Stegastes aureus</i>
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Lab	<i>Stethojulis bandanensis</i>	Sca	<i>Cetoscarus ocellatus</i>
Car	<i>Caranx melampygus</i>	Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	Sca	<i>Chlorurus microrhinos</i>
Car	<i>Gnathanodon speciosus</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Sca	<i>Scarus chameleon</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lab	<i>Thalassoma nigrofasciatum</i>	Sca	<i>Scarus forsteni</i>
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	Lab	<i>Thalassoma quinquevittatum</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	Let	<i>Gymnocranius grandoculis</i>	Sca	<i>Scarus rivulatus</i>
Cha	<i>Chaetodon lineolatus</i>	Lut	<i>Aprion virescens</i>	Sca	<i>Scarus rubroviolaceus</i>
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>	Lut	<i>Lutjanus bohar</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>	Mic	<i>Ptereleotris evides</i>	Sco	<i>Scomberomorus commerson</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Mul	<i>Parupeneus ciliatus</i>	Sco	<i>Scomberomorus commerson</i>
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Mul	<i>Parupeneus cyclostomus</i>	Scr	<i>Synanceia verrucosa</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	Sig	<i>Siganus argenteus</i>
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Sig	<i>Siganus corallinus</i>
Cha	<i>Forcipiger flavissimus</i>	Pin	<i>Parapercis millepunctata</i>	Sig	<i>Siganus punctatus</i>
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	Syn	<i>Saurida gracilis</i>
Cha	<i>Heniochus singularis</i>	Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	Syn	<i>Synodus variegatus</i>
Cha	<i>Heniochus varius</i>	Poc	<i>Centropyge flavissima</i>		

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 ichthyologique (ST07)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		Campagne	Moy.	Campagne	Moy.
Acanthuridae	40	10	7,57	25,00	18,93
Chaetodontidae	30	9	6,81	30,00	22,70
Epinephelinae	26	6	4,76	23,08	18,32
Labridae	97	10	8,00	10,31	8,25
Lethrinidae	16	0	0,43	0,00	2,68
Lutjanidae	22	2	0,81	9,09	3,68
Mullidae	14	4	1,67	28,57	11,90
Pomacanthidae	14	7	4,67	50,00	33,33
Pomacentridae	92	8	6,67	8,70	7,25

Scaridae	23	7	4,38	30,43	19,05
Siganidae	10	1	0,71	10,00	7,14
Autres	257	12	6,14	4,67	2,39
Khi2 obs		4,1		15,7	
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 66](#) et la [figure 49](#).

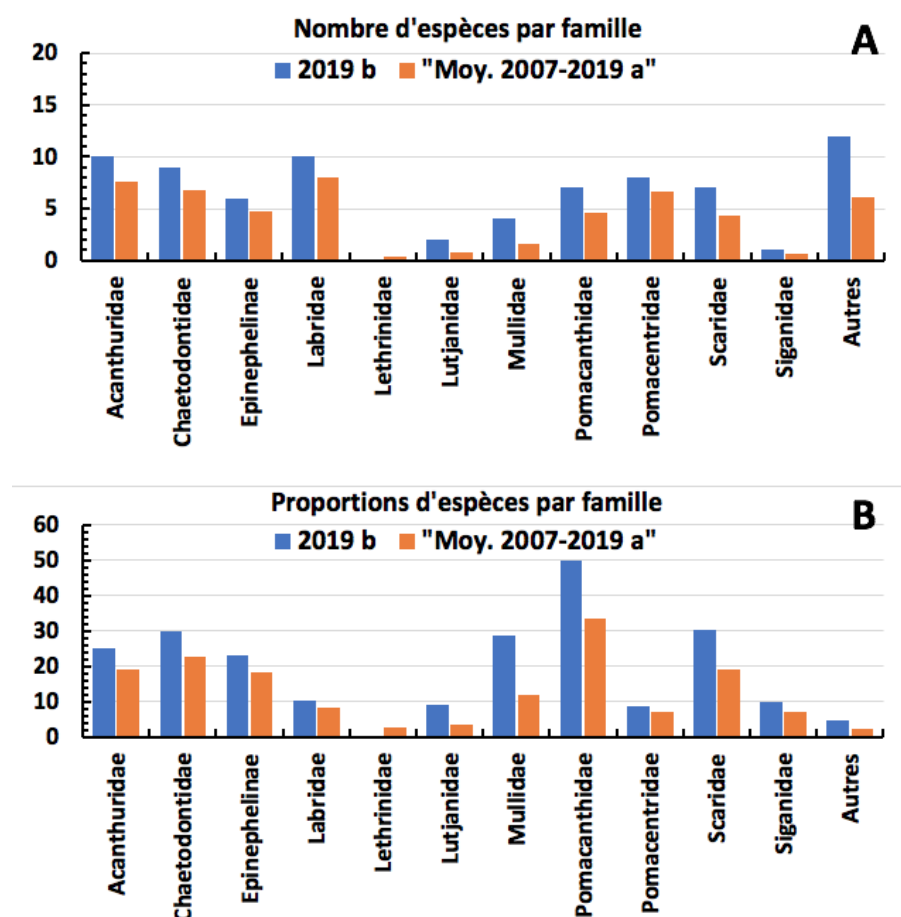


Figure 48 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST07)

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 [$E_i = (X_i - X_m) / X_m$] 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
2019 b	Transect A	226	3,34	144,60	38		
	Transect B	525	4,96	1112,71	41		
	Transect C	1234	9,91	4623,02	39		
	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 présente une valeur jusqu'à présent inégalée.
- La biomasse présente une valeur jusqu'à présent inégalée faisant suite à une des plus faibles de la série historique. Cette valeur exceptionnelle est due aux *Caesio* et surtout à la présence de nombreuses carangues et de quelques grosses saumonées.
- Les valeurs de biodiversité sont habituelles.

- 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, nombre d'espèces ont changées. Il y a par exemple 5 espèces de *Chaetodon* en plus, 2 espèces de lutjans et de Siganidae, 3 espèces de Pomacentridae, 3 Acanthuridae (poissons chirurgiens) et 2 Scaridae (poissons perroquet), de moins, etc.

Exprimée de façon relative ou absolue (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. C'est une conjoncture. Sur les 23 missions effectuées, cette dernière s'ajoute aux 7 de la série historique qui sont similaires à la structure moyenne, à savoir : 2009, 2010a, 2010b, 2013b, 2015a et 2017b et 2019a. Les 15 autres en diffèrent.

Malgré cette similitude quantitative, dans le détail les espèces ont changé.

Par exemples :

- Dans la famille des Acanthuridés (poissons chirurgiens) *Acanthurus olivaceus* n'est pas là, en revanche *Naso brachycentron*, *N. brevirostris* et *N. tonganus* sont présents... ce qui influe sur la densité et la biomasse puisque qu'*A. olivaceus* est une espèce solitaire et herbivore, alors que les 3 *Naso* sont grégaires et planctonophages.
- Dans la famille des Pomacentridés (poissons demoiselles) *Chromis amboinensis*, *C. lepidolepsis*, *C. nitida* et *C. retrofasciata* sont absents, en revanche *C. margaritifer* et *Pomacentrus philippinus* sont présents. 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) apparaît en novembre *Scarus forsteri* et *S. ghobban* dont la présence est fortuite ou opportuniste puisque ce sont l'une et l'autre des espèces solitaires qui se mêlent volontiers aux groupes d'autres scaridés.

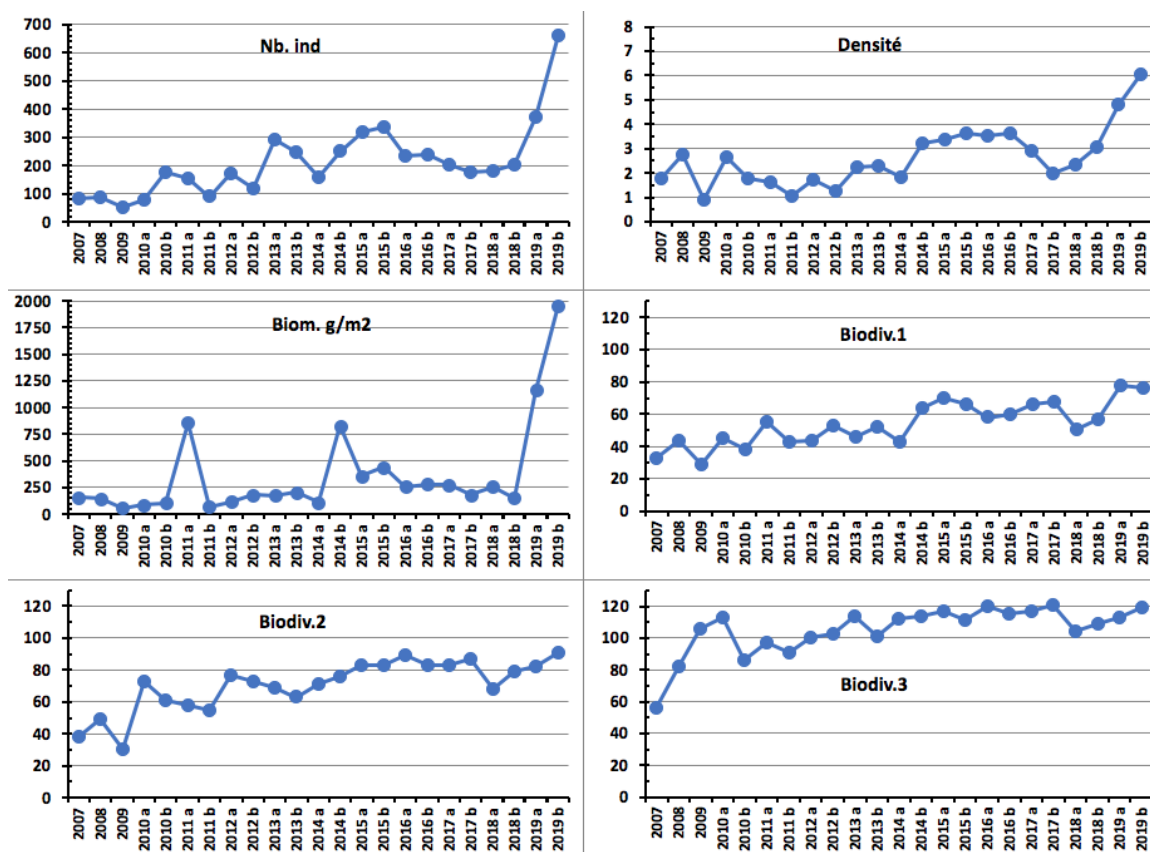


Figure 49 : Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST07)

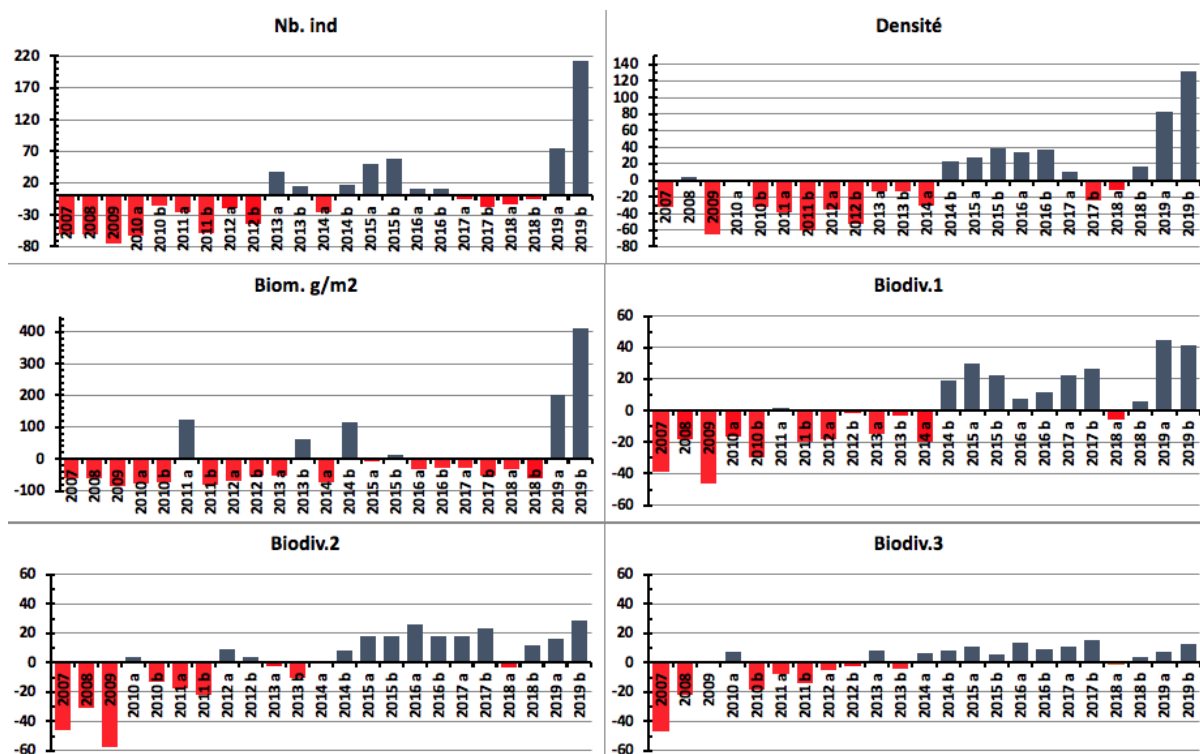


Figure 50 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST07)

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 1 ^{er} 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 <i>Porites lobata</i> 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 de mars 2011 :**
 - 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 entraînent des nécroses sur les colonies coralliennes (source particulière : 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 avril 2019 et octobre 2019

Indicateur Corail :

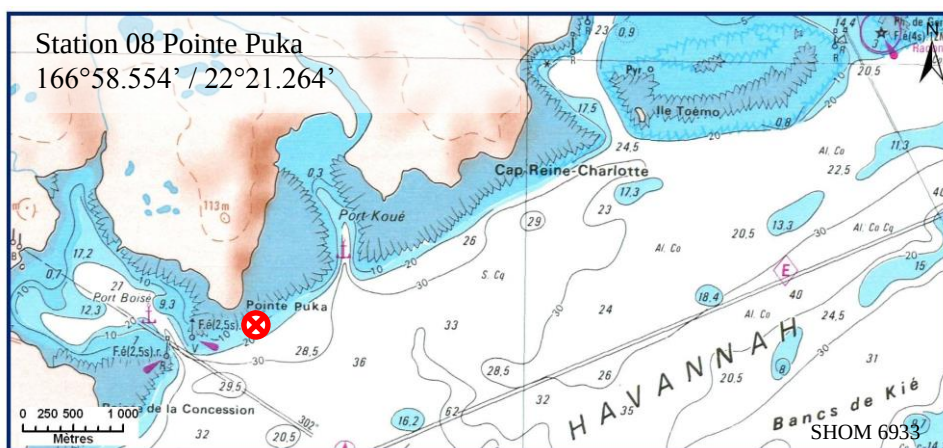
- Le recouvrement corallien est stable, de 30.5% au transect A et 2% en B
 - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.13% ; Avril 2016 : 1% ; Novembre 2016 : 0.23% ; Avril 2017 : 1.25% ; Septembre 2017 : 1.15% ; Mai 2018 : 0.9% ; Novembre 2018 : 0 % ; Avril 2019 : 0.10% ; Octobre 2019 : 0%*
 - Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche
- La maladie de la tâche noire (hypermycose endolithique) ne paraît 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 : RAS pour cette mission, 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 :

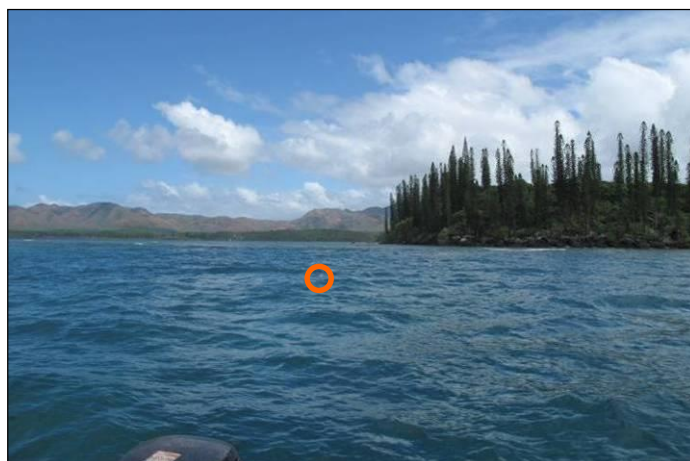
- Cyanobactéries : recouvrement en stable en A (niveau 2) et en diminution en B (niveau 2 à 0). Elles colonisent les colonies coralliennes mortes en place, les débris coralliens et le turf algal
- Le turf algal se développe abondamment sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place
- Algues brunes *Lobophora* : absente et stable
- Algues rouges *Asparagopsis taxiformis* : absente : le recouvrement est en augmentation importante en A et B (niveau 0 à 4/3)
- *Cliona orientalis* : stable en A et diminution en B (niveau 3 à 2)
- *Cliona jullieni* : diminution en A et B (respectivement niveau 3/4 à 2/3)

Les corallivores :

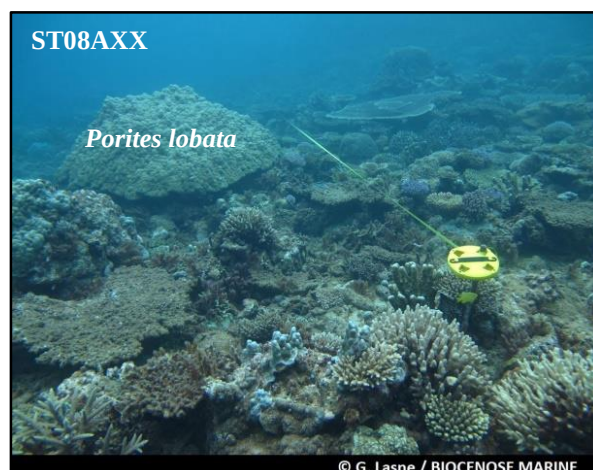
- *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Drupella cornus* : diminution en A (niveau 2 à 0)



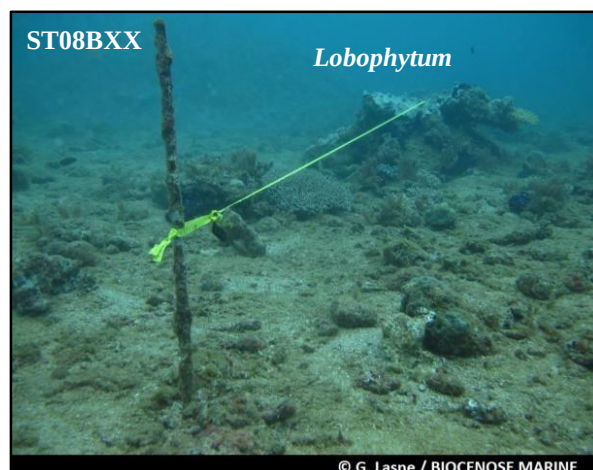
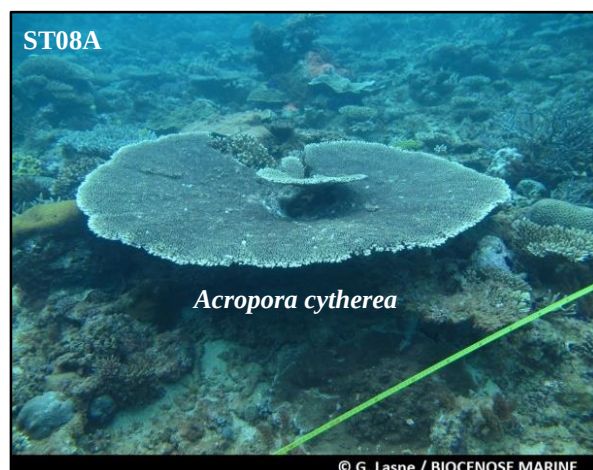
Carte 10 : Localisation de la station 08 (Pointe Puka)



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.

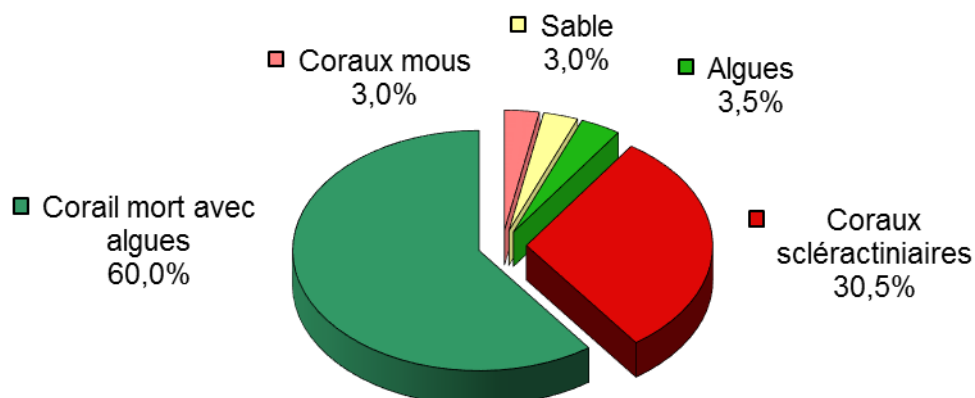


Figure 51 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08A

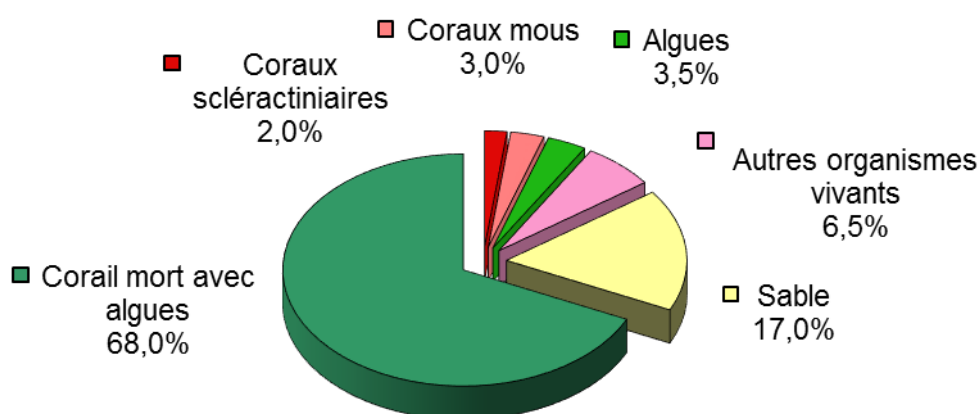


Figure 52 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08B

Le substrat du transect haut est composé d'une large part de coraux morts recouverts d'algues (60%) avec un bon taux de coraux scléactiniaires vivants qui se maintient (depuis novembre 2018) (30.5%). Il présente pour cette mission 97% de recouvrement biotique.

Pour cette mission, il y a inversion dans le rapport sable / « corail mort avec d'algue » et c'est donc cette dernière catégorie qui domine (68%) (comme en novembre 2016) ce qui fait que le substrat est majoritairement biotique. Ce transect ne possède que 2% de coraux scléactiniaires.

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 octobre 2019, la richesse spécifique de la station Puka (ST08) est composée de :

- **43 espèces d'invertébrés** dont 8 espèces de mollusques ; 10 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), actiniaires (3 taxons), zoanthaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon) ; 12 espèces d'échinodermes : holothurides (4 taxons), astéries (3 taxons), échinides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- **3 espèces de macrophytes** : algues brunes (1 taxon), algues rouges (1 taxon), algues vertes (1 taxon)
- **1 espèce de cyanobactéries**.

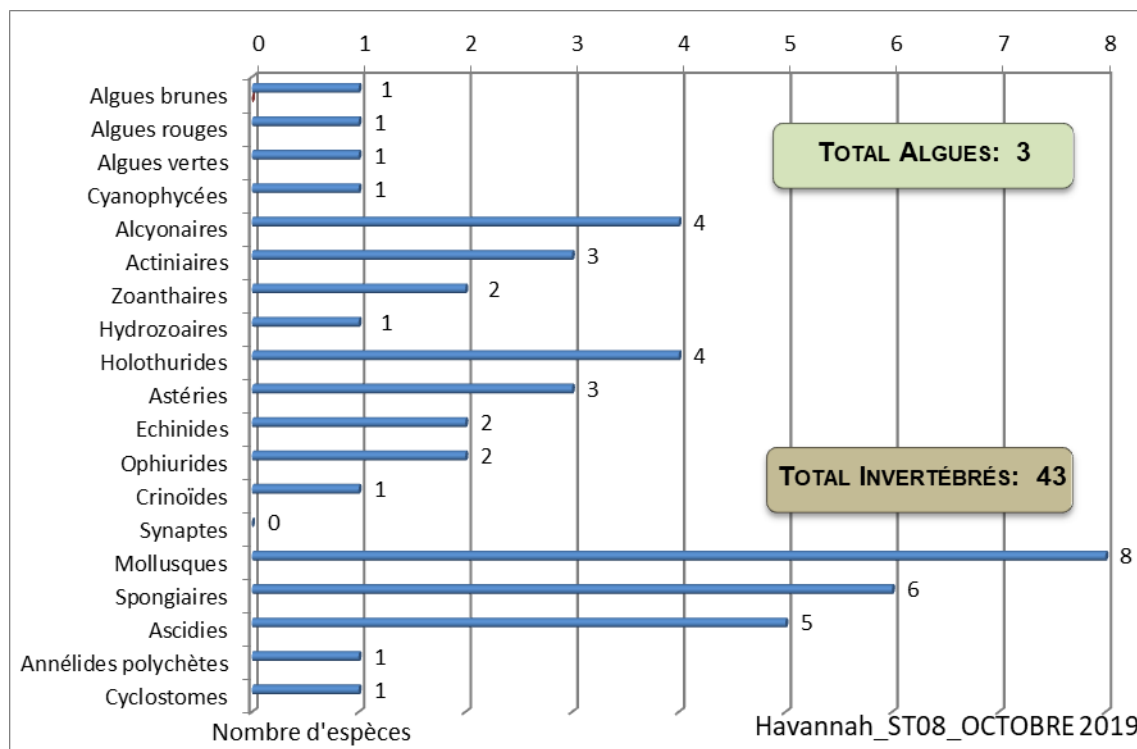


Figure 53 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST08)

4.8.2.1 Benthos Transect 08 A

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST08A est composée de :

- 33 espèces d'invertébrés dont 7 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), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), échinides (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- 3 espèces de macrophytes : algues brunes (1 taxon), algues rouges (1 taxon), algues vertes (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

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

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue rouge : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A4). 1 espèce d'algue disparue, l'algue rouge : • <i>Plocamium</i> sp. (A0/-3).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Une espèce d'algue diminue, l'algue brune : • <i>Dictyota</i> sp. (A2/- 1).
Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les zoanthaires (1 espèce) : • <i>Palythoa tuberculosa</i> (A2).	☒
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les ophiurides (1 espèce) : • <i>Ophiomastix caryophyllata</i> (A2). 4 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les crinoïdes (-1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A0/-2) ; ➢ pour les échinides (-1 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A0/-2) ; ➢ pour les holothurides (-2 espèce) : • <i>Bohadschia argus</i> (A0/-1), • <i>Holothuria edulis</i> (A0/-1).	2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Linckia multifora</i> (A1/- 1) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria fuscopunctata</i> (A1/- 1).
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les gastéropodes (-1 espèce) : • <i>Drupella cornus</i> (A0/-2).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Isognomon isognomon</i> (A2/- 1).
Eponges	
1 espèce d'éponges disparue : • <i>Cymbastela cantharella</i> (A0/-1).	3 espèces d'éponges diminuent d'abondance : • <i>Cliona jullieni</i> (A2/- 1), • <i>Cliona orientalis</i> (A2/- 1), • <i>Spheciospongia vagabunda</i> (A2/- 1).
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : • <i>Polycarpa aurita</i> (A0/-2).	2 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A2/- 1), • <i>Polycarpa nigricans</i> (A2/- 1).
Bryozoaires	
☒	☒

4.8.2.2 Benthos Transect 08 B

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST08B est composée de :

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

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

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue rouge : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A3). Une espèce d'algue disparue, l'algue rouge : • <i>Plocamium</i> sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une espèce de cyanobactéries disparue : • <i>Phormidium</i> sp. (A0/-2).	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➤ pour les zoanthaires (1 espèce) : • <i>Palythoa tuberculosa</i> (A2). 2 espèces de cnidaires disparues : ➤ pour les alcyonaires (-2 espèce) : • <i>Cladiella</i> sp. (A0/-2), • <i>Sarcophyton</i> sp. (A0/-3).	☑
Echinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➤ pour les échinides (1 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A1) ; ➤ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Bohadschia argus</i> (A1) ; ➤ pour les ophiurides (1 espèce) : • <i>Ophiomastix caryophyllata</i> (A2). Une espèce d'échinodermes disparue : ➤ pour les échinides (-1 espèce) : • <i>Echinostrephus aciculatus</i> (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➤ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Actinopyga palauensis</i> (A2/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➤ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria fuscopunctata</i> (A1/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➤ pour les gastéropodes (1 espèce) : • <i>Lambis lambis</i> (A1).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➤ pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Pedum spondyloideum</i> (A2/- 1).
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : • <i>Dysidea herbacea</i> (A1).	4 espèces d'éponges diminuent d'abondance : • <i>Cliona jullieni</i> (A3/- 1), • <i>Cliona orientalis</i> (A2/- 1), •Spongiaires ind. (noire) (A1/- 1), • <i>Clathria rugosa</i> (A1/- 1).
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : • <i>Polycarpa aurita</i> (A2). Une espèce d'ascidies disparue : • <i>Polycarpa clavata</i> (A0/-1).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A1/- 2).
Bryozoaires	
☑	☑

4.8.3 Les poissons (ST08)

La liste des espèces observées¹² sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 69](#).

Tableau 69 : Données sur les poissons (ST08)

Puka ST08		Transect			Transect			Station		
		A			B			Moyenne		
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>				1	0,01	0,22	0,50	0,00	0,11
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>				1	0,03	32,00	0,50	0,01	16,00
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	1	0,01	0,39				0,50	0,01	0,19
Cae	<i>Caesio caerulea</i>	40	0,29	5,14	30	0,01	10,72	35,00	0,15	7,93
Cae	<i>Pterocaesio pisang</i>	10	0,07	1,29	10	0,01	5,36	10,00	0,04	3,32
Can	<i>Canthigaster valentini</i>				1	0,03	0,03	0,50	0,01	0,02
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	2	0,01	0,26				1,00	0,01	0,13
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>				3	0,02	0,38	1,50	0,01	0,19
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>	2	0,01	0,13				1,00	0,01	0,07
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	3	0,02	0,20				1,50	0,01	0,10
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	1	0,01	0,12				0,50	0,01	0,06
Cha	<i>Heniochus monoceros</i>				3	0,01	0,01	1,50	0,01	0,00
Cha	<i>Heniochus varius</i>				2	0,03	0,01	1,00	0,01	0,01
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>				3	0,02	19,20	1,50	0,01	9,60
Lab	<i>Bodianus perditio</i>				2	0,05	0,03	1,00	0,03	0,01
Lab	<i>Cheilinus trilobatus</i>	1	0,01	0,30				0,50	0,01	0,15
Lab	<i>Choerodon graphicus</i>				1	0,08	0,04	0,50	0,04	0,02
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>				5	0,06	0,08	2,50	0,03	0,04
Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	5	0,13	0,77				2,50	0,06	0,39
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	6	0,15	0,58	2	0,03	0,17	4,00	0,09	0,38
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	4	0,10	0,92				2,00	0,05	0,46
Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>	2	0,01	0,44				1,00	0,01	0,22
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	4	0,10	0,23				2,00	0,05	0,11
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	2	0,05	0,06				1,00	0,03	0,03
Poc	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>	1	0,01	3,52				0,50	0,01	1,76
Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>	2	0,01	0,03	2	0,03	0,01	2,00	0,02	0,02
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	4	0,03	0,03	4	0,05	0,03	4,00	0,04	0,03
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>	15	0,11	0,05	10	0,13	0,07	12,50	0,12	0,06
Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>				10	0,13	0,07	5,00	0,06	0,03
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	10	0,07	0,03	15	0,19	0,10	12,50	0,13	0,07
Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>				5	0,06	0,08	2,50	0,03	0,04
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	3	0,02	0,01				1,50	0,01	0,01
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>	5	0,04	1,41				2,50	0,02	0,71
Sig	<i>Siganus puellus</i>	2	0,03	0,45				1,00	0,01	0,23
Sig	<i>Siganus vulpinus</i>	3	0,04	0,49				1,50	0,02	0,25
Total		128	1,34	16,85	110	0,93	68,60	119,00	1,14	42,73
Biodiversité		23			19			35		

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

Indice de Shannon =	3,995
Equitabilité =	0,779

Sur l'ensemble des transects de la station, 238 individus appartenant à 35 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.14 poissons/m² pour une biomasse de 42.73 g/m².

106 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	<i>Acanthurus blochii</i>	Lab	<i>Bodianus axillaris</i>	Poc	<i>Centropyge flavissima</i>
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>	Lab	<i>Bodianus diana</i>	Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>
Aca	<i>Acanthurus nigricans</i>	Lab	<i>Bodianus perditio</i>	Epi	<i>Epinephelus merra</i>
Aca	<i>Acanthurus pyroferus</i>	Lab	<i>Cheilinus trilobatus</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Lab	<i>Choerodon graphicus</i>	Poc	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>
Aca	<i>Naso lituratus</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Poc	<i>Pygoplites diacanthus</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon leucogaster</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>
Apo	<i>Cheilodipterus macrodon</i>	Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>	Pom	<i>Chromis leucura</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopoeion</i>	Pom	<i>Chromis margaritifer</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Pom	<i>Chromis viridis</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Cae	<i>Caesio caerulea</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Cae	<i>Pterocaesio pisang</i>	Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Let	<i>Monotaxis grandoculis</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	Lut	<i>Lutjanus bohar</i>	Pom	<i>Neopomacentrus azysron</i>
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>	Lut	<i>Lutjanus fulviflamma</i>	Pom	<i>Pomacentrus adelus</i>
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>	Lut	<i>Lutjanus fulvus</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Lut	<i>Lutjanus gibbus</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	Lut	<i>Lutjanus vitta</i>	Pom	<i>Pomacentrus philippinus</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Lut	<i>Macolor niger</i>	Pri	<i>Priacanthus hamrur</i>
Cha	<i>Chaetodon unimaculatus</i>	Mic	<i>Gunnellichthys curiosus</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	Mic	<i>Ptereleotris evides</i>	Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>	Mon	<i>Oxymonacanthus longirostris</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cha	<i>Heniochus monoceros</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>	Sca	<i>Scarus rivulatus</i>
Cha	<i>Heniochus varius</i>	Mul	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Hol	<i>Myripristis kuntze</i>	Pem	<i>Pempheris oualensis</i>	Sig	<i>Siganus puellus</i>
Hol	<i>Sargocentron ensifer</i>	Pin	<i>Parapercis cylindrica</i>	Sig	<i>Siganus punctatus</i>
Hol	<i>Sargocentron rubrum</i>	Ple	<i>Assessor macneilli</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Kyp	<i>Kyphosus cinerascens</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	Syn	<i>Synodus variegatus</i>
Lab	<i>Anampses melanurus</i>	Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	Zan	<i>Zanclus cornutus</i>
Lab	<i>Anampses neoguinaicus</i>				

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](#).

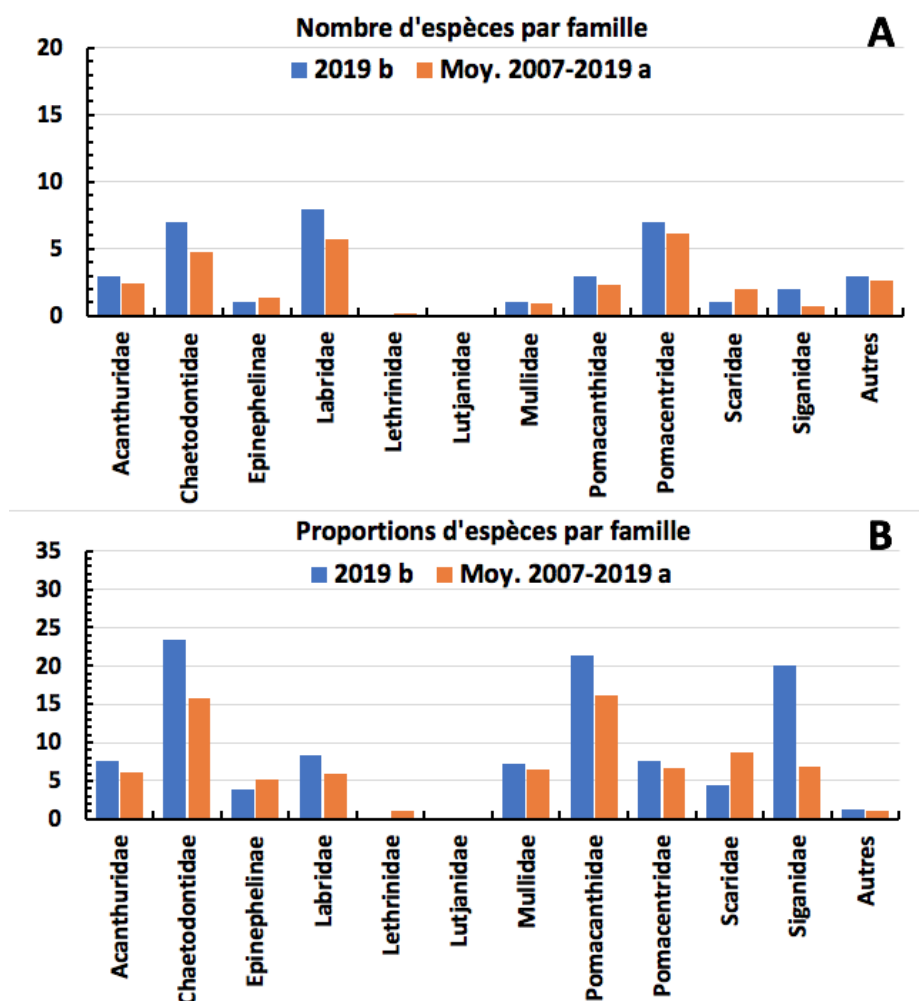


Figure 54 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST08)

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 ichthyologique (ST08)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		Campagne	Moy.	Campagne	Moy.
Acanthuridae	40	3	2,45	7,50	6,14
Chaetodontidae	30	7	4,73	23,33	15,76
Epinephelinae	26	1	1,36	3,85	5,24
Labridae	97	8	5,77	8,25	5,95
Lethrinidae	16	0	0,18	0,00	1,14
Lutjanidae	0	0	0,00	0,00	0,00
Mullidae	14	1	0,91	7,14	6,49
Pomacanthidae	14	3	2,27	21,43	16,23
Pomacentridae	92	7	6,14	7,61	6,67

Scaridae	23	1	2,00	4,35	8,70
Siganidae	10	2	0,68	20,00	6,82
Autres	257	3	2,68	1,17	1,04
Khi2 obs		3,4		21,8	
Khi2 tab				19,17	

Le récapitulatif des résultats en termes de :

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

pour toutes les campagnes depuis 2007 est présenté dans le [tableau 72](#) et la [figure 55](#).

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

Puka ST08		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m ²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2019 b	Transect A	128,00	1,34	16,85	15		
	Transect B	110,00	0,93	68,60	20		
	Moy. ABC	119,00	1,14	42,73	35	74	106
2019 a	Moy. ABC	81,50	0,47	12,16	32	69	101
2018 b	Moy. ABC	61,00	1,79	11,04	30	80	105
2018 a	Moy. ABC	93,00	2,16	56,60	39	70	102
2017 b	Moy. ABC	40,00	0,78	9,98	31	74	104
2017 a	Moy. ABC	61,00	1,15	56,92	31	64	88
2016 b	Moy. ABC	89,00	1,68	10,14	30	69	92
2016 a	Moy. ABC	82,00	0,94	12,41	33	71	98
2015 b	Moy. ABC	99,00	0,99	20,37	31	60	79
2015 a	Moy. ABC	109,00	1,17	27,59	38	70	101
2014 b	Moy. ABC	71,50	1,40	135,16	29	72	103
2014 a	Moy. ABC	58,00	0,47	9,29	26	58	95
2013 b	Moy. ABC	47,50	0,64	12,87	28	42	61
2013 a	Moy. ABC	78,50	0,68	27,28	26	48	76
2012 b	Moy. ABC	50,50	0,63	7,00	23	49	77
2012 a	Moy. ABC	77,00	0,70	4,93	26	64	98
2011 b	Moy. ABC	85,00	1,30	39,80	33	62	101
2011 a	Moy. ABC	87,50	0,68	28,37	26	48	76
2010 b	Moy. ABC	31	0,46	11,73	15	32	41
2010 a	Moy. ABC	91,50	3,05	57,64	29	51	80
2009	Moy. ABC	55,00	3,50	53,22	28	48	66
2008	Moy. ABC	45,00	1,84	87,54	30	41	68
2007	Moy. ABC	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 :

- Tous les paramètres ont repris une valeur moyenne.
- 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 23 missions, 7 ont des structures de peuplements 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 qualitatifs importants dans la Bα. Et si l'on détaille les listes d'espèces observées, on voit par exemple :

- chez les Scaridés (poissons perroquets) apparaît *Scarus rivulatus* et disparaît *S. niger*
- chez les Siganidés (Picots ou poissons lapins) apparaît *Siganus puellus*
- chez les Pomacentridés (poissons demoiselles) disparaît *Amphiprion perideraion* et *Plectroglyphidodon lacrymatus*, alors que *Chromis margaritifer*, *C. viridis*, *Neopomacentron azyron*, *Pomacentrus adelus* et *P. philippinus* se sont nouvellement installés
- chez les Acanthuridés (poissons chirurgiens) 3 espèces, *Acanthurus nigricans*, *Acanthurus pyroferus* et *Naso lituratus* sont nouvellement présents
- chez les Chaetodons (poissons papillons) disparaît *C. melannotus* et apparaît *C. unimaculatus*
- chez les Labres alors que les effectifs sont identiques, à savoir 19 espèces en avril et 19 espèces en novembre, mais 6 espèces d'avril ne sont plus là : *Bodianus loxozonus*, *Cheilinus fasciatus*, *Choerodon anchorago*, *Choerodon fasciatus*, *Hemigymnus melapterus*, *Stethojulis bandanensis* et 6 autres sont apparues en novembre : *Anampses neoguinaicus*, *Choerodon graphicus*, *Halichoeres hortulanus*, *Hemigymnus fasciatus*, *Thalassoma hardwicke*, *Thalassoma lutescens*.

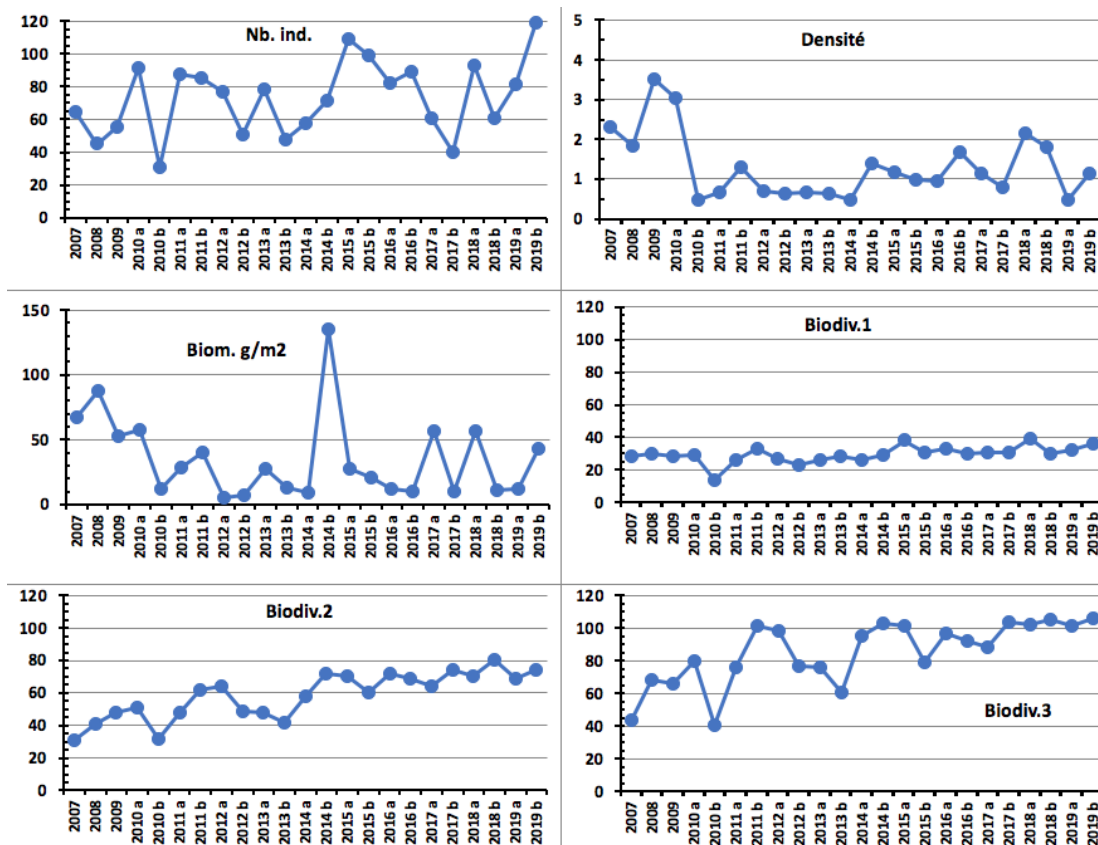


Figure 55 : Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST08)

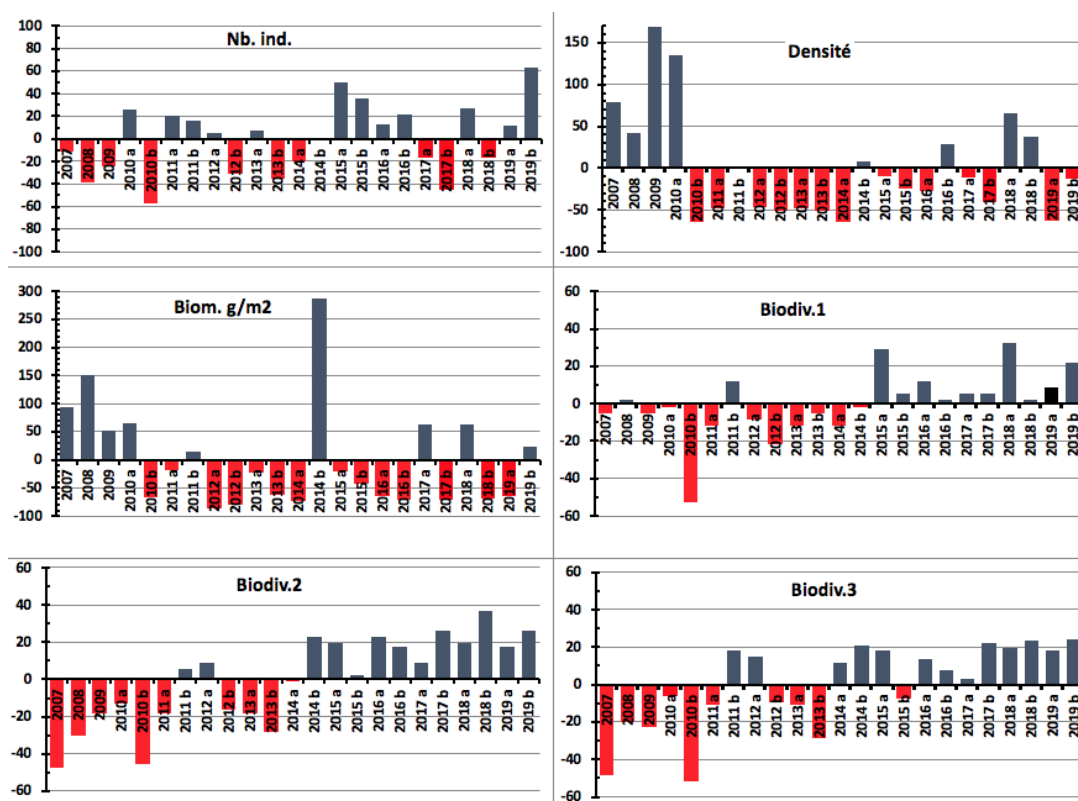


Figure 56 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST08)

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 avril 2019 et octobre 2019

Indicateur Corail :

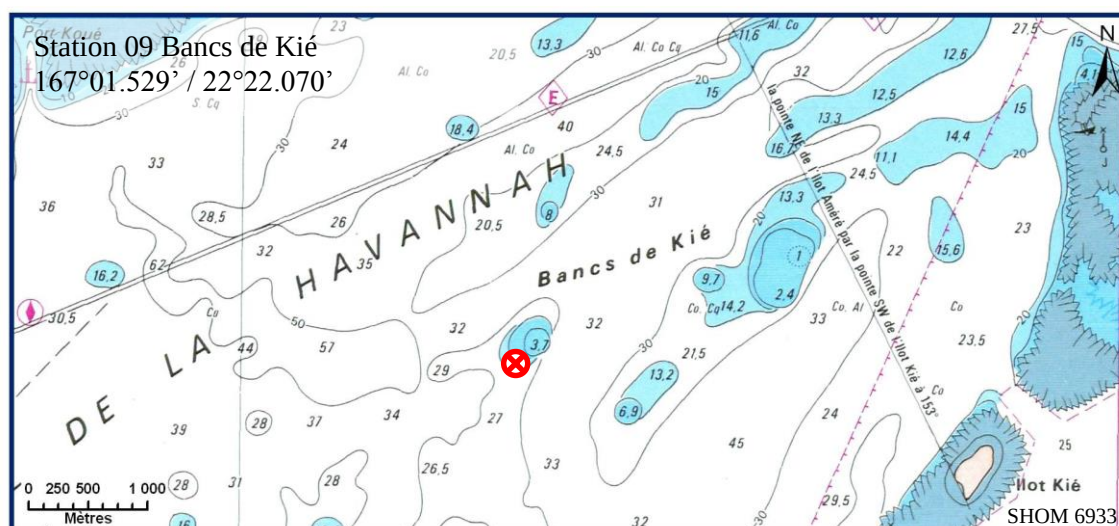
- Le recouvrement corallien est stable, de 29.5% au transect A, 16% en B et 17% en C
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : Octobre 2015 : 0.1% ; Avril 2016 : 0.27% ; Novembre 2016 : 0.27% ; Avril 2017 : 1.1% ; Septembre 2017 : 0.2% ; Mai 2018 : 0.63% ; Novembre 2018 : 0.63% ; Avril 2019 : 0.10% ; Octobre 2019 : 0.73%
- Lésions coralliennes : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) pour les niveaux bathymétriques B & C (respectivement 1.4 et 0.4 m² de coraux blanchis sans polype)
- Perturbations mécaniques : les conditions hydrodynamiques sont importantes, nombreux débris (0.4 m² de coraux blanchis en B) et de nombreuses colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat suite aux événements dépressionnaires (2018)

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : présence aux 3 transects (niveau 2), le recouvrement augmente en A (niveau 0 à 2) et reste stable en B & C
- Le turf algal se développe sur les débris coralliens et la dalle
- Algue brune *Lobophora* : absente et stable
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : augmentation aux 3 transects (respectivement niveau 2/2/0 à 3/3/2)
- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona jullieni* : diminution en A & C (respectivement niveau 2/2 à 1/2) et stable en B

Les corallivores :

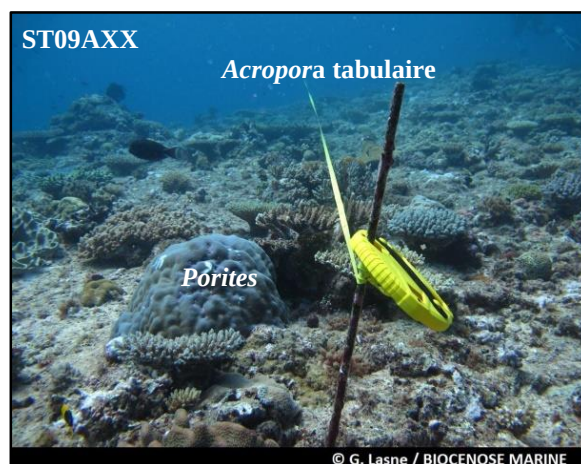
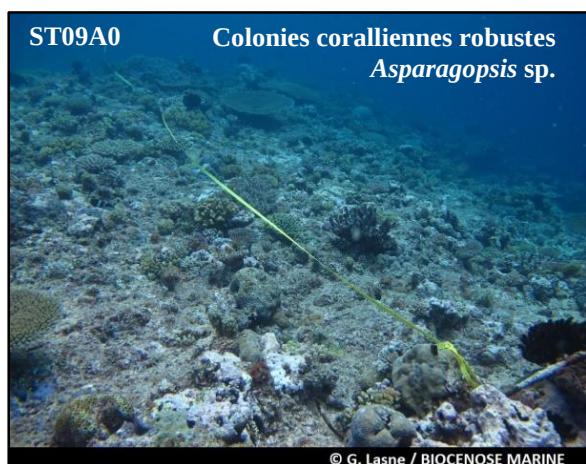
- *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Drupella cornus* : absence, stable



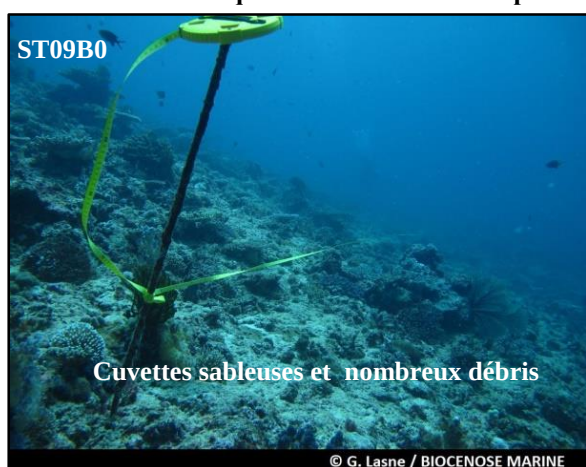
Carte 11 : Localisation de la station 09 (Bancs Kié)



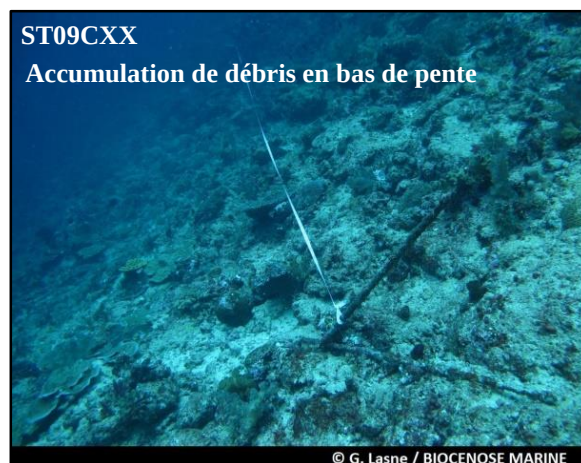
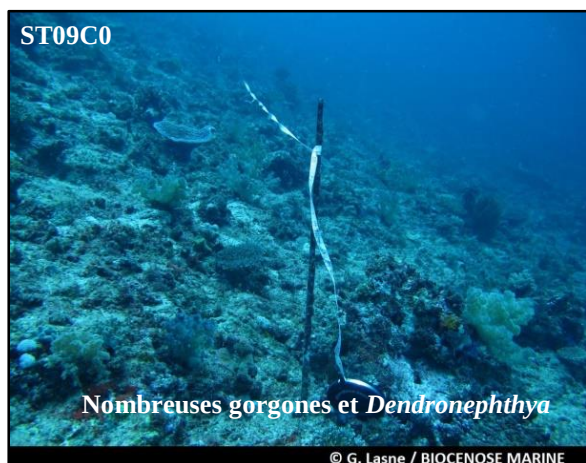
Photographie 19 : Position en surface (ST09)



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 (STB&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

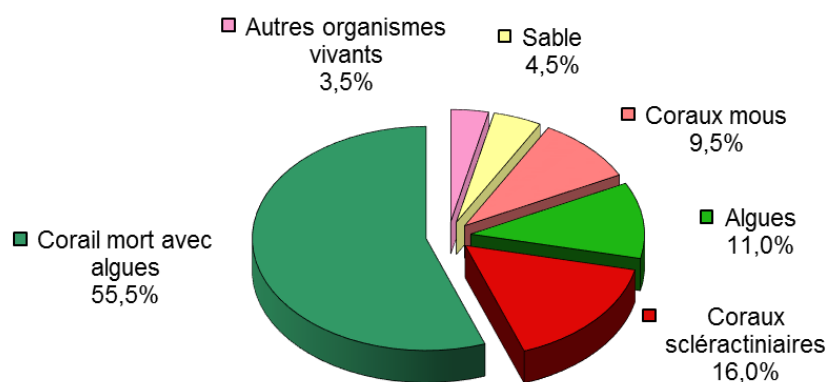


Figure 58 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09B

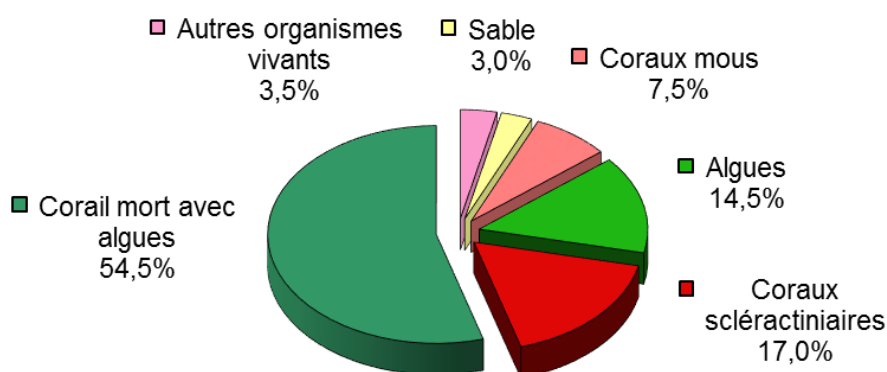


Figure 59 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09C

A cette station, le substrat est majoritairement composé de coraux morts (respectivement 45%, 55,5%, 54,5%) encroûtés par une multitude d'organismes vivants (dont des algues calcaires) : de ce fait, cette station est remarquable par sa couverture biotique, respectivement : 100%, 95,5% et 7%, le complément étant surtout du fait des algues.

Les coraux scléactiniaires sont moyennement représentés avec respectivement 29,5%, 16% et 17%.

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 octobre 2019, la richesse spécifique de la station Bancs Kié (ST09) est composée de :

- **59 espèces d'invertébrés** dont 11 espèces de mollusques ; 14 espèces de cnidaires : alcyonaires (10 taxons), actiniaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 12 espèces d'échinodermes : échinides (5 taxons), astéries (3 taxons), holothurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 10 espèces d'éponges ; 10 espèces d'ascidies
- **17 espèces de macrophytes** : algues vertes (10 taxons), algues rouges (5 taxons), algues brunes (2 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

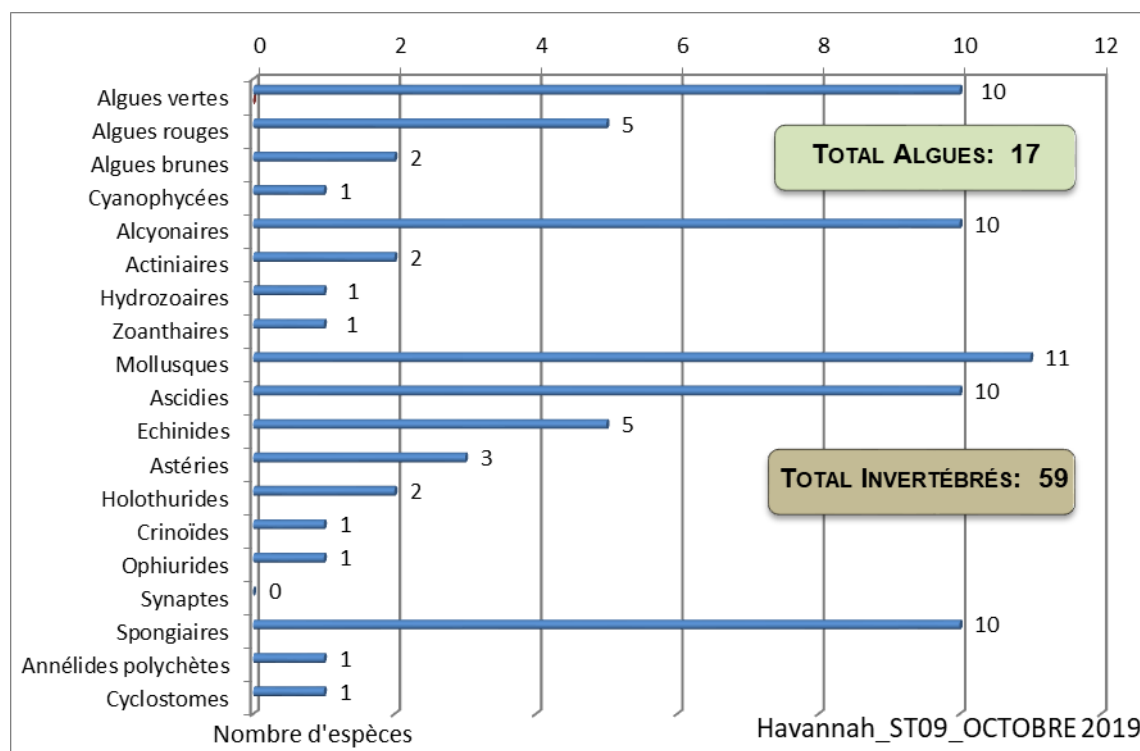


Figure 60 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST09)

4.9.2.1 Benthos Transect 09 A

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST09A est composée de :

- 36 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 ; 7 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 avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses* (ST09A)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 2 espèces d'algues disparues, dont l'algue rouge : <i>•Plocamium</i> sp. (A0/-2) ; et l'algue verte : <i>•Chlorodesmis fastigiata</i> (A0/-1).	2 espèces d'algues augmentent, dont une espèce algues brunes : <i>•Turbinaria ornata</i> (A3/+ 1) ; et l'algue rouge : <i>•Asparagopsis taxiformis</i> (A3/+ 1). Une espèce d'algue diminue, et l'algue verte : <i>•Dictyosphaeria verluysii</i> (A2/- 2).
Cyanobactéries	
Une nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : <i>•Phormidium</i> sp. (A2).	☒
Cnidaires	
☒	2 espèces de cnidaires augmentent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : <i>•Sarcophyton</i> sp. (A3/+ 1) ; ➢ pour les hydrozoaires (1 espèce) : <i>•Hydrozoaires ind.</i> (A3/+ 1). 2 espèces de cnidaires diminuent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (2 espèces) : <i>•Dendronephthya</i> sp. (A2/- 1), <i>•Nephthea</i> sp. (A3/- 1).
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : <i>•Holothuria whitmaei</i> (A1). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : <i>•Fromia indica</i> (A0/-1), <i>•Linckia laevigata</i> (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les échinides (1 espèce) : <i>•Echinostrephus aciculatus</i> (A3/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : <i>•Linckia multiflora</i> (A1/- 1).
Mollusques	
☒	2 espèces de mollusques augmentent d'abondance : ➢ pour les bivalves (2 espèces) : <i>•Spondylus</i> sp. (A4/+ 2), <i>•Tridacna crocea</i> (A2/+ 1).
Eponges	
☒	2 espèces d'éponges diminuent d'abondance : <i>•Cliona jullieni</i> (A1/- 1), <i>•Spongiaires ind. (noire)</i> (A2/- 1).
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : <i>•Polycarpa aurita</i> (A4). Une espèce d'ascidies disparue : <i>•Clavelina detorta</i> (A0/-2).	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : <i>•Didemnum molle</i> (A3/+ 1), <i>•Polycarpa nigricans</i> (A5/+ 3). 2 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : <i>•Encroutante violetblanc</i> (A2/- 1), <i>•Polycarpa cryptocarpa</i> (A3/- 1).
Bryozoaires	
☒	☒

4.9.2.2 Benthos Transect 09 B

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST09B est composée de :

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

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

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
2 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue brune : <i>Turbinaria ornata</i> (A2) ; et l'algue rouge : <i>Peyssonnelia</i> sp. (A2). 4 espèces d'algues disparues, dont l'algue rouge : <i>Rhodophycées</i> ind. (A0/-2) ; et 3 espèces d'algues vertes : <i>Codium</i> sp. (1spp./-1spp., A3/-1), <i>Dictyosphaeria verluysii</i> (A0/-3), <i>Ventricaria ventricosa</i> (A0/-2).	2 espèces d'algues augmentent, dont l'algue rouge : <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A3/+ 1) ; et l'algue verte : <i>Codium platyclados</i> (A3/+ 1). 5 espèces d'algues diminuent, dont 5 espèces d'algues vertes : <i>Caulerpa</i> sp. (A1/- 1), <i>Codium</i> sp. (A3/- 1), <i>Neomeris vanbosseae</i> (A2/- 1), <i>Halimeda</i> sp. (2spp., A2/- 1).
Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les actiniaires (-1 espèce) : <i>Heteractis</i> sp. (A0/-1).	3 espèces de cnidaires diminuent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (2 espèces) : <i>Dendronephthya</i> sp. (A3/- 2), <i>Nephthea</i> sp. (A4/- 1) ; ➢ pour les zoanthaires (1 espèce) : <i>Palythoa tuberculosa</i> (A2/- 1).
Echinodermes	
4 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : <i>Celerina heffernani</i> (A0/-1), <i>Gomophia egyptiaca</i> (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-2 espèce) : <i>Actinopyga lecanora</i> (A0/-2), <i>Holothuria edulis</i> (A0/-1).	3 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : <i>Crinoïdes</i> ind. (A4/+ 1) ; ➢ pour les échinides (2 espèces) : <i>Echinometrix diadema</i> (A3/+ 1), <i>Echinostrephus aciculatus</i> (A3/+ 1). 2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les échinides (1 sp) : <i>Echinometra mathaei</i> (A1/- 1) ; ➢ pour les holothurides (1 sp) : <i>Actinopyga palauensis</i> (A1/-1).
Mollusques	
☒	☒
Eponges	
Une espèce d'éponges disparue : <i>Cymbastela cantharella</i> (A0/-2).	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : <i>Spongiaires</i> ind. (noire) (A2/- 1).
Ascidies	
☒	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : <i>Didemnum molle</i> (A3/+ 1), <i>Polycarpa aurita</i> (A3/+ 1). Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A3/- 2).
Bryozoaires	
☒	☒

4.9.2.3 Benthos Transect 09 C

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST09C est composée de :

- 44 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) ; 8 espèces d'éponges ; 10 espèces d'ascidies
- 12 espèces de macrophytes : algues vertes (8 taxons), algues rouges (3 taxons), algues brunes (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 76 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : 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 : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A2), • <i>Peyssonnelia</i> sp. (A3). 5 espèces d'algues disparues, dont 2 espèces d'algues rouges : • <i>Galaxaura</i> sp. (A0/-2), • <i>Rhodophycées</i> ind. (A0/-2) ; et 3 espèces d'algues vertes : • <i>Caulerpa</i> sp. (A0/-2), • <i>Codium</i> sp. (1spp./-1spp., A3/-1), • <i>Ventricaria ventricosa</i> (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. 4 espèces d'algues diminuent, dont 4 espèces d'algues vertes : • <i>Codium</i> sp. (A3/- 1), • <i>Neomeris vanbosseae</i> (A2/- 1), • <i>Halimeda</i> sp. (2spp., A2/- 1).
Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➢ pour les alcyonaires (2 sp) : • <i>Cladiella</i> sp. (A2), • <i>klyxum</i> sp. (A2).	2 espèces de cnidaires diminuent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Sarcophyton</i> sp. (A2/- 1) ; ➢ pour les zoanthaires (1 espèce) : • <i>Palythoa tuberculosa</i> (A2/- 1).
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Fromia indica</i> (A1). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-2 espèce) : • <i>Gomophia egyptiaca</i> (A0/-1), • <i>Neoferdina cumingi</i> (A0/-1).	☒
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Pteria</i> sp. (A0/-2).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Pedum spondyloideum</i> (A2/- 1).
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : • <i>Dysidea arenaria</i> (A1).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •Spongiaires ind. (noire) (A3/+ 1). Une espèce d'éponges diminue d'abondance : • <i>Cliona jullieni</i> (A2/- 1).
Ascidies	
☒	3 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : • <i>Didemnum molle</i> (A3/+ 1), • <i>Polycarpa aurita</i> (A4/+ 2), • <i>Polycarpa nigricans</i> (A4/+ 1). Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A3/- 2).
Bryozoaires	
☒	☒

4.9.3 Les poissons (ST09)

La liste des espèces observées¹³ sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 77](#).

Tableau 77 : Données sur les poissons (ST09)

Banc Kié ST09		Transect			Transect			Transect			Station		
		A			B			C			Moyenne		
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	<i>Acanthurus mata</i>				3	0,02	3,70				1,00	0,01	1,23
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>				1	0,01	1,33				0,33	0,00	0,44
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	1	0,0	0,5				3	0,03	4,45	1,33	0,01	1,65
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>				4	0,05	2,74				1,33	0,02	0,91
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	1	0,0	0,6							0,33	0,00	0,20
Ant	<i>Pseudanthias cooperi</i>	10	0,2	3,3							3,33	0,06	1,11
Ant	<i>Pseudanthias hypselosoma</i>							10	0,10	0,72	3,33	0,03	0,24
Ant	<i>Pseudanthias pleurotaenia</i>	10	0,2	3,5	10	0,08	0,57	5	0,05	0,37	8,33	0,10	1,49
Ant	<i>Pseudanthias squamipinnis</i>	20	0,3	4,3							6,67	0,08	1,43
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>				1	0,01	0,00				0,33	0,00	0,00
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	3	0,0	0,2	1	0,02	0,04				1,33	0,02	0,08
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	4	0,0	0,1	2	0,03	0,04				2,00	0,02	0,06
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>							2	0,02	0,09	0,67	0,01	0,03
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>				2	0,02	0,07				0,67	0,01	0,02
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	1	0,0	0,0	1	0,02	0,02				0,67	0,01	0,02
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	1	0,0	0,1				1	0,01	0,07	0,67	0,01	0,04
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>				1	0,02	0,11				0,33	0,01	0,04
Epi	<i>Cephalopholis urodeta</i>	1	0,0	0,2	1	0,01	0,05				0,67	0,00	0,09
Epi	<i>Epinephelus fasciatus</i>	2	0,0	2,7				1	0,01	1,65	1,00	0,01	1,46
Lab	<i>Bodianus perditio</i>				1	0,01	2,03				0,33	0,00	0,68
Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>				1	0,01	1,77	1	0,01	1,27	0,67	0,01	1,01
Lab	<i>Coris gaimard</i>							1	0,01	0,14	0,33	0,00	0,05
Lab	<i>Gomphosus varius</i>				2	0,03	0,49				0,67	0,01	0,16
Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>				1	0,01	1,02				0,33	0,00	0,34
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	1	0,0	0,7							0,33	0,00	0,24
Lab	<i>Stethojulis bandanensis</i>				1	0,01	0,03				0,33	0,00	0,01
Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	5	0,1	0,9							1,67	0,03	0,28
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	5	0,1	0,6	3	0,04	0,16	4	0,04	0,22	4,00	0,05	0,32
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	3	0,1	0,4	2	0,02	0,09				1,67	0,02	0,17
Mul	<i>Parupeneus barberinus</i>							2	0,02	0,44	0,67	0,01	0,15
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	2	0,0	0,7	1	0,02	0,44	2	0,02	0,69	1,67	0,02	0,60
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	4	0,1	0,3	2	0,03	0,08	2	0,02	0,05	2,67	0,04	0,14
Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	2	0,0	0,1	1	0,02	0,02	3	0,03	0,05	2,00	0,03	0,05
Poc	<i>Centropyge flavissima</i>	2	0,0	0,2				2	0,02	0,07	1,33	0,02	0,10
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	3	0,1	0,1	3	0,05	0,06	1	0,01	0,01	2,33	0,04	0,06
Poc	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>				1	0,01	3,28				0,33	0,00	1,09
Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>	3	0,1	0,1							1,00	0,02	0,04
Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>							3	0,03	0,03	1,00	0,01	0,01
Pom	<i>Chromis fumea</i>	20	0,5	1,3	5	0,04	0,05	50	0,50	0,27	25,00	0,35	0,52
Pom	<i>Chromis viridis</i>	30	0,5	0,3							10,00	0,17	0,09
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>				3	0,04	0,02				1,00	0,01	0,01
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>	4	0,1	0,0	5	0,04	0,02	20	0,20	0,11	9,67	0,10	0,06
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	10	0,2	0,1	15	0,15	0,07	10	0,10	0,05	11,67	0,14	0,06
Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>	5	0,1	0,1	5	0,04	0,18	5	0,05	0,05	5,00	0,06	0,10
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	1	0,0	0,0							0,33	0,00	0,01
Pom	<i>Stegastes aureus</i>	20	0,3	0,2							6,67	0,11	0,07

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

Sca	<i>Cetoscarus ocellatus</i>							1	0,01	0,15	0,33	0,00	0,05
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>	1	0,0	1,3	2	0,01	2,29	4	0,04	3,93	2,33	0,02	2,52
Sca	<i>Scarus forsteni</i>	1	0,0	0,7							0,33	0,00	0,24
Sca	<i>Scarus schlegeli</i>	1	0,0	0,6							0,33	0,00	0,20
Total		177	2,88	24,34	81	0,86	20,80	133	1,33	14,87	130,33	1,69	20,00
Biodiversité		31			29			22			50		
Indice de Shannon =		4,538											
Equitabilité =		0,804											

Sur l'ensemble des transects de la station, 391 individus appartenant à 50 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.69 poissons/m² pour une biomasse de 20 g/m².

102 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	<i>Acanthurus blochii</i>	Epi	<i>Plectropomus laevis</i>	Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Pom	<i>Chromis amboinensis</i>
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	Hae	<i>Plectorhinchus chaetodonoides</i>	Pom	<i>Chromis fumea</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Lab	<i>Anampses femininus</i>	Pom	<i>Chromis iomelas</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Lab	<i>Anampses melanurus</i>	Pom	<i>Chromis leucura</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Anampses meleagrides</i>	Pom	<i>Chromis viridis</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Anampses neoguinicus</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Ant	<i>Pseudanthias cooperi</i>	Lab	<i>Bodianus perditio</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Ant	<i>Pseudanthias hypselosoma</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Ant	<i>Pseudanthias pleurotaenia</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>
Ant	<i>Pseudanthias squamipinnis</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Pom	<i>Lepidozygus tapeinosoma</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon dickii</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	Lab	<i>Stethojulis bandanensis</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Pom	<i>Pomacentrus simsiang</i>
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Pom	<i>Stegastes aureus</i>
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>	Let	<i>Lethrinus miniatus</i>	Sca	<i>Cetoscarus ocellatus</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Lut	<i>Lutjanus bohar</i>	Sca	<i>Chlorurus microrhinos</i>
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	Lut	<i>Lutjanus fulvus</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinus</i>	Sca	<i>Scarus altipinnis</i>
Cha	<i>Chaetodon unimaculatus</i>	Nem	<i>Pentapodus aureofasciatus</i>	Sca	<i>Scarus chameleon</i>
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Sca	<i>Scarus forsteni</i>
Cir	<i>Cirrhitichthys falco</i>	Pin	<i>Parapercis flavissimus</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cir	<i>Cyprinocirrhites polyactis</i>	Pin	<i>Parapercis hexophthalma</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Cir	<i>Paracirrhites forsteri</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	Scr	<i>Sebastapistes strongia</i>
Dus	<i>Spratelloides gracilis</i>	Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	Sig	<i>Siganus argenteus</i>
Eph	<i>Platax teira</i>	Poc	<i>Centropyge flavissima</i>	Sig	<i>Siganus puellus</i>
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	Sig	<i>Siganus punctatus</i>
Epi	<i>Cephalopholis urodeta</i>	Poc	<i>Genicanthus watanabei</i>	Syn	<i>Saurida gracilis</i>
Epi	<i>Epinephelus cyanopodus</i>	Poc	<i>Pomacanthus imperator</i>	Syn	<i>Synodus variegatus</i>
Epi	<i>Epinephelus fasciatus</i>	Poc	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>	Tet	<i>Arothron meleagris</i>

Epi	<i>Epinephelus merra</i>	Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>	Tet	<i>Arothron meleagris</i>
-----	--------------------------	-----	--------------------------------	-----	---------------------------

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 ichthyologique (ST09)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		Campagne	Moy.	Campagne	Moy.
Acanthuridae	40	5	5,91	12,50	14,77
Chaetodontidae	30	6	7,45	20,00	24,85
Epinephelinae	26	3	2,82	11,54	10,84
Labridae	97	10	8,14	10,31	8,39
Lethrinidae	16	0	0,09	0,00	0,57
Lutjanidae	22	1	0,27	4,55	1,24
Mullidae	14	1	1,27	7,14	9,09
Pomacanthidae	14	5	4,59	35,71	32,79
Pomacentridae	92	10	5,18	10,87	5,63
Scaridae	23	4	3,32	17,39	14,43
Siganidae	10	0	0,77	0,00	7,73
Autres	257	5	6,09	1,95	2,37
Khi2 obs		7,6		25,3	
Khi2 tab	19,7				

Le récapitulatif des résultats en termes de :

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

pour toutes les campagnes depuis 2007 est présenté dans le [tableau 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](#).

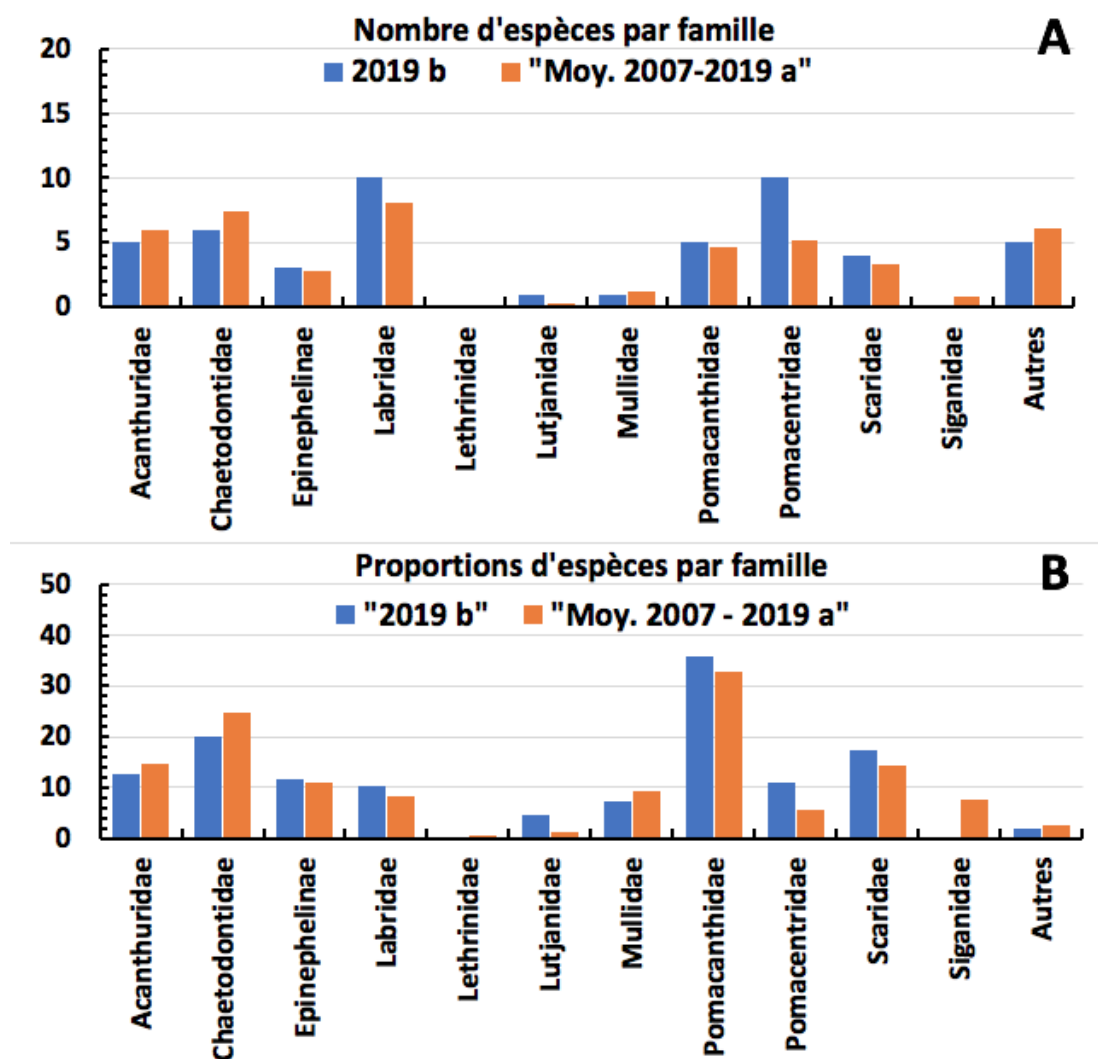


Figure 61 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST09)

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 STO9 – Banc KIE		Liste DENV				Toutes espèces	
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m ²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2019 b	Transect A	177,00	2,88	24,34	31		
	Transect B	81,00	0,86	20,80	29		
	Transect C	133,00	1,33	14,87	22		
	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	2 948,3	1,1	28 316,8	107,0	166,4	440,2
Ecart type	54,3	1,0	168,3	10,3	12,9	21,0
Moyenne	165,2	2,5	158,9	46,4	70,1	97,6
Coef. de Var.	0,3	0,4	1,1	0,2	0,2	0,2

Commentaires :

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

La structure du peuplement 2019b diffère très significativement de la structure moyenne obtenue sur la période de suivi (cf. § 3.4.3).

Sur les 23 missions, 6 montrent des structures de peuplement qui ne diffèrent pas significativement de la structure moyenne - ce sont celles des missions 2009, 2013b, 2014a et b, 2015b et de 2018b. 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. C'est un point commun à toutes les stations du Canal.

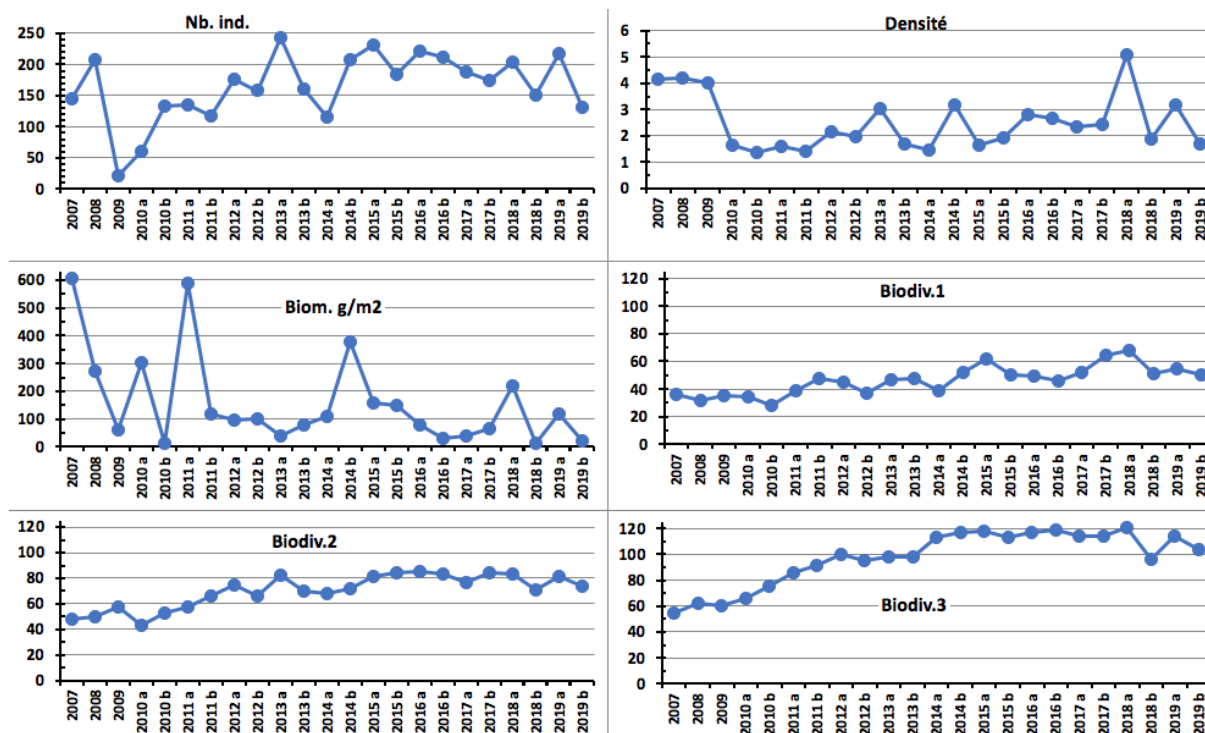


Figure 62 : Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST09)

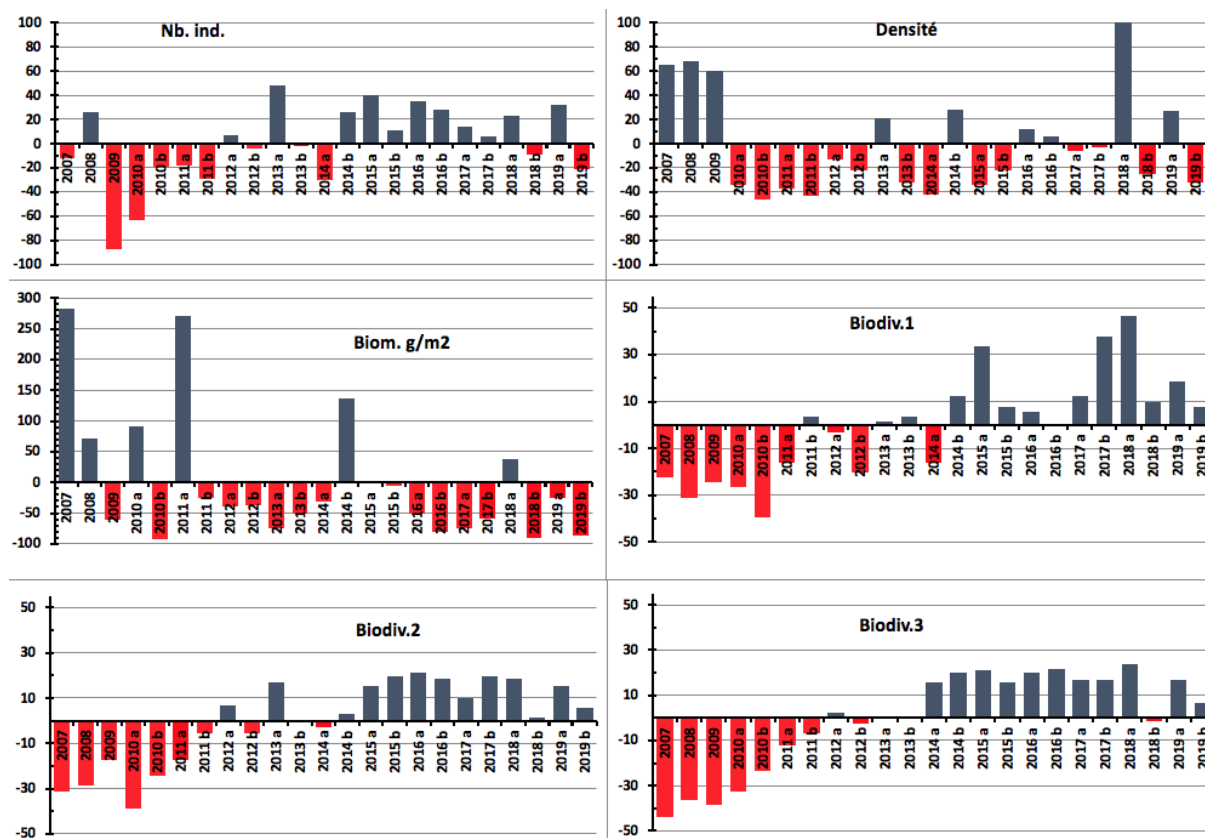


Figure 63 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST09)

4.10 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 21).
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 <i>Platygyra daedalea</i> 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 événements 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 avril 2019 et octobre 2019

Indicateur Corail :

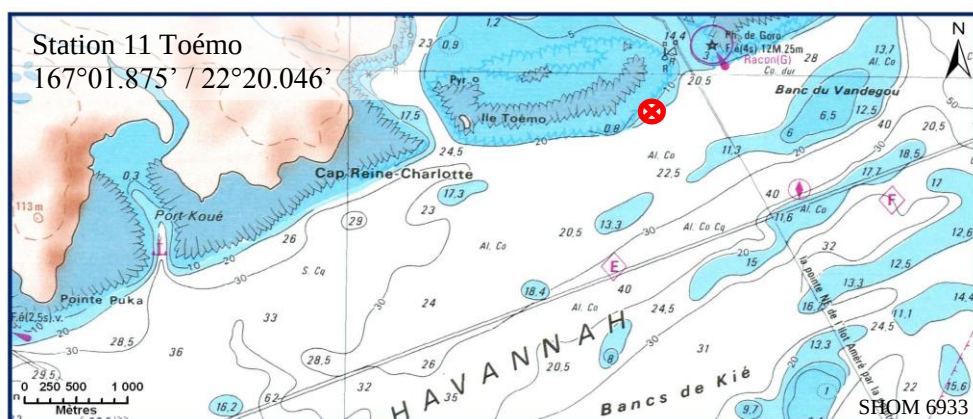
- Le recouvrement corallien est stable, de 68% au transect A (toujours plus fort recouvrement de tous les transects), 35.5% en B (3^{ème} score du réseau) et 9.5% en C
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.4% ; Avril 2016 : 0.57% ; Novembre 2016 : 0.2% ; Avril 2017 : 0.1% ; Septembre 2017 : 0.1% ; Mai 2018 : 0.4% ; Novembre 2018 : 0% ; Avril 2019 : 0% ; Octobre 2019 : 0.43%*
- Lésions coralliennes : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) pour les niveaux bathymétriques A & B (respectivement 0.4 et 0.2 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 événements dépressionnaires (2018)

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : recouvrement stable B (niveau 2), le recouvrement diminue en A (niveau 2 à 0) et reste absent en C. Elles colonisent les colonies coralliennes mortes en place et les débris coralliens
- Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens particulièrement en B & C
- Algues brunes *Lobophora* : absente et stable
- Algues rouges *Asparagopsis taxiformis* : recouvrement en augmentation importante aux 3 transects (respectivement niveau 2/3/0 à 3/4/3)
- *Cliona orientalis* : stable en A et B et diminution en C (niveau 3 à 2)
- *Cliona jullieni* : stable en A et diminution en B & C (respectivement niveau 3/3 à 2/2)

Les corallivores :

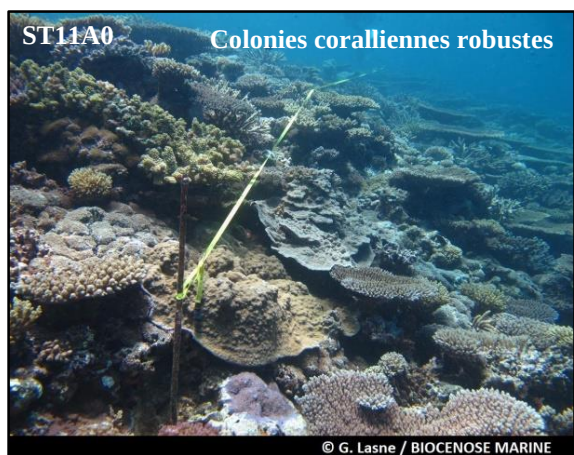
- *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Drupella cornus* : augmentation en A & B (niveau 0 à 2/2)



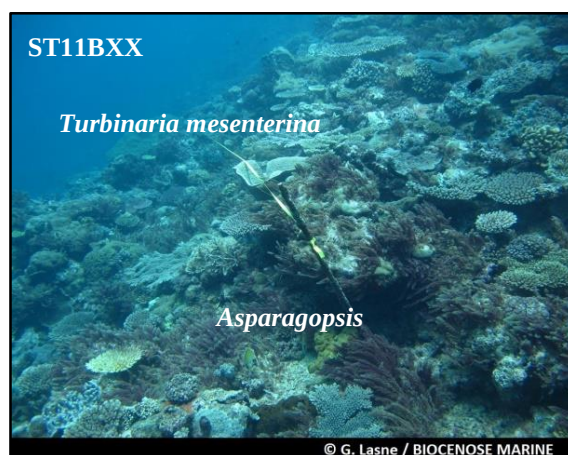
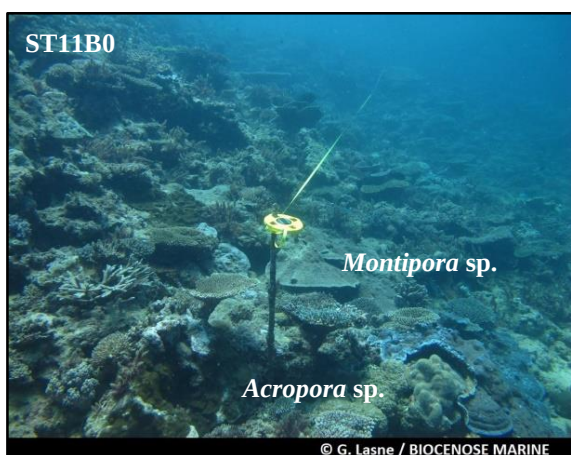
Carte 12 : Localisation de la station 11 (Toémo)



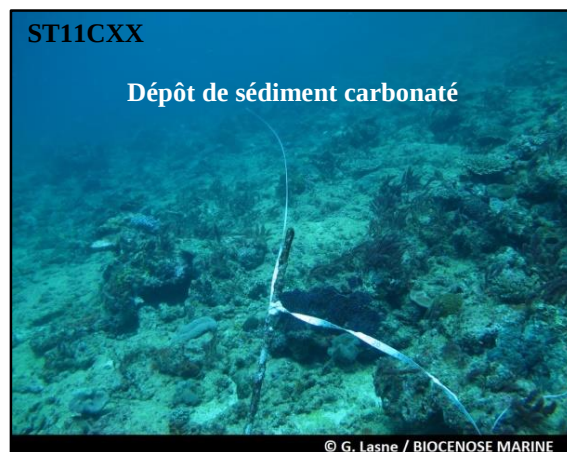
Photographie 21 : Position en surface par rapport à la côte (ST11)



Les parties hautes et médiane du récif sont diversifiées 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 des nécroses de colonies coralliennes (STB&C)



Accumulation de blocs et débris coralliens en bas de pente récifale

Photographie 22 : Vue d'ensemble des transects (ST11, présente mission)

4.10.1 Le substrat (ST11)

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.

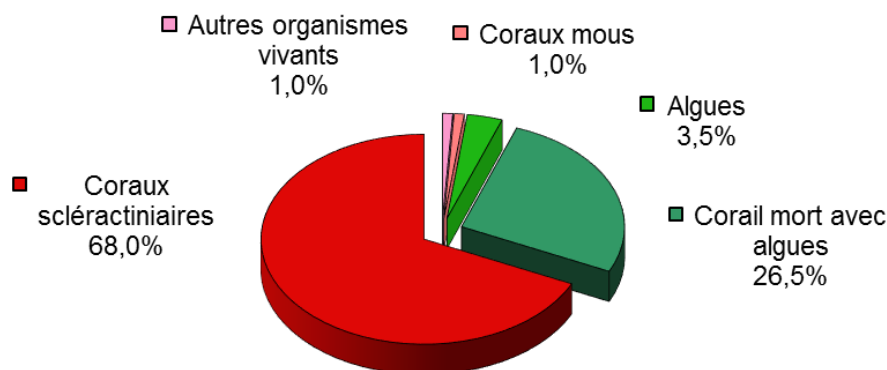


Figure 64 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11A

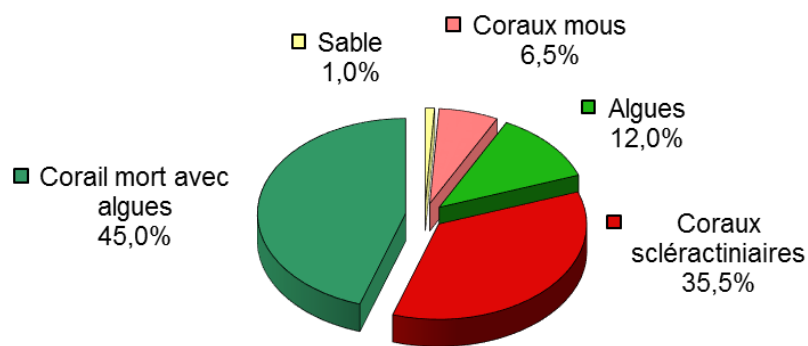


Figure 65 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11B

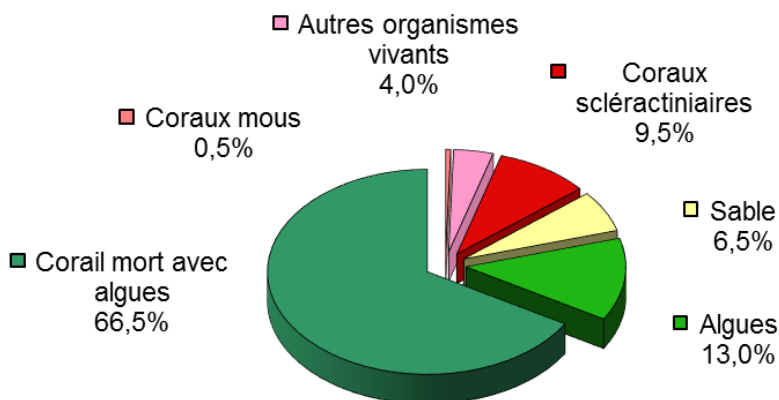


Figure 66 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11C

Cette station possède, parmi les plus forts recouvrements biotiques : 100%, 99% et 93.5% respectivement du haut vers le bas. Cela est dû essentiellement à la classe « coraux morts avec algues » qui est dominante.

Mais les coraux scléactiniaires y sont particulièrement aussi bien représentés, surtout sur les 2 premiers transects (68% et 35.5%), avec la hausse importante pour le transect A de la mission de novembre 2018 qui est confirmée. Ces résultats sont parmi les plus élevés de toutes les stations (1^{er} rang depuis septembre 2017).

Globalement, la station est stable.

4.10.2 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 octobre 2019, la richesse spécifique de la station Récif Toémo (ST11) est composée de :

- **53 espèces d'invertébrés** dont 12 espèces de mollusques ; 10 espèces de cnidaires : alcyonaires (7 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 11 espèces d'échinodermes : astéries (5 taxons), échinides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 12 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies
- **10 espèces de macrophytes** : algues vertes (5 taxons), algues rouges (4 taxons), algues brunes (1 taxon)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

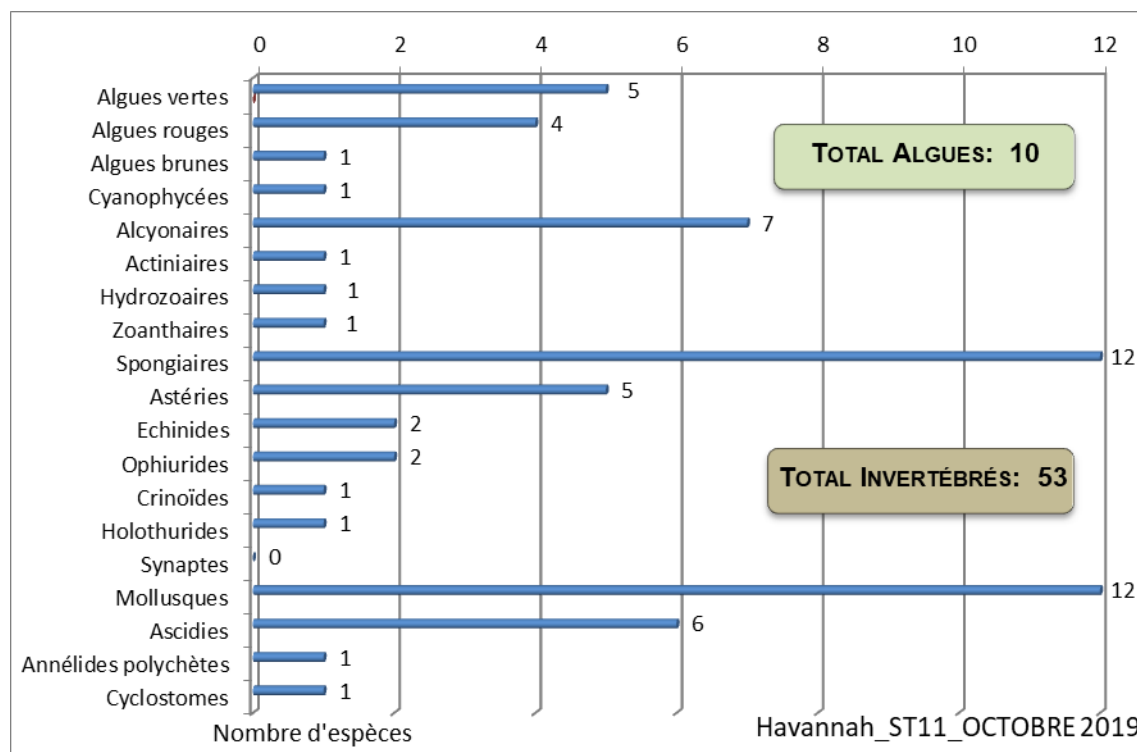


Figure 67 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST11)

4.10.2.1 Benthos Transect 11 A

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST11A est composée de :

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

Tableau 82 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses (ST10A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
4 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue brune : • <i>Dictyota</i> sp. (A2) ; et l'algue rouge : • <i>Galaxaura</i> sp. (A2) ; et 2 espèces d'algues vertes : • <i>Caulerpa</i> sp. (A1), • <i>Halimeda</i> sp. (A2).- Aucune espèce d'algues n'a disparue.	2 espèces d'algues augmentent, dont l'algue rouge : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A3/+ 1) ; et l'algue verte : • <i>Ventricaria ventricosa</i> (A2/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une espèce de cyanobactéries disparue : • <i>Phormidium</i> sp. (A0/-2).	☒
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : ➤ pour les alcyonaires (-1 espèce) : • <i>Sinularia</i> sp. (A0/-2).	☒
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➤ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Gomophia egyptiaca</i> (A1).	☒
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➤ pour les gastéropodes (2 espèces) : • <i>Drupella cornus</i> (A2), • <i>Tectus pyramis</i> (A1).	☒
Eponges	
2 nouvelles espèces d'éponges recensées : • <i>Stellata globostellata</i> (A2), • <i>Pseudoceratina verrucosa</i> (A2).	☒
Ascidies	
☒	2 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : • <i>Didemnum molle</i> (A2/- 2), <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A2/-2)
Bryozoaires	
☒	☒

4.10.2.2 Benthos Transect 11 B

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST11B est composée de :

- 41 espèces d'invertébrés dont 10 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) ; 6 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- 7 espèces de macrophytes : algues vertes (4 taxons), algues rouges (2 taxons), algues brunes (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 83 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses (ST10B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 2 espèces d'algues disparues, dont 2 espèces d'algues rouges : • <i>Plocamium</i> sp. (A0/-2), • <i>Actinotrichia</i> sp. (A0/-2).	Une espèce d'algue recensée et l'algue rouge : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A4/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : • <i>Chironephthya</i> sp. (A0/-1).	2 espèces de cnidaires augmentent d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (2 espèces) : • <i>Cladiella</i> sp. (A3/+ 1), • <i>Sarcophyton</i> sp. (A4/+ 1). Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les zoanthaires (1 espèce) : • <i>Palythoa tuberculosa</i> (A2/- 1).
Echinodermes	
5 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Nardoa gomophia</i> (A0/-1) ; ➢ pour les échinides (-1 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-3 espèces) : • <i>Actinopyga palauensis</i> (A0/-1), • <i>Holothuria whitmaei</i> (A0/-2), • <i>Thelenota ananas</i> (A0/-2).	2 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les ophiurides (2 espèces) : • <i>Ophiomastix caryophyllata</i> (A3/+ 1), • <i>Ophiure</i> ind. (A3/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Fromia indica</i> (A1/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : • <i>Drupella cornus</i> (A2). 2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Arca ventricosa</i> (A0/-2) ; ➢ pour les nudibranches (-1 sp) : • <i>Phyllidiella pustulosa</i> (A0/-1)	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : <i>Pedum spondyloideum</i> (A2/- 1).
Eponges	
Une espèce d'éponges disparue : • <i>Leucetta chagosensis</i> (A0/-1).	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : • <i>Cliona orientalis</i> (A2/- 1).
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : • <i>Polycarpa clavata</i> (A0/-1).	2 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : • <i>Didemnum molle</i> (A2/- 1), • <i>Polycarpa aurita</i> (A2/- 1).
Bryozoaires	
☒	☒

4.10.2.3 Benthos Transect 11 C

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST11C est composée de :

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

Tableau 84 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses (ST10C)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
2 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue brune : <i>Dictyota</i> sp. (A2) ; et l'algue rouge : <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A3). Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : ➤ pour les alcyonaires (-1 espèce) : <i>Nephtea</i> sp. (A0/-2).	☒
Echinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➤ pour les astéries (1 espèce) : <i>Gomophia watsoni</i> (A1) ; ➤ pour les échinides (1 espèce) : <i>Diadema setosum</i> (A1) ; ➤ pour les holothurides (1 espèce) : <i>Thelenota ananas</i> (A1). 4 espèces d'échinodermes disparues : ➤ pour les astéries (-1 espèce) : <i>Nardoa gomophia</i> (A0/-1) ; ➤ pour les crinoïdes (-1 espèce) : <i>Crinoïdes</i> ind. (A0/-1) ; ➤ pour les holothurides (-1 espèce) : <i>Holothuria edulis</i> (A0/-1) ; ➤ pour les ophiurides (-1 espèce) : <i>Ophiure</i> ind. (A0/-2).	☒
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➤ pour les gastéropodes (1 espèce) : <i>Astraea rhodostoma</i> (A2). 3 espèces de mollusques disparues : ➤ pour les bivalves (-3 espèce) : <i>Arca ventricosa</i> (A0/-1), <i>Pinctada margaritifera</i> (A0/-1), <i>Pedum spondyloideum</i> (A0/-2).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➤ pour les bivalves (1 espèce) : <i>Spondylus</i> sp. (A2/+ 1).
Eponges	
2 nouvelles espèces d'éponges recensées : <i>Dysidea herbacea</i> (A2), <i>Clathria rugosa</i> (A2).	3 espèces d'éponges diminuent d'abondance : • <i>Cliona jullieni</i> (A2/- 1), <i>Cliona orientalis</i> (A2/- 1), • <i>Spongiaires</i> ind. (noire) (A2/- 1).
Ascidies	
☒	2 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : • <i>Didemnum molle</i> (A2/- 1), <i>Polycarpa aurita</i> (A1/- 2).
Bryozoaires	
☒	☒

4.10.3 Les poissons (ST11)

La liste des espèces observées¹⁴ sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le **tableau 85**.

Tableau 85 : 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	<i>Acanthurus blochii</i>				2	0,02	1,64				0,67	0,01	0,55
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>							1	0,01	3,64	0,33	0,00	1,21
Aca	<i>Acanthurus lineatus</i>	1	0,01	0,70							0,33	0,00	0,23
Aca	<i>Acanthurus mata</i>							12	0,12	19,20	4,00	0,04	6,40
Aca	<i>Acanthurus nigricans</i>	1	0,00	3,90							0,33	0,00	1,30
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>				2	0,02	0,58				0,67	0,01	0,19
Aca	<i>Naso brachycentron</i>	1	0,01	0,14							0,33	0,00	0,05
Aca	<i>Naso lituratus</i>	1	0,01	0,11							0,33	0,00	0,04
Aca	<i>Naso tonganus</i>							8	0,04	34,30	2,67	0,01	11,43
Aca	<i>Naso unicornis</i>	1	0,01	0,42							0,33	0,00	0,14
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	1	0,01	8,00	3	0,03	0,50				1,33	0,01	2,83
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>				1	0,01	0,46				0,33	0,00	0,15
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>				1	0,01	0,01				0,33	0,00	0,00
Cae	<i>Caesio caerulea</i>				60	0,50	21,97				20,00	0,17	7,32
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>				2	0,02	0,17				0,67	0,01	0,06
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	1	0,01	0,59							0,33	0,00	0,20
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>							3	0,03	0,08	1,00	0,01	0,03
Cha	<i>Chaetodon lineolatus</i>	1	0,01	0,19							0,33	0,00	0,06
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>				2	0,02	0,07				0,67	0,01	0,02
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	1	0,01	0,14							0,33	0,00	0,05
Cha	<i>Chaetodon unimaculatus</i>	1	0,01	0,17							0,33	0,00	0,06
Cha	<i>Heniochus varius</i>				2	0,02	0,33				0,67	0,01	0,11
Epi	<i>Cephalopholis argus</i>	2	0,01	0,96							0,67	0,00	0,32
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	2	0,01	0,10	1	0,01	10,67	2	0,03	73,73	1,67	0,02	28,16
Lab	<i>Bodianus loxozonus</i>	2	0,01	0,15							0,67	0,00	0,05
Lab	<i>Bodianus perditio</i>							1	0,01	1,77	0,33	0,00	0,59
Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>							1	0,01	0,82	0,33	0,00	0,27
Lab	<i>Coris gaimard</i>	2	0,01	0,38	1	0,01	0,09				1,00	0,01	0,16
Lab	<i>Gomphosus varius</i>	2	0,01	0,75	2	0,02	0,17				1,33	0,01	0,31
Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>	3	0,02	2,11							1,00	0,01	0,70
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>				1	0,01	0,46				0,33	0,00	0,15
Lab	<i>Labroides bicolor</i>				1	0,01	0,04				0,33	0,00	0,01
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>							2	0,02	0,07	0,67	0,01	0,02
Lab	<i>Thalassoma amblycephalum</i>	3	0,02	0,15							1,00	0,01	0,05
Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	3	0,02	0,50	5	0,04	0,43				2,67	0,02	0,31
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	4	0,03	0,02	5	0,04	0,37	5	0,04	0,43	4,67	0,04	0,27
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	4	0,03	5,33	5	0,04	0,49	4	0,03	0,28	4,33	0,04	2,04
Let	<i>Monotaxis grandoculis</i>				1	0,01	0,34				0,33	0,00	0,11
Mic	<i>Ptereleotris evides</i>				6	0,05	0,06				2,00	0,02	0,02
Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>				2	0,02	0,17	3	0,03	0,26	1,67	0,01	0,14
Mul	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	4	0,03	28,58				5	0,04	0,10	3,00	0,03	9,56
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>				4	0,03	1,15	13	0,11	0,06	5,67	0,05	0,40
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>				4	0,03	0,23	8	0,07	0,01	4,00	0,03	0,08
Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>				2	0,02	0,07	6	0,05	0,01	3,33	0,03	0,03
Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>										2,00	0,02	0,00
Poc	<i>Centropyge flavissima</i>				2	0,02	0,15				0,67	0,01	0,05
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>				3	0,03	0,11	5	0,04	0,02	2,67	0,02	0,04

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

Poc	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>							1	0,01	7,15	0,33	0,00	2,38
Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>	5	0,04	0,05	10	0,08	0,57				5,00	0,04	0,21
Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>				2	0,02	0,01	4	0,03	0,14	2,00	0,02	0,05
Pom	<i>Chromis fumea</i>	7	0,05	0,34	8	0,07	0,04	3	0,03	0,02	6,00	0,05	0,13
Pom	<i>Chromis viridis</i>	10	0,05	17,89							3,33	0,02	5,96
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	10	0,07	0,73	4	0,03	0,02	3	0,03	0,01	5,67	0,04	0,25
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>				10	0,08	0,05	3	0,02	0,01	4,33	0,03	0,02
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	10	0,08	0,70	15	0,13	0,07	3	0,02	0,01	9,33	0,08	0,26
Pom	<i>Pomacentrus coelestis</i>	10	0,07	0,04				3	0,03	0,01	4,33	0,03	0,02
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	20	0,17	1,14	3	0,03	0,03	4	0,03	0,04	9,00	0,07	0,40
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>	20	0,14	0,08	4	0,03	0,67	8	0,06	1,97	10,67	0,08	0,91
Sca	<i>Hipposcarus longiceps</i>				3	0,03	13,50				1,00	0,01	4,50
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>							15	0,11	4,71	5,00	0,04	1,57
Sca	<i>Scarus frenatus</i>	30	0,21	0,12							10,00	0,07	0,04
Sca	<i>Scarus ghobban</i>							25	0,18	28,57	8,33	0,06	9,52
Sca	<i>Scarus niger</i>				2	0,02	7,32				0,67	0,01	2,44
Sca	<i>Scarus rivulatus</i>				4	0,03	13,12				1,33	0,01	4,37
Sca	<i>Scarus rubroviolaceus</i>	40	0,29	0,15	2	0,02	9,93	30	0,21	24,99	24,00	0,17	11,69
Sca	<i>Scarus schlegeli</i>				3	0,03	7,81	29	0,21	28,42	10,67	0,08	12,08
Sig	<i>Siganus doliatus</i>				2	0,02	0,73				0,67	0,01	0,24
Sig	<i>Siganus puellus</i>				1	0,01	0,29				0,33	0,00	0,10
Sig	<i>Siganus punctatus</i>				2	0,02	1,64				0,67	0,01	0,55
Zan	<i>Zanclus cornutus</i>				1	0,01	0,17				0,33	0,00	0,06
Total		203	1,46	74,63	196	1,63	96,67	210	1,63	230,83	206	1,59	134,05
Biodiversité		31			42			29			70		
Indice de Shannon =		5,107											
Equitabilité =		0,833											

Sur l'ensemble des transects de la station, 618 individus appartenant à 70 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.59 poissons/m² pour une biomasse de 134.05 g/m².

127 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [en rouge]) ont été observées sur la station (cf. [tableau 86](#)).

Tableau 86 : Liste des espèces complémentaires (ST11)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>	Hol	<i>Myripristis vittata</i>	Poc	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>
Aca	<i>Acanthurus lineatus</i>	Hol	<i>Sargocentron ensiferum</i>	Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	Lab	<i>Anampses neoguinaicus</i>	Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>
Aca	<i>Acanthurus nigricans</i>	Lab	<i>Bodianus diana</i>	Pom	<i>Chromis fumea</i>
Aca	<i>Acanthurus nigricauda</i>	Lab	<i>Bodianus loxozonus</i>	Pom	<i>Chromis iomelas</i>
Aca	<i>Acanthurus olivaceus</i>	Lab	<i>Bodianus perditio</i>	Pom	<i>Chromis leucura</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Chromis viridis</i>
Aca	<i>Naso brachycentron</i>	Lab	<i>Cirrhilabrus punctatus</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Aca	<i>Naso lituratus</i>	Lab	<i>Coris aygula</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Aca	<i>Naso tonganus</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Lab	<i>Coris dorsomacula</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon dickii</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon johnstonianus</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>
Bal	<i>Balistoides conspicillum</i>	Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon leucozonus</i>
Bal	<i>Odonus niger</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Pomacentrus bankanensis</i>

Bal	<i>Sufflamen chrysopterus</i>	Lab	<i>Labroides bicolor</i>	Pom	<i>Pomacentrus coelestis</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus lepidogenys</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cae	<i>Caesio caerulaurea</i>	Lab	<i>Macropharyngodon meleagris</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Lab	<i>Oxycheilinus celebicus</i>	Pom	<i>Pomacentrus simsiang</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Oxycheilinus diagrammus</i>	Pri	<i>Priacanthus hamrur</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lab	<i>Thalassoma amblycephalum</i>	Sca	<i>Chlorurus microrhinos</i>
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Sca	<i>Hipposcarus longiceps</i>
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>
Cha	<i>Chaetodon lineolatus</i>	Lab	<i>Thalassoma nigrofasciatum</i>	Sca	<i>Scarus frenatus</i>
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	Let	<i>Monotaxis grandoculis</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>	Lut	<i>Macolor niger</i>	Sca	<i>Scarus niger</i>
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>	Mic	<i>Ptereleotris evides</i>	Sca	<i>Scarus rivulatus</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Mic	<i>Ptereleotris microlepis</i>	Sca	<i>Scarus rubroviolaceus</i>
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinus</i>	Sca	<i>Scarus spinus</i>
Cha	<i>Chaetodon unimaculatus</i>	Mul	<i>Parupeneus crassilabris</i>	Sig	<i>Siganus argenteus</i>
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	Mul	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Cha	<i>Heniochus singularus</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Sig	<i>Siganus fuscescens</i>
Cha	<i>Heniochus varius</i>	Pin	<i>Parapercis australis</i>	Sig	<i>Siganus puellus</i>
Cir	<i>Cirrhitichthys falco</i>	Ple	<i>Assessor macneilli</i>	Sig	<i>Siganus punctatus</i>
Cir	<i>Paracirrhites forsteri</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	Syn	<i>Synodus variegatus</i>
Epi	<i>Cephalopholis argus</i>	Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	Tet	<i>Arothron nigropunctatus</i>
Epi	<i>Epinephelus fasciatus</i>	Poc	<i>Centropyge flavissima</i>	Zan	<i>Zanclus cornutus</i>
Epi	<i>Plectropomus laevis</i>				

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le [tableau 87](#) et spécifiquement pour cette campagne sur la [figure 68](#).

Tableau 87 : Nombre d'espèces par famille ichthyologique (ST11)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		Campagne	Moy.	Campagne	Moy.
Acanthuridae	40	12	6,23	30,00	15,57
Chaetodontidae	30	8	9,32	26,67	31,06
Epinephelinae	26	2	2,00	7,69	7,69
Labridae	97	13	9,09	13,40	9,37
Lethrinidae	16	1	0,00	6,25	0,00
Lutjanidae	22	0	0,09	0,00	0,41
Mullidae	14	2	1,77	14,29	12,66
Pomacanthidae	14	6	3,82	42,86	27,27
Pomacentridae	92	9	5,82	9,78	6,32
Scaridae	23	9	4,27	39,13	18,58
Siganidae	10	3	0,59	30,00	5,91

Autres	257	5	5,09	1,95	1,98
Khi2 obs		11,2		371,3	
Khi2 tab				19,17	

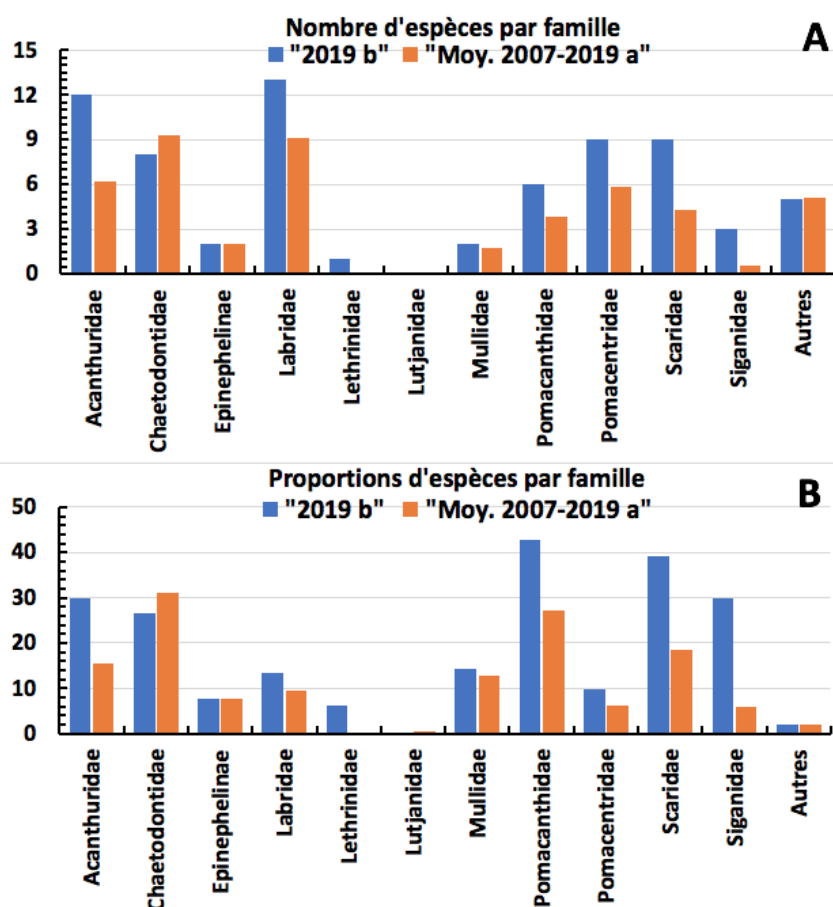


Figure 68 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST11)

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 88](#) et la [figure 69](#).

Tableau 88 : 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/m ²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2019 b	Transect A	203,00	1,46	74,63	31		
	Transect B	196,00	1,63	96,67	42		
	Transect C	210,00	1,63	230,83	29		
	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 ¹⁵	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 89](#) et représentation [figure 70](#).

Tableau 89 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	1 968	0,23	2 125	140	217	387
Ecart type	44,36	0,48	46,10	11,85	14,73	19,67
Moyenne	142,94	1,70	86,24	50,30	72,30	104,26
Coef. de Var.	0,31	0,28	0,53	0,24	0,20	0,19

Commentaires :

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

¹⁵ 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.

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 hauteur de la marée.

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.

Cette fois ci :

- La densité est moyenne.
- La biomasse est au-dessus de la moyenne.
- La biodiversité est plutôt importante.

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

La série historique montre des structures de peuplement changeantes comme sur toutes les stations du canal de la Havannah. Non seulement, les espèces nomades induisent ces changements, mais cette station présentant un hydrodynamisme violent ce dernier induit une agitation fébrile de l'ichtyofaune.

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 23 missions, 11 ont des structures de peuplement qui ne diffèrent 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.

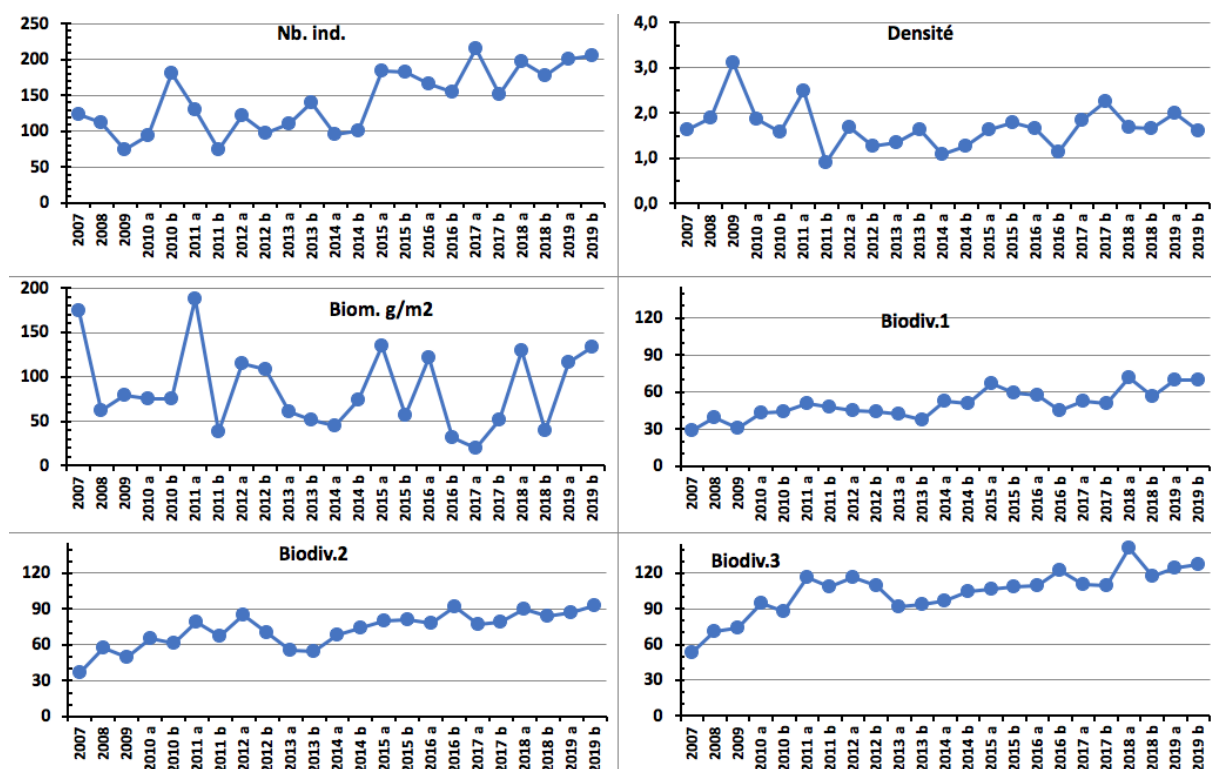


Figure 69 : Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST11)

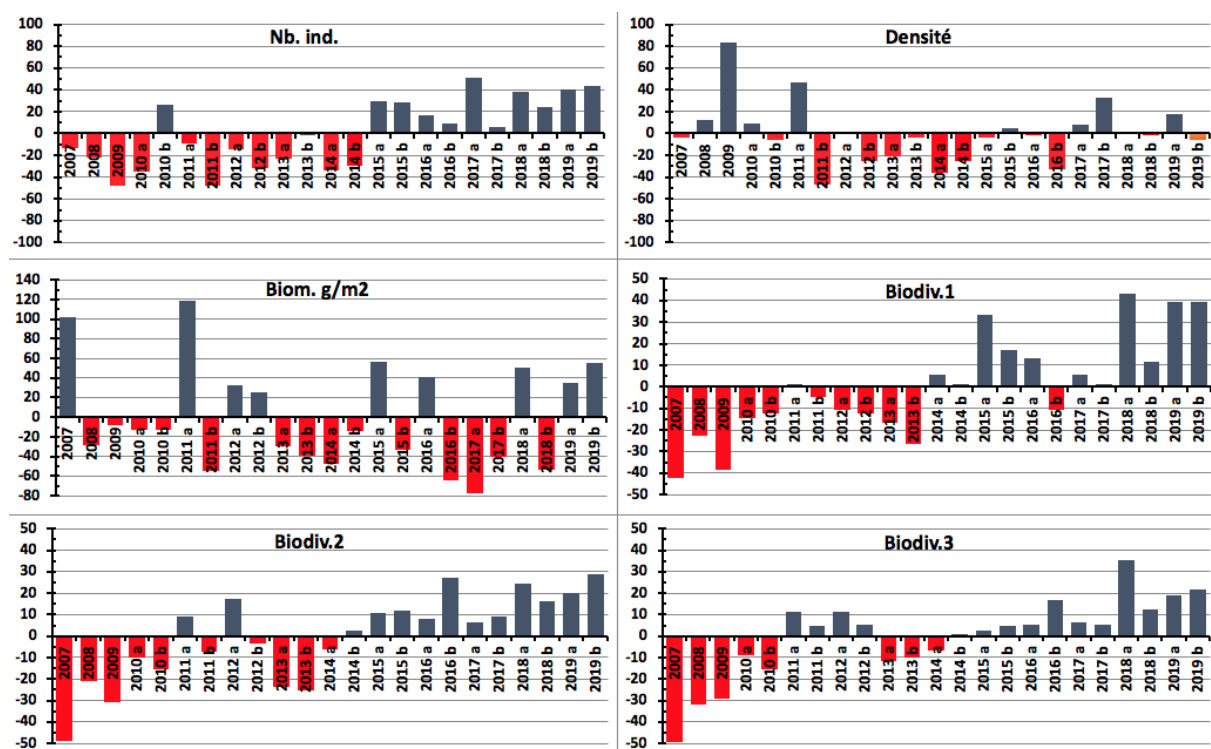


Figure 70 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST11)

4.11 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 (<i>Holothuria fuscopunctata</i>, <i>Bohadschia argus</i>, <i>Stichopus stichopus</i>, <i>S. variegatus</i>, <i>Thelenota ananas</i>). 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 <i>Porites</i>, d'<i>Acropora</i> branchus et <i>Lobophyllia corymbosa</i>. 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 2^{ème} 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 <i>Goniopora</i> 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* :**

- Présence de 1 spécimen en mai et novembre 2018 en A
- Présence de 2 spécimens en avril 2019 en A

Variations entre avril 2019 et octobre 2019

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est stable, de 31.5% au transect A et 19.5% 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%*
- Lésions coralliennes : la maladie de la bande blanche se développe sur les *Acropora* spp. (tabulaire) pour le niveau bathymétrique A (1.3 m² de coraux blanchis sans polype)
- Perturbations mécaniques : les conditions hydrodynamiques sont importantes, de grands couloirs d'effondrement composés de débris (0.5 m² de coraux blanchis en B) 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
- Algues brunes *Lobophora* : recouvrement stable en A (niveau 2) et en diminution en B (niveau 2 à 0)
- Algues rouges *Asparagopsis taxiformis* : augmentation en A (niveau 0 à 2) et absence en B (stable)
- *Cliona orientalis* : recouvrement en diminution en A (niveau 4 à 3) et stable en B
- *Cliona jullieni* : stable

Les corallivores :

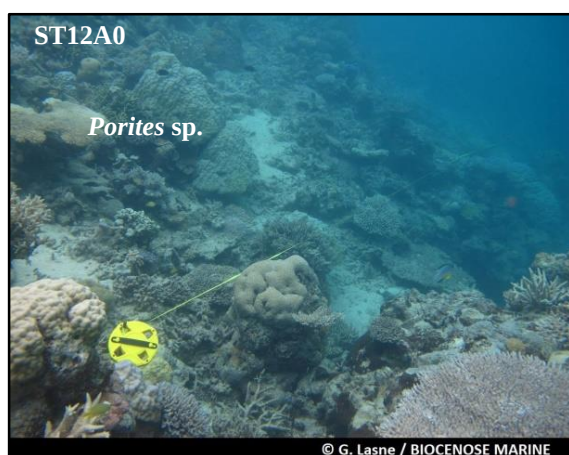
- *Culcita novaeguineae* : absence, stable
- *Acanthaster planci* : absence : diminution de 2 spécimens en A en avril 2019
- *Drupella cornus* : absence, stable



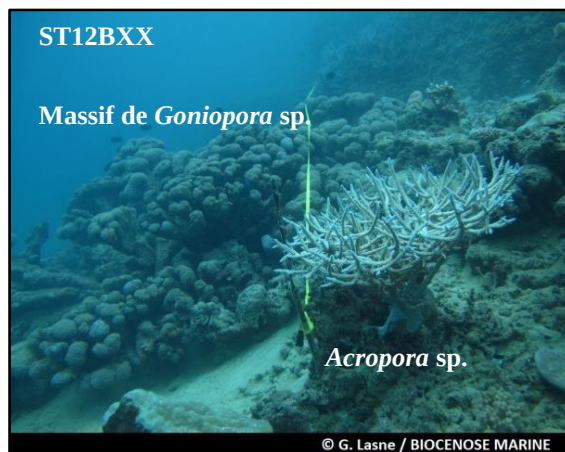
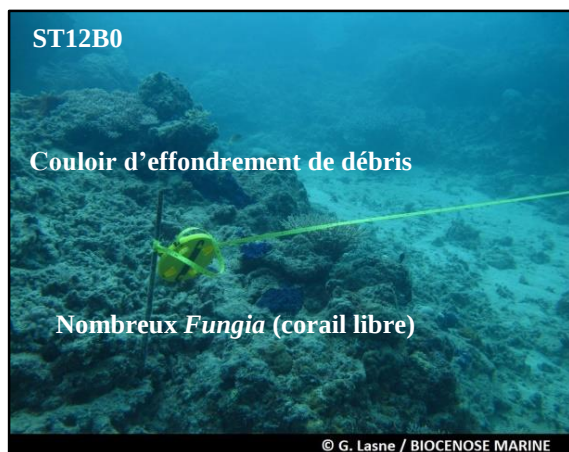
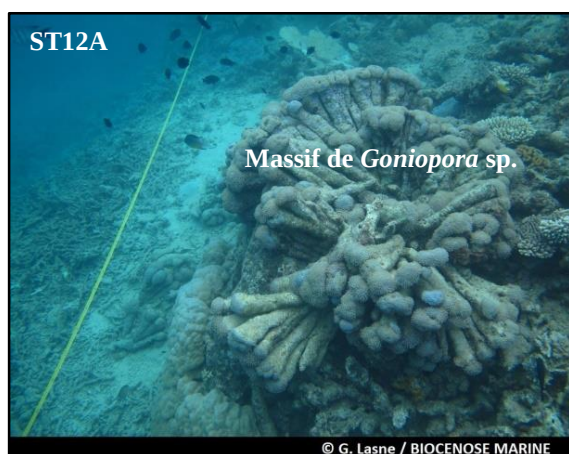
Carte 13 : Localisation de la station 12 (Ilet Ugo)



Photographie 23 : Position en surface par rapport à la côte (ST12)



Les colonies coralliennes sont mortes en place depuis les missions précédentes
(prédation de *Drupella cornus* et *Acanthaster planci*)



Les débris coralliens forment des couloirs d'effondrement sur la pente sédimentaire

Photographie 24 : Vue d'ensemble des transects (ST12, présente mission)

4.11.1 Le substrat (ST12)

Le pourcentage de couverture de chaque composante est donné dans la [figure 71](#) pour le transect A et dans la [figure 72](#) pour le transect B.

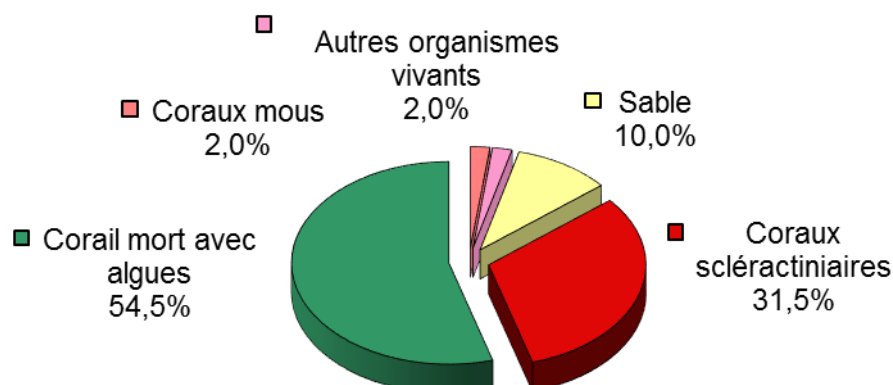


Figure 71 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12A

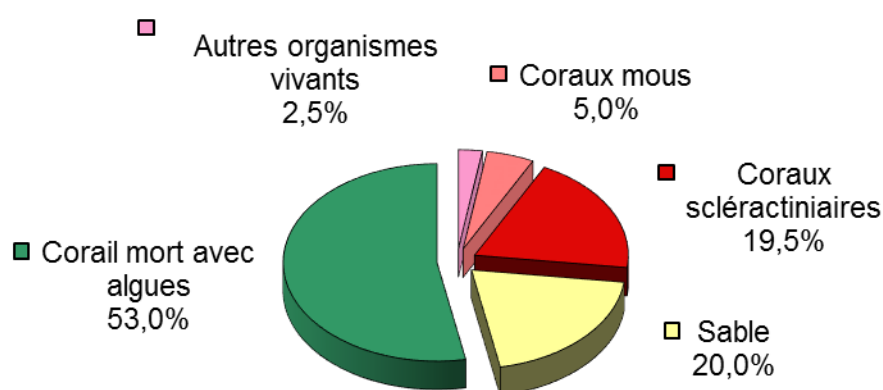


Figure 72 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12B

Les coraux scléactiniaires sont bien à moyennement représentés avec 31.5% en A et 19.5% en B. Le reste du substrat fait une large part aux coraux morts recouverts d'algues (54.5% et 53%). Ainsi, le recouvrement est majoritairement biotique pour chaque transect (90% et 80%).

La station est globalement stable.

4.11.2 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 octobre 2019, la richesse spécifique de la station Ugo (ST12) est composée de :

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

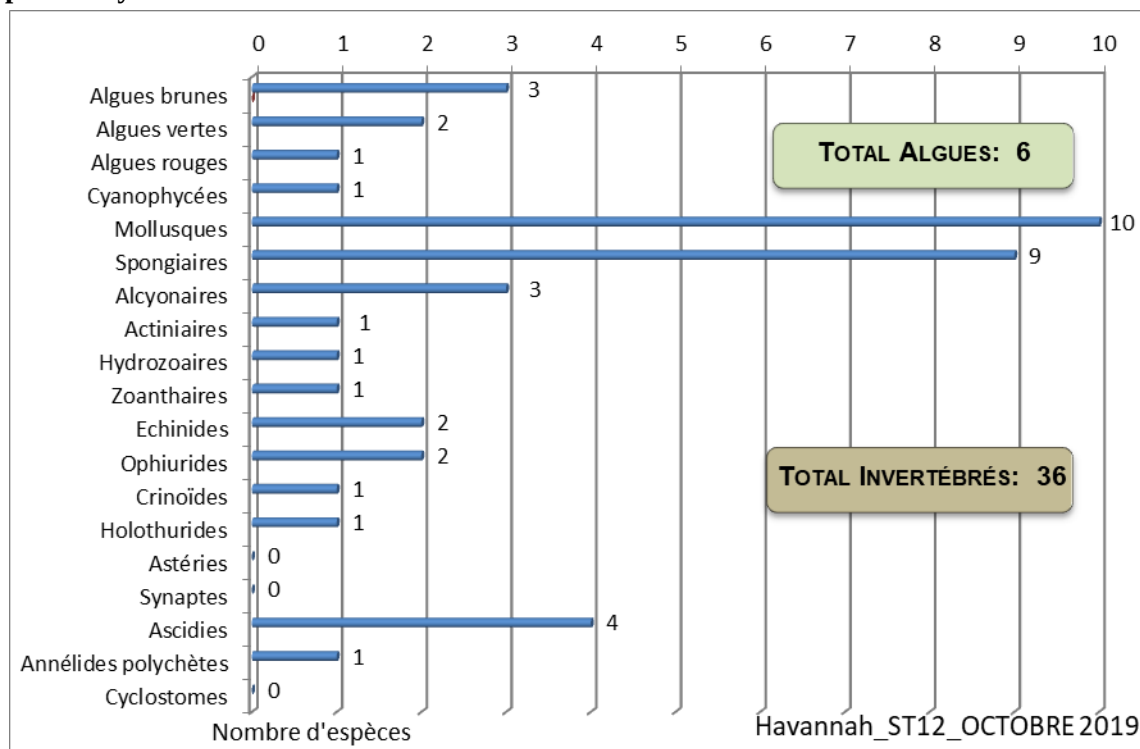


Figure 73 : Répartition par sous-groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST12)

4.11.2.1 Benthos Transect 12 A

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST12A est composée de :

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

Tableau 90 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses (ST12A)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
3 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue brune : • <i>Dictyota</i> sp. (A2) ; et l'algue rouge : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A2) ; et l'algue verte : • <i>Ventricaria ventricosa</i> (A1) ; -2 espèces d'algues disparues, dont 2 espèces d'algues vertes : • <i>Neomeris vanbosseae</i> (A0/-2), • <i>Halimeda</i> sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Une espèce d'algue diminue, l'algue verte : • <i>Chlorodesmis fastigiata</i> (A1/- 1).
Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➢ pour les hydrozoaires (1 espèce) : •Hydrozoaires ind. (A2). Une espèce de cnidaires disparue : ➢ pour les alcyonaires (-1 espèce) : • <i>Sinularia</i> sp. (A0/-2).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Sarcophyton</i> sp. (A3/- 1).
Echinodermes	
Une espèce d'échinodermes disparue : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Acanthaster planci</i> (A0/-2).	2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A3/- 1) ; ➢ pour les échinides (1 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A1/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les nudibranches (1 espèce) : • <i>Phyllidia ocellata</i> (A1). 2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-2 espèce) : • <i>Arca ventricosa</i> (A0/-3), • <i>Tridacna squamosa</i> (A0/-1).	2 espèces de mollusques diminuent d'abondance : ➢ pour les bivalves (2 espèces) : • <i>Septifer bilocularis</i> (A3/- 1), • <i>Pedum spondyloideum</i> (A2/- 1).
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : • <i>Stellata globostellata</i> (A2).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •Spongiaires ind. (noire) (A3/+ 1). 2 espèces d'éponges diminuent d'abondance : • <i>Cliona orientalis</i> (A3/- 1), • <i>Dysidea herbacea</i> (A1/- 1).
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : • <i>Polycarpa aurita</i> (A2). Une espèce d'ascidies disparue : • <i>Polycarpa clavata</i> (A0/-1).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : • <i>Polycarpa nigricans</i> (A3/+ 1).
Bryozoaires	
☒	☒

4.11.2.2 Benthos Transect 12 B

En octobre 2019, la richesse spécifique du transect ST12B est composée de :

- 28 espèces d'invertébrés dont 6 espèces de mollusques ; 4 espèces de cnidaires : alcyonaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 6 espèces d'échinodermes : échinides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- 1 espèce de macrophytes : algue verte (1 taxa)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau 91 : Variations entre avril 2019 et octobre 2019 : Les biocénoses (ST12B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 1 espèce d'algue disparue, l'algue brune : <i>•Lobophora variegata</i> (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	
3 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-2 sp) : <i>•Lobophytum</i> sp. (A0/-1), <i>•Sinularia</i> sp. (A0/-2) ; ➢ pour les zoanthaires (-1 espèce) : <i>•Zoanthidae</i> ind.sp. (A0/-2).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : <i>•Dendronephthya</i> sp. (A1/- 1).
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : <i>•Thelenota anax</i> (A1).	☒
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : <i>•Septifer bilocularis</i> (A2). 2 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : <i>•Arca ventricosa</i> (A0/-2) ; ➢ pour les gastéropodes (-1 espèce) : <i>•Conus litteratus</i> (A0/-1).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : <i>•Isognomon isognomon</i> (A2/- 1).
Eponges	
☒	2 espèces d'éponges augmentent d'abondance : •Spongiaires ind. (orange) (A2/+ 1), • <i>Clathria rugosa</i> (A2/+ 1).
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : <i>•Polycarpa aurita</i> (A3).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : • <i>Polycarpa nigricans</i> (A4/+ 1).
Bryozoaires	
☒	☒

4.11.3 Les poissons (ST12)

La liste des espèces observées¹⁶ sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 92](#).

Tableau 92 : Données sur les poissons (ST12)

Ugo ST12		Transect			Transect			Station		
		A			B			Moyenne		
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>				2	0,05	1,33	1,00	0,03	0,67
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	1	0,02	0,33				0,50	0,01	0,17
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	2	0,03	0,23				1,00	0,02	0,11
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>				1	0,03	0,67	0,50	0,01	0,33
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	1	0,02	0,02				0,50	0,01	0,01
Cae	<i>Caesio caeruleaurea</i>	300	3,00	349,9				150,00	1,50	174,9
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	2	0,03	0,34	2	0,05	1,00	2,00	0,04	0,67
Cha	<i>Chaetodon ephippium</i>	2	0,03	0,49				1,00	0,02	0,24
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	3	0,05	0,34				1,50	0,03	0,17
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	1	0,02	0,04	1	0,03	0,06	1,00	0,02	0,05
Cha	<i>Forcipiger longirostris</i>	2	0,03	0,14				1,00	0,02	0,07
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>				1	0,03	0,86	0,50	0,01	0,43
Lut	<i>Lutjanus fulvus</i>	1	0,02	1,13				0,50	0,01	0,56
Mul	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	1	0,02	1,64				0,50	0,01	0,82
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>				4	0,10	3,46	2,00	0,05	1,73
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	2	0,03	0,04	2	0,05	0,06	2,00	0,04	0,05
Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>				2	0,05	0,03	1,00	0,03	0,01
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	3	0,05	0,06	3	0,08	0,04	3,00	0,06	0,05
Pom	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>	5	0,08	0,21				2,50	0,04	0,10
Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>	5	0,08	0,21	5	0,13	0,86	5,00	0,10	0,53
Pom	<i>Chromis fumea</i>	25	0,42	0,23	25	0,63	0,80	25,00	0,52	0,51
Pom	<i>Chromis viridis</i>	25	0,42	0,23	25	0,63	0,34	25,00	0,52	0,28
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	1	0,02	0,01	2	0,05	0,03	1,50	0,03	0,02
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>	6	0,10	0,05				3,00	0,05	0,03
Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>	8	0,13	0,07	5	0,13	0,07	6,50	0,13	0,07
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	10	0,17	0,09	5	0,13	0,07	7,50	0,15	0,08
Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>	50	0,83	0,45				25,00	0,42	0,23
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	2	0,03	0,02	1	0,03	0,03	1,50	0,03	0,03
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>	3	0,05	2,20				1,50	0,03	1,10
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>	5	0,08	5,63				2,50	0,04	2,81
Total		466	5,77	364,11	86	2,15	9,70	276	3,96	186,9
Biodiversité		25			16			30		
Indice de Shannon =		2,651								
Equitabilité =		0,540								

Sur l'ensemble des transects de la station, 552 individus appartenant à 30 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 3.96 poissons/m² pour une biomasse de 186.9 g/m².

84 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [en rouge]) ont été observées sur la station (cf. [tableau 93](#)).

¹⁶ Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. annexe n°01

Tableau 93 : Liste des espèces complémentaires (ST12)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Lab	<i>Choerodon fasciatus</i>	Pom	<i>Chromis atripes</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Pom	<i>Chromis fumea</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Chromis leucura</i>
Apo	<i>Apogon doederleini</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Chromis viridis</i>
Apo	<i>Cheilodipterus artus</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopeion</i>	Pom	<i>Chromis xanthura</i>
Apo	<i>Cheilodipterus macrodon</i>	Lab	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Apo	<i>Cheilodipterus quinquelineatus</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Apo	<i>Ostorhinchus aureus</i>	Lab	<i>Labroides bicolor</i>	Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>
Apo	<i>Ostorhinchus capricornis</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Apo	<i>Ostorhinchus compressus</i>	Lab	<i>Oxycheilinus unifasciatus</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon dickii</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>
Cae	<i>Caesio caeruleaurea</i>	Lab	<i>Thalassoma nigrofasciatum</i>	Pom	<i>Pomacentrus chrysurus</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Let	<i>Lethrinus atkinsoni</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lut	<i>Lutjanus fulvus</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	Mic	<i>Gunnellithys curiosus</i>	Pom	<i>Pomacentrus philippinus</i>
Cha	<i>Chaetodon ephippium</i>	Mul	<i>Parupeneus ciliatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus simsiang</i>
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Mul	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	Pom	<i>Stegastes aureus</i>
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Pin	<i>Parapercis xanthozona</i>	Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>
Cha	<i>Forcipiger longirostris</i>	Ple	<i>Assessor macneilli</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cir	<i>Paracirrhites forsteri</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	Sca	<i>Scarus rivulatus</i>
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	Sig	<i>Siganus corallinus</i>
Gra	<i>Diploprion bifasciatum</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Hae	<i>Plectorhinchus lessonii</i>	Pom	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Lab	<i>Anampses neoguinaicus</i>	Pom	<i>Abudefduf whiteleyi</i>	Syn	<i>Saurida gracilis</i>
Lab	<i>Bodianus diana</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon leucogaster</i>	Zan	<i>Zanclus cornutus</i>

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le [tableau 94](#) et spécifiquement pour cette campagne sur la [figure 74](#).

Tableau 94 : Nombre d'espèces par famille ichthyologique (ST12)

Familles	Nb d'espèces vues (zone et période totale)	Nb d'espèces		Proportions	
		Campagne	Moy.	Campagne	Moy.
Acanthuridae	40	4	2,62	10,00	6,55
Chaetodontidae	30	5	3,48	16,67	11,59
Epinephelinae	26	0	2,10	0,00	8,06
Labridae	97	1	3,67	1,03	3,78
Lethrinidae	16	0	0,05	0,00	0,30
Lutjanidae	22	1	0,14	4,55	0,65
Mullidae	14	1	0,76	7,14	5,44

Pomacanthidae	14	3	3,29	21,43	23,47
Pomacentridae	92	10	7,57	10,87	8,23
Scaridae	23	2	2,52	8,70	10,97
Siganidae	10	0	0,71	0,00	7,14
Autres	257	3	4,19	1,17	1,63
Khi2 obs		13,1		50,2	
Khi2 tab				19,7	

Le récapitulatif des résultats en termes de :

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

pour toutes les campagnes depuis 2007 est présenté dans le [tableau 95](#) et la [figure 75](#).

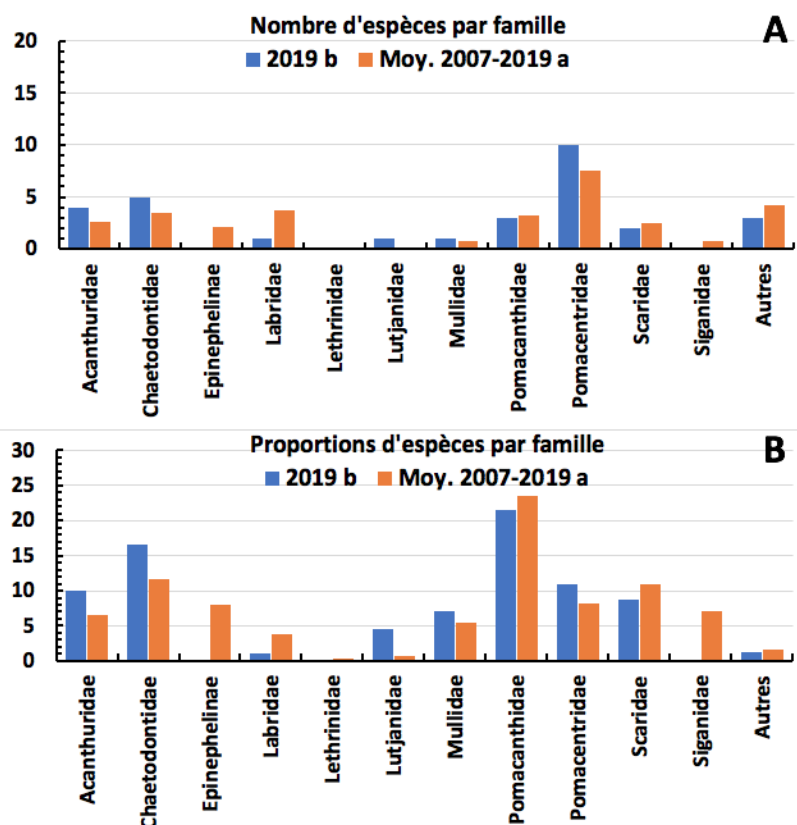


Figure 74 : Structure du peuplement pour cette mission relativement à la moyenne (ST12)

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 95 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST12)

Ugo ST12		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m ²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2019 b	Transect A	466,00	5,77	364,11	35		
	Transect B	86,00	2,15	9,70	16		
	Moy. ABC	276,00	3,96	186,90	30	52	84
2019 a	Moy. ABC	131,00	2,54	16,68	34	59	91
2018 b	Moy. ABC	129,00	2,15	75,42	39	64	93
2018 a	Moy. ABC	109,50	1,94	15,30	33	65	87
2017 b	Moy. ABC	96,00	1,50	10,70	38	51	82
2017 a	Moy. ABC	151,00	2,82	20,19	31	60	87
2016 b	Moy. ABC	101,50	1,44	6,93	36	59	88
2016 a	Moy. ABC	204,00	2,59	42,45	28	52	80
2015 b	Moy. ABC	269,00	2,34	191,45	26	57	87
2015 a	Moy. ABC	171,00	2,15	46,44	30	60	91
2014 b	Moy. ABC	139,00	1,54	189,24	28	52	94
2014 a	Moy. ABC	90,50	1,13	71,86	28	55	91
2013 b	Moy. ABC	147,00	2,13	94,55	37	58	82
2013 a	Moy. ABC	115,50	1,60	57,85	35	52	86
2012 b	Moy. ABC	122,50	1,46	49,33	32	48	81
2012 a	Moy. ABC	114	1,40	326,70	32	46	75
2011 b	Moy. ABC	48,00	0,60	14,42	25	48	80
2011 a	Moy. ABC	115,50	2,36	79,86	30	43	81
2010 b	Moy. ABC	108	1,44	13,93	18	28	50
2010 a	Moy. ABC	93,00	3,01	63,58	41	58	90
2009	Moy. ABC	100,50	3,49	73,03	23	40	70
2008	Moy. ABC	<i>Pas d'échantillonnage</i>					
2007	Moy. ABC						

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i - X_m) / X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. [tableau 96](#) et représentation [figure 76](#).

Tableau 96 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST12)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	9 242,7	0,9	6 836,7	29,2	67,8	85,5
Ecart type	96,14	0,94	82,68	5,40	8,23	9,25
Moyenne	147,62	2,19	74,46	31,33	52,67	83,22
Coef. de Var.	0,65	0,43	1,11	0,17	0,16	0,11

Commentaires :

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

La structure spécifique du peuplement (cf. § 3.4.3) de cette mission diffère de la structure moyenne sur la période de suivi. La série historique montre des structures de peuplement parmi les plus fluctuantes 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 B α .

Hormis quelques Apogons, quelques labres et Pomacentridae que l'on retrouve partout, Ugo apparaît comme une zone de transit et donc de peu d'intérêt pour un suivi du peuplement ichtyologique.

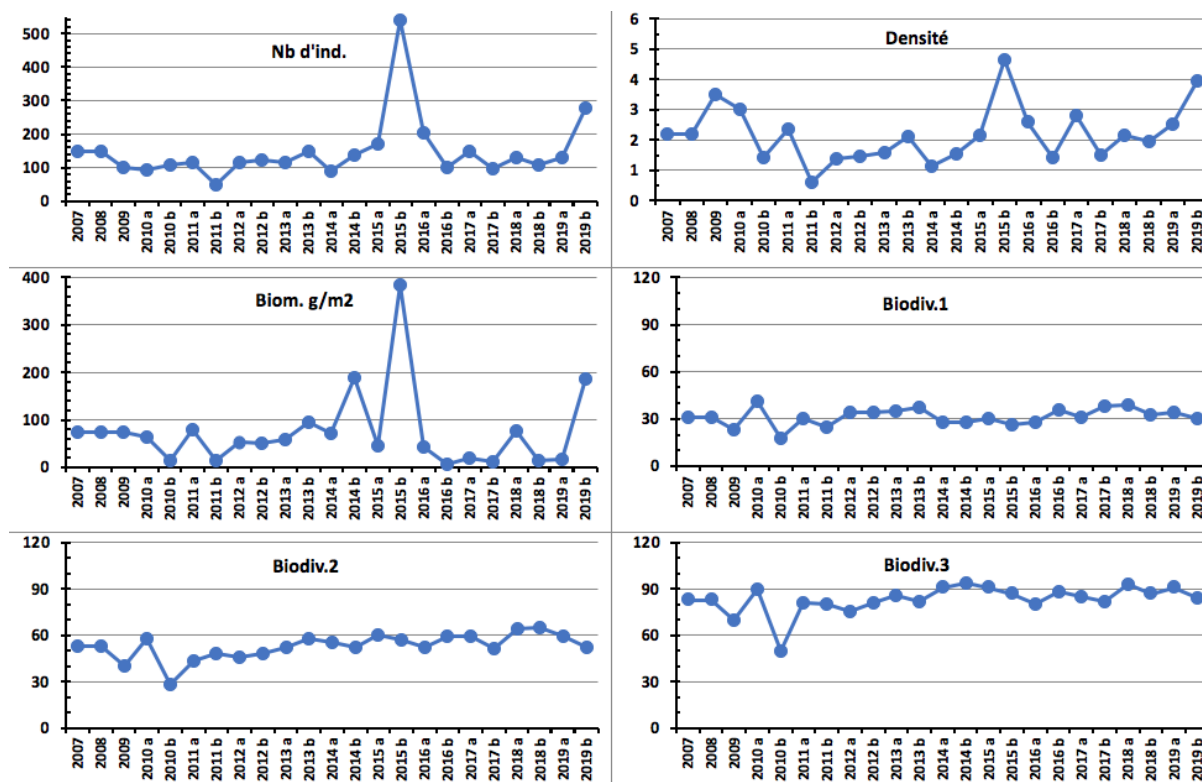


Figure 75 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12)

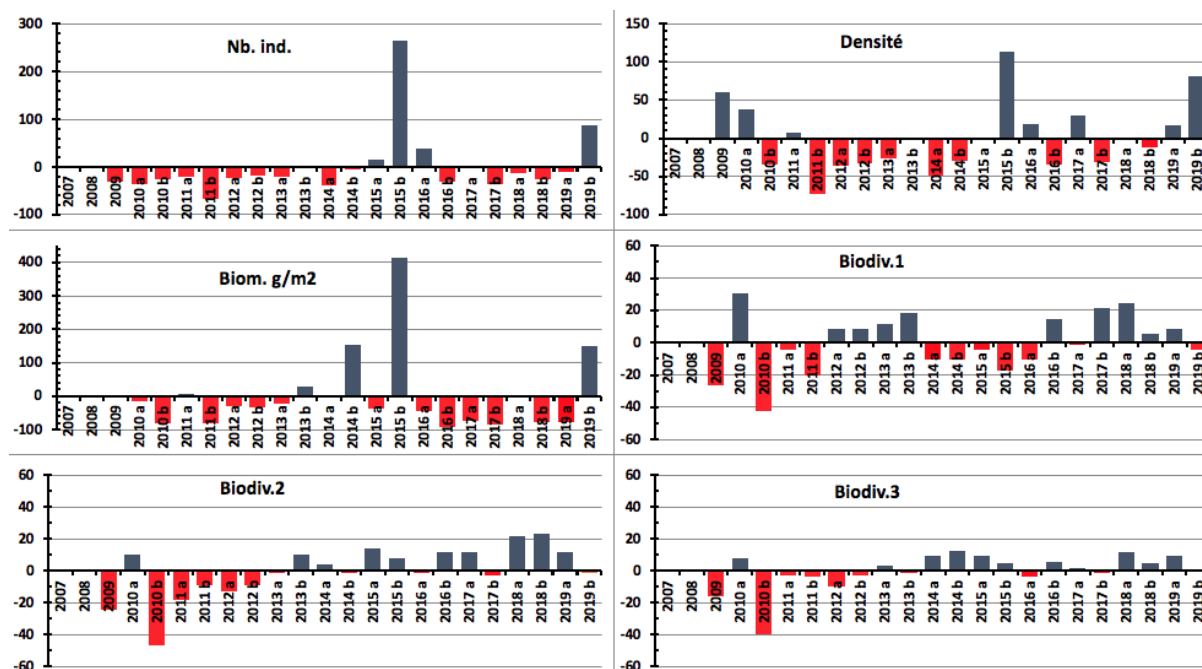


Figure 76 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12)

5 Résultats généraux / Synthèse

La [carte 14](#) et la [carte 15](#) 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 ichthyologique : 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 136](#) (en [annexe n°03](#), résultats par transect pour toutes les stations).

Le [tableau 137](#) ([annexe n°03](#)) et la [figure 77](#) 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.

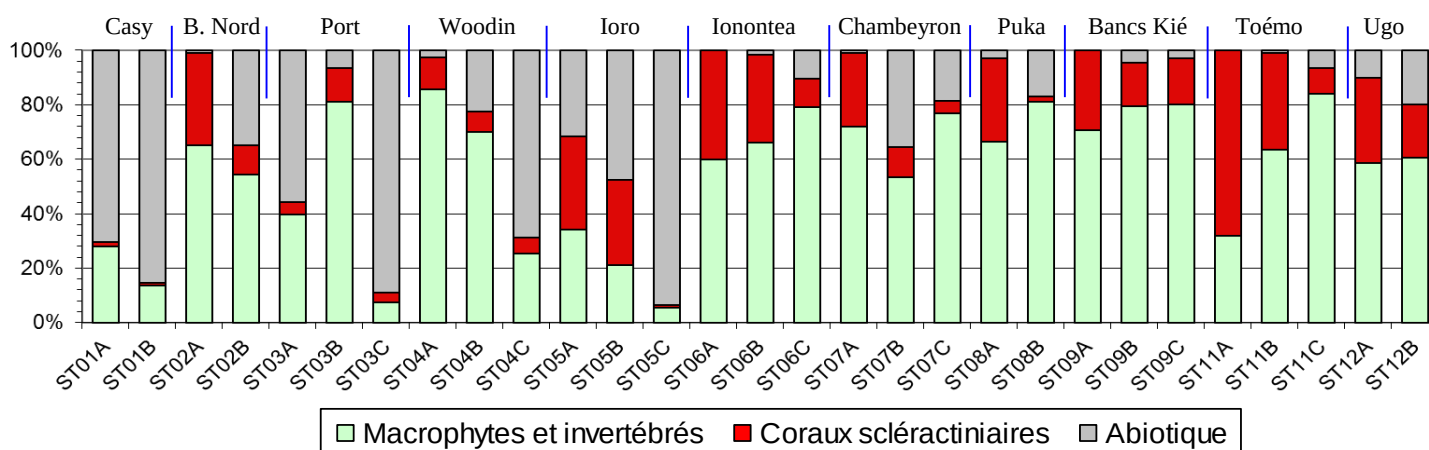


Figure 77 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat partie biotique/abiotique

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 67%).

La résilience observée après les dégradations du début d'année 2016 en 2017 et 2018 s'est maintenue. Malheureusement, la prolifération des *Acanthasters* à la station 04 (Woodin) a provoqué une baisse du taux de recouvrement corallien de : 16.5% au transect B en novembre 2018 suivi de 8% en avril 2018 (recouvrement de 7.5% stable à cette mission vs 32% 3 missions antérieures), auxquels s'ajoute la disparition de 17.5% au transect A en avril 2018, suivi d'une perte à nouveau de 12.5% à cette mission (recouvrement de 12% vs 42% un an auparavant).

Le taux de recouvrement corallien de cette zone chute donc encore à 9.3% (taux le plus bas de la série historique).

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 ST08B). Ainsi, l'abiotique

représente seulement 16% en moyenne du recouvrement, soit près de 84% de biotique. La moyenne du taux de recouvrement corallien dans le canal de la Havannah est stable (23.76%).

Analyse par station :

C'est le transect A de la station ST11 (Toémo) qui présente le plus fort taux de recouvrement corallien scléactiniaire tant pour cette station que pour cette mission, et depuis la mission de novembre 2018, dans la fourchette haute de toutes les séries : 68%. La moyenne sur la station est de 37.7% pour les 3 transects et de 51.75% en ne prenant en compte que les 2 transects supérieurs. Le 2^{ème} rang n'est plus tenu par la ST02 (Creek baie nord) mais par la ST06 (Ionontea) avec 27.7% pour les 3 transects (36.25% pour les 2 supérieurs) dont 40% pour celui du haut.

La station la plus pauvre est toujours la ST01 (Casy) avec seulement 1.5% et 1% de scléactiniaires sur ses transects.

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 retrouvent une certaine stabilité avec un retour progressif aux valeurs antérieures (résilience) depuis 2017, confirmé pour cette mission encore.

Il y a cependant 2 stations en forte baisse :

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. 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 scléactiniaires chuter de 30% et de 24.5% depuis. Et ces corallivores étant toujours présents (en faible quantité), la dégradation pourrait se poursuivre dans l'avenir.

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, événements 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 d'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 chaîne 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, la **variabilité saisonnière des macrophytes** est importante et chaque groupe algal a un rythme de développement spécifique durant l'année. De ce fait, la périodicité d'échantillonnage semestrielle des relevés de suivi biologique n'est pas adaptée aux cycles de développement des macrophytes car les valeurs maximales et minimales de diversité et de recouvrement ne sont pas forcément prises en compte. Les proliférations de macroalgues dans les écosystèmes littoraux des zones tropicales et subtropicales sont une menace sérieuse pour la diversité biologique de ces milieux. Typiquement une croissance excessive des algues est le résultat d'une variété insuffisante d'animaux consommateurs d'algues et/ou de nutriments excessifs. L'apport important de matière en suspension peut être un facteur de perturbation.

Il est alors important de considérer, pour chaque groupe biologique, le potentiel « **indicateur** » mais également le potentiel « **réactivité** » pour émettre des conclusions de l'évaluation de l'état de santé d'un récif le plus rapidement possible.

En considérant cette notion de variabilité saisonnière des macrophytes et de mobilité de certaines espèces d'invertébrés (particulièrement les échinodermes et les mollusques), il est très important de s'attacher aux variations d'abondance et de richesse spécifique des organismes fixés et présentant des variations épisodiques relativement faibles : alcyonaires, cliones et plus particulièrement les coraux scléractiniaires.

En effet, **les coraux** ont un rôle clé dans le maintien de la biodiversité du récif (habitat et source de nourriture). Par ailleurs, ils ont de nombreux avantages pour les suivis environnementaux :

- Pour les études comparatives : la majorité des coraux sont sessiles ce qui entraîne une fiabilité dans la comparaison de données ;
- Lors de suivi à court terme : ce sont des "Sentinelles avancées" car ils sont sensibles aux variations des conditions environnementales pour détecter les effets des perturbations, qu'elles soient d'origine anthropique ou naturelle (analyse du recrutement, mortalité, blanchissement, maladies coralliennes) ;
- Lors de suivi à long terme : les coraux ont une longévité particulièrement élevée, ce qui permet d'intégrer des conditions environnementales sur de longues périodes de temps

Dans ce contexte l'étude des coraux répond de manière incontestable à tous les questionnements sur l'état de santé des récifs. Et les informations sur les invertébrés, les espèces cibles et les macrophytes viennent confirmer les hypothèses.

Cependant, le cahier des charges imposé par la DENV ne prend pas en compte cet indicateur. Malgré cela, ce compartiment clé a été étudié depuis le début (2007) sur décision volontaire 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 événements 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 événements 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 d'acide 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 78 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 20 à 55 taxa par transect pour l'ensemble de la zone (avec une moyenne de 31.8 taxa par transect vs 32.6 : stable à très légère baisse).

La richesse spécifique des macrophytes est comprise entre 0 à 16 taxa par transect pour l'ensemble de la zone (avec une moyenne de 4.5 taxa par transect vs 4.3 : stable à très légère hausse).

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.

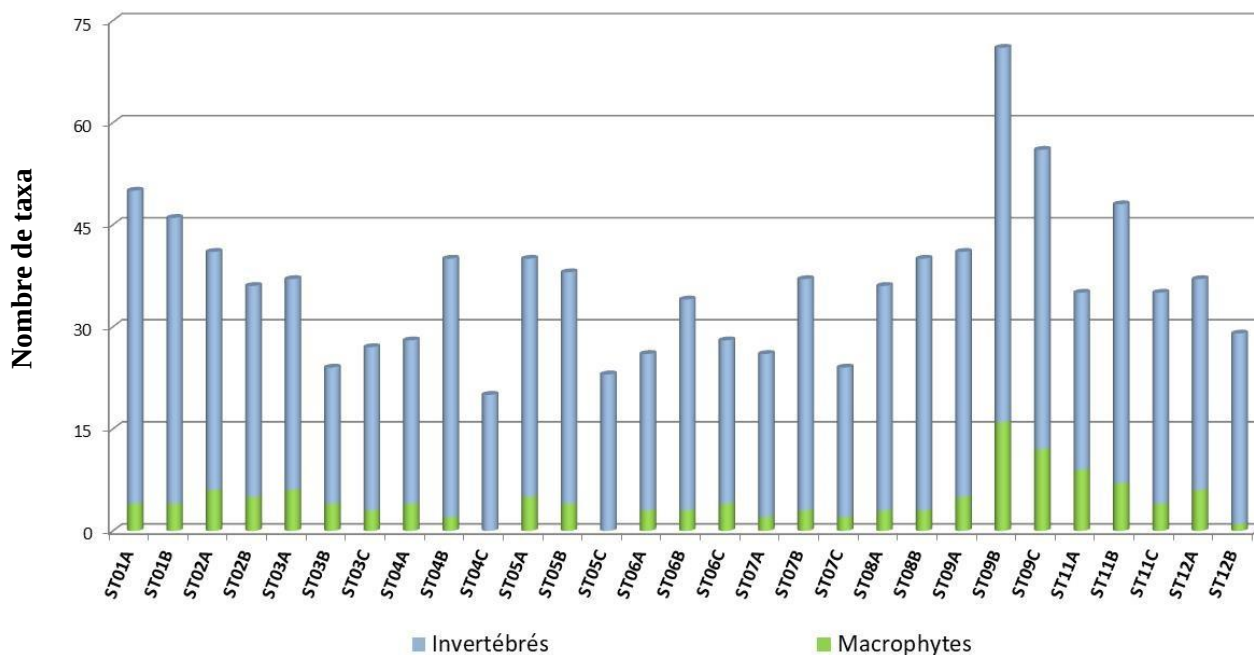


Figure 78 : Richesse taxonomique du benthos dans 2 groupes clés

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 octobre 2019, la richesse spécifique du site Havannah est composée de :

- **96 espèces d'invertébrés** dont 23 espèces de mollusques ; 19 espèces de cnidaires : alcyonaires (11 taxons), actiniaires (5 taxons), zoanthaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon) ; 26 espèces d'échinodermes : holothurides (11 taxons), astéries (7 taxons), échinides (5 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 15 espèces d'éponges ; 11 espèces d'ascidies
- **21 espèces de macrophytes** : algues vertes (11 taxons), algues rouges (7 taxons), algues brunes (3 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

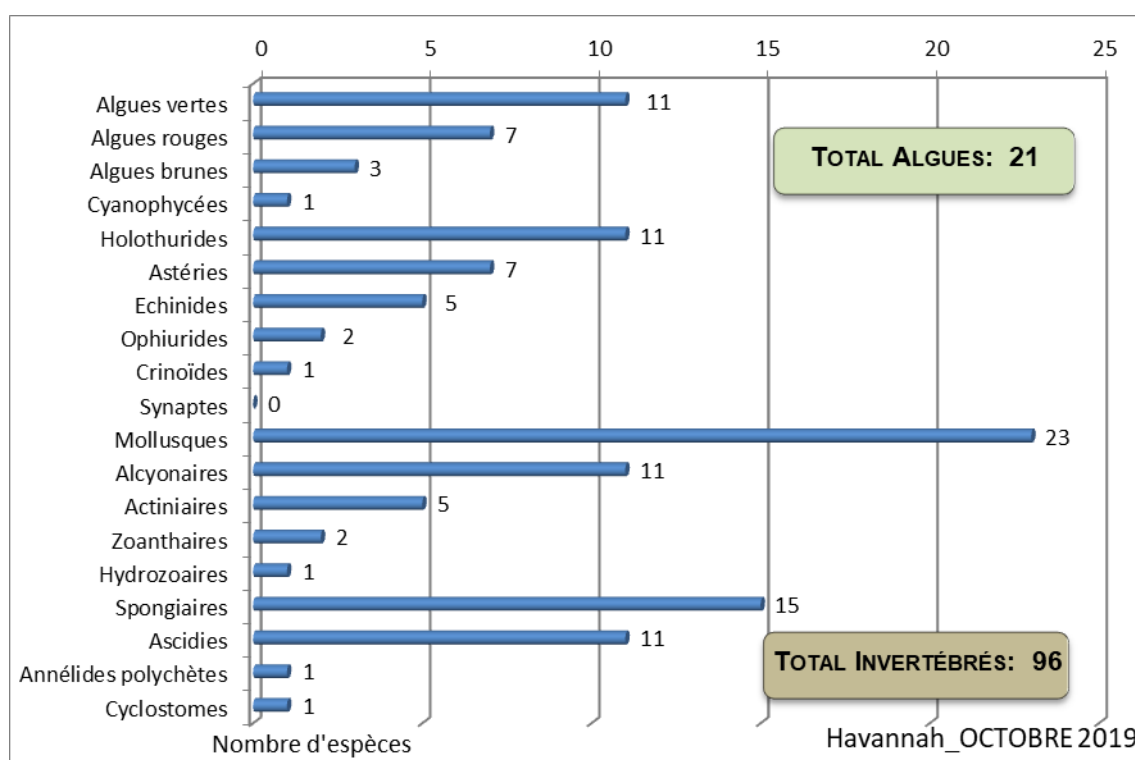


Figure 79 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal de la Havannah

5.2.3.2 Assemblage spécifique du benthos dans le canal Woodin

En octobre 2019, la richesse spécifique du site Woodin est composée de :

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

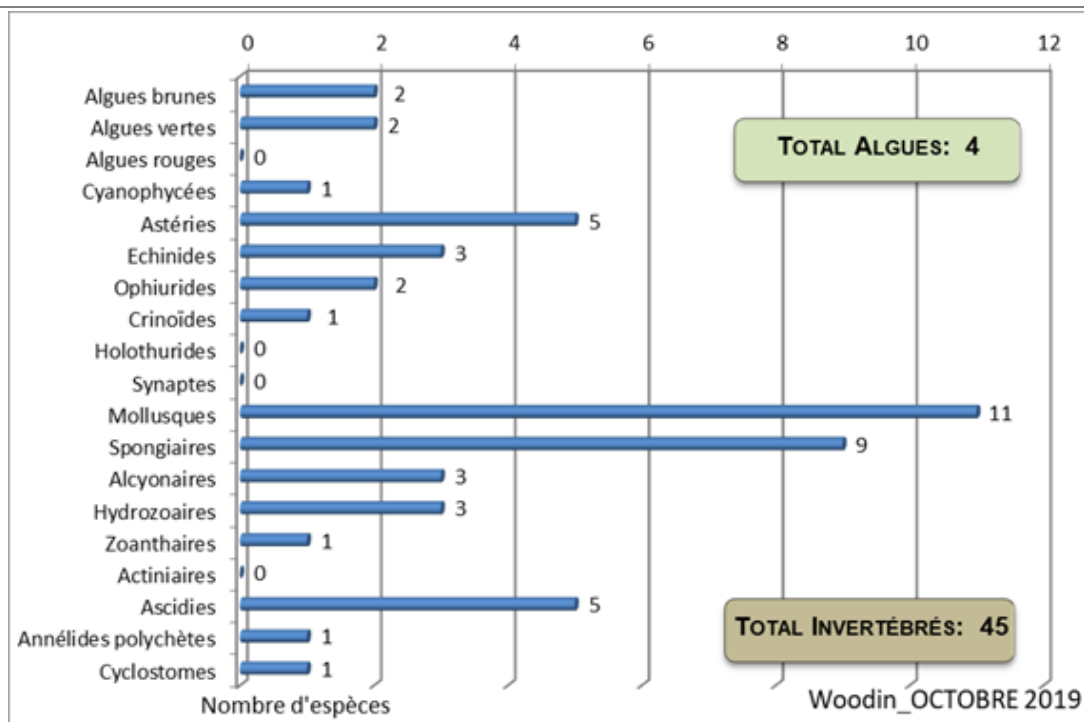


Figure 80 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal Woodin

5.2.3.3 Assemblage spécifique du benthos dans la baie de Prony

En octobre 2019, la richesse spécifique du site Prony est composée de :

- **71 espèces d'invertébrés** dont 17 espèces de mollusques ; 12 espèces de cnidaires : alcyonaires (9 taxons), zoanthaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon) ; 23 espèces d'échinodermes : astéries (9 taxons), holothurides (6 taxons), échinides (4 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), synaptes (1 taxon) ; 9 espèces d'éponges ; 8 espèces d'ascidies
- **7 espèces de macrophytes** : algues vertes (4 taxons), algues brunes (2 taxons), algues rouges (1 taxon)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

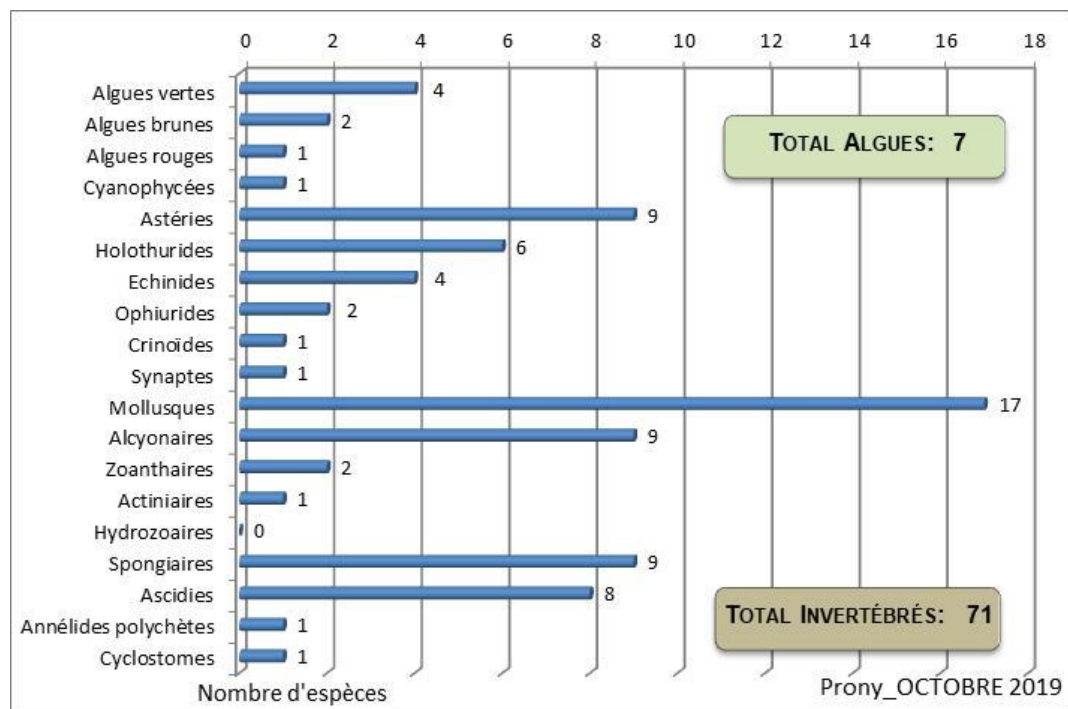


Figure 81 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour la baie de Prony

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 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.

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 : 96 taxons, Prony : 71 taxons et Woodin : 45.

Selon les stations : 36 à 59 espèces ont été dénombrées (respectivement ST12 et ST09).

Selon les transects : 20 à 55 espèces ont été dénombrées (respectivement ST03B = ST04C 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 **31.83 (+/- 8.49) taxons**.

La station ST09 a une richesse spécifique importante pour les invertébrés (avec 36, 55 et 44 espèces respectivement pour les transects A, B et C soit 59 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 : 21 taxons, Prony : 7 taxons et Woodin : 4 taxons.

Selon les stations : 3 à 17 espèces ont été dénombrées (respectivement ST08 et ST09).

Selon les transects : 0 à 16 espèces ont été dénombrées (respectivement ST04C 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 4.48 (+/- 3.32) taxons**.

Aucune espèce de macrophytes identifiable *in situ* n'a été comptabilisée pour le transect ST04C.

Une seule espèce a été recensée *in situ* pour le transect ST12B.

La station ST09 a une richesse spécifique importante pour les macrophytes (avec 5, 16 et 12 espèces respectivement pour les transects A, B et C soit 17 espèces au total pour la station).

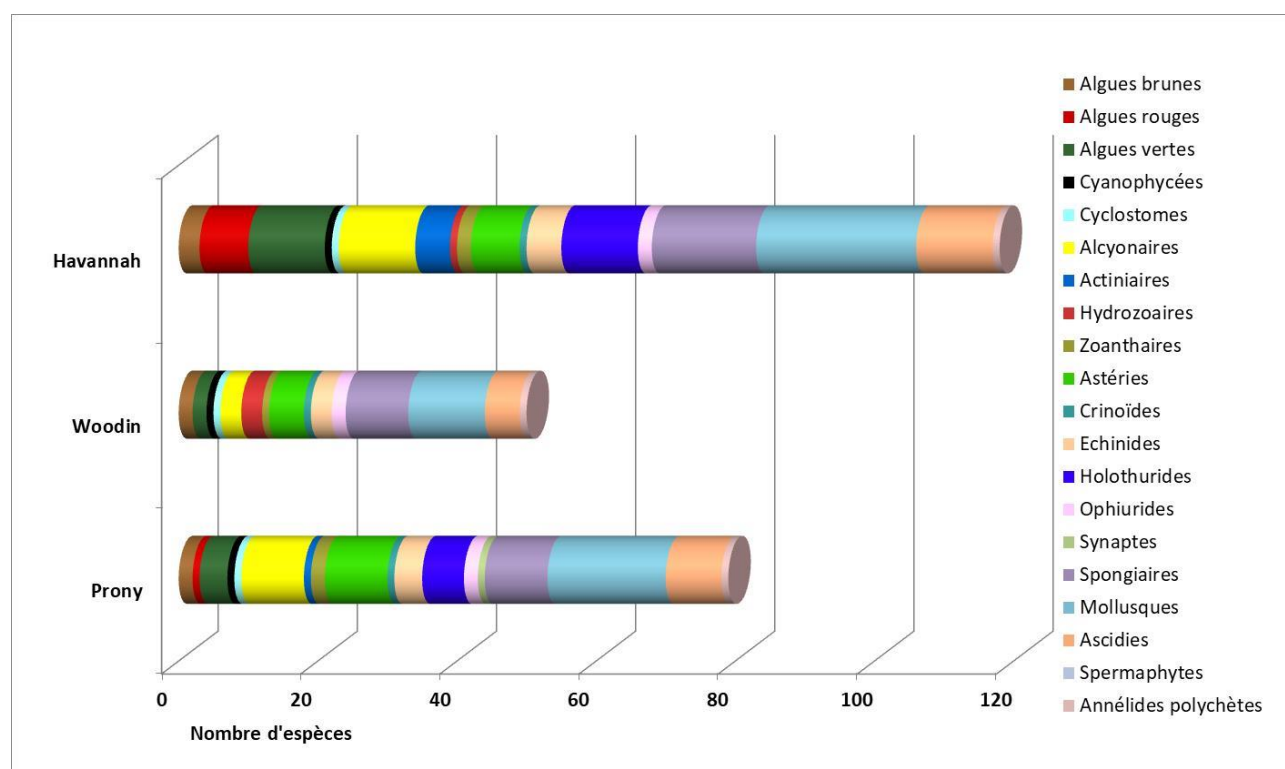


Figure 82 : Assemblage des invertébrés (hors coraux durs) et des macrophytes par groupe pour les trois sites

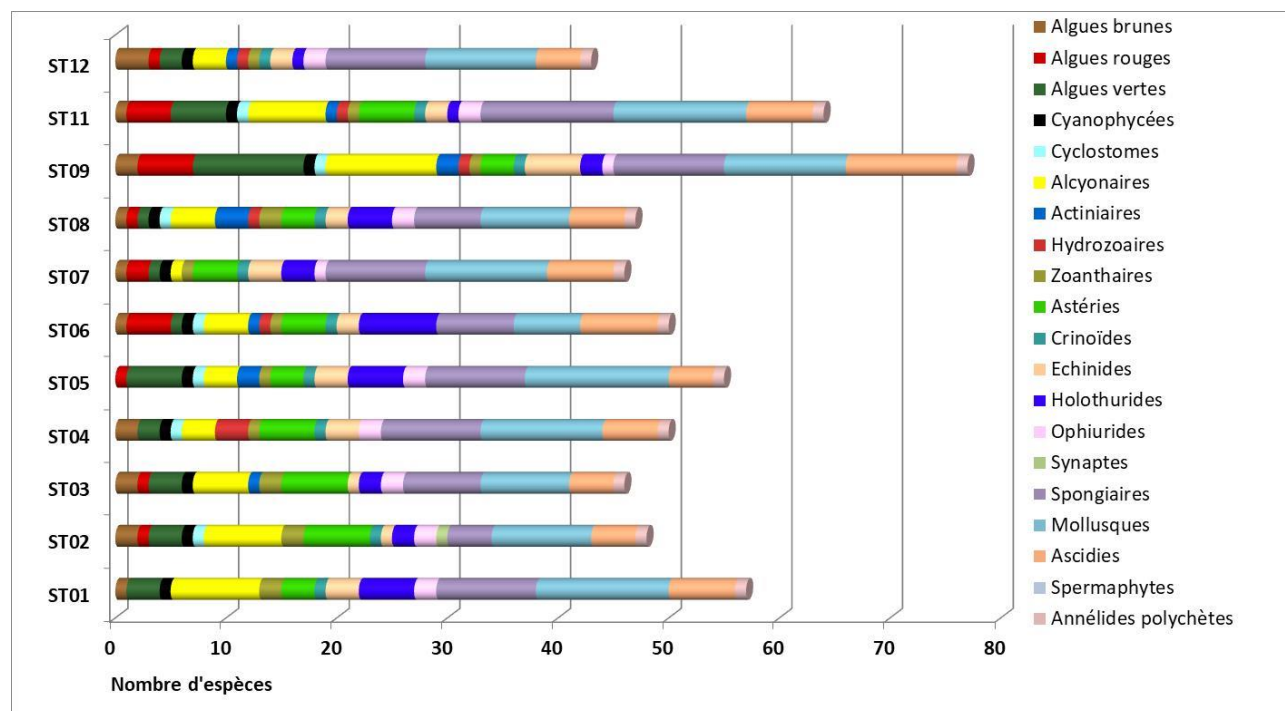


Figure 83 : Richesse spécifique des biocénoses* benthiques selon les groupes par station

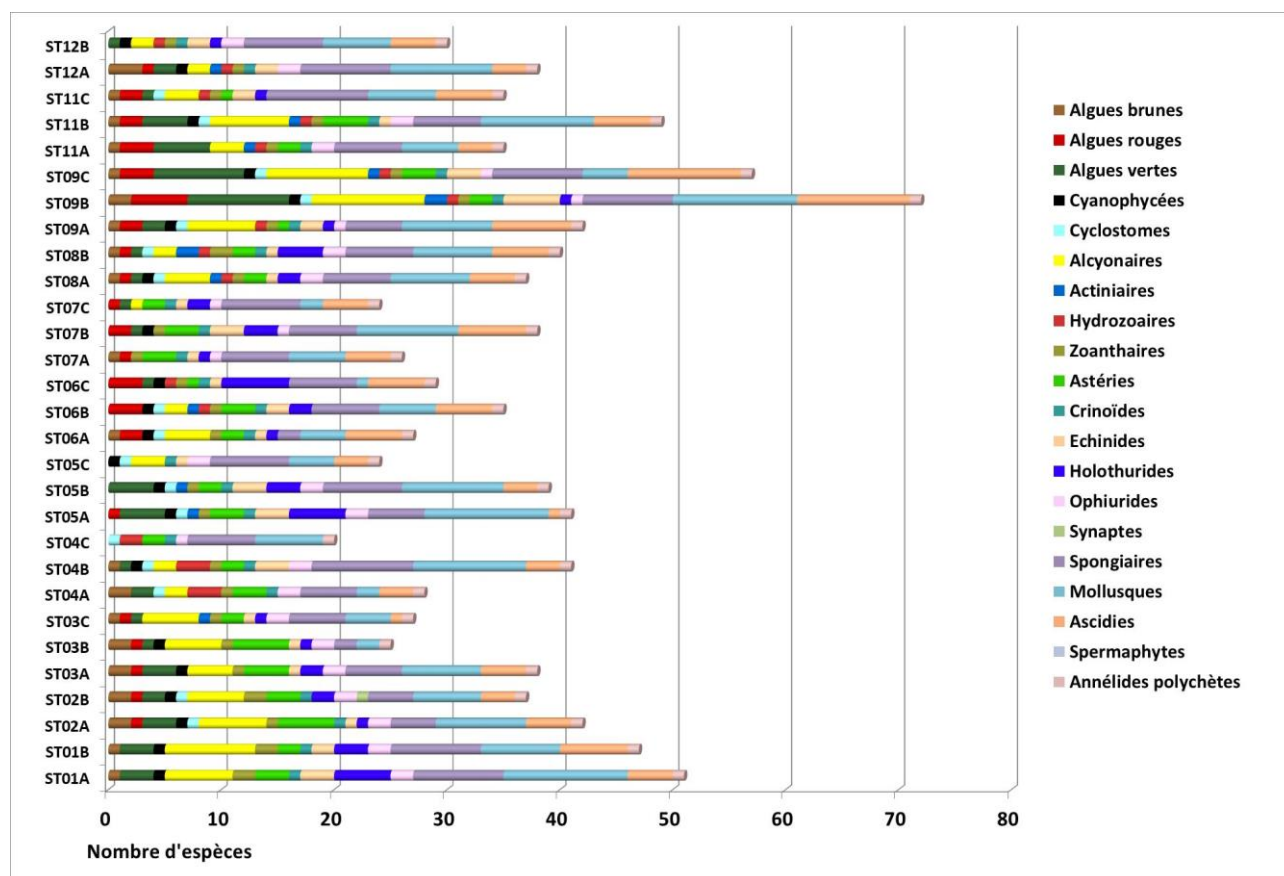


Figure 84 : Richesse spécifique des biocénoses benthiques selon les groupes par transect*

5.3 Ichtyologie

Les paramètres biologiques globaux concernant les stations sont présentés dans le [tableau 97](#) et de la [figure 85](#) à la [figure 87](#) (rappel : liste restreinte, cf. § 6.3).

Tableau 97 : 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	74	1,23	17,66	17	50	76	3,251	0,795
	ST02 CREEK BAIE NORD	63,5	1,06	8,26	16	50	70	2,796	0,699
	ST03 PORT	57,33	1,43	5,26	18	47	67	3,153	0,756
	Variances (σ^2)	71,03	0,03	41,85	1	3	21	0,06	0
	Ecart types (σ)	8,43	0,19	6,47	1	1,73	4,58	0,24	0,05
	Moyennes (μ)	64,94	1,24	10,39	17	49	71	3,07	0,75
	Coef. de Var(σ/μ)	0,13	0,15	0,62	0,06	0,04	0,06	0,08	0,06
	Int. de Conf. 95%	9,73	0,21	7,47	1,15	2	5,29	0,28	0,06
Canal de la HAVANNAH	ST04 WOODIN	355	4,56	372,66	75	91	135	4,591	0,737
	ST05 IORO	118,67	1,76	32,54	48	62	97	4,628	0,829
	ST06 IONONTEA	129,67	1,43	80,08	58	87	136	4,949	0,845
	ST07 B. CHAMBeyRON	661,67	6,07	1960,11	76	90	118	2,678	0,429
	ST08 PUKA	119	1,14	42,73	35	74	106	3,995	0,779
	ST09 BANCS KIE	130,33	1,69	20	50	72	102	4,538	0,804
	ST11 TOEMO								
	ST12 UGO	206	1,59	134,05	70	93	127	5,107	0,833
	Variances (σ^2)	276	3,96	186,9	30	52	84	2,651	0,54
	Ecart types (σ)	35188	3,37	434722	310,5	228,84	357,27	0,94	0,02
	Moyennes (μ)	187,58	1,83	659,33	17,62	15,13	18,9	0,97	0,15
	Coef. de Var(σ/μ)	249,54	2,78	353,63	55,25	77,63	113,13	4,14	0,72
	Int. de Conf. 95%	0,75	0,66	1,86	0,32	0,19	0,17	0,23	0,21

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'équitabilité ; **Int. de Conf.** : Intervalle de confiance de la moyenne au risque $\alpha = 0,025$.

Pour cette mission, c'est la station ST03 (Port) qui présente les plus faibles chiffres pour le nombre d'individus et la biomasse. C'est la station ST02 (Creek baie nord) qui a la richesse spécifique et la densité les moins élevées. C'est la station ST07 (Basse Chambeyron) qui présente l'indice d'équitabilité le plus bas (comme précédemment) et la station 12 (Ugo) pour l'indice de Shannon.

Pour cette mission c'est la station ST07 (Basse Chambeyron) qui est particulièrement riche en nombre d'individus, densité, richesse spécifique et biomasse.

La station ST11 (Toémo) présente le meilleur taux pour l'indice de Shannon et c'est la station 06 (Ionontea) qui a le plus fort indice d'équitabilité : ce sont donc des stations avec une structure des populations très homogène. A noter : pour une fois, ce n'est pas le cas de toutes les stations puisque la ST07 et la ST12 ont un indice d'équitabilité < 0.6 .

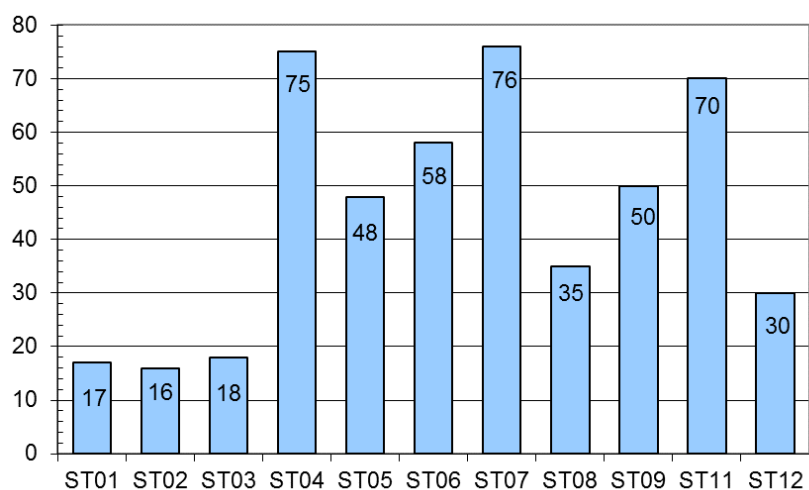
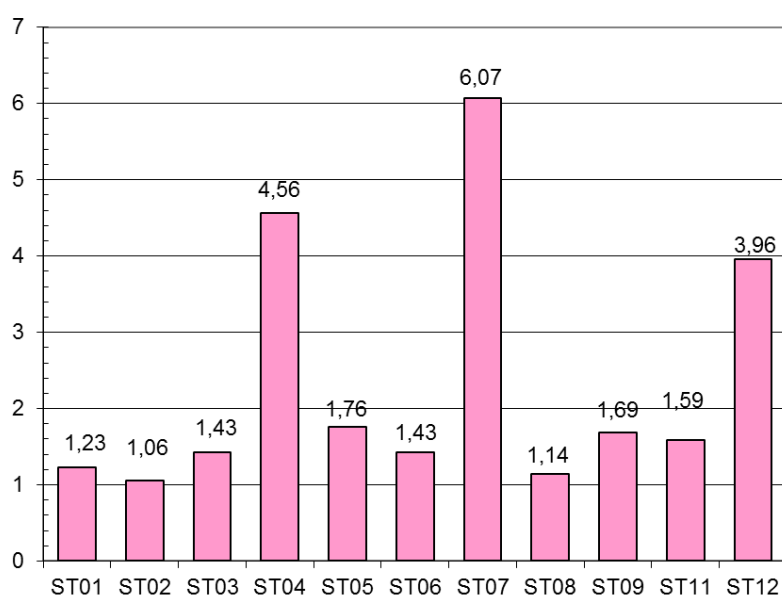


Figure 85 : Richesse spécifique de l'ichtyofaune par station



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

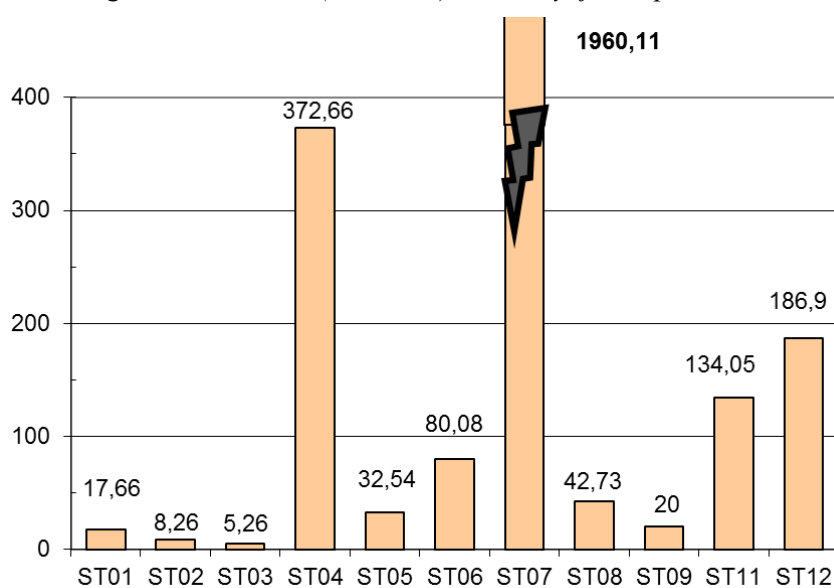


Figure 87 : Biomasse (g/m²) de l'ichtyofaune par station

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 suivi d'août 2007), ne présentent pas, de manière permanente, d'anomalie caractéristique d'espèce envahissante qui pourrait nuire à l'environnement.
- Cependant, une attention particulière doit être portée sur l'évolution du recouvrement de deux genres de macrophytes (*Asparagopsis* et *Lobophora*). Des investigations complémentaires seraient à mettre en place avec un pas de temps plus court (trimestriel) et une méthodologie adaptée (quadrats) afin d'évaluer leur potentielle nuisance sur l'environnement ainsi que leur développement dans le temps et dans l'espace.
- **Pour la 4^{ème} fois depuis le début du suivi, une prolifération d'*Acanthaster planci* est constatée.**

Par ailleurs, les gastéropodes *Drupella cornus* ont une abondance en diminution et ils ont été recensés en ST11Ab (niveau 2) et les *Culcita novaeguineae* ont été recensées en ST03BC (1 spécimen).

Mais leurs perturbations sur les coraux sont négligeables.

5.4.3.1 *Acanthaster planci*

L'évolution de ce corallivore est détaillée au § 6.2.2.3.

Globalement, depuis le début du suivi biologique, cette espèce est présente de manière très occasionnelle mais c'est donc la 4^{ème} alerte « prolifération » pour cette mission.

Ce sont toujours la station 02 (Creek baie nord) et la station 04 (Woodin) qui sont concernées.

Cependant, 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 les zones de prolifération. Les colonies blanchies et mortes en place concernent particulièrement des *Acropora* branchus et tabulaires.

La 1^{ère} 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 et pour cette mission (cf.).

De plus, en novembre 2018, ces corallivores ont été recensés (un seul spécimen) pour les transects ST03C, ST05B et ST12A.

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

5.4.3.2 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.

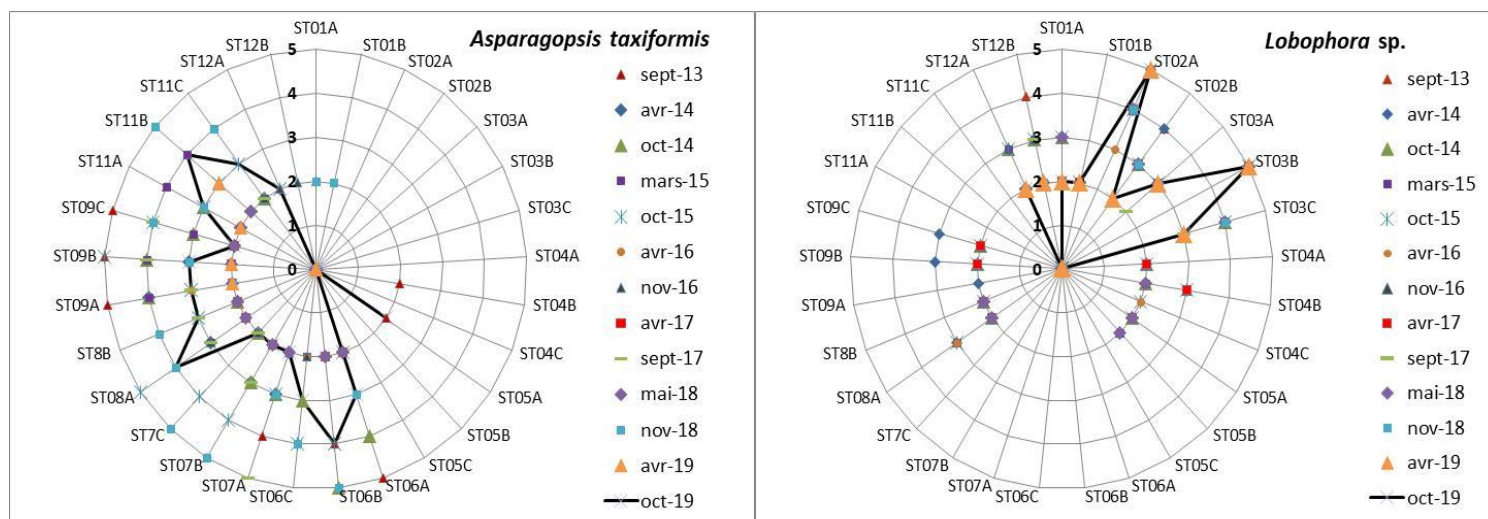


Figure 88 : Abondance semi quantitative (1 à 5) d'*Asparagopsis taxiformis* et de *Lobophora variegata* entre septembre 2013 et octobre 2019

5.4.3.2.1 *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* est absente dans la baie de Prony et le canal Woodin. Son recouvrement diminue largement dans le canal de la Havannah et elle est nouvellement absente des transects ST06C, ST07AC, ST11 et ST12.

En septembre 2017 l'algue rouge *Asparagopsis* est toujours absente dans la baie de Prony et le canal Woodin (milieux non adaptés au développement de cette algue). Elle se développe de manière modérée dans le canal de la Havannah (abondance en moyenne $\leq$ niveau 3), avec des relevés plus importants en ST07A (niveau 5) et ST09BC (niveau 4).

En mai 2018 l'algue rouge *Asparagopsis* est 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 est en diminution pour de nombreux couloirs du réseau de suivi du canal de la Havannah (abondance $\leq$ niveau 2).

En novembre 2018 l'algue rouge *Asparagopsis* est présente de manière exceptionnelle en ST01 (Casy) de la baie de Prony (niveau 2). Elle est 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 développe 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 est absente en ST05 et ST12.

En avril 2019, l'algue rouge *Asparagopsis* est absente dans la baie de Prony et le canal Woodin (milieux non adaptés au développement de cette algue). Son développement a 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 $\leq$ niveau 2) et en ST11 (abondance $\leq$ niveau 3).

En octobre 2019, l'algue rouge *Asparagopsis* est toujours absente dans la baie de Prony et le canal Woodin (milieux non adaptés au développement de cette algue). Elle se développe de manière modérée dans le canal de la Havannah (abondance $\leq$ niveau 2 à 3) et son abondance est particulièrement importante en ST06B, ST08A et ST11B (niveau 4).

5.4.3.2.2 *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* est stable par rapport à la mission précédente. Seul le transect ST03C (niveau 4) présente une augmentation du recouvrement.

En septembre 2017, le recouvrement de *Lobophora* a 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* sont ST02A (niveau 4) et ST03B (niveau 5).

En mai 2018, le recouvrement de *Lobophora* est +/- 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) enregistre encore une hausse non négligeable pour les 3 transects (respectivement niveau 3, 5, 4). La sédimentation et la turbidité affaiblissent les coraux et les thalles de cette algue brune se développent sur les colonies mortes en place.

En novembre 2018, le recouvrement de *Lobophora* est +/- stable par rapport à la mission précédente. Les transects ST01A, ST04B, ST05AB, ST08AB enregistrent une diminution de recouvrement (surtout en ST04 et ST08 où elle est totalement absente depuis la mission précédente).

Son développement est 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* est +/- stable par rapport à la mission précédente. Le transect ST02A enregistre une augmentation d'abondance (niveau 5) et les transects ST02B, ST03C enregistrent une diminution par rapport à la dernière mission.

Son développement est conséquent (niveau 5) en ST02A (Creek baie nord) et en ST03 (Port).

En octobre 2019, le recouvrement de *Lobophora* est stable par rapport à la mission précédente. Seul le transect ST02B enregistre une diminution d'abondance (niveau 2 à 0).

Son développement reste conséquent (niveau 5) en ST02A (Creek baie nord) et en ST03 (Port).

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). Cependant, la croissance des coraux branchus (*Acropora*, *Anacropora* et *Seriatopora*) est telle que les branches coralliennes s'accroissent par-dessus et plus vite que les algues brunes (de

même pour le genre d'algue verte *Halimeda*).

→ Cette constatation caractérise un bon état de santé du récif, malgré une croissance importante des *Lobophora*, les paramètres environnementaux sont favorables à une croissance importante des coraux.

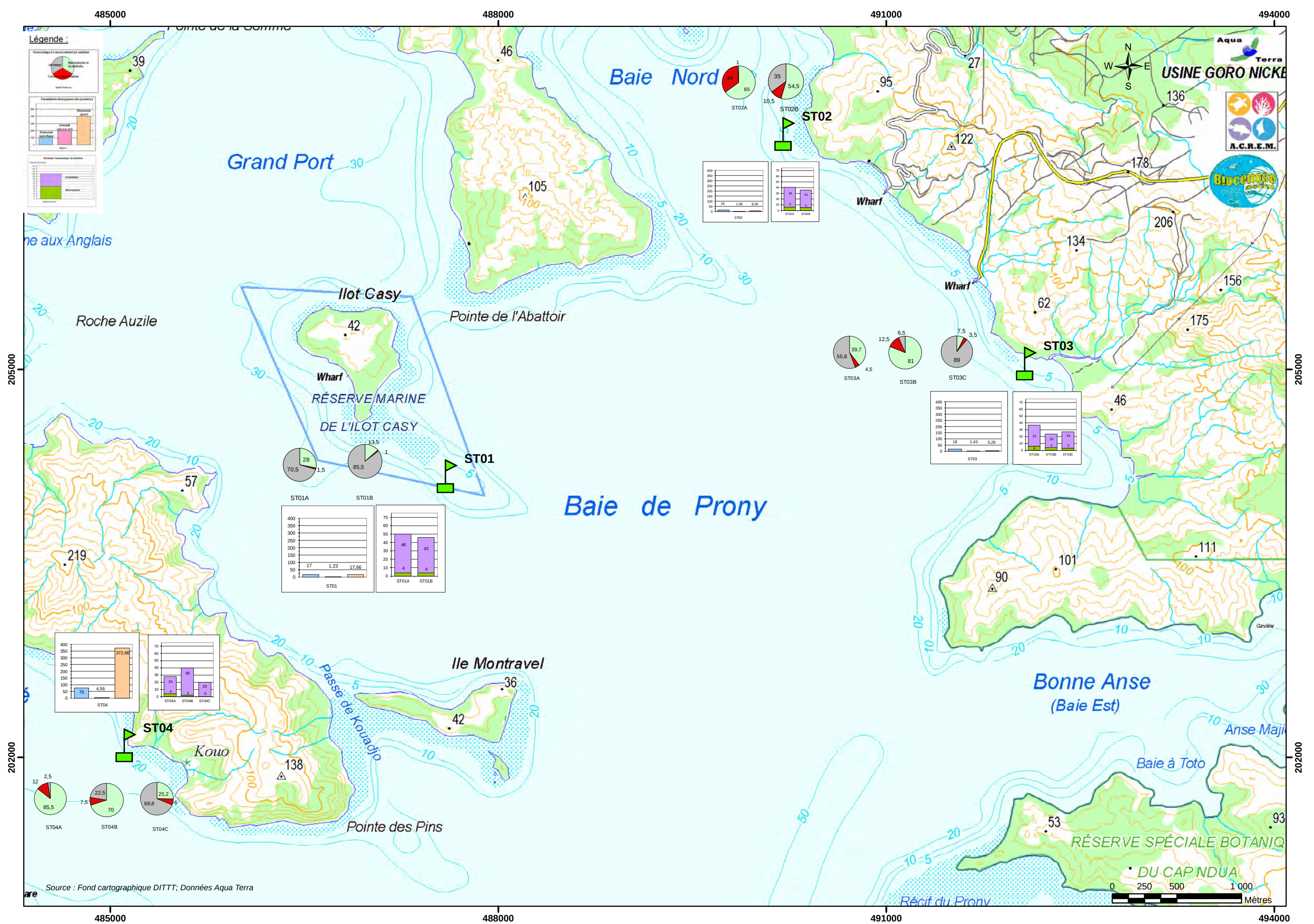
La station du port (ST03) ne présente pas une croissance des coraux branchus aussi importante. Les thalles de *Lobophora* sont très abondants et ils se développent sur les débris coralliens, les colonies mortes en place et à la base des coraux dégradées par la sédimentation et la turbidité.

La compétition spatiale est soutenue entre les coraux et ces algues brunes.

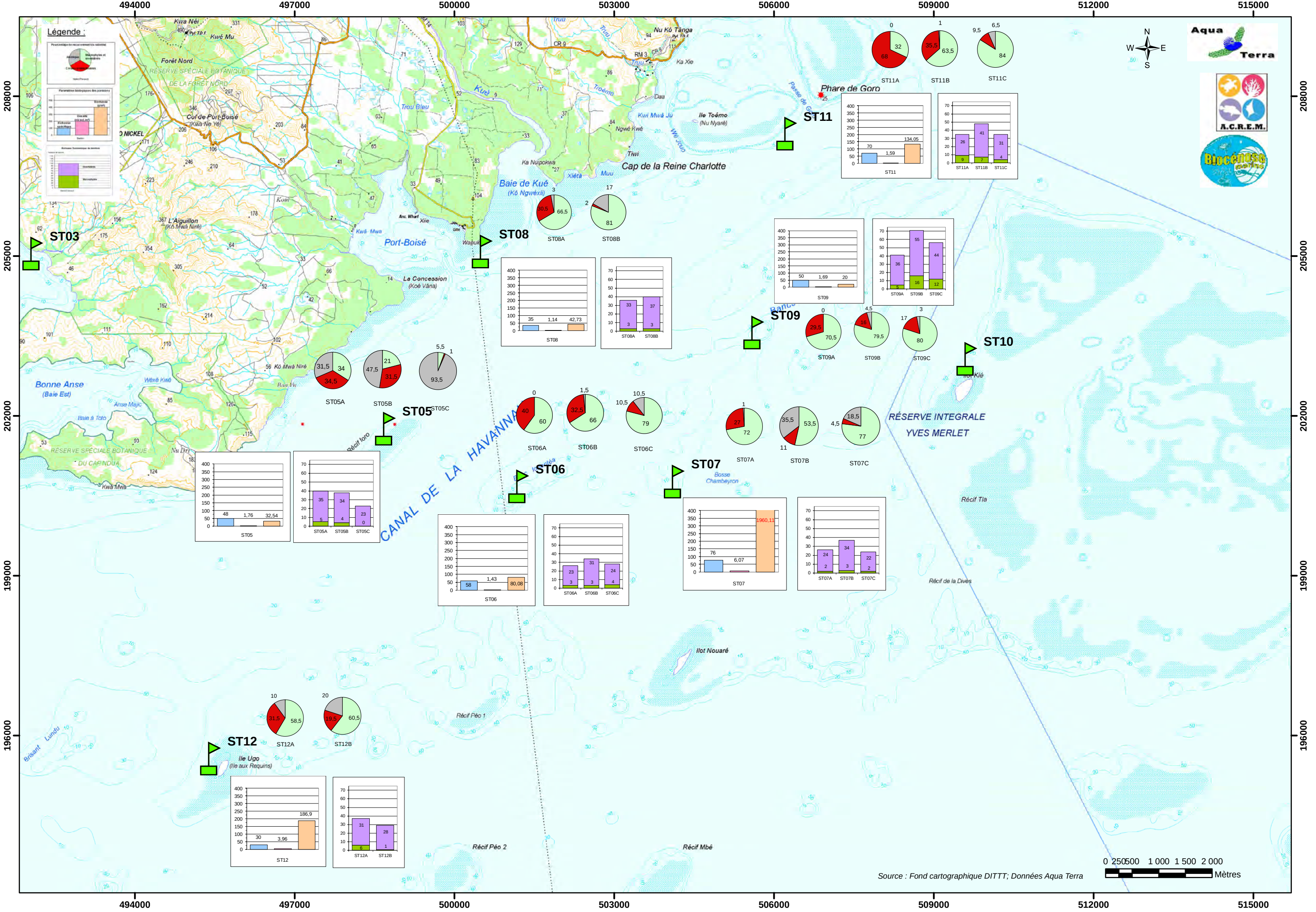
→ L'apport de particules terrigènes paraît être le facteur perturbant à la croissance corallienne pour la station ST03 (turbidité et sédimentation).

Depuis avril 2019, une prolifération d'*Acanthaster planci* est également en œuvre en ST02 et ST03, ce qui affaiblit le développement des coraux par rapport à la lutte spatiale contre les algues.

Ces trois genres sont actuellement suivis avec attention à chaque campagne.



Carte n°14 : Résultats généraux - Octobre 2019 : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station de la baie de Prony – canal Woodin



Carte n°15 : Résultats généraux - Octobre 2019 : 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 108](#)).

Selon plusieurs études [R58, R42], 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 » [R63].

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 (1^{ère} fois depuis le début du suivi) aucune variation significative ($\geq 20\%$).

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 scléactiniaires, la moyenne des variations du recouvrement en scléactiniaires 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 scléactiniaires, 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 scléactiniaires (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 sont stables : il n'y a ainsi (2^{ème} fois depuis le début du suivi) aucune variation significative ($\geq 20\%$).

Il y a, 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 scléactiniaires par rapport à la mission précédente est une baisse de 1.72%. Ce recul est essentiellement dû à la ST04 (Woodin) qui perd à nouveau 8% dans son recouvrement en scléactiniaires transect B et 17.5% au transect A. Ce sont les conséquences de la prolifération des *Acanthaster planci*.

En octobre 2019 : par rapport à la mission précédente, globalement les stations sont stables : il n'y a ainsi qu'une variation significative : c'est l'inversion entre la proportion de sable (disparition : - 58.5%) pour l'augmentation du « corail mort avec algues » (+ 57.5%). 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 scléactiniaires par rapport à la mission précédente est encore une baisse, de 1.64%. Ce recul est encore dû à la ST04 (Woodin) qui perd à nouveau 12.5% dans son recouvrement en scléactiniaires 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 sont les conséquences de la prolifération des *Acanthaster planci*.

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 16 missions précédentes (à savoir celles depuis 2010) 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,

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

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 répliquats pour une station du fait de leur grande hétérogénéité liée à la profondeur justement. Les données quantitatives par transect sont donc obtenues sans répliquat : 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.
- 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 événements 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 événements deviennent extrêmes.

Lors des événements 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 apparaît 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, synaptés), 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 avril 2019 à octobre 2019, la richesse spécifique absolue des invertébrés (hors coraux durs) a évolué de -9 à +5 espèces selon les transects (ST011B et ST07A). **C'est contraire au semestre précédent, où cette évolution de diversité était majoritairement positive sur l'ensemble des niveaux bathymétriques** (cf. [tableau 109](#)).

- Les transects présentant une **diminution de diversité absolue** par rapport à la dernière mission (respectivement -3 et -9 espèces) sont : ST02B, ST03B, ST06AB, ST07BC, ST08A, ST09B, ST11B.

- Les transects présentant une **augmentation de diversité absolue** par rapport à la dernière mission (entre +3 et + 5 taxons) sont : ST03A, ST04C, ST05AB, ST07A, ST08B, ST11A.

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 98](#).

Tableau 98 : Valeur de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2010

Biodiv. α	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	Sept. 2011	Mars 2011*	Sept. 2010	Mars 2010
ST01A	45	46	37	36	34	38	44	44	51	44	47	48	48	39	42	32	27	24	23	23
ST01B	41	41	37	38	29	32	39	35	42	46	39	37	41	29	33	28	23	18	17	18
ST02A	33	31	33	36	30	33	38	34	40	40	38	38	37	33	27	25	21	20	15	17
ST02B	29	35	32	32	22	22	27	30	32	29	28	31	28	26	30	26	24	19	17	19
ST03A	30	27	25	29	25	25	30	34	32	33	35	38	31	25	32	20	20	16	17	15
ST03B	19	22	19	26	16	21	27	30	35	29	28	35	33	26	26	22	15	9	7	5
ST03C	23	25	28	26	21	21	25	29	25	22	24	28	24	18	30	23	19	17	15	13
ST04A	22	21	22	22	16	25	24	19	30	23	28	31	24	19	22	21	22	16	18	17
ST04B	36	34	34	46	38	42	42	40	44	44	43	47	45	35	32	28	26	20	21	20
ST04C	18	15	22	25	16	23	22	23	28	24	22	28	20	18	20	24	26	24	21	19
ST05A	33	30	31	45	39	38	40	39	45	42	39	42	42	27	28	24	23	15	17	16
ST05B	32	29	28	47	36	37	42	30	32	36	34	35	40	30	33	30	31	23	22	23
ST05C	21	19	20	22	20	14	16	16	16	20	20	21	21	20	19	20	21	21	19	20
ST06A	21	24	18	24	21	18	16	17	17	13	20	26	15	19	16	20	20	7	11	15
ST06B	29	33	30	36	28	26	33	36	42	39	45	38	41	36	34	26	28	16	14	17
ST06C	23	25	25	24	19	23	32	31	28	21	28	29	38	27	26	25	25	13	14	16
ST07A	23	18	18	24	19	20	25	29	20	25	20	18	15	26	14	17	14	8	17	17
ST07B	33	37	30	41	27	36	35	39	44	36	40	38	39	31	25	27	27	20	19	19
ST07C	21	25	25	19	20	33	35	40	33	28	31	27	32	24	18	25	28	18	19	21

ST08A	31	36	36	56	40	37	41	36	39	42	42	39	34	35	50	39	34	23	24	26
ST08B	35	32	30	42	36	28	43	36	31	36	34	36	29	23	29	30	27	24	24	27
ST09A	34	35	34	46	41	36	43	39	37	44	49	46	43	39	34	32	31	20	22	26
ST09B	53	59	58	68	58	56	67	60	66	71	78	80	64	63	49	44	38	25	26	26
ST09C	42	41	43	43	39	35	40	40	47	56	57	53	54	45	44	37	36	24	25	26
ST11A	25	21	18	28	23	17	18	18	29	23	31	30	33	27	30	42	43	18	15	19
ST11B	39	48	45	53	39	37	49	41	47	53	53	50	48	45	37	45	39	22	20	24
ST11C	29	31	32	30	27	30	35	36	38	38	39	39	29	35	31	35	34	24	25	25
ST12A	30	31	28	37	30	34	44	37	46	53	41	39	40	37	38	30	20	14	19	19
ST12B	27	29	28	33	25	33	42	40	39	47	40	37	34	37	36	22	23	21	18	19

* Les étoiles rouges indiquent que les missions succèdent à une phase dépressionnaire

6.2.1.3.1 Analyse par Anovar

Une ANOVAR sur ce tableau de biodiversité α des invertébrés est donnée [tableau 99](#).

L'analyse des variances de la richesse spécifique des invertébrés pour les 20 dernières campagnes ne montre pas de similarité, même pour une valeur de F à 99%. Le rejet est total et l'ANOVAR n'accrédite pas l'hypothèse d'identité H_0 . Toutes les séries ont des variances différentes.

Tableau 99 : Analyse de la Variance de la biodiversité α des invertébrés (hors coraux durs), depuis 2010

k1=p-1	18	F obs.	11.18
K2=n-p	560	F95%	1.61
		F99%	1.94

Tableau 100 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2010

	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	10/11	03/11*	09/10	03/10
Richesse spécifique moyenne	30.24	31,03	29.86	35,66	28.76	30,00	34,97	33,72	36,38	36,45	37,00	37,38	35,24	30,83	30,52	28,24	26,38	18,59	18,66	19,55
Ecart type	8.37	9,70	8.93	11,70	9.88	9,07	11,08	9,24	10,72	12,94	12,58	11,66	11,21	9,85	8,97	7,47	7,09	4,95	4,39	4,82
Intervalle de confiance (IC:0,95)	3.11	3,6	3.32	4,35	3.67	3,37	4,11	3,43	3,98	4,81	4,67	4,33	4,16	3,66	3,33	2,77	2,63	1,84	1,63	1,79
Coefficient de Variation	0.28	0,31	0.30	0.33	0.34	0,30	0,32	0,27	0,29	0,36	0,34	0,31	0,32	0,32	0,29	0,26	0,27	0,27	0,24	0,25

* Les étoiles rouges indiquent que les missions succèdent à une phase dépressionnaire

De manière générale, la diversité absolue des invertébrés a tendance à augmenter durant la mission du premier semestre (mars à mai) et à diminuer 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 termes.

Les récifs ont subi des dégradations induites par les événements 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) et les événements 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).

En octobre 2019, la diversité absolue des invertébrés évolue de manière hétérogène selon la géolocalisation des récifs. Un grand nombre d'espèce apparait et disparaît selon les transects. Les groupes faunistiques faisant varier cette diversité sont particulièrement les suivants : les espèces mobiles comme les échinodermes (astéries, échinides, holothuries) et des espèces sessiles (alcyonaires dans le canal de la Havannah, spongiaires et mollusques). Ainsi les conditions hydrodynamiques soutenues et la disponibilité en nourriture pourront être responsables de cette distribution disparate.

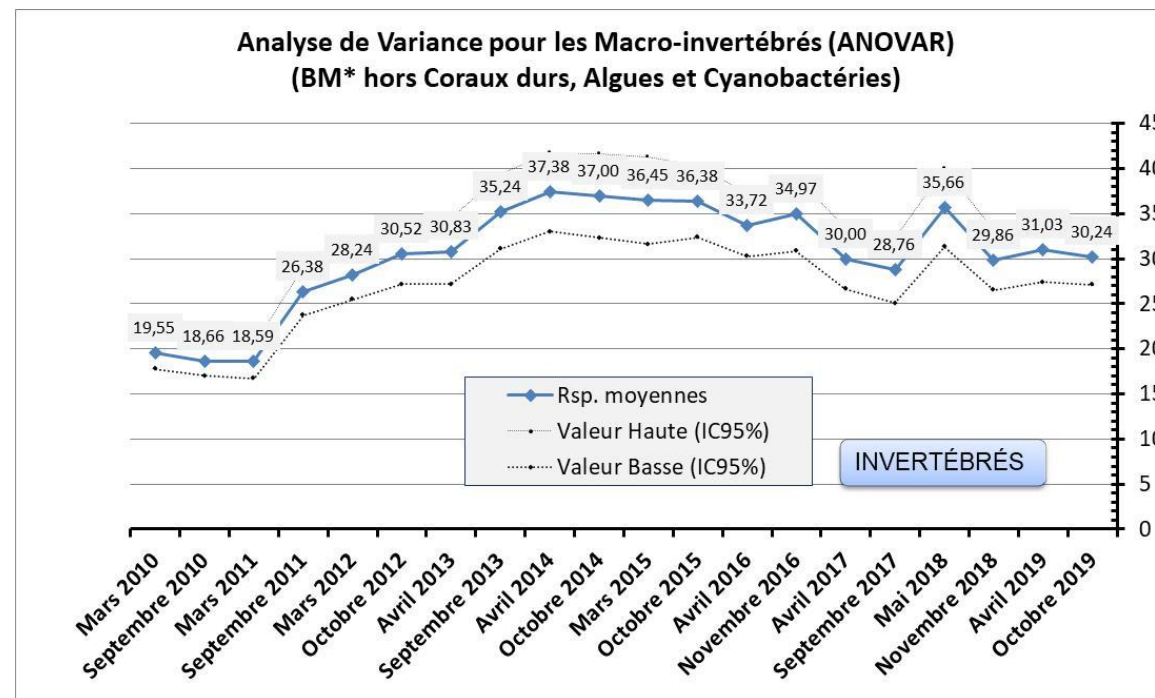


Figure 89 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010

Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance

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 98** est considéré en classant les valeurs en ligne.

Tableau 101 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010

KHI 2 obs.	294.2			
Ddl = 19	Khi ² 95%	Khi ² 97,5%	Khi ² 99%	Khi ² 99,5%
Valeur Khi²	30,144	32,852	36,191	38,582

Le rejet est total et le résultat s'accorde avec celui de l'ANOVAR. La diversité des invertébrés montre des évolutions dans le temps. Le test de Friedman permet de classer les années les unes par rapport aux autres.

Tableau 102 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010

Rang Invertébrés	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	Sept. 2011	Mars 2011*	Sept. 2010	Mars 2010
ST01A	13,5	16,5	7,5	7,5	6	9,5	13,5	13,5	20	13,5	16,5	18,5	18,5	9,5	11	5	4	3	1,5	1,5
ST01B	17	17	11,5	14	6,5	8	14	10	19	20	14	11,5	17	6,5	9	5	4	2	2	2
ST02A	10,5	8	10,5	14	7	10,5	16,5	13	19,5	19,5	16,5	16,5	16,5	10,5	6	5	4	3	1	2
ST02B	12,5	20	17,5	17,5	4,5	4,5	10	14,5	17,5	12,5	10	17,5	10	7,5	14,5	7,5	6	2	2	2
ST03A	13	10	7,5	11	7,5	7,5	13	17,5	15,5	17,5	19	20	13	7,5	15,5	4,5	4,5	2	2	2
ST03B	6,5	9	6,5	13,5	5	9	13,5	17	19,5	13,5	13,5	19,5	18	13,5	13,5	9	4	3	2	1
ST03C	9	13	17,5	16	6,5	6,5	13	19,5	13	9	13	17,5	13	4	19,5	9	5	3	2	1
ST04A	10	10	10	10	1,5	16	16	5,5	19,5	14	18	19,5	16	5,5	10	10	10	1,5	4	3
ST04B	9,5	7	7	19,5	11	14	14	12	17	17	14	19,5	17	9,5	7	4,5	4,5	2	2	2
ST04C	3,5	1,5	10	17	1,5	12,5	10	12,5	19,5	15	10	19,5	6,5	3,5	6,5	15	18	15	8	5
ST05A	10	8,5	8,5	19,5	13	13	13	13	19,5	17	13	17	17	6	7	5	4	2	2	2
ST05B	10,5	6,5	4	20	16	16	18,5	6,5	10,5	16	13	14	18,5	6,5	12	6,5	9	2	2	2
ST05C	17	6	11	20	11	1	3	3	3	11	11	17	17	11	6	11	17	17	6	11
ST06A	15	18,5	10,5	18,5	15	10,5	5,5	8,5	8,5	3	15	20	5,5	12	5,5	15	15	1	2	5,5
ST06B	7	10,5	9	14	7	4,5	10,5	14	19	16,5	20	16,5	18	14	12	4,5	7	2	2	2
ST06C	6,5	10	10	10	4	6,5	19	18	15,5	5	15,5	17	20	13,5	13,5	10	10	1,5	1,5	3
ST07A	15	9,5	9,5	17,5	9,5	13	17,5	20	13	17,5	13	9,5	4	17,5	2,5	6	2,5	1	6	6
ST07B	10	15,5	8	19	5,5	12,5	11	15,5	20	12,5	18	15,5	15,5	9	5,5	5,5	5,5	2	2	2
ST07C	6,5	9,5	9,5	3	3	17,5	19	20	17,5	13,5	15,5	12	15,5	9,5	3	9,5	13,5	3	3	6,5
ST08A	4	9,5	9,5	20	16,5	9,5	16,5	9,5	13	16,5	16,5	13	6	6	19	13	6	2	2	2
ST08B	16	12	10	19,5	16	7	19,5	16	10	16	13	16	7	2	7	10	4,5	2	2	4,5
ST09A	7	9	7	18,5	14	10,5	16	12,5	10,5	16	20	18,5	16	12,5	7	4,5	4,5	1,5	1,5	3
ST09B	7	11,5	9,5	17	9,5	8	16	11,5	15	18	19	20	14	13	6	5	4	2	2	2

ST09C	12	9	12	12	7	4	9	9	15,5	18,5	18,5	18,5	18,5	15,5	14	5,5	5,5	2	2	2
ST11A	11	8	4,5	13,5	9,5	4,5	4,5	4,5	13,5	9,5	16	16	18	12	16	19,5	19,5	4,5	1	4,5
ST11B	6	14	11	19	6	6	16	9	14	19	19	17	14	11	6	11	6	2	2	2
ST11C	7,5	7,5	11	7,5	4	7,5	13,5	16	17,5	17,5	19,5	19,5	7,5	13,5	7,5	13,5	13,5	2	2	2
ST12A	7,5	7,5	5	13	7,5	10	18	13	19	20	16,5	13	16,5	13	13	7,5	3	1	3	3
ST12B	7,5	9	7,5	10,5	6	10,5	19	17	17	20	17	14,5	12	14,5	13	4	5	3	1	2
(ΣRg)	288	303,5	272,5	432	237	270	398,5	371,5	451,5	434,5	453,5	484	406	289,5	288	241	219	90	71,5	88,5
Ordre	9,5	12	8	16	5	7	14	13	18	17	19	20	15	11	9,5	6	4	3	1	2

* Les étoiles rouges indiquent que les missions succèdent à une phase dépressionnaire

L'ordonnement des séries de données marque des ruptures de diversité à chaque période dépressionnaire.

Une augmentation est observable en septembre 2011 (liste d'échantillonnage des espèces plus détaillée) puis toujours une tendance à l'augmentation jusqu'en octobre 2015 (résilience du récif).

Ensuite, depuis avril 2016, une tendance à la régression de l'ordonnement est constatée, qui pourrait être liée (en partie) à la fréquence de plus en plus importante des événements dépressionnaires et climatiques.

Seule la mission de mai 2018 précédée par plusieurs dépressions a un niveau de rang élevé (niveau 14). En effet, un trimestre s'était écoulé entre les dépressions et la mission de mai 2018. Les invertébrés ont eu le temps de recoloniser les stations et les espèces mobiles se sont déplacées car la nourriture est devenue disponible.

En novembre 2018, la diversité diminue de manière significative par rapport à la mission précédente. Les conditions hydrodynamiques ont certainement perturbé les espèces aussi bien mobiles que sessiles des récifs les plus exposés (niveaux bathymétriques supérieurs et médians du canal Woodin et Havannah).

En avril et octobre 2019, l'ordonnement reste plus ou moins stable (en hausse) : les espèces d'invertébrés sessiles et mobiles évoluent et elles recolonisent les récifs de manière significative.

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 événements 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 être typiques pour un biotope considéré et selon la saisonnalité, elles vont plus ou moins dominer (l'hydrodynamisme et la température de l'eau vont influencer leur développement et/ou la sénescence).

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. § 5.4.3.2.1) durant l'été austral sur les récifs du canal de la Havannah et elle pourrait entraîner des perturbations sérieuses sur les coraux durant cette

période (compétition spatiale non négligeable). Cependant depuis le début du suivi aucune dégradation n'est constatée lors de sa prolifération en saison estivale.

- Les **algues brunes** sont plus pérennes 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. § 5.4.3.2.2) si les conditions environnementales venaient à affaiblir les coraux.

- Les **algues vertes** sont présentes toute 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 fraîches vs les saisons humides et sèches 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. § 5.4.3.2) 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 différents transects pour toutes les missions sont résumées dans le [tableau 103](#).

Tableau 103 : Valeur de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2010

Biodiv. α	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	Sept. 2011	Mars 2011*	Sept. 2010	Mars 2010
ST01A	4	6	4	3	3	4	8	5	6	7	8	6	8	5	9	7	8	7	7	6
ST01B	4	4	6	4	2	3	5	5	6	7	8	7	8	7	8	7	9	7	8	6
ST02A	6	6	5	5	6	6	5	6	6	7	6	5	5	6	8	5	5	5	5	5
ST02B	5	5	4	4	5	5	5	5	6	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5
ST03A	6	7	6	6	5	6	5	7	8	7	6	6	6	8	10	8	7	6	8	8
ST03B	4	3	3	3	4	5	8	6	8	5	5	6	5	6	6	6	5	5	5	5

ST03C	3	4	2	3	5	8	5	6	6	5	4	4	3	4	5	5	5	5	5	5
ST04A	4	2	2	2	2	6	5	4	4	5	5	5	7	4	8	7	5	4	4	5
ST04B	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	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
ST05A	5	4	3	8	5	5	6	5	7	5	7	7	9	6	8	6	4	4	5	5
ST05B	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	1	1	1	3	1	1	1	1	2	2	2
ST06A	3	2	4	4	2	3	2	1	3	3	4	2	2	2	5	3	5	2	6	6
ST06B	3	3	4	4	3	7	5	6	7	8	8	7	7	4	8	5	7	4	7	5
ST06C	4	2	6	1	2	2	4	5	4	7	6	6	5	3	7	5	7	3	4	3
ST07A	2	2	2	4	3	1	2	3	4	4	4	3	3	1	3	4	3	2	4	7
ST07B	3	1	3	3	3	5	3	4	6	5	8	7	5	3	6	4	2	0	2	4
ST07C	2	0	3	0	1	0	2	3	4	4	6	6	2	2	4	3	4	0	0	0
ST08A	3	3	4	7	5	7	11	8	8	9	8	10	8	6	13	8	9	6	5	5
ST08B	3	3	2	4	5	5	5	4	5	6	6	7	4	4	8	6	10	4	4	4
ST09A	5	7	8	14	11	13	14	10	11	12	17	18	11	10	13	10	7	5	4	6
ST09B	16	18	21	20	21	21	22	17	21	22	24	20	14	15	16	13	9	8	9	9
ST09C	12	15	19	18	19	20	21	17	19	19	20	17	12	9	16	12	9	9	7	11
ST11A	9	5	5	7	5	3	5	1	9	4	9	6	8	4	6	6	7	3	3	7
ST11B	7	9	10	9	6	5	10	6	9	8	11	7	7	8	9	9	8	6	6	4
ST11C	4	2	3	3	4	4	6	6	5	4	4	4	4	7	8	3	6	3	1	2
ST12A	6	5	5	6	2	4	8	4	10	9	9	6	5	3	7	4	3	4	4	3
ST12B	1	2	2	2	2	2	6	3	6	7	7	4	2	2	3	3	0	3	2	2

* Les étoiles rouges indiquent que les missions succèdent à une phase dépressionnaire

6.2.1.5.1 Analyse par Anovar

Une ANOVAR sur ce tableau de biodiversité α des macrophytes est donnée [tableau 104](#).

L'analyse des variances de la richesse spécifique des macrophytes pour les 20 dernières campagnes ne montre pas de similarité (la valeur de Fobs est comprise entre 95% et 99%). Le rejet est total et l'ANOVAR n'accrédite pas l'hypothèse d'identité H_0 . Toutes les séries ont des variances différentes.

Tableau 104 : Analyse de la Variance de la biodiversité α des macrophytes depuis 2010

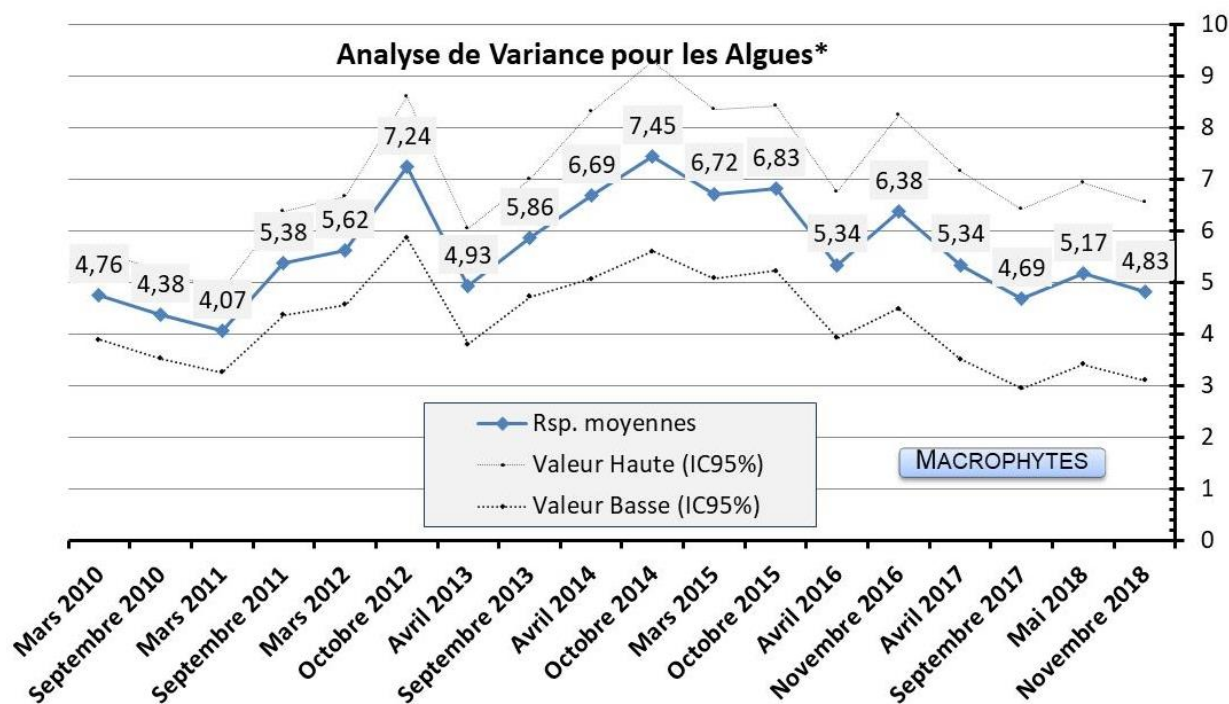
k1=p-1	19	F obs.	1.99
K2=n-p	560	F95%	1.61
		F99%	1.94

Tableau 105 : Analyse de la Variance de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2010

	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	10/11	03/11*	09/10	03/10
Richesse spécifique moyenne	4.48	4.28	4.83	5.17	4.69	5.34	6.38	5.34	6.83	6.72	7.45	6.69	5.86	4.93	7.24	5.62	5.38	4.07	4.38	4.76
Ecart type	3.32	4.07	4.74	4.83	4.77	5.01	5.16	3.88	4.40	4.49	5.07	4.45	3.11	3.09	3.77	2.88	2.76	2.22	2.32	2.36
Intervalle de confiance (IC. 0,95)	1.21	1.48	1.72	1.76	1.74	1.82	1.88	1.41	1.60	1.63	1.84	1.62	1.13	1.13	1.37	1.05	1.00	0.81	0.84	0.86
Coefficient de Variation	0.74	0.95	0.98	0.93	1.02	0.94	0.81	0.73	0.64	0.67	0.68	0.67	0.53	0.63	0.52	0.51	0.51	0.55	0.53	0.49

* Les étoiles rouges indiquent que les missions succèdent à une phase dépressionnaire

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.

**Figure 90 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des macrophytes depuis 2010**

Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance

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 103](#) sera considéré en classant les valeurs en ligne.

Tableau 106 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2010

KHI 2 obs.	143.9			
Ddl = 19	Khi ² 95%	Khi ² 97,5%	Khi ² 99%	Khi ² 99,5%
Valeur Khi²	30,144	32,852	36,191	38,582

L'Ho d'identité de colonnes n'est pas vérifiée. Le rejet est important et ce test montre que des variations de biodiversité existent entre les missions. La diversité des macrophytes subie des évolutions dans le temps (saisonnalité, événements dépressionnaires et climatiques).

Le test de Friedman permet de classer les années les unes par rapport aux autres et il apparaît 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 événements dépressionnaires** ou exceptionnels (coup d'ouest).
 - Les **valeurs de biodiversité des macrophytes sont faibles durant** la saison hivernale en août 2007 (saison fraîche et sèche) et mars / mai 2010, 2011, 2013, 2016, 2017, 2018 et 2019 (**saison humide et fin de saison chaude**).
 - Cependant, en avril 2014 et mars 2015, la diversité a tendance à rester stable (phase el Niño avortée). La sénescence des macrophytes paraît être légèrement décalée de quelques mois.
 - De plus, les valeurs les plus basses de diversité coïncident avec les phases dépressionnaires (mars 2011, avril 2013, avril 2016, mai 2018 et avril 2019). En avril 2019, les vents ont été forts et soutenus durant les mois précédents. Les algues sont balayées des récifs exposés, particulièrement pour les niveaux supérieurs et médians, durant les événements hydrodynamiques intenses.
 - Les **valeurs de biodiversité sont les plus fortes en saison estivale** (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 niveaux bathymétriques supérieurs et médians des récifs exposés).
- **La diversité dépend des paramètres environnementaux et elle est contrainte par la saisonnalité et les événements exceptionnels (naturels ou anthropiques).**

Tableau 107 : Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2010

Rang Macrophytes	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	Sept. 2011	Mars 2011*	Sept. 2010	Mars 2010
ST01A	4	9,5	4	1,5	1,5	4	17,5	6,5	9,5	13,5	17,5	9,5	17,5	6,5	20	13,5	17,5	13,5	13,5	9,5
ST01B	4	4	9	4	1	2	6,5	6,5	9	13	17,5	13	17,5	13	17,5	13	20	13	17,5	9
ST02A	14,5	14,5	5,5	5,5	14,5	14,5	5,5	14,5	14,5	19	14,5	5,5	5,5	14,5	20	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5

ST02B	12	12	2,5	2,5	12	12	12	12	20	12	12	2,5	2,5	12	12	12	12	12	12	12
ST03A	6,5	12,5	6,5	6,5	1,5	6,5	1,5	12,5	17	12,5	6,5	6,5	6,5	17	20	17	12,5	6,5	17	17
ST03B	4,5	2	2	2	4,5	9,5	19,5	16	19,5	9,5	9,5	16	9,5	16	16	16	9,5	9,5	9,5	9,5
ST03C	3	6,5	1	3	13	20	13	18,5	18,5	13	6,5	6,5	3	6,5	13	13	13	13	13	13
ST04A	7,5	2,5	2,5	2,5	2,5	17	13,5	7,5	7,5	13,5	13,5	13,5	18,5	7,5	20	18,5	13,5	7,5	7,5	13,5
ST04B	3	1,5	1,5	6,5	6,5	12,5	12,5	12,5	18,5	16,5	12,5	18,5	20	12,5	16,5	12,5	6,5	6,5	6,5	6,5
ST04C	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	12	19	19	19	12	12	19	12	12	12	12	12	12	12	12
ST05A	8	3	1	18,5	8	8	13	8	16	8	16	16	20	13	18,5	13	3	3	8	8
ST05B	15,5	11	11	11	5,5	1,5	5,5	5,5	5,5	15,5	19	19	19	11	15,5	11	5,5	5,5	1,5	15,5
ST05C	5	5	5	5	5	5	5	5	5	13	13	13	20	13	13	13	13	18	18	18
ST06A	11	5	15	15	5	11	5	1	11	11	15	5	5	5	17,5	11	17,5	5	19,5	19,5
ST06B	2	2	5,5	5,5	2	14,5	9	11	14,5	19	19	14,5	14,5	5,5	19	9	14,5	5,5	14,5	9
ST06C	9,5	3	16	1	3	3	9,5	13	9,5	19	16	16	13	6	19	13	19	6	9,5	6
ST07A	5	5	5	16,5	10,5	1,5	5	10,5	16,5	16,5	16,5	10,5	10,5	1,5	10,5	16,5	10,5	5	16,5	20
ST07B	7,5	2	7,5	7,5	7,5	15	7,5	12	17,5	15	20	19	15	7,5	17,5	12	3,5	1	3,5	12
ST07C	9,5	3,5	13	3,5	7	3,5	9,5	13	16,5	16,5	19,5	19,5	9,5	9,5	16,5	13	16,5	3,5	3,5	3,5
ST08A	1,5	1,5	3	9,5	5	9,5	19	13	13	16,5	13	18	13	7,5	20	13	16,5	7,5	5	5
ST08B	2,5	2,5	1	7	12,5	12,5	12,5	7	12,5	16	16	18	7	7	19	16	20	7	7	7
ST09A	2	6	6	17,5	10,5	15,5	17,5	10,5	10,5	14	19,5	19,5	10,5	10,5	15,5	10,5	6	2	2	4
ST09B	9	11	15,5	15,5	15,5	15,5	15,5	9	15,5	15,5	20	15,5	6,5	6,5	9	5	2,5	2,5	2,5	2,5
ST09C	6,5	9,5	15,5	13	15,5	19	19	11,5	15,5	15,5	19	11,5	6,5	3	9,5	6,5	3	3	1	6,5
ST11A	19	8,5	8,5	15	8,5	3	8,5	1	19	5,5	19	12	17	5,5	12	12	15	3	3	15
ST11B	8	15	18,5	15	4,5	2	18,5	4,5	15	11	20	8	8	11	15	15	11	4,5	4,5	1
ST11C	11	2,5	5,5	5,5	11	11	17	17	15	11	11	11	11	19	20	5,5	17	5,5	1	2,5
ST12A	14	11	11	14	1	7	17	7	20	18,5	18,5	14	11	3	16	7	3	7	7	3
ST12B	2	7	7	7	7	7	17,5	13,5	17,5	19,5	19,5	16	7	7	13,5	13,5	1	13,5	7	7
ΣRg	211	182,5	208,5	240	205	266,5	344,5	298,5	418,5	411	451,5	386,5	336,5	269,5	463,5	348,5	320	207	248,5	272,5
Ordre	5	1	4	6	2	8	14	11	18	17	19	16	13	9	20	15	12	3	7	10

* Les étoiles rouges indiquent que les missions succèdent à une phase dépressionnaire

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).

Par contre l'ordonnancement de la mission de mai 2018 augmente légèrement par rapport à la mission précédente. Une période d'un trimestre s'est écoulée depuis les nombreux évènements dépressionnaires du début d'année 2018. Les macrophytes ont eu le temps de recoloniser les différents substrats (surtout pour les stations les plus exposées au ressac et à la houle du canal de la Havannah).

En novembre 2018, les niveaux bathymétriques les plus exposés montrent une baisse de diversité (surtout ST05A, ST07A, ST08A, ST09A, ST11A et ST12A).

En avril 2019, l'ordonnancement général est le plus faible depuis le début du suivi. Les niveaux bathymétriques des récifs les plus exposés montrent toujours une baisse de diversité. Les épisodes venteux n'ont pas cessé depuis la dernière mission. Les stations de la baie de Prony (plus abritées) ont un ordonnancement à la hausse.

En avril 2019, l'ordonnancement général augmente par le développement des algues rouges. Cependant, les récifs exposés sont arasés par les conditions météorologiques intenses.

6.2.2 Indicateurs de l'état de santé des récifs de la zone d'étude

Après avoir réalisé 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 (figure 92) :

- 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 résistances 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, prédateurs). Chacune de ces perturbations a 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, les paramètres de l'environnement vont le plus varier dans les niveaux bathymétriques supérieurs (hydrodynamisme, température, dessalure, ...). Certaines espèces coralliennes sont plus sensibles que d'autres aux variations de ces paramètres (*Seriatopora hystrix*, *Pocillopora damicornis*, *Stylophora pistillata*, *Acropora* branchu et tabulaire, *Isopora palifera*...). Mais paradoxalement ces espèces vont coloniser ces niveaux bathymétriques supérieurs car elles ont besoins de lumière pour se développer. 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. 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 entraînent inexorablement la mort des coraux. Ces colonies viennent juste de mourir lors de l'observation car la colonisation par le turf et les corallines est très rapide (< quelques semaines).
- ✓ **Les colonies coralliennes blanchies, en place, avec polypes** : le sont suite à un stress. Si les conditions environnementales redeviennent « normales » rapidement ces colonies coralliennes peuvent potentiellement réintégrer des zooxanthelles et continuer leur édification.
- ✓ **Les colonies coralliennes blanchies, fragmentées/retournées, avec polypes** : peuvent réintégrer des zooxanthelles et continuer leur édification si elles ne sont pas à nouveau remaniées. Ces perturbations seront observées en majorité sur les récifs exposés aux agents hydrodynamiques. Cette fragmentation peut entraîner, par gravité, des couloirs d'effondrement et des zones d'accumulation de débris en bas des récifs.

Le blanchissement corallien peut 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).

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 (0.9 m²). 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).

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 [R50, R51].

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 ont varié 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

Le gastéropode *Drupella cornus* et les astéries *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae* 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.

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* perdure en ST01A (7 spécimens) mais aucun spécimen n'a été recensé en ST01B. La mortalité des colonies coralliennes en ST01A est très importante (surtout les colonies du genre *Acropora*).

De plus, les stations ST05AB et ST12A présentent un seul spécimen d'*Acanthaster* par niveau bathymétrique. Ces spécimens viennent d'arriver car la mortalité corallienne est faible. Les colonies blanchies et mortes en place représentent respectivement (ST05AB : 0.3 m², 0.8 m² et ST12A : 0.9 m²).

Les gastéropodes *Drupella cornus* ont une influence négligeable sur les coraux pour cette mission. Ils ont été 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'a été recensé lors de cette mission.

En **novembre 2018**, les lésions coralliennes les plus fréquemment rencontrées sont induites par :

- L'astérie *Acanthaster planci* qui est présente (un seul spécimen) en ST01A, ST03C, ST05B et ST12A. La population a bien diminué en ST01A mais la mortalité des colonies coralliennes est très importante (surtout les colonies du genre *Acropora*). Désormais, ces corallivores prolifèrent en ST04ABC (51 spécimens / 300 m²) : elles dévorent en priorité les colonies d'*Acropora* tabulaires et d'autres spécimens arrivent du fond de la pente détritique. Les colonies blanchies et mortes en place représentent 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* ont une influence négligeable sur les coraux pour cette mission. Ils ont été 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'a été recensée que sur ST03C (1 spécimen) et aucune lésion n'a été constatée.

En **avril 2019**, les lésions coralliennes les plus fréquemment rencontrées sont induites par :

- L'astérie *Acanthaster planci* qui est 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 prolifèrent en ST02A et ST03B. Les colonies mortes en place et/ou blanchies sont très importantes en ST01 et ST04 à cause des proliférations des années précédentes.
- Les gastéropodes *Drupella cornus* ont été recensés en ST06A (niveau 3), ST08A (niveau 2) et leur abondance est en augmentation. Leurs perturbations sur les coraux sont négligeables.
- L'astérie *Culcita novaeguineae* n'a été recensée que sur ST03B (1 spécimen) et aucune lésion n'a été constatée.

En **octobre 2019**, les lésions coralliennes les plus fréquemment rencontrées sont induites par l'astérie *Acanthaster planci* qui est 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 sont très importantes en ST01, ST02, ST03 et ST04 à cause des proliférations des années précédentes.

Les autres corallivores ont des perturbations négligeables sur les coraux pour cette mission : les gastéropodes *Drupella cornus* ont été recensés en ST11AB (niveau 2) et les *Culcita novaeguineae* ont été recensés en ST03BC (1 spécimen).

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) présentent 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) sont toutes mortes en place et elles commencent à être recouvertes par du turf et des corallines.

En **avril 2019**, seul le transect ST07B (0,7 m²) présente la maladie de la bande blanche sur une colonie de *Pocillopora verrucosa*.

En **octobre 2019**, de nombreux transects du réseau de suivi présentent 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).

Les lésions liées à la sédimentation

Elles sont susceptibles d'affecter toutes les espèces. Chaque espèce a ses propres caractéristiques face 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 sont ST02B, ST03A B C et ST08A B. Ces colonies peuvent être entièrement ou partiellement mortes en place. L'apport sédimentaire peut 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 sont toujours ST02B, ST03ABC et ST08AB (avec une amélioration pour ST08A) et désormais ST04A (ruissellement sur la falaise apportant des particules terrigènes en surface).

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 est noté en ST4C (0.1 m²), ST09B (0.4 m²) et ST12B (0.5 m²).

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.

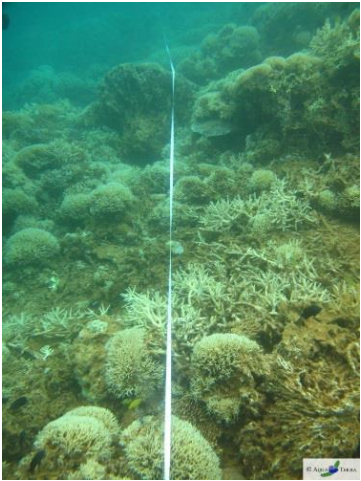
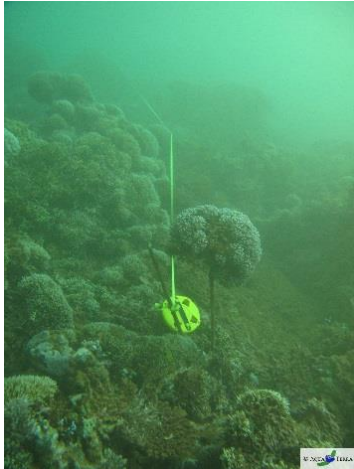
Le phénomène de blanchissement était généralisé à l'ensemble des récifs de la Nouvelle-Calédonie. Le recouvrement en coraux blanchis diminuait avec la profondeur. Il s'est avéré très important sur les platiers récifaux de la baie de Prony et du canal Woodin.

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).

En **mai 2018 à octobre 2019**, aucune colonie corallienne ne semble perturbée par ces variations.

		
Octobre 2015 Bon état de santé Piquet XX du transect A ST04	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 <i>Pocillopora damicornis</i> sur le piquet est en partie morte au milieu
		
Avril 2017 Résilience des colonies coralliennes et recrutement En 2017 : Résilience du récif : de nombreuses colonies coralliennes ont réintégré des zooxanthelles et continuent de croître	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'<i>Acanthaster planci</i> en novembre 2018	
		
En avril 2019, la mortalité corallienne est conséquente, surtout au transect B. De nombreuses colonies sont mortes en place La position de cette colonie la protège de l'attaque des corallivores	En novembre 2019, la mortalité corallienne augmente en A (toujours due aux <i>Acanthaster planci</i>)	
<i>Photographie 25 : Evolution du blanchissement corallien : colonie témoin du transect A de la ST04 (Woodin)</i>		

6.2.2.2 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 octobre 2019**, 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 meurt 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.

6.2.2.3 Les principales espèces concurrentes

Aucun phénomène de prolifération permanente n'a été constaté depuis le début du suivi (2007) (figure 91).

Attention cependant à la prolifération d'*Acanthaster planci* en ST01 (Casy) en 2017-2018 et à son installation (et maintien) en ST04 (Woodin) en novembre 2018 puis en avril 2019 en ST02 (Creek baie nord) et ST03 (Port).

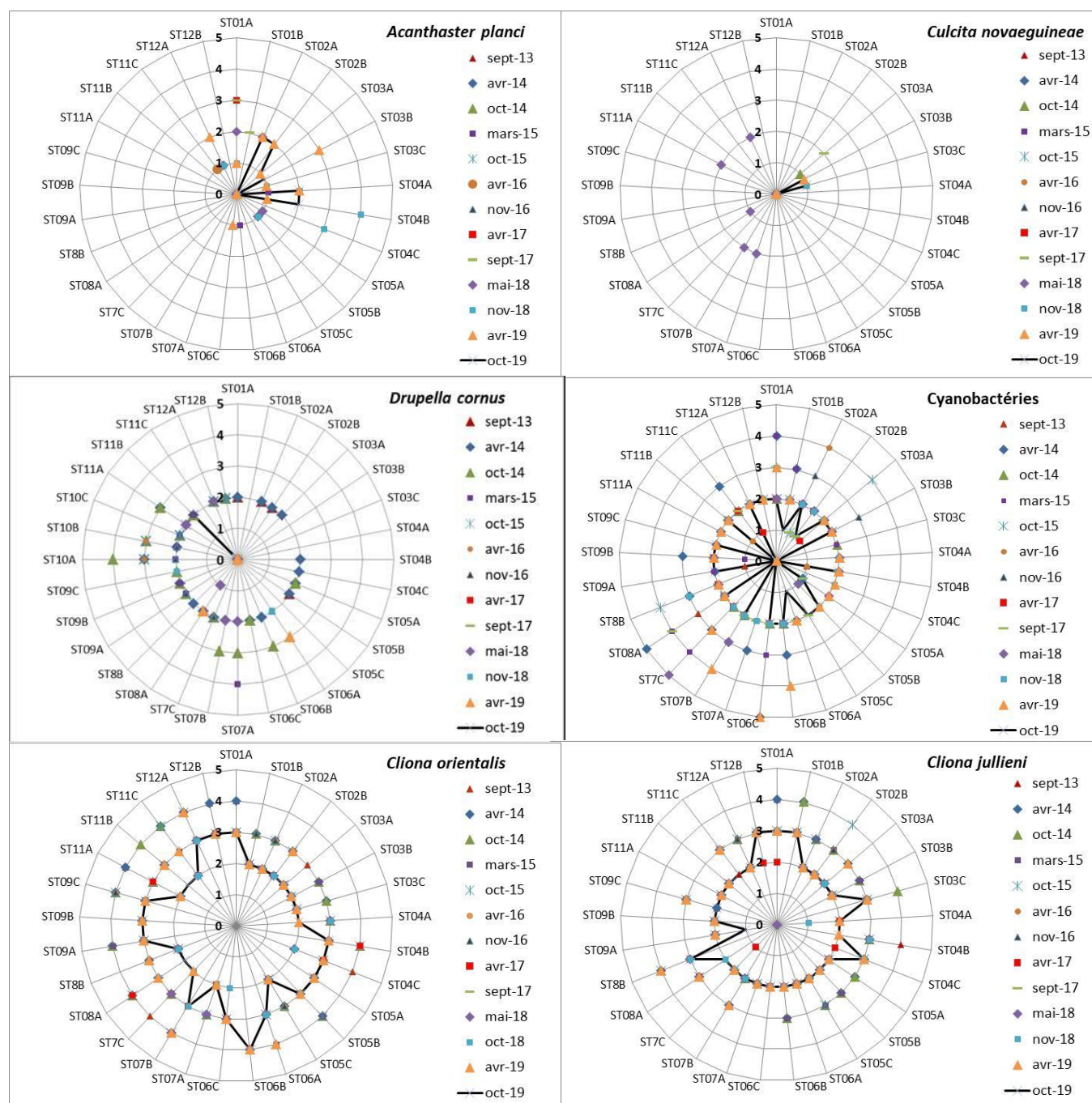


Figure 91 : Abondance semi-quantitative (1 à 5) des principales espèces cibles depuis septembre 2013

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 développent, sur les nouveaux débris coralliens et les colonies coralliennes retournées (grandes surfaces plurimétriques).

En septembre 2013, les conditions environnementales se stabilisent et leur développement régresse dans des proportions plus raisonnables (niveau 2). Toutefois, elles sont à surveiller avec une grande attention en ST01 et ST08 (niveau 3).

En avril 2014, le recouvrement des stations ST01 et ST08 a encore augmenté (respectivement niveau 4 et 5). Ces deux stations présentent également des maladies coralliennes en quantité non négligeable.

La station ST06 voit également son recouvrement augmenté (niveau 5) mais les dégradations sont mécaniques (agent hydrodynamique important).

En octobre 2014, le recouvrement des cyanobactéries a fortement régressé pour l'ensemble du réseau de suivi. Toutes les transects enregistrent un niveau inférieur ou égal au niveau 2.

En mars 2015, le recouvrement des cyanobactéries a augmenté pour la plupart des transects couloirs suite aux perturbations d'origine dépressionnaire (cyclone Pam). L'évolution de leur développement est 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 développent 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 est important pour les transects couloirs ST03A et ST08B (niveau 4) puis ST10A&B (niveau 3). Elles se développent 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 montrent une diminution du recouvrement. Bien que le recouvrement des cyanobactéries soit important pour ces stations, les dégradations occasionnées sont mineures pour le moment.

En avril 2016, les cyanobactéries ont bien diminué pour les stations qui présentaient un recouvrement important en octobre 2015 (ST03A, ST08B, ST10A&B). Par contre, le transect ST02A présente 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 octobre 2019, le recouvrement des cyanobactéries a 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 hydroides*) se développe particulièrement sur les débris coralliens.

Le recouvrement des cyanobactéries a diminué mais reste encore important pour les transects ST02A (niveau 3), ST04AB et ST11B (absence).

En avril 2017, les cyanobactéries ont nouvellement été recensées pour les transects du canal de la Havannah (ST07BC, ST09B et ST11BC ; niveau 2). Elles se développent sur les débris coralliens et les colonies mortes en place.

Par contre, leur recouvrement a 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 ($\leq$ niveau 2) et une baisse de recouvrement pour ST02A B (niveau 1).

En mai 2018, le recouvrement des cyanobactéries est en légère diminution pour les niveaux bathymétriques : ST01A, ST08A, ST11C et ST12B ($\leq$ niveau 2), et en augmentation pour de nombreux niveaux bathymétriques : ST01B, ST02AB, ST03B, ST04A, ST05AB et ST11A (< niveau 2).

Les niveaux bathymétriques ST07BC ont un développement très important et en grande augmentation par rapport à la précédente mission (respectivement niveau 3 et 5). Les causes de ce développement n'ont pas été déterminées

mais il est fortement probable que ce recouvrement ne perdure pas dans le temps et qu'il n'engendre pas de perturbation sur l'environnement. Les cyanobactéries se développent principalement sur le sable carbonaté et les débris.

En novembre 2018, le recouvrement des cyanobactéries est 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 ($\leq$ niveau 2). **Les niveaux bathymétriques ST07BC ne présentent pas de dégradation par rapport au recouvrement important des cyanobactéries de la précédente mission.**

En avril 2019, le recouvrement des cyanobactéries est 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 est en diminution pour les niveaux bathymétriques : ST02AB, ST07A (niveau 0), ST08B (niveau 2). **Désormais, les cyanobactéries se développent de manière périodique sur les stations ST06, ST07 et ST08.**

En octobre 2019, le recouvrement des cyanobactéries ne dépasse pas le niveau 2 d'abondance. Il est en légère augmentation pour les transects ST02AB, ST05C et ST09A et en diminution pour les transects : ST01AB, ST04AC, ST05A, ST06ABC et ST07B. **Désormais, les cyanobactéries se développent de manière périodique sur les stations ST06, ST07 et ST08.**

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

Les astéries corallivores (prédatrices de corail)

L'accroissement important et/ou la prolifération des astéries corallivores (*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.

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 a été observé en ST05A et ST05B (niveau 1). Cependant, la station ST10 présente régulièrement des stigmates de blanchissement corallien induit par les *Acanthaster* mais aucun spécimen n'a été observé depuis octobre 2012.

En octobre 2014, aucun spécimen d'*Acanthaster planci* n'a été observé. Concernant les *Culcita novaeguineae*, seul un spécimen par transect a été recensé pour ST03A et ST03B (Port). Les perturbations engendrées étaient très mineures.

En mars 2015, seul un spécimen juvénile d'*Acanthaster planci* a été observé en ST06B et 3 bras fraîchement mangés en ST04A. Aucun spécimen de *Culcita novaeguineae* n'a été observé.

→ Aucune colonie corallienne n'a été observée blanchie suite au passage d'une astérie corallivore.

En octobre 2015, aucun spécimen d'*Acanthaster planci*, ni de *Culcita novaeguineae* n'a été observé.

→ Aucune colonie corallienne n'a été observée blanchie suite au passage d'une astérie corallivore.

En avril 2016, aucun spécimen de *Culcita novaeguineae* n'a été observé et seul un juvénile d'*Acanthaster planci* a été recensé en ST11C.

→ Aucune colonie corallienne n'a été observée blanchie suite au passage d'une astérie corallivore.

En novembre 2016, aucun spécimen de *Culcita novaeguineae* n'a été observé et un seul spécimen d'*Acanthaster planci* a été recensé en ST01A (1^{ère} fois en baie de Prony).

→ Aucune colonie corallienne n'a été observée blanchie suite au passage d'une astérie corallivore.

En avril 2017, aucun spécimen de *Culcita novaeguineae* n'a été observé.

Par contre, le transect supérieur de la station de Casy (**ST01A**) présentait **12 spécimens d'*Acanthaster planci*** (/ 100 m²). C'est le plus grand rassemblement de ce corallivore (niveau 3) observé depuis le début du suivi. Lors du dernier suivi un seul spécimen avait été observé.

En septembre 2017, 3 spécimens de *Culcita novaeguineae* ont été observés en ST03A.

La station ST01 (Casy) présentait une prolifération d'*Acanthaster planci* (respectivement 13 et 3 spécimens pour 100m² aux transects A et B). C'est le plus grand rassemblement pérenne de ce corallivore (niveau 3) observé depuis le début du suivi d'août 2007. De nombreuses colonies coralliennes ont été dévorées depuis le début de cette prolifération.

En mai 2018 octobre 2019, la prolifération d'*Acanthaster planci* perdure en ST01A (7 spécimens) et aucun spécimen n'a été recensé en ST01B. La mortalité des colonies coralliennes en ST01A est très importante (surtout les colonies du genre *Acropora*).

De plus, les stations ST05AB et ST12A présentent un seul spécimen d'*Acanthaster* par niveau bathymétrique. Ces spécimens viennent d'arriver car la mortalité corallienne est faible. Les colonies blanchies et mortes en place représentent respectivement : ST05AB : 0.3 m², 0.8m² et ST12A : 0.9m².

Aucun spécimen de *Culcita novaeguineae* n'a été recensé lors de cette mission.

En novembre 2018, une prolifération d'*Acanthaster planci* est active en station ST04 (Woodin) (51 spécimens / 300 m²). Les colonies blanchies et mortes en place concernent pour le moment des *Acropora* tabulaires. De plus, les corallivores ont été recensés (un seul spécimen) pour les transects ST01A, ST03C, ST05B et ST12A. Elles sont présentes en station de Casy ST01 depuis novembre 2016 (1 spécimen) puis elles ont proliféré d'avril 2017 à mai 2018.

L'astérie *Culcita novaeguineae* n'a été recensée que pour ST03C (1 spécimen) et aucune lésion n'a été constatée.

En avril 2019, les *Acanthaster planci* prolifèrent en ST02A et ST03B. Des spécimens ont été observés 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). Elles sont présentes en ST01 (Casy) depuis novembre 2016 (1 spécimen) puis elles ont proliféré d'avril 2017 à mai 2018.

Les colonies mortes en place et/ou blanchies (sans polype) sont importantes en ST01, ST02, ST03 et ST04 à cause des proliférations de cette mission et des années précédentes.

L'astérie *Culcita novaeguineae* n'a été recensée que pour ST03B (1 spécimen) et aucune lésion n'a été constatée.

En octobre 2019, les *Acanthaster planci* prolifèrent en ST02. Des spécimens ont été observés en ST02AB (3 et 5 spécimens), ST03AB (1 et 1 spécimen), ST04AB (3 et 2 spécimens).

Leurs perturbations sur les coraux sont importantes dans les zones de prolifération des missions précédentes. Les colonies blanchies et mortes en place concernent particulièrement des *Acropora* branchus et tabulaires.

L'astérie *Culcita novaeguineae* n'a été recensée que pour ST03BC (1 spécimen) et aucune lésion n'a été constatée.

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 profitent de la phase de dégradation corallienne post dépression pour se développer sur les colonies perturbées (ST01, ST02, ST05, ST07, ST08 et ST11). Leur abondance est relativement modérée mais leur développement doit particulièrement être surveillé en ST08 et ST11 (niveau 3).

En avril 2014, leur abondance est modérée sur l'ensemble des stations mais ils se développent en ST10A et ST11A (niveau 3).

En octobre 2014, leur développement augmente 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 sont relativement conséquentes, de nombreuses colonies coralliennes (majoritairement les Acroporidae) sont dévorées puis mortes en place.

Les corallivores *Drupella cornus* sont 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* sont absents en baie de Prony et dans le canal Woodin pour cette mission d'octobre 2014.

En mars 2015, aucun *Drupella* n'a été observé en baie de Prony ni dans le canal Woodin. Par contre, leur développement est modéré (niveau 2) pour les récifs du canal de la Havannah et se concentre principalement sur les colonies d'*Acropora* tabulaire en ST07A (niveau 4).

En octobre 2015, seules deux stations présentent des perturbations dues à la prédation de *Drupella cornus*. Leur développement est modéré en ST12A&B (niveau 2) et important en ST10ABC (respectivement niveau 3, 3 et 2).

En avril 2016, seules trois stations présentent 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 est modéré en ST07A et ST12A (niveau 2) et important en ST10A&B (niveau 3).

En novembre 2016, l'espèce *Drupella cornus* n'a pas été observée avec une abondance supérieure au niveau 2 (ST06A, ST07C, ST09A et ST10AB). La station ST10 présente 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'a été 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 octobre 2019, les gastéropodes *Drupella cornus* ont une influence négligeable sur les coraux. Ils ont été 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* ont une influence négligeable sur les coraux. Ils ont été 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* ont été recensés en ST06A (niveau 3), ST08A (niveau 2) et leur abondance est en augmentation. Pour le moment leur influence est négligeable.

En octobre 2019, les gastéropodes *Drupella cornus* ont été recensés en ST11AB (niveau 2) et leur influence est négligeable.

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 événements 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 légère 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 légère 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 reste 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 reste 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 reste 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 a 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).

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 avril 2019 et celle-ci (octobre 2019) sont présentées dans le [tableau 110](#).

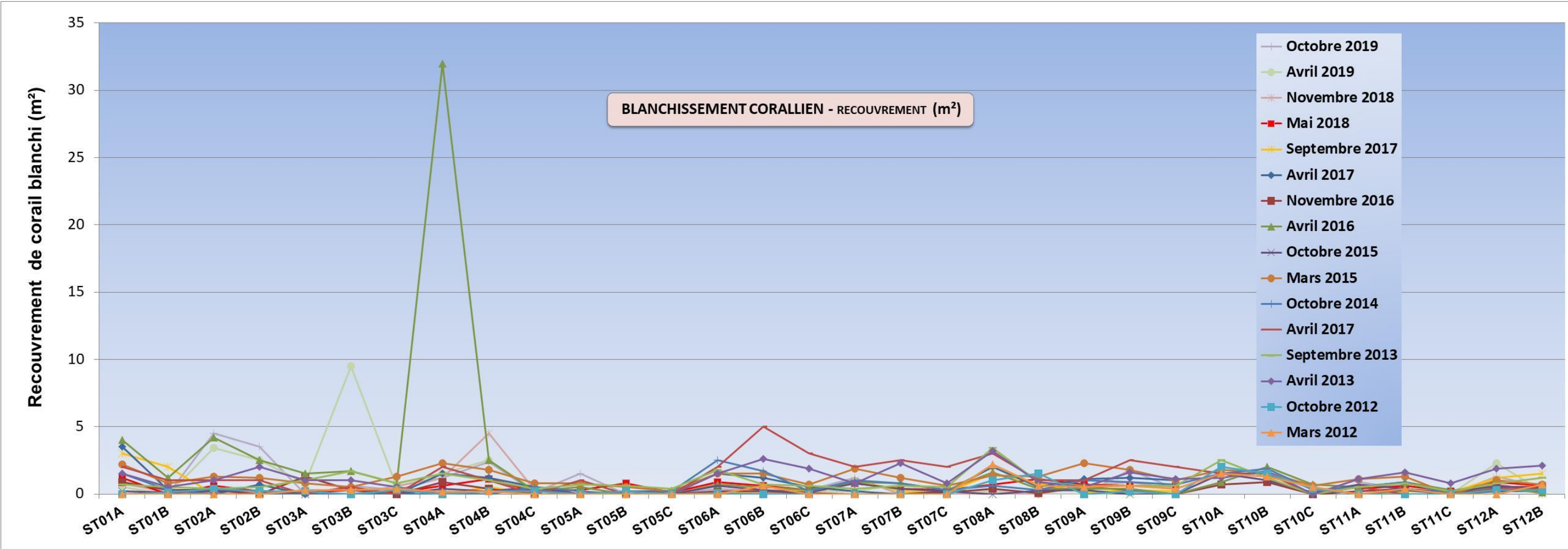


Figure 92 : Comparaison du recouvrement de corail blanchi, par transect, depuis 2012

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

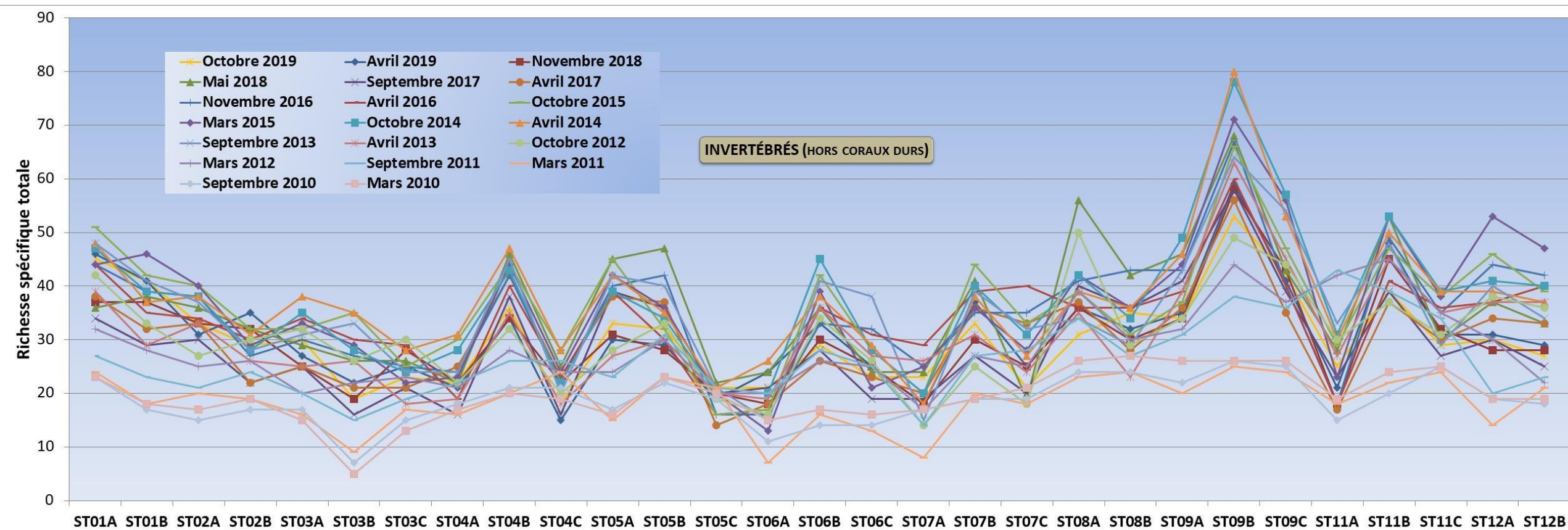


Figure 93 : Comparaison des richesses spécifiques (invertébrés, hors coraux durs), par transect, depuis 2010
NB : Le protocole n'a plus évolué depuis octobre 2011 (cf. § 6.2.1).

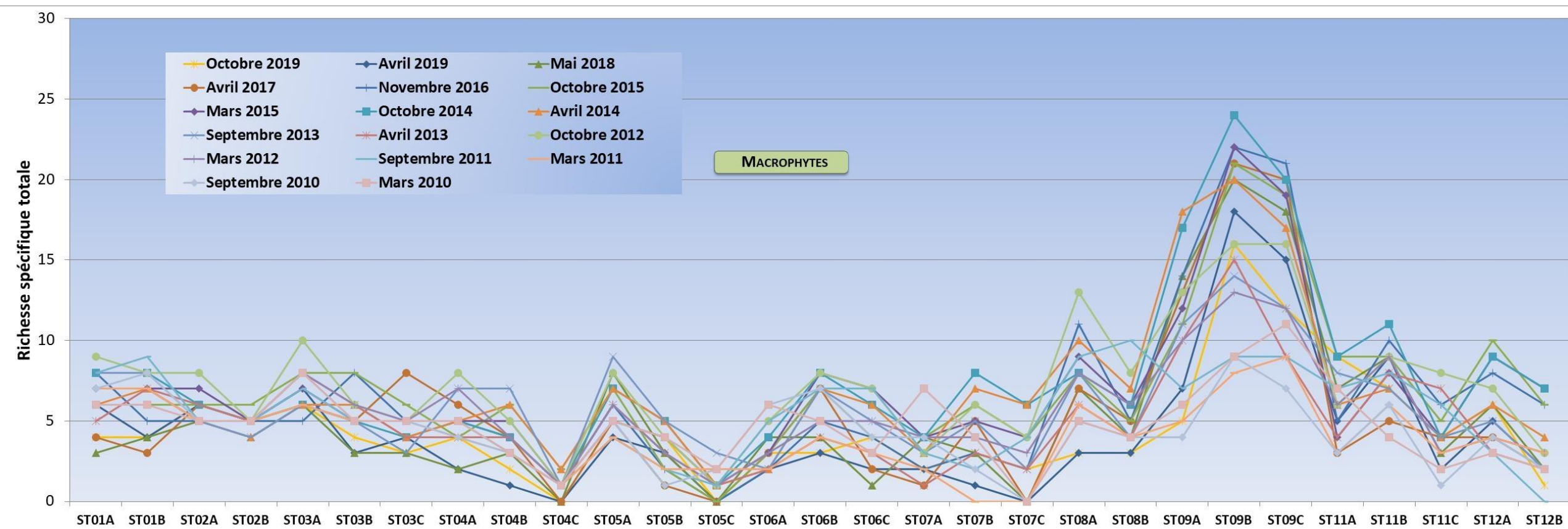


Figure 94 : Comparaison des richesses spécifiques (macrophytes), par transect, depuis 2010
NB : Le protocole n'a jamais évolué (cf. § 6.2.1).

Tableau 108 : Evolution du taux de recouvrement du substrat entre avril 2019 et octobre 2019 (différence en %)

	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 et invertébrés	1,5	-6	11	20,5	-2,8	8	0	12	0,5	-9,3	3,5	-6,5	-1	-5,5	-2,5	2	0,5	-11	5,5	0	57,5	-1	2,5	-0,5	1,5	0,5	-3,5	1,5	-4
Coraux scléractiniaires	0,5	0,5	-12	-17	-1,5	-4	-4	-12,5	0	0	-2	-1,5	0	5,5	2,5	-1,5	-0,5	0,5	-2	0,5	1	1	-0,5	1	-1,5	-1,5	6	-2	-2,5
Abiotique	-2	5,5	1	-3,5	4,3	-4	4	0,5	-0,5	9,3	-1,5	8	1	0	0	-0,5	0	10,5	-3,5	-0,5	-58,5	0	-2	-0,5	0	1	-2,5	0,5	6,5

Code couleur :
Le taux de recouvrement a augmenté en octobre 2019 par rapport à avril 2019
Le taux de recouvrement est équivalent (à +/- 20%) entre avril 2019 et octobre 2019
Le taux de recouvrement a diminué en octobre 2019 par rapport à avril 2019

Tableau 109 : Evolution de la richesse spécifique du benthos (hors coraux durs) entre avril 2019 et octobre 2019 (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	-2	0	0	0	-1	1	-1	2	1	0	1	1	0	1	0	2	0	2	2	0	0	-2	-2	-3	4	-2	2	1	-1
Cyanobactéries	0	0	1	1	0	0	0	-1	0	-1	0	0	1	0	0	0	0	0	-1	0	-1	1	0	0	-1	0	0	0	0
Invertébrés	-2	0	2	-6	3	-3	-1	1	2	3	3	3	2	-3	-4	-2	5	-4	-4	-5	3	-1	-6	1	4	-9	-2	-1	-2
Richesse taxonomique totale	-4	0	3	-5	2	-2	-2	2	3	2	4	4	3	-2	-4	0	5	-2	-3	-5	2	-2	-8	-2	7	-11	0	0	-3

Code couleur :
La richesse taxonomique a augmenté en octobre 2019 par rapport à avril 2019
La richesse taxonomique est équivalente (à +/-2 taxa prêt) entre avril 2019 et octobre 2019
La richesse taxonomique a diminué en octobre 2019 par rapport à avril 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 110 : Particularités de chaque station et évolution entre avril 2019 et octobre 2019

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre avril 2019 et octobre 2019
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'<i>Acropora</i> tabulaire en A Le recouvrement des alcyonaires est très important (particulièrement le genre <i>Sarcophyton</i>) Compétition spatiale entre les alcyonaires et les coraux scléractiniaires Recouvrement modéré des éponges encroûtantes (<i>Cliona</i>) Mortalité corallienne importante en A (particulièrement les colonies du genre <i>Acropora</i>) Étude de la croissance de 7 colonies de <i>Pocillopora damicornis</i> 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 (<i>Ce relevé d'information a été arrêté à la demande du Client</i>) Présence d'<i>Acanthaster planci</i> : - Prolifération d'avril 2017 à mai 2018 en A, en septembre 2017 en B - Seulement 1 spécimen en novembre 2016, en novembre 2018 et en avril 2019 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 1.5% et 1% aux transects A et B. Stable - Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>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% ;</i> Octobre 2019 : 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 à la prolifération d'<i>Acanthaster</i> (depuis novembre 2016) - Maladie de la bande blanche : non recensée - Perturbations sédimentaires : RAS pour cette mission, absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes Autres indicateurs : - Cyanobactéries : diminution en A et B (respectivement niveau 3/2 à 2/1). Elles colonisent des colonies coralliennes mortes en place (<i>Acropora</i> 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 <i>Lobophora</i> : présence stable en A et B (niveau 2) - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : absence et stable - <i>Cliona orientalis</i> : stable - <i>Cliona jullieni</i> : stable Les corallivores : - <i>Culcita novaeguineae</i> : absence, stable - <i>Acanthaster planci</i> : absence. Diminution de 1 spécimen en A - <i>Drupella cornus</i> : 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 Le recouvrement corallien du transect A est particulièrement représenté par des grands massifs de coraux branchus (<i>Acropora</i> et <i>Anacropora</i>) et celui du transect B est plutôt constitué de petites colonies éparpillées sur les blocs coralliens Les colonies d'<i>Acropora</i> et <i>Anacropora</i> 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 (<i>Sarcophyton</i>) Compétition spatiale importante entre les alcyonaires, les algues vertes/brunes et les coraux Présence d'<i>Acanthaster planci</i> : - 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)	Indicateur Corail : - Le recouvrement corallien est en diminution : de 34% au transect A (vs 46%) et 10.5% en B (vs 27.5%) - Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>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% ;</i> Octobre 2019 : 4% - Lésions coralliennes : De nombreuses colonies coralliennes sont mortes en place (partiellement ou entièrement) suite à la prolifération d'<i>Acanthaster</i> (depuis avril 2019) - Maladies : absence de la maladie de la bande blanche, quelques taches noires (hypermycose endolithique) induites ponctuellement par la sédimentation et quelques colonies sont dégradées partiellement par la sédimentation. Si la maladie de la bande blanche est présente elle ne pourrait pas facilement être recensée car les <i>Acanthaster</i> mangent préférentiellement les <i>Acropora</i> tabulaires, le plus souvent affectées par cette maladie - Perturbations sédimentaires : quelques colonies coralliennes sont dégradées partiellement par la sédimentation Autres indicateurs : - Cyanobactéries : absence : recouvrement en augmentation faible en A & B (niveau 0/0 à 2/1). Elles se développaient sur les algues vertes <i>Halimeda</i> qui sont entremêlées dans les colonies d'<i>Acropora</i> branchus et sur quelques colonies coralliennes mortes en place - Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens - Algue brune <i>Lobophora</i> : présence importante mais stable en A et B (respectivement niveau 5 et 2) → caractère envahissant potentiel - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : absente et stable - <i>Cliona orientalis</i> : stable en A et diminution en B (niveau 3 à 2) - <i>Cliona jullieni</i> : stable Les corallivores : - <i>Culcita novaeguineae</i> : absence, stable - <i>Acanthaster planci</i> : prolifération en A et B (respectivement 3 et 5 spécimens) - <i>Drupella cornus</i> : absence, stable

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre avril 2019 et octobre 2019
	ST03	Port	Originalité des espèces coralliennes adaptées à un milieu turbide : - Présence de <i>Heliofungia actiniformis</i> en A - Présence <i>Alveopora catalai</i>, <i>Goniopora</i> spp. et d’espèces à croissance rapide <i>Acropora</i> spp. en B - Présence d’une colonie métrique de <i>Blastomussa merleti</i> 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 (<i>Sarcophyton</i>) Le <i>Tridacna squamosa</i> en A est mort en octobre 2014 Recouvrement très important et en constante augmentation de l’algue brune (genre <i>Lobophora</i>) en B & C Présence occasionnelle de <i>Culcita novaeguineae</i> Présence d’<i>Acanthaster planci</i> : - 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	Indicateur Corail : - Le recouvrement corallien est de 4.5% au transect A, 12.5% en B et 3.5% en C. Stable - Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>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% ;</i> Octobre 2019 : 0.3% - Lésions coralliennes : RAS pour la maladie de la bande blanche Le développement très important des algues brunes (<i>Lobophora</i>) entraîne des lésions partielles et irréversibles sur de nombreuses colonies coralliennes (surtout en B & C). Si la maladie de la bande blanche est présente elle ne pourrait pas facilement être identifiée car les <i>Acanthaster</i> mangent préférentiellement les <i>Acropora</i> tabulaires le plus souvent affectées par cette maladie - Perturbations sédimentaires : des dépôts sédimentaires 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 <i>Lobophora</i> : stable aux 3 transects (respectivement niveau 3, 5 et 3) → caractère envahissant potentiel - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : absente et stable - <i>Cliona orientalis</i> : stable - <i>Cliona jullieni</i> : diminution en A (niveau 3 à 2) et stable en B et C Les corallivores : - <i>Culcita novaeguineae</i> : 1 spécimen en B (stable) & C (augmentation) - <i>Acanthaster planci</i> : 1 spécimen en A (stable) & B (diminution de 15 spécimens). Absence en C (diminution de 1 spécimen) - <i>Drupella cornus</i> : 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 <i>Millepora</i> sp., <i>Seriatopora hystrix</i> et <i>Acropora</i> spp. (branchu) Les colonies coralliennes de la famille des Pocilloporidae ont une croissance importante en A (<i>Seriatopora hystrix</i>, <i>Pocillopora damicornis</i>, <i>Stylophora pistillata</i>) Présence de nombreuses colonies de <i>Tubastraea micrantha</i> (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 (<i>Cliona</i>) ont un recouvrement important en B Les crinoïdes sont nombreuses et installées sur les promontoires ou les colonies de <i>Tubastraea</i> 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 <i>Tubastraea micrantha</i> 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 <i>Seriatopora hystrix</i>, <i>Pocillopora damicornis</i> et d’<i>Acropora</i> 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’<i>Acanthaster planci</i> : - 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	Indicateur Corail : - Le recouvrement corallien est de 12% au transect A (diminution vs 24.5% en avril 2019 et 42% en novembre 2018), 7.5% en B et 6% en C (stables) - Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>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% ;</i> Octobre 2019 : 1.23% - 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’<i>Acanthaster</i> (depuis la mission de novembre 2018) Les colonies blanchies concernent surtout le niveau médian (1.2 m² en A et 2.4 m² en B). Elles ont été dévorées par les <i>Acanthaster planci</i> - Maladie de la bande blanche : non recensée : en fait, si cette maladie est présente elle ne pourrait pas facilement être identifiée car les <i>Acanthaster</i> mangent préférentiellement les <i>Acropora</i> tabulaires, le plus souvent affectées par cette maladie - 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 : recouvrement stable en B (niveau 2), en diminution en A & C (niveau 2 à 0). Elles se développent sur les colonies coralliennes mortes en place (colonies affectées par <i>Acanthaster</i>) - Le turf algal se développe en A et B sur les colonies mortes en place (anciennement blanchies : <i>Seriatopora hystrix</i>, <i>Pocillopora damicornis</i>, <i>Stylophora pistillata</i> ...). Son développement est modéré sur les débris

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre avril 2019 et octobre 2019
			conséquente et concernait surtout les colonies d'<i>Acropora</i> 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)	coralliens - Algue brune <i>Lobophora</i> : absente et stable - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : absente et stable - <i>Cliona orientalis</i> : stable - <i>Cliona jullieni</i> : stable Les corallivores : - <i>Culcita novaeguineae</i> : absence, stable - <i>Acanthaster planci</i> : augmentation en A et B (respectivement 3 et 2 spécimens vs 2 et 1) - <i>Drupella cornus</i> : absence, stable
Canal Havannah	ST05	Ioro	↻ Présence en grand nombre de <i>Porites</i> massifs et branchus (diversité des Poritidae), <i>Millepora</i>, <i>Tubastraea micrantha</i> et d’une grande colonie pluri métrique de <i>Diploastrea heliopora</i> ↻ Mortalité corallienne (colonies en place) et nombreux débris ↻ Les spongiaires (<i>Cliona jullieni</i> et <i>C. orientalis</i>) 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’<i>Acanthaster planci</i> : occasionnelle : - Présence en mai 2018 en A et B (1 spécimen) et en novembre 2018 en B (1 spécimen)	Indicateur Corail : - Le recouvrement corallien est de 34.5% au transect A, 31.5% en B et 1% en C. Stable - Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>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% ;</i> Octobre 2019 : 0.5% - Lésions coralliennes : la maladie de la bande blanche se développe sur les <i>Acropora</i> spp. (tabulaire) en A (1.5 m² de coraux blanchis sans polype). Les anomalies de croissance n’évoluent pas sur la grande colonie de <i>Diploastrea heliopora</i> (transect B) - Perturbations mécaniques et sédimentaires : RAS pour cette mission Autres indicateurs : - Cyanobactéries : présence faible aux 3 transects : recouvrement en diminution pour A, stable en B et en augmentation en C (respectivement niveau 2/2/0 à 1/2/2). Elles se développent sur les colonies coralliennes mortes en place - Le turf algal se développe modérément sur les débris et les colonies coralliennes mortes en place au fur et à mesure de leur dégradation - Algue brune <i>Lobophora</i> : absente et stable - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : augmentation en A (niveau 0 à 2) et absente et stable en B & C - <i>Cliona orientalis</i> : stable - <i>Cliona jullieni</i> : stable Les corallivores : - <i>Culcita novaeguineae</i> et <i>Acanthaster planci</i> : absence, stable - <i>Drupella cornus</i> : 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 <i>Porites</i> massifs à mi pente (B) ↻ Présence de <i>Blastomussa wellsi</i> et <i>Physogyra lichtensteini</i> en C ↻ Suite au blanchissement corallien du début d’année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A ↻ Les spongiaires (<i>Cliona jullieni</i> et <i>C. orientalis</i>) 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 <i>Asparagopsis</i> (saisonnalité) ↻ Absence de l’algue brune <i>Lobophora variegata</i> ↻ Présence d’<i>Acanthaster planci</i> :	Indicateur Corail : - Le recouvrement corallien est de 40% au transect A (vs 34.5%, monte au 2^{ème} rang du réseau), 32.5% en B et 10.5% en C (stables) - Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>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% ;</i> Octobre 2019 : 0.3% - Lésions coralliennes : la maladie de la bande blanche se développe sur les <i>Acropora</i> spp. (tabulaire) pour les 3 niveaux bathymétriques (1 colonie par transect respectivement 0.4 ; 0.2 et 0.3 m² de coraux blanchis sans polype) - Perturbations mécaniques : RAS pour cette mission mais les conditions hydrodynamiques sont importantes, de nombreux débris et de nombreuses colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat suite aux évènements dépressionnaires de 2018 Autres indicateurs : - Cyanobactéries : recouvrement en diminution importante aux 3 transects (respectivement niveau 2/4/5 à 1/2/2). 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 <i>Lobophora</i> : absente et stable - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : recouvrement en augmentation importante aux 3 transects (respectivement niveau 0 à 3/4/3)

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre avril 2019 et octobre 2019
			- Présence en avril 2019 de 1 spécimen juvénile en C	- <i>Cliona orientalis</i> : Présence importante aux 3 transects : diminution en A (respectivement niveau 4 à 3) et stable en B & C - <i>Cliona jullieni</i> : stable Les corallivores : - <i>Culcita novaeguineae</i> : absence, stable - <i>Acanthaster planci</i> : absente : diminution (1 spécimen juvénile en C) - <i>Drupella cornus</i> : diminution en A (niveau 3 à 0)
	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’<i>Acropora</i> tabulaire en A et de <i>Porites</i> massif en C ↗ Croissance importante des colonies d’<i>Acropora</i> tabulaire en A en novembre 2018 ↗ Présence de <i>Blastomussa wellsi</i> 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 (<i>Cliona jullieni</i> et <i>C. orientalis</i>) 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 <i>Asparagopsis</i> (saisonnalité) ↗ Absence de l’algue brune <i>Lobophora variegata</i>	Indicateur Corail : - Le recouvrement corallien est stable, de 27% au transect A, 11% en B et 4.5% en C - Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>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% ;</i> Octobre 2019 : 0.5% - Lésions coralliennes : la maladie de la bande blanche se développe sur les <i>Acropora</i> spp. (tabulaire) pour les niveaux bathymétriques A & C (respectivement 1.2 et 0.3 m² de coraux blanchis sans polype) - Perturbations mécaniques : RAS pour cette mission mais les conditions hydrodynamiques sont importantes, de nombreux débris et de nombreuses colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat suite aux évènements dépressionnaires (2018) Autres indicateurs : - Cyanobactéries : absente en A (stable) & C et diminution importante en B & C (respectivement niveau 4/3 à 2/0). 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 <i>Lobophora</i> : absente et stable - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : recouvrement en augmentation aux 3 transects (niveau 0 à 2) - <i>Cliona orientalis</i> : stable en A et C et diminution en B (niveau 4 à 3) - <i>Cliona jullieni</i> : stable en A et C et diminution en B (niveau 3 à 2) Les corallivores : - <i>Acanthaster planci</i> et <i>Culcita novaeguineae</i> : absence, stable - <i>Drupella cornus</i> : 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 <i>Porites lobata</i> dans la zone (anomalies de croissance en B) ↗ Présence de <i>Tubipora musica</i> en B ↗ Les spongiaires (<i>Cliona orientalis</i> et <i>C. jullieni</i>) 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 : → 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 (<i>Cliona</i>) - développement des corallivores (<i>Drupella cornus</i>) - 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 entraînent des nécroses sur les colonies coralliennes (source particulière : baie Kwé)	Indicateur Corail : - Le recouvrement corallien est stable, de 30.5% au transect A et 2% en B - Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>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% ;</i> Octobre 2019 : 0% - Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche La maladie de la tâche noire (hypermycose endolithique) ne paraît 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 <i>Porites</i> plurimétrique sont toujours importantes mais elles évoluent très peu - Perturbations sédimentaires : RAS pour cette mission, 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 : recouvrement en stable en A (niveau 2) et en diminution en B (niveau 2 à 0). Elles colonisent les colonies coralliennes mortes en place, les débris coralliens et le turf algal - Le turf algal se développe abondamment sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place - Algue brune <i>Lobophora</i> : absente et stable - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : absente : le recouvrement est en augmentation importante en A et B (niveau 0 à 4/3) - <i>Cliona orientalis</i> : stable en A et diminution en B (niveau 3 à 2) - <i>Cliona jullieni</i> : diminution en A et B (respectivement niveau 3/4 à 2/3) Les corallivores :

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre avril 2019 et octobre 2019
			La diversité corallienne n'est plus étudiée (<i>dernier recensement en novembre 2016, ce relevé d'information n'est pas dans le cahier de charges</i>). 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	- <i>Acanthaster planci</i> et <i>Culcita novaeguineae</i> : absence, stable - <i>Drupella cornus</i> : diminution en A (niveau 2 à 0)
	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 (<i>Trichogloea requienii</i> et d'<i>Asparagopsis taxiformis</i>) - Taille majoritairement petite des colonies. Cependant présence d'une colonie de taille métrique de <i>Turbinaria stellulata</i> 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	Indicateur Corail : - Le recouvrement corallien est stable, de 29.5% au transect A, 16% en B et 17% en C - Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>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% ;</i> Octobre 2019 : 0.73% - Lésions coralliennes : la maladie de la bande blanche se développe sur les <i>Acropora</i> spp. (tabulaire) pour les niveaux bathymétriques B & C (respectivement 1.4 et 0.4 m² de coraux blanchis sans polype) - Perturbations mécaniques : les conditions hydrodynamiques sont importantes, nombreux débris (0.4 m² de coraux blanchis en B) et de nombreuses colonies coralliennes ne sont plus fixées sur le substrat suite aux évènements dépressionnaires (2018) Autres indicateurs : - Cyanobactéries : présence aux 3 transects (niveau 2), le recouvrement augmente en A (niveau 0 à 2) et reste stable en B & C - Le turf algal se développe sur les débris coralliens et la dalle - Algue brune <i>Lobophora</i> : absente et stable - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : augmentation aux 3 transects (respectivement niveau 2/2/0 à 3/3/2) <i>Cliona orientalis</i> : stable <i>Cliona jullieni</i> : diminution en A & C (respectivement niveau 2/2 à 1/2) et stable en B Les corallivores : <i>Acanthaster planci</i> et <i>Culcita novaeguineae</i> : absence, stable <i>Drupella cornus</i> : absence, stable
	ST11	Toémo	- Les conditions hydrodynamiques sont soutenues durant toute l'année (courant, ressac, houle) - Ce récif a subi des dégradations durant les événements 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 <i>Asparagopsis</i>) 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 (<i>Cliona</i>) - Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques	Indicateur Corail : - Le recouvrement corallien est stable, de 68% au transect A (toujours plus fort recouvrement de tous les transects), 35.5% en B (3^{ème} score du réseau) et 9.5% en C - Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>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% ;</i> Octobre 2019 : 0.43% - Lésions coralliennes : la maladie de la bande blanche se développe sur les <i>Acropora</i> spp. (tabulaire) pour les niveaux bathymétriques A & B (respectivement 0.4 et 0.2 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 (2018) Autres indicateurs : - Cyanobactéries : recouvrement stable B (niveau 2), le recouvrement diminue en A (niveau 2 à 0) et reste absent en C. Elles colonisent les colonies coralliennes mortes en place et les débris coralliens - Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens particulièrement en B & C - Algue brune <i>Lobophora</i> : absente et stable - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : recouvrement en augmentation importante aux 3 transects (respectivement niveau 2/3/0 à 3/4/3) <i>Cliona orientalis</i> : stable en A et B et diminution en C (niveau 3 à 2) <i>Cliona jullieni</i> : stable en A et diminution en B & C (respectivement niveau 3/3 à 2/2) Les corallivores : <i>Acanthaster planci</i> et <i>Culcita novaeguineae</i> : absence, stable <i>Drupella cornus</i> : augmentation en A & B (niveau 0 à 2/2)
	ST12	Ugo	Croissance de grandes colonies de <i>Porites</i> sp., <i>Lobophyllia corymbosa</i> et de grands massifs	Indicateur Corail :

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre avril 2019 et octobre 2019
			de <i>Goniopora</i> sp. et <i>Acropora</i> 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 <i>Sarcophyton</i> (alcyonaires) ↪ Recouvrement algal très faible ↪ Les spongiaires (<i>Cliona jullieni</i> et <i>C. orientalis</i>) sont relativement bien développées et colonisent les massifs et les blocs coralliens ↪ Présence d’<i>Acanthaster planci</i> : → Présence de 1 spécimen en mai et novembre 2018 en A → Présence de 2 spécimens en avril 2019 en A	- Le recouvrement corallien est stable, de 31.5% au transect A et 19.5% en B - Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>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 % ;</i> Octobre 2019 : 0.9% - Lésions coralliennes : la maladie de la bande blanche se développe sur les <i>Acropora</i> spp. (tabulaire) pour le niveau bathymétrique A (1.3 m² de coraux blanchis sans polype) - Perturbations mécaniques : les conditions hydrodynamiques sont importantes, de grands couloirs d’effondrement composés de débris (0.5 m² de coraux blanchis en B) 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 <i>Lobophora</i> : recouvrement stable en A (niveau 2) et en diminution en B (niveau 2 à 0) - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : augmentation en A (niveau 0 à 2) et absence en B (stable) - <i>Cliona orientalis</i> : recouvrement en diminution en A (niveau 4 à 3) et stable en B - <i>Cliona jullieni</i> : stable Les corallivores : - <i>Culcita novaeguineae</i> : absence, stable - <i>Acanthaster planci</i> : absence : diminution de 2 spécimens en A en avril 2019 - <i>Drupella cornus</i> : absence, stable

6.3 Ichtyologie

Ce chapitre présente les résultats obtenus en octobre 2019 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.

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 132 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 ($B\alpha$) est le nombre d'espèces n présentes sur une station i : $B\alpha_i = n_i$
- La biodiversité β ($B\beta$) 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 ($B\gamma$) 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 : $B\gamma = \cup B\alpha_{ii}$

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 $B\alpha$).

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 significative.

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 H_0 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 normales¹⁷ et si la prise de données est conforme aux règles d'homoscédasticité¹⁸. 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 [R29, R36, R38, R39, R44, R47, R64]. 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 113](#) au [tableau 116](#).

Les graphiques de la [figure 95](#) à la [figure 98](#) 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 ?

6.3.1.1.1 En baie de Prony

L'analyse des variances des 4 paramètres suivis pour les différentes campagnes (cf. [tableau 111](#)) 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 111 : 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	22	46	1,80	2,02	1,59	1,51	3,05	4,55

¹⁷ Distribuées selon une loi de Gauss, dite « normale »

¹⁸ Homoscédasticité : qui a une dispersion identique. (i.e. les variances sur les erreurs pour chaque collecte de données doivent être identiques)

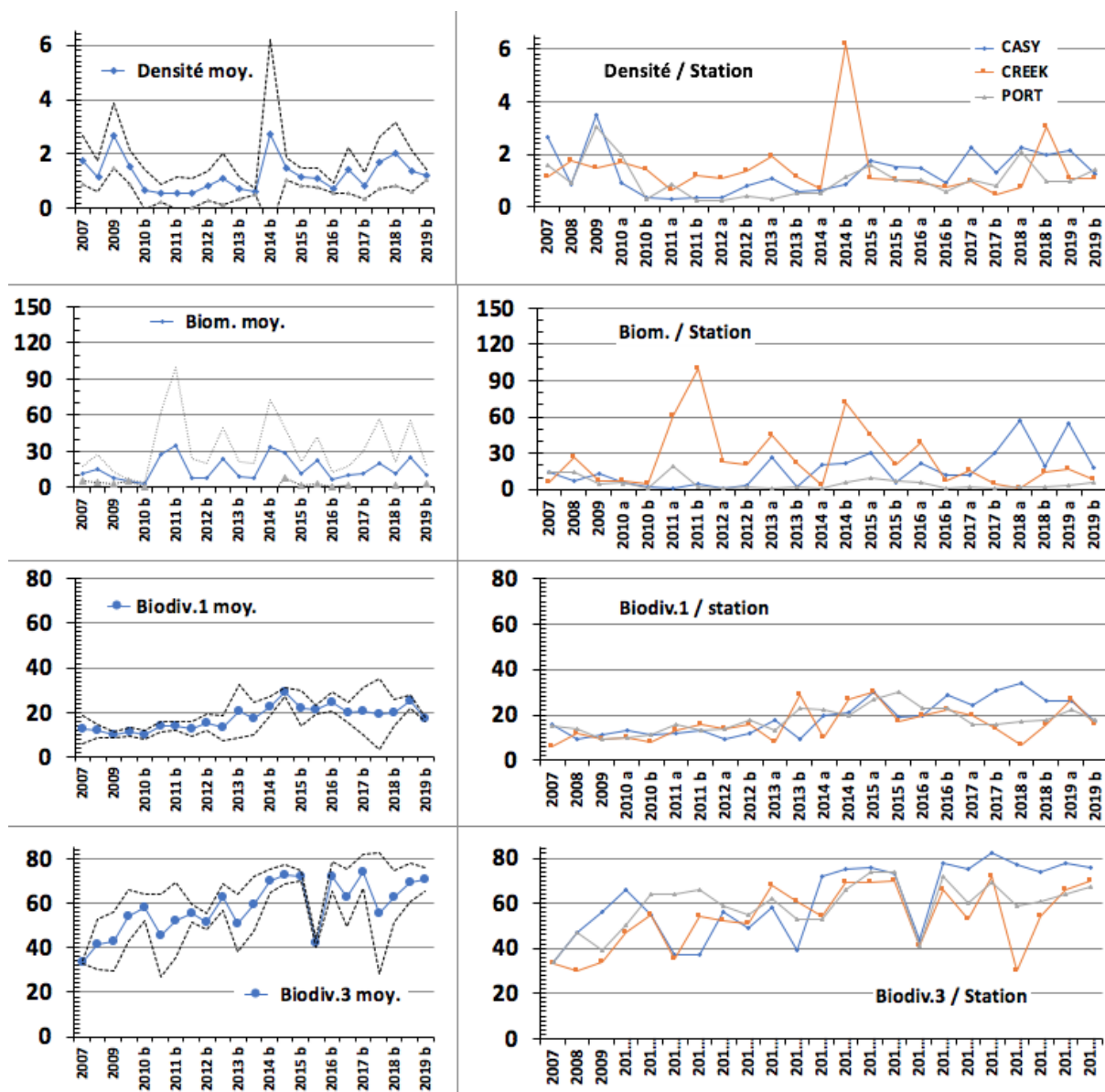


Figure 95 : Evolution de la moyenne des paramètres ichthyologiques depuis 2007, par campagne et station (baie de Prony)

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 112) pour les 9 stations du canal de la Havannah / Woodin, montre une **hétérogénéité** des missions pour tous.

Tableau 112 : Analyse de la Variance temporelle des paramètres ichthyologiques (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	22	184	1,61	1,77	1,66	8,92	5,34	6,24

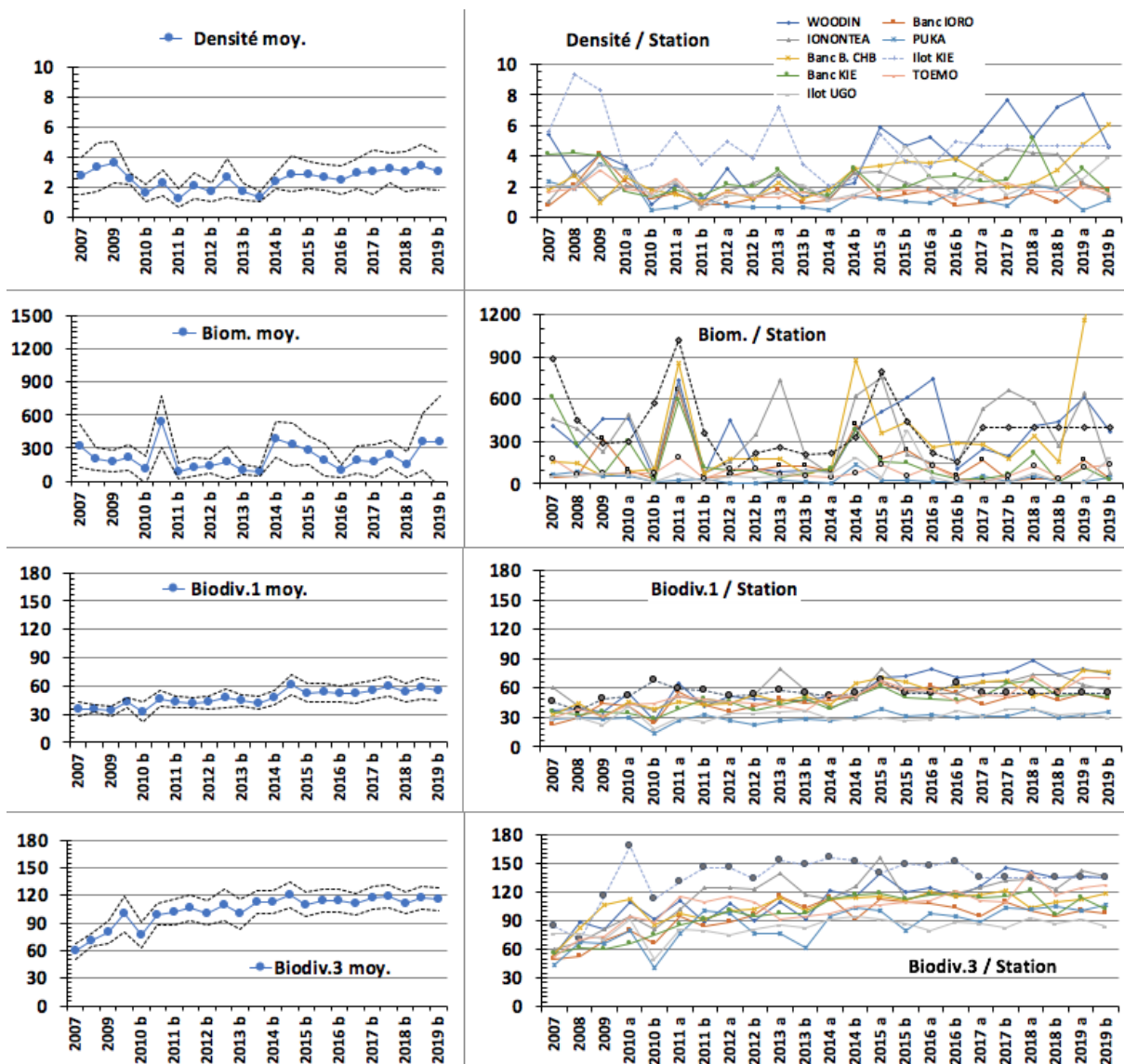


Figure 96 : Evolution de la moyenne des paramètres ichthyologiques depuis 2007, par campagne et station (canal de la Havannah / Woodin)

Tableau 113 : Densités moyennes ichthyologiques (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

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

Tableau 114 : Biomasses ichthyologiques (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

Tableau 115 : 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

Tableau 116 : 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	Ionon tea	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

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

Tableau 117 : Analyse de la Variance spatiale des paramètres ichthyologiques (densité, biomasse, biodiversités) en baie de Prony

ANOVA	k1	k2	F _{0,95}	F _{obs.}			
				Densité	Biomasse	Biodiversité 1	Biodiversité 3
Prony	2	66	3,14	1,16	7,53	0,95	2,11

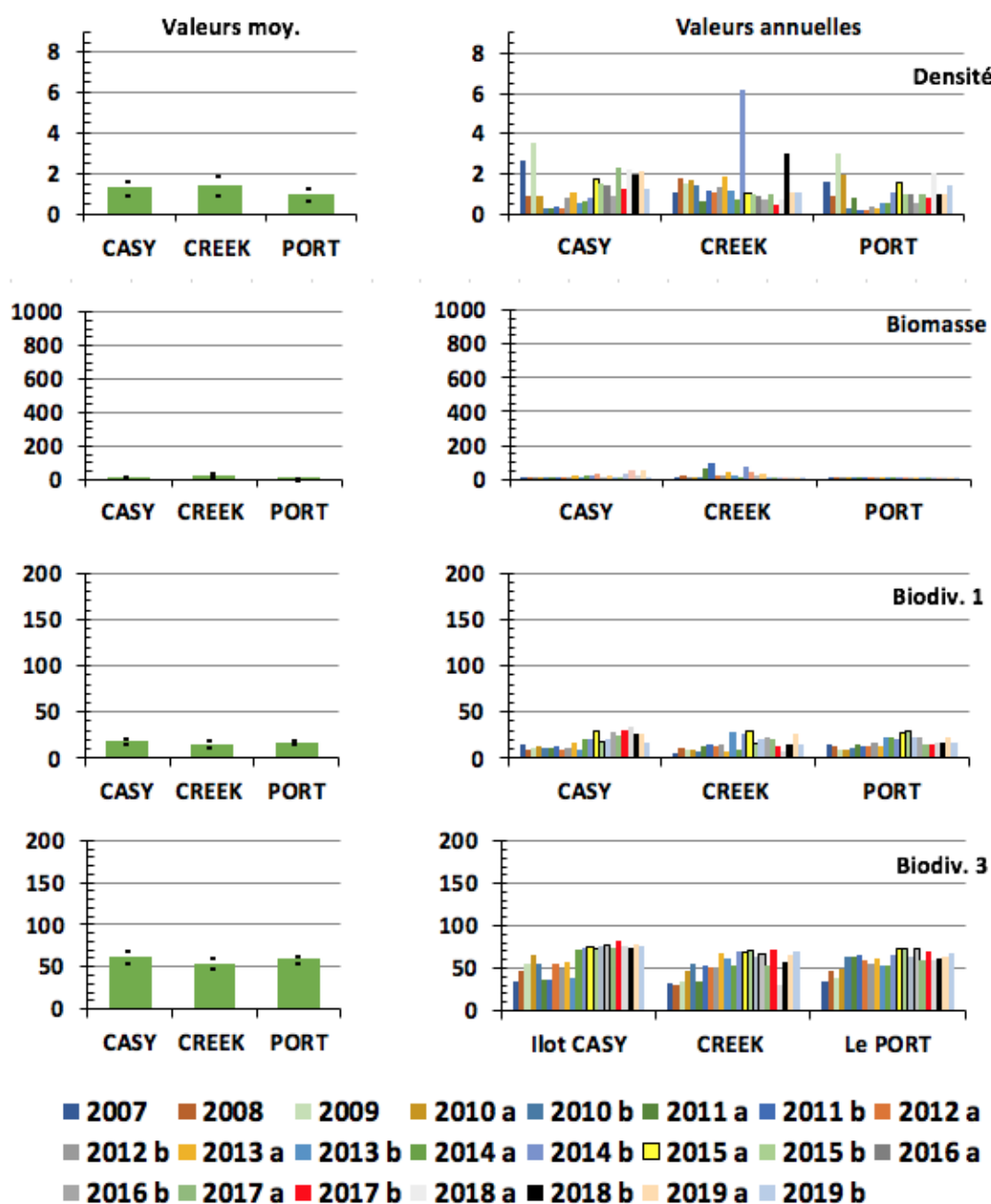


Figure 97 : Evolution de la moyenne des paramètres ichthyologiques depuis 2007, par station et campagne (baie de Prony)

L'analyse des variances des 4 paramètres (cf. [tableau 117](#)) 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.

6.3.1.2.2 Dans le canal de la Havannah / Woodin

L'analyse des variances des 4 paramètres (cf. [tableau 118](#)) pour les 9 stations du canal de la Havannah / Woodin, montre une **hétérogénéité** des stations pour tous.

Tableau 118 : Analyse de la Variance spatiale des paramètres ichthyologiques (densité, biomasse, biodiversités) dans le canal de la Havannah / Woodin

ANOVA	k1	k2	F _{0,95}	F _{obs.}			
				Densité	Biomasse	Biodiversité 1	Biodiversité 3
Havannah	8	198	1,98	18,6	10,82	18,33	15,86



Figure 98 : Evolution de la moyenne des paramètres ichthyologiques depuis 2007, par station et campagne (canal de la Havannah / Woodin)

Les graphiques synoptiques de la [figure 95](#) à la [figure 98](#) 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 97](#) et la [figure 98](#) 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 avons 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 ichthyologique 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 119](#). Il présente donc de manière synoptique les données de structures des peuplements observés.

Tableau 119 : 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
$\chi^2_{\text{tab}95\%}$	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

Les cases ocres (183) 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 (84) présentent des écarts significativement proches de la valeur moyenne.

Et les cases blanches (8), celles pour lesquelles nous n'avons pas de donnée.

Une image globale de ce tableau est donnée par la [figure 99](#). L'indice présenté est calculé à partir du *coefficient de variation* des distances de khi2 obtenues à chacune des stations¹⁹.

¹⁹ Dans le rapport de la mission d'avril 2019 [R28] nous avons pris les moyennes à la place des coefficients de variation, ce qui exagérât le rendu visuel du graphique

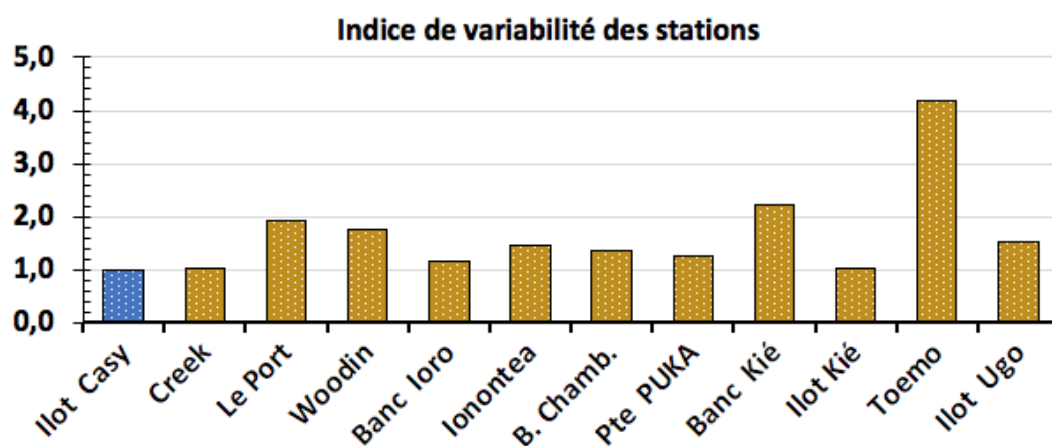


Figure 99 : Représentation de la variabilité des peuplements ichthyologiques des stations

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 valeur semblable - 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 le banc Kié, le Port, Woodin et Ugo.

En d'autres termes, il n'existe pas de structure type pour une station. Dans le [tableau 119](#), les cases ocres 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. Et 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 120](#).

Tableau 120 : Fréquence moyenne de l'observation des espèces ichthyologiques

Nb moyen d'espèces vues	$B\gamma_{i \text{ moy.}}$	1 fois	Au plus 3 fois	Au plus 10 fois	Au plus 16 fois	Au plus 21 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.

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.

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. 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 abordé autrement, en suivant la stabilité du classement par rangs des stations, mission après mission ainsi que celui des missions toutes stations confondues.

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 [R69], 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 interchangeables²⁰. Le test de Friedman est donc particulièrement adapté.

Le test de Friedman [R43] est un χ^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 considérerons :

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

²⁰ 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.

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' H_0 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' H_0 est rejetée. Sinon les différences observées sont fortuites.

Ce traitement sera appliqué à chaque paramètre.

Formule du χ^2 de Friedman :

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

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 H_0 : « les variations observées entre stations (cas 1) ou entre missions (cas 2) sont fortuites » = « les stations ou les missions sont similaires ».

Tableau 121 : Test de Friedman (analyses spatiales et temporelles) des paramètres ichthyologiques suivis

(A) Toutes STATIONS (ddl = 10)					(B) Toutes MISSIONS depuis 2007 (ddl = 22)				
(11 stations)	Densité	Biomasse	Biodiv. 1	Biodiv. 3	(23 missions)	Densité	Biomasse	Biodiv. 1	Biodiv. 3
χ^2_{obs}	114,4	167,23	186,3	183,9	χ^2_{obs}	87,5	86,9	133,2	131,0
$\chi^2_{\text{tab } 0,95} = 18,3$ $\chi^2_{\text{tab } 0,999} = 31,4$					$\chi^2_{\text{tab } 0,95} = 33,9$ $\chi^2_{\text{tab } 0,999} = 50,5$				

Le degré de liberté (ddl) = p-1 / En bleu les cas où H_0 est acceptée à la P(0,95), en orange H_0 est rejetée

Pour cadrer avec la publication de Friedman [R43], 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 121](#) montre que l' H_0 est rejetée tant spatialement que dans le temps. Ce test vérifie donc que les différences constatées agréent le classement.

Sous l'angle de vue des paramètres de densité, biomasse et biodiversités 1 et 3, chaque station et chaque mission sont originales et peuvent donc être classées ([tableau 122](#)).

Ce classement des stations diffère peu du classement précédent, si ce n'est pour la Pointe Puka. Mais le bon niveau de la biodiversité totale (biodiversité 3) sur cette station laisse penser que ce mauvais classement n'est qu'une conjoncture. Les poissons sont là, mais en dehors de la zone des transects.

Tableau 122 : Classement des stations (A) et des missions (B) (ichthyologie)

Stations	Classement des Stations								
	D	B	Bc1	Note	Rang				
					2017b	2018a	2018b	2019a	2019b
01 CASY	3	3	2	4,55	8	8	7	8	10
02 CREEK	1	2	1	2,27	11	11	10	9	11
03 PORT	4	1	3	5,00	10	10	11	11	9
04 WOODIN	10	10	10	18,18	1	1	1	1	2
05 IORO	8	5	6	11,36	6	9	8	6	6
06 IONONTEA	5	7	8	12,73	2	2	2	3	4
07 B. CHBEY	11	11	11	20,00	3	3	3	2	1
08 PUKA	2	6	5	8,18	9	6	4	10	8
09 Bancs KIE	7	4	7	11,36	4	4	6	4	6

11 TOEMO	6	8	9	14,55	5	5	5	5	3
12 UGO	9	9	4	11,82	7	7	9	7	5
Rappel : Note = (Densité + Biomasse + 2 * Bα.1)/4									

Le rang du classement global est obtenu en faisant la moyenne des rangs de la Densité, de la Biomasse et 2 fois la Biodiversité

6.3.3 Indice Annuel par Station (IAS) et Indice Global de mission (IGm)

Les cotations des Indices ichthyologiques (cf. la méthodologie au § 3.4.3) obtenues pour la présente mission, avec un rappel des missions précédentes sont présentées : pour les stations [tableau 123](#) et pour les missions [tableau 124](#).

Tableau 123 : Cotation des stations : IAS, depuis 2012 b (ichthyologie)

Stations		ST 01	ST 02	ST 03	ST 04	ST 05	ST 06	ST 07	ST 08	ST 09	ST 11	ST 12
Densité.		3	2	3	4	2	2	4	3	3	2	4
Biomasse		2	1	1	4	1	1	4	1	1	2	3
Biod. 1		3	2	3	4	3	4	4	2	3	4	2
IAS	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	2,25	2,25
	2016a	3,5	3,5	3	4	3	3	4	2	3	3	2
	2015b	2,5	2,25	2,25	4	3,25	3,5	4	2	3	2,75	2,75
	2015a	3,75	3,5	3	4	3	4	3,75	2,25	3	3	2
	2014b	2,75	3,5	2,5	3,5	4	3,75	4	3	3,75	2,75	2
	2014a	3,25	1,25	2,75	2,75	2,75	2,75	3	1,5	2,5	2,75	1,75
	2013b	1,75	3,5	2,75	3,5	2,75	3	3,75	1,5	2,75	2,25	2,5
	2013a	3,25	3	2	3	3	3,75	3,25	1,5	3,25	2,75	2,25
	2012b	1,75	2,75	2,5	3,5	2,5	3,5	3,25	1,75	3	3	1,75

Tableau 124 : Cotation des missions : IGm, depuis 2007 (ichthyologie)

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						

L'indice global est « bon », bien qu'un peu plus faible qu'en 2019 a du fait d'une baisse de la densité.

En substance,

- Les notes des 6 stations Casy, Creek, Ioro, Ionontea, bancs Kié et Toémo ont baissé, celles du Port, Puka et d'Ugo ont augmenté et Woodin et Basse Chambeyron n'ont pas sensiblement varié. Aucune n'est dans le rouge, loin s'en faut.
- L'ensemble du peuplement présente une note moyenne comme au cours de 8 / 23 missions ; 8 ont une note inférieure et 7 une note supérieure.

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 100.

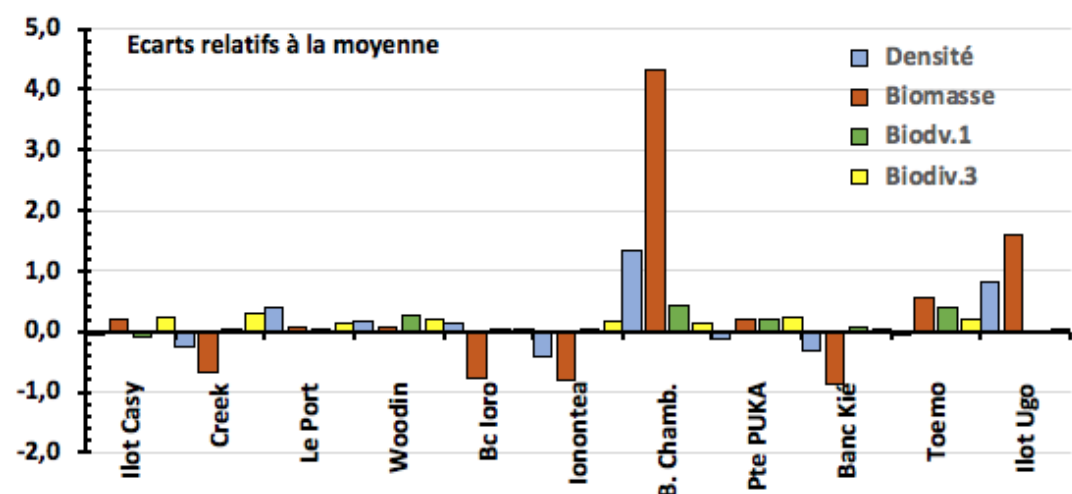


Figure 100 : Positionnement de chaque station par rapport à la moyenne

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 101.

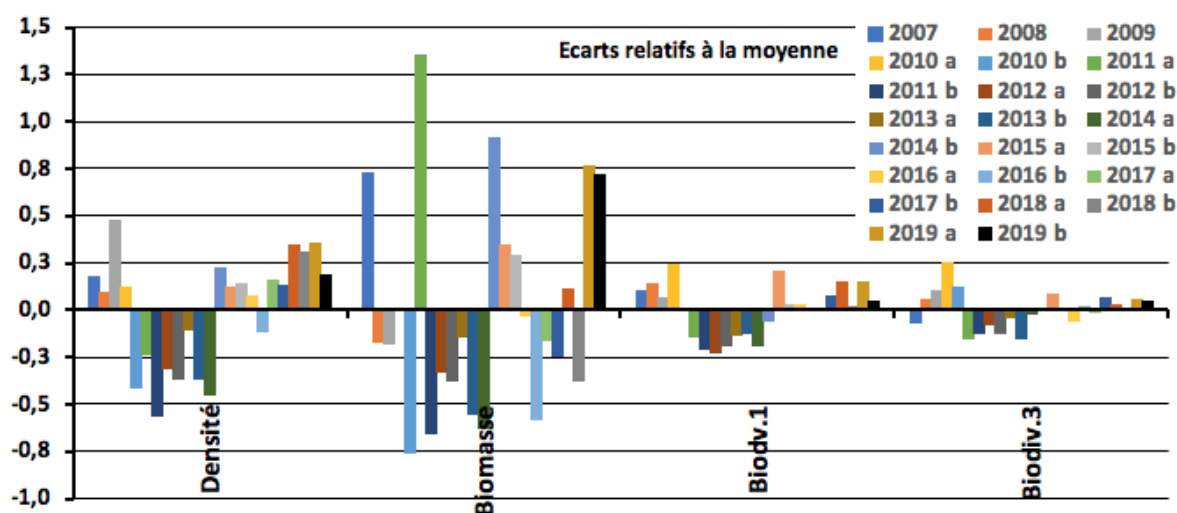


Figure 101 : Positionnement de chaque mission par rapport à la moyenne

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 biodiversité 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 709 espèces
- Sur cet ensemble Bγ, un peu plus de 300 espèces en moyenne sont vues à chaque mission
- L'ubiquité²¹ 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 23 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 réapparaître une ou plusieurs missions plus tard ou pas.

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 beaucoup de *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.

²¹ 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)

Classement (qualité du peuplement de poissons)

Une appréciation synthétique globale de la qualité du peuplement des poissons peut être donnée par la prise en compte de toutes les stations de la zone dans une cotation comparative à 4 niveaux et douze degrés au total (cf. § 3.4.3).

Ainsi, le peuplement de poissons peut être considéré comme stable depuis 2007 (cf. [tableau 125](#)). 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 d'octobre 2019 a la note de 8 sur 12 : la qualité du peuplement de poissons dans le réseau de suivi est bonne.

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

Tableau 125 : Qualité du peuplement ichthyologique 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		
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 calédonniennes
- 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 1^{ère} 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 2^{ème} mission (juin 2009, rapport [R04]) :

- Des explications sur deux phénomènes pouvant influencer 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 3^{ème} et 4^{ème} 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 R28], 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 [R72].

7.1.1 Les événements météorologiques marquants par année

La Nouvelle-Calédonie est soumise très régulièrement aux assauts de perturbations tropicales. Le [tableau 126](#) indique les phénomènes dépressionnaires qui ont eu une influence (non négligeable) sur les paramètres environnementaux dans la zone d'étude depuis 2003 (ils ne sont donc pas tous listés).

Tableau 126 : Principaux phénomènes dépressionnaires en Nouvelle-Calédonie depuis 2003

ANNEE	PERIODE	NOM	CATEGORIE	DEGATS [R72]
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	
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	

7.1.1.1 2011

Les événements 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 entraîné 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 entraîné 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 [R46] 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 [R57] 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, R41].

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 apparaît 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 australienne²². 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.

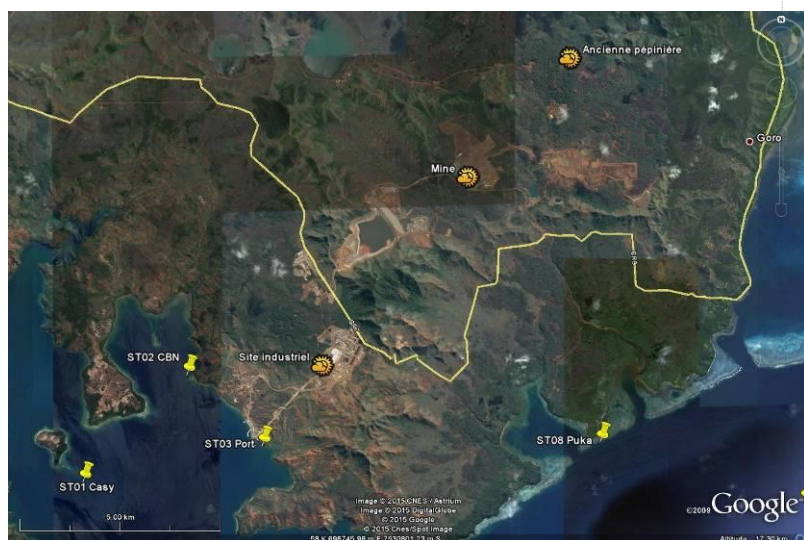
Les dégâts au Vanuatu ont été considérables. L'Unicef Nouvelle-Zélande a évoqué ce qui pourrait être « l'une des pires (catastrophes naturelles) de l'histoire du Pacifique ».

Les zones de Nouvelle-Calédonie qui ont été les plus exposées sont les îles Loyautés (particulièrement Maré et Lifou) et l'île 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.

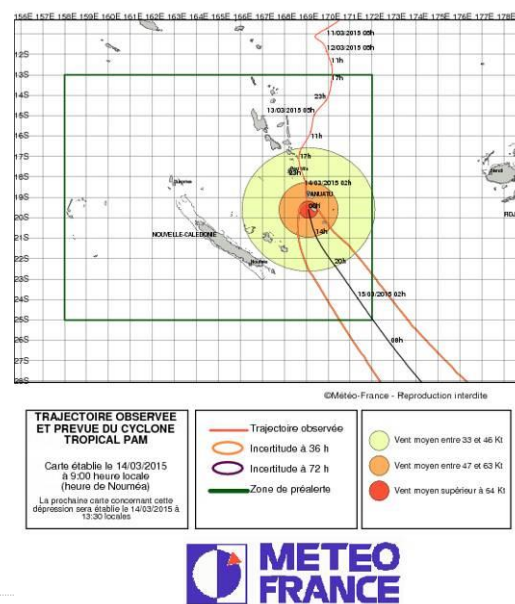
Les stations météorologiques situées sur le site de Vale NC (cf. figure 102) ont enregistré un maximum d'intensité de vent et de précipitation le samedi 14 mars (selon les 3 stations : le maximum des précipitations était compris entre 34.2 et 72.2 mm et le maximum de vent entre 23.3 et 24.9 m/s soit 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 événement 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.

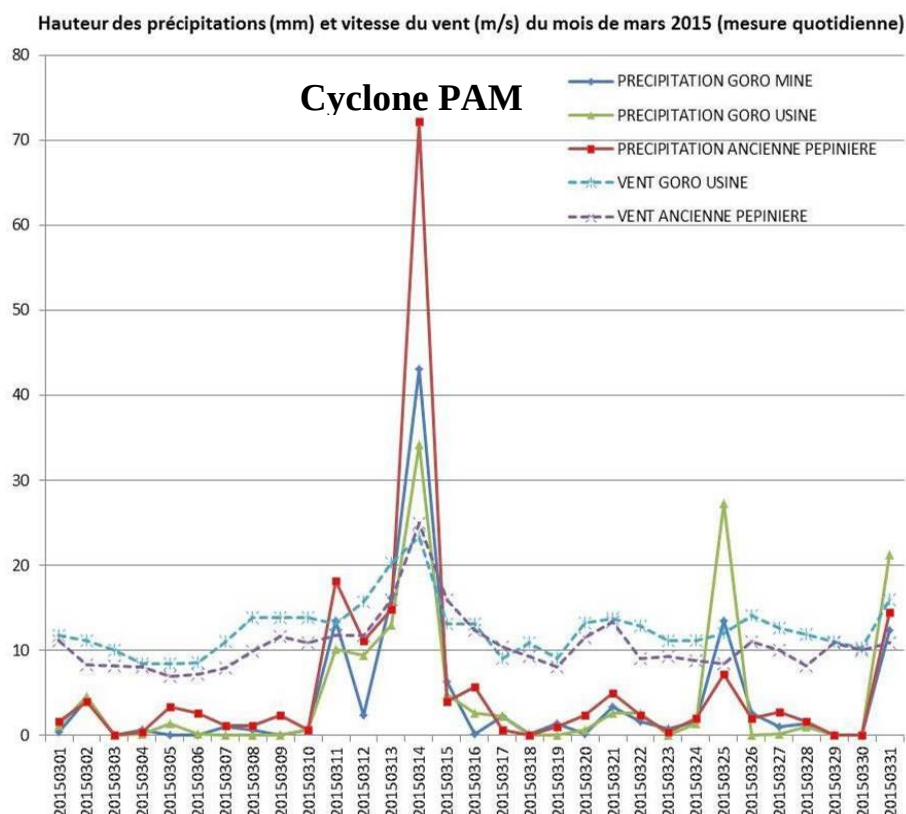


Localisation des stations de Météo France sur le site de Vale NC (stations Goro mine, Goro usine et Ancienne pépinière) (Sources : Météo France et Google Earth)



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

²² 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 Pacifique)



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 102 : 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 [R72].

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

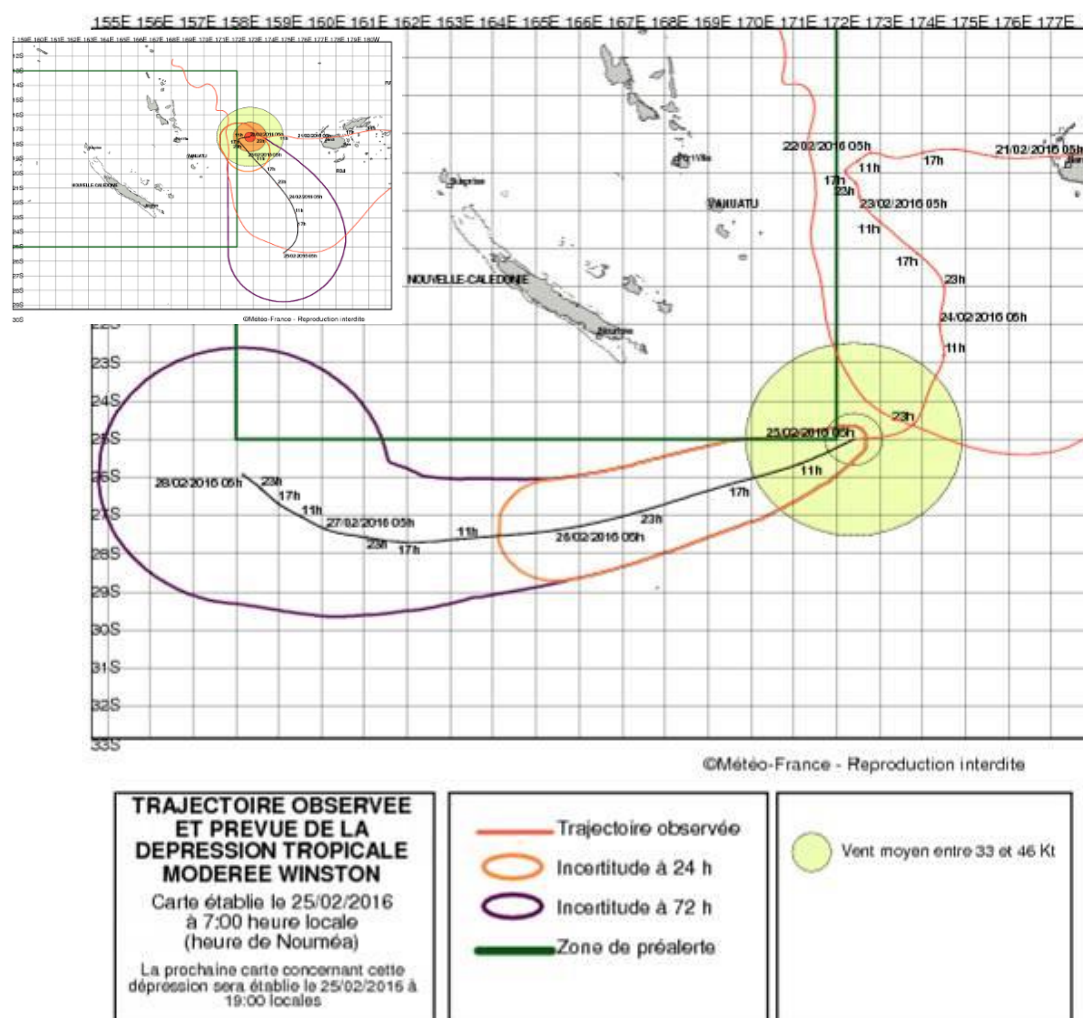


Figure 103 : Trajectoire du cyclone Winston entre le 22 et le 26 février 2016

(Source : Météo France)

Globalement, 2016 a été la 3^{ème} 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 104](#) > 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 entraîné 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 scléactiniaires, des alcyonaires, développement d'algues, cyanobactéries et de turf sur les colonies coralliennes...).

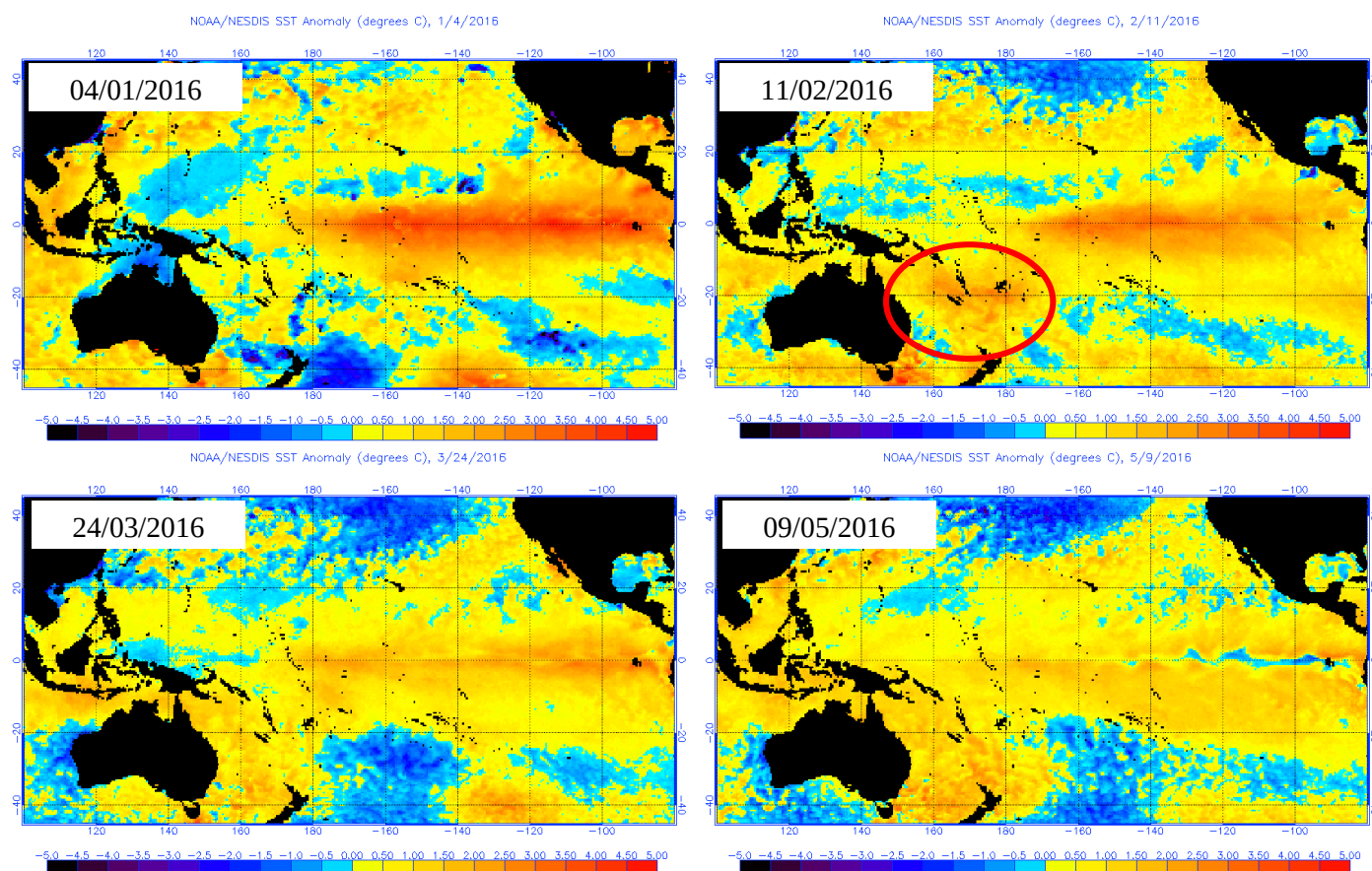


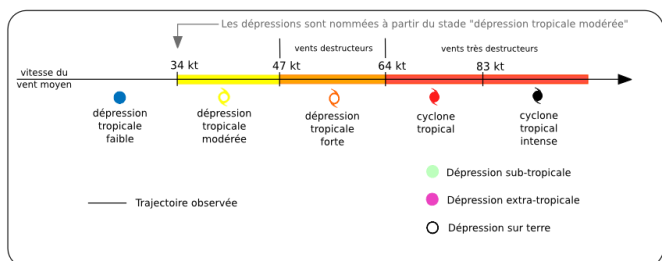
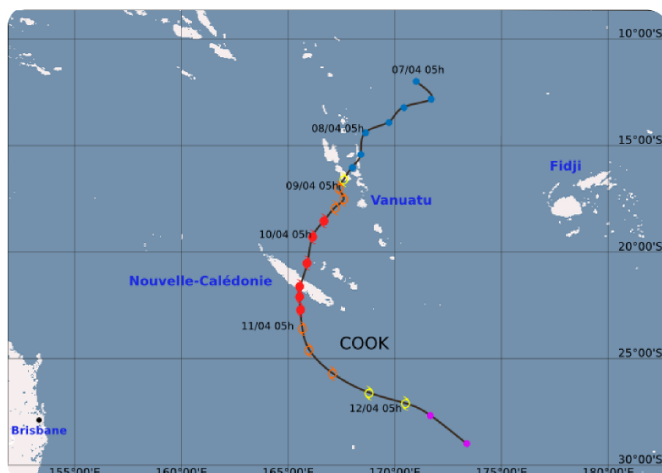
Figure 104 : Cartes des anomalies de température de surface de la mer dans le Pacifique, début 2016

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.

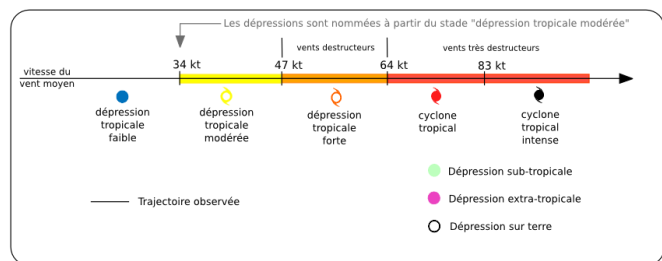
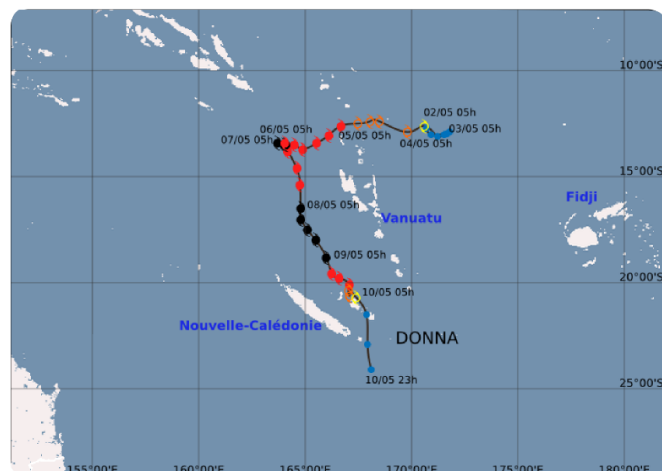
Le cyclone tropical intense Donna (2 au 10 mai 2017) a été baptisé le 3 mai au nord-est du Vanuatu. Il a suivi une lente trajectoire vers l'ouest puis bifurqué le 6 vers la Nouvelle-Calédonie tout en se renforçant au stade de cyclone tropical intense. Le 9 mai, redevenu cyclone tropical, il a occasionné des vents violents sur Ouvéa et Lifou. De très fortes vagues ont été observées. Les pluies étaient peu abondantes. Son intensité a rapidement décliné et il s'est éloigné vers le sud le 10 mai.

Cyclone tropical COOK:
Trajectoire observée du 07 au 12 avril 2017



© Toute reproduction est interdite sans l'accord de Météo-France.
Direction Interrégionale de Météo-France en Nouvelle-Calédonie et Wallis et Futuna

Cyclone tropical intense DONNA:
Trajectoire observée du 02/05/2017 au 10/05/2017



© Toute reproduction est interdite sans l'accord de Météo-France.
Direction Interrégionale de Météo-France en Nouvelle-Calédonie et Wallis et Futuna

Figure 105 : 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 1^{er} semestre prévue en mars et à la reporter alors en mai (1^{er} créneau adéquat pour les coefficients de marée).

La dépression de septembre a, de même, fait annuler la 1^{ère} date de mission du 2^{ème} semestre qui a dû être décalée en novembre.

Les caractéristiques de ces phénomènes sont résumées ci-dessous [R72].

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'Île 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 chaîne 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 2^{ème} 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 5^{ème} position des cumuls annuels les plus faibles depuis 1961.

7.1.2 Le phénomène ENSO

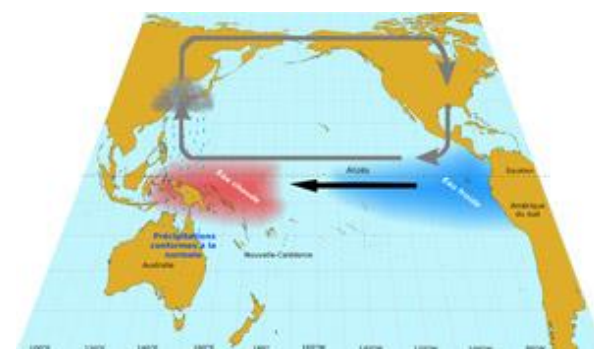
7.1.2.1 Généralités

Ces données sont issues du site de Météo France et Météo nc [R72].

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

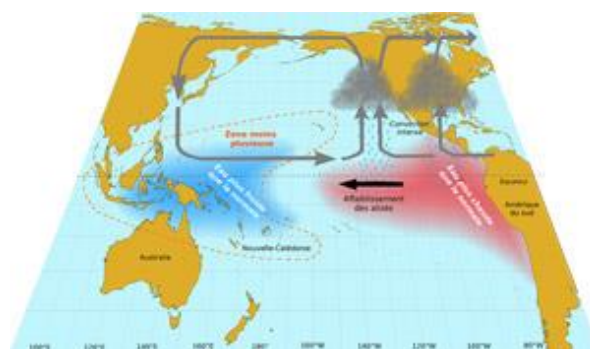
Trois phases peuvent être distinguées :

La **phase neutre** (ni El Niño, ni La Niña) : les alizés soufflent d'est en ouest sur l'océan Pacifique tropical. Ils provoquent une remontée d'eau des profondeurs au centre et à l'est de l'océan Pacifique équatorial, ce qui se matérialise par une langue d'eau froide. Ils entraînent également une accumulation d'eau « chaude » à l'ouest du bassin



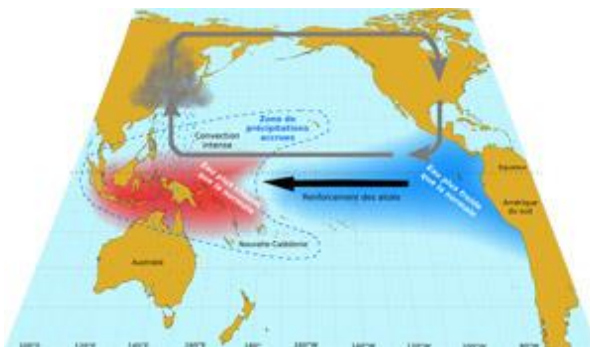
Circulations et principales caractéristiques climatiques dans le Pacifique en phase neutre pendant l'été austral (adaptée de [R72]).

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 [R72]).

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 tropicale 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 [R72]).

ENSO est la principale source de variabilité interannuelle des précipitations et des températures observées en Nouvelle-Calédonie [R55] :

- 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 106](#)).

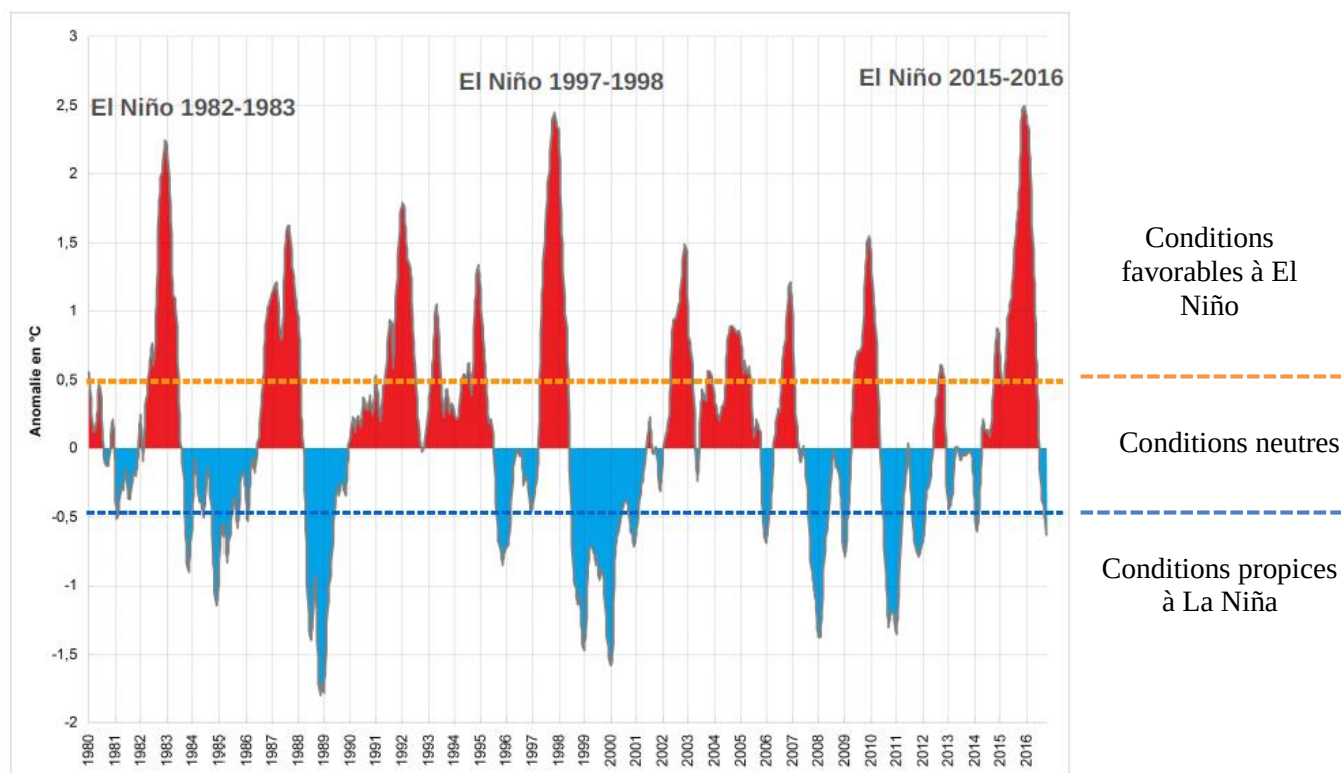


Figure 106 : Variation de l'anomalie de la température moyenne de la surface de la mer 1980-2016

(Indice ONI : Oceanic Niño Index. Partie centrale du Pacifique équatorial. Source : [R70])

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 événements El Niño les plus puissants de ces 50 dernières années, avec ceux de 1982-1983 et 1997-1998 (cf. [figure 106](#)).

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 $-0,5^{\circ}\text{C}$). 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 107](#)) 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 $-0,5^{\circ}\text{C}$).

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 $-0,5^{\circ}\text{C}$). La probabilité d'observer ce phénomène atteignait les 62% sur la période novembre-décembre 2017 et janvier 2018.

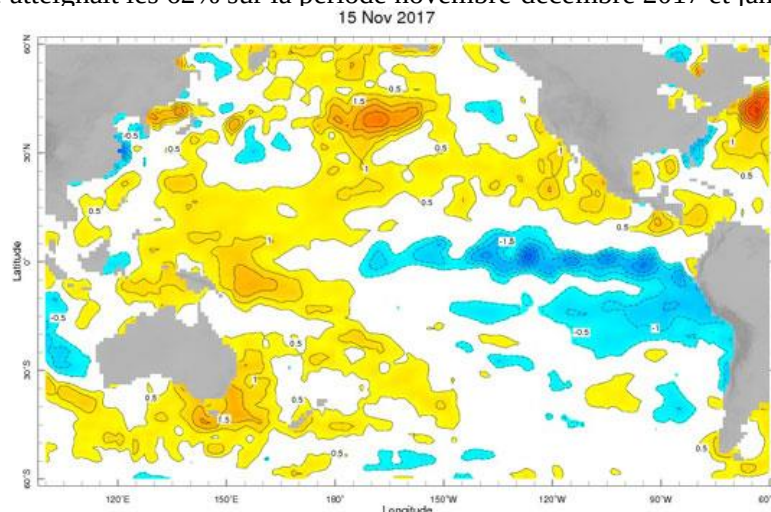


Figure 107 : Anomalies de températures de surface de la mer (9 et le 15 novembre 2017)

(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 127](#), et le [tableau 138](#) et le [tableau 139](#) en annexe n°04.

Pour cette mission, 12 espèces sont classées, réparties dans 2 groupes : les holothuries et les bénitiers : 2 espèces « en danger », 2 espèces « dépendant de la conservation » et 8 espèces « préoccupation mineure ».

Tous les transects sont concernés à l'exception de ST04ABC, ST05C et ST9C.

Tableau 127 : Invertébrés inscrits sur la liste UICN et échantillonnés lors de cette mission

EMBRANCHEMENT	DIVISION	FAMILLE	GENRE	ESPECE	STATUT
Echinoderme	Holothuride	Holothuriidae	<i>Actinopyga</i>	<i>flammea</i>	LR-lc
			<i>Actinopyga</i>	<i>palauensis</i>	LR-lc
			<i>Bohadschia</i>	<i>argus</i>	LR-lc
			<i>Holothuria</i>	<i>atra</i>	LR-lc
			<i>Holothuria</i>	<i>edulis</i>	LR-lc
			<i>Holothuria</i>	<i>flavomaculata</i>	LR-lc
			<i>Holothuria</i>	<i>fuscopunctata</i>	LR-lc
			<i>Holothuria</i>	<i>whitmaei</i>	EN
		Stichopodidae	<i>Thelenota</i>	<i>ananas</i>	EN
Mollusque	Bivalve	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>crocea</i>	LR-lc
			<i>Tridacna</i>	<i>maxima</i>	LR-cd
			<i>Tridacna</i>	<i>squamosa</i>	LR-cd

 Les macrophytes

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

7.2.2 Code de l'Environnement de la Province Sud²³

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 ;

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.

²³ Version du 23/05/2019

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	<i>Cymodocea</i>	<i>serrulata</i>
	<i>Cymodocea</i>	<i>rotundata</i>
	<i>Halodule</i>	<i>uninervis</i>
	<i>Halodule</i>	<i>pinifolia</i>
	<i>Syringodium</i>	<i>isoetifolium</i>
Hydrocharitaceae	<i>Enhalus</i>	<i>acoroides</i>
	<i>Halophila</i>	<i>ovalis</i>
	<i>Halophila</i>	<i>minor</i>
	<i>Halophila</i>	<i>decipiens</i>
	<i>Halophila</i>	<i>capricorni</i>
	<i>Thalassia</i>	<i>hemprichii</i>

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

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 128](#) (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
- 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).

Tableau 128 : 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	<i>Dugong</i>	<i>dugon</i>	Dugong
Reptiles marins	Cheloniidae	<i>Caretta</i>	<i>caretta</i>	Tortue caouanne ou grosse-tête
		<i>Chelonia</i>	<i>mydas</i>	Tortue verte
		<i>Eretmochelys</i>	<i>imbricata</i>	Tortue imbriquée
		<i>Lepidochelys</i>	<i>olivacea</i>	Tortue olivâtre
		<i>Natator</i>	<i>depressus</i>	Tortue à dos plat
	Dermochelyidae	<i>Dermochelys</i>	<i>coriacea</i>	Tortue luth
	Elapidae	<i>Laticauda</i>	<i>laticauda</i>	Tricot rayé bleu
		<i>Laticauda</i>	<i>saintgironsi</i>	Tricot rayé jaune
Poissons marins	Labridae	<i>Cheilinus</i>	<i>undulatus</i>	Napoléon
	Sélachimorpha	Tous genres	Toutes espèces	Requins
Mollusques marins	Cassidae	<i>Cassis</i>	<i>cornuta</i>	Casque
	Céphalopodes	<i>Nautilus</i>	<i>macromphalus</i>	Nautile
	Ranellidae	<i>Charonia</i>	<i>tritonis</i>	Toutoute ou conque
	Volutidae	<i>Cymbolia</i>	spp.	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 événements climatiques (El Niño / La Niña) et dépressionnaires exceptionnels (Erika, Vania, Zélia, Freda, Pam, Winston, Cook, Donna, Gita, Hola, Iris, Oma, ...).

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 octobre 2019 :

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 -12.5% et +11% 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 en nette régression et très bas : seuls 3 transects sont concernés avec un taux à 0.5%, 1% et 4.5% chacun.

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

- Un inversement (cyclique et parfaitement inverse de celui noté en avril 2017) du recouvrement « sable – DCA » en ST08B (Puka), la classe « corail mort avec algues » redevenant dominante
- Une mortalité élevée des coraux au transect B de la ST02 (Creek baie nord) entraînant une diminution de 17% dans le taux de recouvrement en scléractiniaires (avec en contrepartie +24% de DCA). Cela est dû à une attaque d'*Acanthaster planci*.

Malgré ces résultats généraux reflétant un état de santé des récifs satisfaisant globalement, **3 stations sont en déclin** :

- **La ST01 (Casy)**, dont le **recouvrement en scléractiniaires est au plus bas** (1.5% et 1% 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.
- **La ST02 (Creek baie nord) où les *Acanthaster planci* sont apparues en mai 2018 et prolifèrent depuis avril 2019**. Les taux de recouvrement en scléractiniaires ne sont plus que de 34% en A (vs 47.5% en novembre 2018) et 10.5% en B (vs 29.5% en novembre 2018).
- **La ST04 (Woodin) où l'attaque des étoiles de mer corallivores (*Acanthaster planci*) commencé en novembre 2018 se poursuit** (-12.5% de scléractiniaires au transect A). Les taux ne sont plus que de 12% en A (vs 42% en novembre 2018) et 7.5% en B (vs 32% en mai 2018).

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'*Acropora* 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, de nombreuses colonies coralliennes étaient affectées d'avril 2017 à mai 2018 dans le canal Woodin et Havannah. Depuis la mission de novembre 2018 cette maladie est très peu fréquente.

En **octobre 2019**, elle réapparaît et de nombreux transects du réseau de suivi présentent 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).

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 avril 2019 et octobre 2019, la richesse spécifique absolue des invertébrés (hors coraux durs) a évolué de -9 à +5 espèces selon les transects.

Contrairement au semestre précédent, cette évolution est majoritairement négative sur l'ensemble des niveaux bathymétriques.

Les transects présentant une diminution de diversité absolue (entre -3 et -9 espèces) sont : ST02B, ST03B, ST06AB, ST07BC, ST08A, ST09B, ST11B.

Les transects présentant une augmentation de diversité absolue (entre +3 et +5 espèces) sont : ST03A, ST04C, ST05AB, ST07A, ST08B, ST11A.

Les groupes faunistiques représentant ces fluctuations sont surtout des espèces mobiles comme les échinodermes (astéries, échinides, holothuries) et des espèces sessiles (ascidies, alcyonnaires et spongiaires). Lors de la mission précédente ces groupes faisaient augmenter la diversité absolue.

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 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 octobre 2019, les espèces cibles ayant un développement anormal sont :

Acanthaster planci est une étoile de mer corallivore (prédatrice de corail) (cf. § 5.4.3.1 et 6.2.2.3).

Elles **prolifèrent** en ST02 (8 spécimens / 200 m²) et ST04 (5 spécimens / 300 m²) et des spécimens ont été recensés en faible proportion en ST03 (2 spécimens / 300 m²).

Ces astéries ont été présentes à la station de Casy ST01 depuis novembre 2016 (1 spécimen) puis elles ont proliféré d'avril 2017 à mai 2018. Elles ont également proliféré en ST04 depuis novembre 2018 et en ST02 et ST03 depuis avril 2019.

Les colonies mortes en place et/ou blanchies (sans polype) sont importantes en ST01, ST02, ST03 et ST04 à cause des proliférations observées lors de cette mission et des années précédentes.

Les cyanobactéries apparaissent de manière épisodique mais elles ne se sont jamais développées de manière pérenne dans la zone d'étude. Depuis août 2007, Les stations ayant présenté ces proliférations (niveaux 4 et 5) sont ST01, ST02, ST03, ST06, ST07, ST08, ST10 et ST11.

Désormais, les cyanobactéries se développent de manière périodique pour les stations ST06, ST07 et ST08 (présence de débris coralliens et de sable carbonaté).

En octobre 2019, le recouvrement des cyanobactéries ne dépasse pas le niveau 2 d'abondance. Il est en légère augmentation pour les transects ST02AB, ST05C et ST09A et en diminution pour les transects : ST01AB, ST04AC, ST05A, ST06ABC et ST07B.

8.2.1.3 Les macrophytes

En général

L'assemblage des espèces de macrophytes est diversifié pour cette mission.

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.

La diversité des algues dépend des paramètres environnementaux et elle est contrainte par la saisonnalité et les événements exceptionnels (naturels ou anthropiques).

Les valeurs de biodiversité des macrophytes sont faibles durant la saison hivernale (1^{ère} mission semestrielle ; avril-mai) et suite à un événement climatique et/ou dépressionnaire (arrachement). Par contre, elles sont les plus fortes au début de la saison estivale (2^{nde} mission semestrielle ; septembre – octobre), les eaux plus chaudes favorisant le développement des algues rouges.

Les espèces cibles et envahissantes

Le recouvrement des macrophytes est particulièrement important à suivre pour 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 absente dans la baie de Prony et le canal Woodin (milieux non adaptés au développement de cette algue). Son développement a augmenté pour toutes les stations dans le canal de la Havannah (absente de ST05BC et ST12B) et sa présence est importante (abondance $\geq$ niveau 4) en ST06B, ST08A et ST11B. 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. § 5.4.3.2.2). 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 11 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 2010 à 2019 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 artefacts 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 2011, 2013, 2015, 2016, 2017 et 2018), au phénomène climatique (El Niño 2015-2016) et des perturbations liées aux activités anthropiques (d'ordre sédimentaire depuis 2011)
- 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 sur les coraux scléractiniaires constructeurs de récifs).

Dans un second temps, suite à ces perturbations d'intensité extrême, au fur et à mesure du temps, les agents hydrodynamiques remobilisent les débris et les blocs sur les pentes récifales (effondrement de débris). Il s'ensuit une phase de dégradations secondaires liées à la remobilisation des débris au cours de l'année et à des réactions en chaîne sur les parties médianes et basses des tombant récifaux. Les cyanobactéries (et le turf) peuvent alors se développer, mais leur présence n'est pas obligatoirement pérenne dans le temps (comme par exemple les observations en mai et novembre 2018 pour ST07BC).

En octobre 2019, les perturbations récentes d'ordre mécanique sont réduites (voir négligeables).

Le blanchissement (petites colonies coralliennes retournées) a été noté seulement en ST4C (0.1 m²), ST09B (0.4 m²) et ST12B (0.5 m²).

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 1) durant les fortes précipitations et les phases dépressionnaires et 2) 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 et 2017 ainsi que les événements 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.

Hypothèse : la source de particules sédimentaires perturbant les récifs de Puka et les alentours proviendrait de la baie Kwé. Cet apport de MES ne paraît 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 octobre 2019, des colonies coralliennes montrent toujours des stigmates (lésions) en ST02B (Creek baie Nord), ST03ABC (Port), induits par la sédimentation et des dépôts sédimentaires ont été observés sur les colonies coralliennes. 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. Ces colonies ne meurent pas
- les cyanobactéries se développent sur les colonies coralliennes mortes en place et les débris coralliens recouverts de sédiment terrigène
- l'algue brune *Lobophora* a un développement 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).

Concernant ce suivi biologique, 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 événement exceptionnel s'est produit durant une phase El Niño.

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 événement 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 octobre 2019, le blanchissement corallien induit par des variations de températures, UV et/ou salinité paraît totalement absent.

La majeure partie des colonies coralliennes blanchies n'a plus de polype, elles ont donc été perturbées par la prédation des corallivores ou dans une moindre mesure par la maladie de la bande blanche. Les autres colonies coralliennes blanchies avec polypes sont désolidarisées de leur substrat ou des débris.

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'îlots ; 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 octobre 2019, sur **un état de santé « Peu satisfaisant » à « Bon »** :

« Peu satisfaisant » : *Acanthaster planci*, sédimentation, maladie de la bande blanche

- ST01 (Casy) : ancienne prolifération d'*Acanthaster planci* et mortalité corallienne importante
- ST02 (Creek baie nord) : prolifération d'*Acanthaster planci*, perturbation sédimentaire et mortalité corallienne importante
- ST03 (Port) : prolifération d'*Acanthaster planci* et perturbation sédimentaire régulière, 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*, maladie de la bande blanche et mortalité corallienne.

« Moyen » :

- ST05 (Ioro)
- ST06 (Ionontea)
- ST07 (Basse Chambeyron)
- ST09 (Bancs Kié)
- ST11 (Toémo).

« Bon » :

- ST08 (Puka) : résilience notable.

La résilience de l'ensemble des stations paraît tout de même être plus lente depuis que les événements dépressionnaires sont de plus en plus récurrents.

L'ensemble des récifs a subi de lourdes perturbations naturelles depuis plusieurs missions consécutives. 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 sont généralement répétitives tout au long de l'année mais

elles ne sont pas forcément intenses. **En ST03** : c'est la circulation des bateaux dans le port qui entraîne la remobilisation des sédiments et **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).

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 paraît être plus lente pour les stations exposées aux agents hydrodynamiques depuis que les événements dépressionnaires sont de plus en plus fréquents.

Les proliférations d'*Acanthaster planci* en baie de Prony et Woodin ont fait et vont continuer de faire augmenter significativement la mortalité corallienne dans ces zones.

De plus, cette résilience est particulièrement sinieuse 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 particuliers terrigènes de la baie Kwé).

8.3 Les populations ichthyologiques

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 129](#)) et pour les missions (cf. [tableau 130](#)).

Qualité des stations

Lors de cette mission les stations de Port et Ugo ont une meilleure note, alors que les stations de Casy, Creek baie nord, Ioro, Ionontea, Bancs Kié et Toémo a eu une note en baisse (cf. [tableau 129](#)). Les autres stations sont restées stables.

Soulignons que les stations de Woodin et Basse Chambeyron ont toujours de plus des peuplements ichthyologiques exceptionnels.

Signalons également que l'invasion d'*Acanthaster* notée à Woodin depuis 2018 n'a pas eu d'incidence notables sur l'ichtyofaune de cette station.

Tableau 129 : Note de chaque station selon la qualité du peuplement de poissons

	ST01	ST02	ST03	ST04	ST05	ST06	ST07	ST08	ST09	ST11	ST12
	Casy	C. baie nord	Port	Woodin	Ioro	Ionontea	B. Chamb.	Puka	B. Kié	Toémo	Ugo
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 d'octobre 2019 à la moyenne des précédentes, par station

Les quatre graphiques de la [figure 108](#) présentent station par station, l'écart relatif de la valeur d'octobre 2019 à la moyenne de la station sur la période du suivi (depuis 2007) :

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

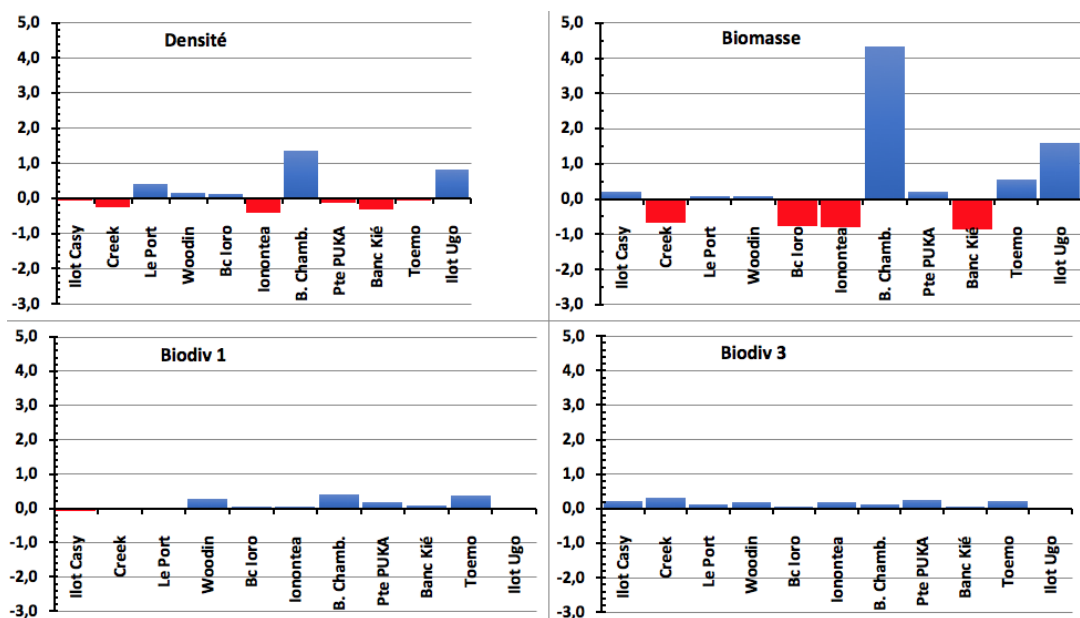


Figure 108 : Ecarts des valeurs obtenues en octobre 2019 à chaque station, avec la moyenne depuis 2007 (Ichtyologie)

Comparaison de la mission d'octobre 2019 à la moyenne globale des stations, par mission

Les quatre graphiques de la [figure 109](#) 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) :

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

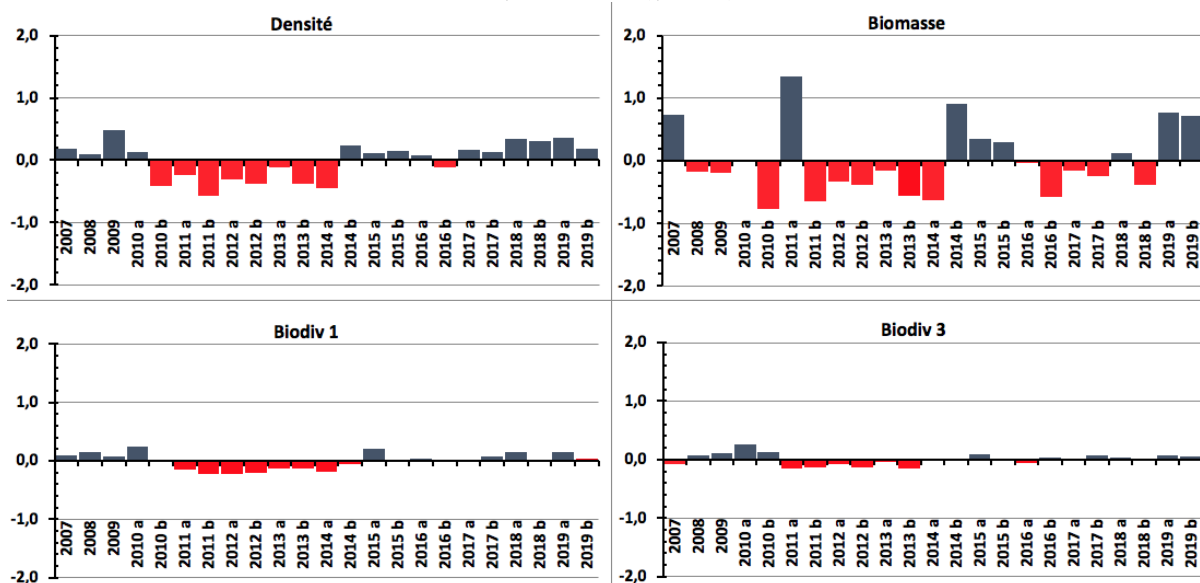


Figure 109 : Ecarts par mission des résultats ichthyologiques en octobre 2019 de l'ensemble des stations, avec la moyenne depuis 2007 (Ichtyologie)

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. Et cette différence est accentuée pour la biomasse, appréciable pour la densité mais insignifiante 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 130](#).

Tableau 130 : 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		

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

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 nyctéméraux 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" [R32 à R35, R65], comme le suggère par exemple le Guide du Milieu Marin [R31].

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 incontournableement 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 [R30, R37, R56], est parfaitement démontré dans l'article de Kulbicki et Sarramegna (1999) [R53] 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 ils confèrent donc un véritable intérêt informatif à l'ichtyofaune dans le cadre d'un tel suivi.

Ajoutons que toutes ces remarques correspondent aux conclusions du rapport INERIS [R49].

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 de 12 ans, donc de « temps long », est que le peuplement de poissons du canal de la Havannah et de la baie de Prony est de bonne qualité.

Les 23 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 130](#)) :

- 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 de 12/12.

Sur le temps court

En revanche, sur le « temps court », d'une mission à l'autre les peuplements ichthyologiques 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 un ensemble dynamique à petite échelle de temps et stable sur le long terme.

Plus concrètement, après ces 13 années d'observations (2007-2019), il apparaît 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 si si l'ensemble de la zone surveillée est considérée. 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.

Ainsi malgré des variations semestrielles et annuelles importantes, le peuplement ichthyologique 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.

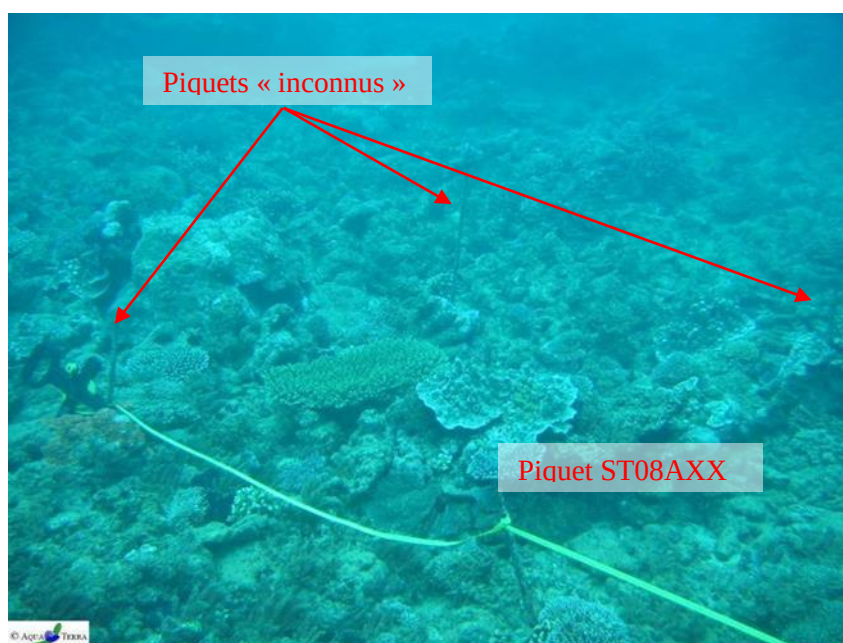
9.1 Améliorations propres à ce suivi

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 26).



Photographie 26 : 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, mètre sur le transect (en lettre romaine pour éviter de confondre avec la profondeur)

Exemple comme pour la [photographie 26](#) : 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 110](#)).

En effet, ce type d'outil permet, une fois arrivés sur zone avec le GPS et qu'un 1^{er} 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 mètre le plus précis possible et les orientations.

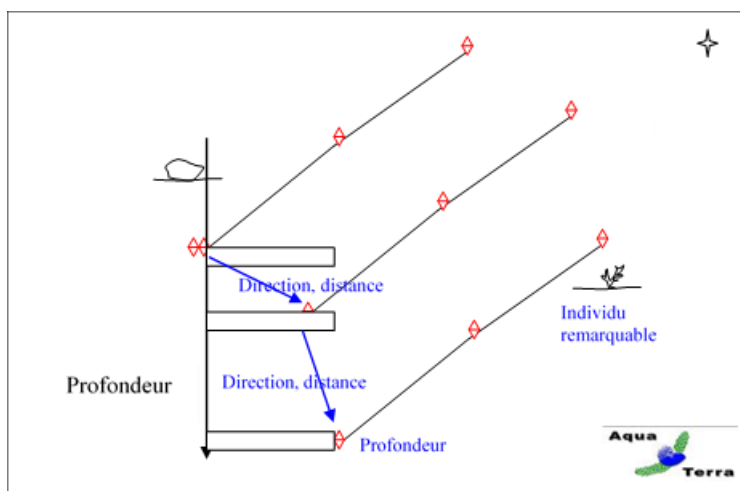


Figure 110 : Exemple de schéma descriptif d'une station

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 prospectée).

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 apparaît 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 entraîné une grande anomalie négative de dessalure des eaux de surface en début d'année 2013 [R72]. 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 particuliers 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 (quadrats) 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 réglementaire, 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) pour la plus faible à 72.5% (ST11A, novembre 2018) pour la plus forte.

Le déplacement / ajout de certaines stations ou transects est à étudier.

Choix efficient des transects et réplcats

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 réplcats aléatoires - en plus des transects existants - est nécessaire.

La mise en œuvre de ces réplcats 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'CEIL.

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 octobre 2019. 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 Nickel 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 Nickel 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 C.J., 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 : AquaTerra_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

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

- R29 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
- R30 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
- R31 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
- R32 Buckland S. T., 1992. Fitting density functions with polynomials. *Applied Statistics* ,41, 63:76
- R33 Buckland S. T., 2006. Point transect surveys for songbirds : robust methodologies. *The Auk*,123, (2), 345-345
- R34 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
- R35 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
- R36 Box et Andersen, 1955. Permutation theory in the derivation of 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
- R37 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., Sarraimegna 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

- R38 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

- R39 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 particulières d'origine naturelle. Simulation annuelle de la sédimentation des particules naturelles en contact avec l'effluent. Convention IRS/Goro-Ni n°1124, 55p

- R40 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 du creek de la rade Nord (Baie de Prony). UR-103 CAMELIA, IRD-Noumé Nouvelle-Calédonie

- R41 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

- R42 Fisk D., 2009. Best practice for LIT survey. *Coral list Vol4 Issue 28*

- R43 Friedman M., 1937. The use of ranks to avoid the normality implicit in the analysis of variance. *J. Amer. Statist. Ass.* (32) 675-701p

Gabriel C., Cros A., Chevillon C., Downer A. 2005. Analyse Eco-régionale marine de Nouvelle-Calédonie. Atelier d'identification des aires de conservation prioritaire. 112p

Gabriel 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. *Micronesica*, 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

- R44 Geary, 1956. Test de la normalité. *Ann. Inst. Poincaré* 15, 35-65

- R45 Green H., 1979. Sampling design and statistical methods for environmental biologists. Wiley Interscience, Chichester, England
- R46 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
- R47 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
- R48 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
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
- R49 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 analysis of variance. *Euphytica* 1, 112-122
- R50 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
- R51 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
- R52 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
- R53 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
- R54 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
- R55 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
- R56 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
- R57 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
- R58 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 Sargassum bed, 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
- R59 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
- R60 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
- R61 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
- R62 Richer de Forges B., Laboute P., 2004. Lagons et récifs de Nouvelle-Calédonie, 1600 espèces. Edition Catherine Ledru-IRD
- R63 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
- R64 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 ichthyologiques 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
- R65 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
- R66 Veron J.E.N., 1995. Corals in space and time, the biogeography and evolution of the Scleractinia. UNSW Press, Sydney. 321p
- R67 Veron J.E.N., 2000. Corals of the world. Australian Institute of Marine Science, Townsville, 1410pp
- R68 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., 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
- R69 Wilcoxon F., 1945. Individual comparisons 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
- R70 <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
- R71 <http://www.fishbase.org/search.php?lang=french>
www.ird.fr
http://en.wikipedia.org/wiki/Relative_species_abundance
- R72 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 [R40] pour le « Line Intercept Transect » (« life forms ») et présentées dans le [tableau 131](#).

Tableau 131 : Catégories et composantes de substrat retenues pour l'échantillonnage et le traitement des données

	COMPOSANTES (12)	CATEGORIES (28)	CODE	DESCRIPTION
Biotique	Coraux scléractiniaires	<i>Acropora</i> Branchu	ACB	Au moins 2 niveaux de branches
		<i>Acropora</i> Encroûtant	ACE	
		<i>Acropora</i> Submassif	ACS	
		<i>Acropora</i> Digité	ACD	Branches en forme de doigts
		<i>Acropora</i> Tabulaire	ACT	Branches aplaties horizontalement
		Non- <i>Acropora</i> Branchu	CB	Au moins 2 niveaux de branches NB : les non acropora digité ont été placés ici
		Non- <i>Acropora</i> Encroûtant	CE	
		Non- <i>Acropora</i> Foliaire	CF	Corail en forme de feuille
		Non- <i>Acropora</i> Massif	CM	
		Non- <i>Acropora</i> Submassif	CS	
		<i>Fungia</i>	CMR	Corail solitaire
	Autres coraux	<i>Millepora</i>	CME	Corail de feu
	Coraux mous	Corail mou	SC	
	Autres organismes vivants	Éponges	SP	
		Zoanthaires	ZO	
		Autres	OT	Ascidies, Anémones, Gorgones, Bénéitiers
	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 132](#), car ils correspondent aux taxons indicateurs de la santé des récifs, ainsi qu'aux espèces comestibles.

Tableau 132 : Liste des poissons indicateurs

FAMILLE	GENRE	ESPECE	GENRE	ESPECE
Requins		spp		
Raies		spp		
Scorpaenidae	Rascasses "poules"	spp		
Serranidae	<i>Anthias</i> et <i>Pseudanthias</i>	spp	Autres loches	spp
	<i>Cromileptes</i>	<i>altivelis</i>	<i>Plectropomus</i>	spp
	<i>Epinephelus</i>	<i>cyanopodus</i>		
Pseudochromidae	<i>Pictichromis</i>	<i>coralensis</i>		
Carangidae		spp		
Lutjanidae	<i>Aphareus</i>	<i>furca</i>	<i>Lutjanus</i>	<i>sebae</i>
	<i>Aprion</i>	<i>virescens</i>	<i>Lutjanus</i>	spp
	<i>Lutjanus</i>	<i>adettii</i>	<i>Symphorus</i>	<i>nematophorus</i>
Caesionidae		spp		
Haemulidae	<i>Diagramma</i>	<i>pictum</i>	<i>Plectorhinchus</i>	spp
Lethrinidae	<i>Lethrinus</i>	<i>nebulosus</i>	Autres bossus et bec	spp
Nemipteridae	<i>Scolopsis</i>	<i>bilineatus</i>		
Mullidae		spp		
Kyphosidae		spp		
Ephippidae	<i>Platax</i>	spp		
Chaetodontidae	<i>Chaetodon</i>	<i>auriga</i>	<i>Chaetodon</i>	<i>speculum</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>baronessa</i>	<i>Chaetodon</i>	<i>semeion</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>bennetti</i>	<i>Chaetodon</i>	<i>trifascialis</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>citrinellus</i>	<i>Chaetodon</i>	<i>lunulatus</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>ephippium</i>	<i>Chaetodon</i>	<i>ulietensis</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>flavivirostris</i>	<i>Chaetodon</i>	<i>unimaculatus</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>kleinii</i>	<i>Chaetodon</i>	<i>vagabundus</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>lineolatus</i>	<i>Coradion</i>	<i>altivelis</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>lunula</i>	<i>Forcipiger</i>	<i>flavissimus</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>melannotus</i>	<i>Forcipiger</i>	<i>longirostris</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>mertensii</i>	<i>Hemitaurichthys</i>	<i>polylepis</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>ornatissimus</i>	<i>Heniochus</i>	<i>acuminatus</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>pelewensis</i>	<i>Heniochus</i>	<i>chrysostomus</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>plebeius</i>	<i>Heniochus</i>	<i>monoceros</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>rafflesi</i>	<i>Heniochus</i>	<i>singularis</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>reticulatus</i>	<i>Heniochus</i>	<i>varius</i>
Pomacanthidae	<i>Centropyge</i>	<i>bicolor</i>	<i>Chaetodontoplus</i>	<i>conspicillatus</i>
	<i>Centropyge</i>	<i>bispinosus</i>	<i>Pomacanthus</i>	<i>imperator</i>
	<i>Centropyge</i>	<i>flavissima</i>	<i>Pomacanthus</i>	<i>semicirculatus</i>
	<i>Centropyge</i>	<i>heraldi</i>	<i>Pomacanthus</i>	<i>sextriatus</i>
	<i>Centropyge</i>	<i>tibicen</i>	<i>Pygoplites</i>	<i>diacanthus</i>
	<i>Centropyge</i>	<i>vroliki</i>		
Pomacentridae	<i>Abudefduf</i>	spp	<i>Dascyllus</i>	<i>reticulatus</i>
	<i>Amphiprion</i>	<i>perideraion</i>	<i>Dascyllus</i>	<i>trimaculatus</i>
	<i>Amphiprion</i>	spp	<i>Neopomacentrus</i>	<i>azysron</i>
	<i>Chromis</i>	<i>viridis</i>	<i>Neopomacentrus</i>	<i>violascens</i>
	<i>Chromis</i>	<i>fumea</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>coelestis</i>
	<i>Chrysiptera</i>	<i>taupou</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>moluccensis</i>
	<i>Chrysiptera</i>	<i>rollandi</i>	<i>Pomacentrus</i>	<i>aurifrons</i>

	<i>Dascyllus</i>	<i>aruanus</i>	<i>Stegastes</i>	spp
Labridae	<i>Bodianus</i>	<i>loxozonus</i>	<i>Halichoeres</i>	<i>trimaculatus</i>
	<i>Bodianus</i>	<i>perditio</i>	<i>Hemigymnus</i>	<i>melapterus</i>
	<i>Cheilinus</i>	<i>chlorourous</i>	<i>Labroides</i>	<i>dimidiatus</i>
	<i>Cheilinus</i>	<i>trilobatus</i>	<i>Novaculichthys</i>	<i>taeniourus</i>
	<i>Cheilinus</i>	<i>undulatus</i>	<i>Stethojulis</i>	<i>bandanensis</i>
	<i>Choerodon</i>	<i>graphicus</i>	<i>Stethojulis</i>	<i>strigiventer</i>
	<i>Coris</i>	<i>aygula</i>	<i>Thalassoma</i>	<i>amblycephalum</i>
	<i>Coris</i>	<i>gaimard</i>	<i>Thalassoma</i>	<i>hardwicke</i>
	<i>Gomphosus</i>	<i>varius</i>	<i>Thalassoma</i>	<i>lunare</i>
	<i>Halichoeres</i>	<i>hortulanus</i>	<i>Thalassoma</i>	<i>lutescens</i>
	<i>Halichoeres</i>	<i>margaritaceus</i>		
Scaridae	<i>Bolbometopon</i>	<i>muricatum</i>	<i>Chlorurus</i>	<i>microrhinos</i>
	<i>Scarus</i>	<i>ghobban</i>	Scaridae	spp
Blennidae	<i>Ecsenius</i>	<i>bicolor</i>	<i>Meicanthus</i>	<i>atrodorsalis</i>
Gobiidae	<i>Amblygobius</i>	<i>phalaena</i>		
Ptereleotridae	<i>Ptereleotris</i>	<i>evides</i>	<i>Ptereleotris</i>	<i>microlepis</i>
Acanthuridae	<i>Acanthurus</i>	<i>dussumieri</i>	<i>Ctenochaetus</i>	spp
	<i>Acanthurus</i>	<i>blochii</i>	<i>Naso</i>	<i>unicornis</i>
	<i>Acanthurus</i>	<i>triostegus</i>	<i>Naso</i>	spp
	<i>Acanthurus</i>	spp	<i>Zebrasoma</i>	spp
Siganidae	<i>Siganus</i>	<i>argenteus</i>	<i>Siganus</i>	spp
Zanclidae	<i>Zanclus</i>	<i>cornutus</i>		
Scombridae	<i>Scomberomorus</i>	<i>commerson</i>		
Balistidae	<i>Balistoides</i>	<i>conspicillum</i>	<i>Rhinecanthus</i>	<i>aculeatus</i>
	<i>Oxymonacanthus</i>	<i>longirostris</i>	<i>Rhinecanthus</i>	<i>rectangulus</i>
Tetraodontidae	<i>Canthigaster</i>	spp		

Caractéristiques terrain de la campagne d’échantillonnage de octobre 2019

Tableau 133 : 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)
22/10/2019	11h10	Flot	Casy	OK	Couvert, passage pluvieux	SE 8 nds	Clapot faible	Faible	11 à 12 m	23,4°C à 8 m
22/10/2019	14h30	Etal / Début Jusant	Creek baie nord	OK	Couvert, passage pluvieux	SE 10 nds	Clapot faible	Nul	8 à 10 m	23,3°C à 10,5 m
23/10/2019	14h15	Fin flot	Port	OK	Couvert, passage pluvieux	SE 12 nds	Clapot faible	Nul	9 à 11 m	23,8°C à 9,4 m
23/10/2019	12h	Mi flot	Woodin	OK	Couvert, passage pluvieux	SE 10 nds	Clapot faible	Faible à moyen	11-12 m	24°C à 10,8 m
24/10/2019	12h10	Mi flot	Ioro	OK	Couvert	SE 18 nds	Clapot faible	Faible	13 à 17 m	23,7°C à 10,2 m
24/10/2019	8h30	Fin jusant / Etal	Ionontea	OK	Couvert	SE 15 nds	Houle 1 m	Faible	20 m	24°C à 13 m
14/11/2019	13h30	Fin jusant / Etal	Basse Chambeyron	OK	Nuageux 30%	SE 10 nds	Houle	Moyen à fort	15 à 17 m	23,5°C à 11,9 m
25/10/2019	12h	Etal / Début Flot	Puka	OK	Couvert 100% pluie	ESE 20 nds	Clapot ESE 0,1 m	Faible à moyen	15-16 m	24,2°C à 4 m
13/11/2019	13h30	Etal / Début Flot	Bancs Kié	OK	Nuageux 30%	SE 12 nds	Houle	Fort	17 à 20 m	23,5°C à 14,1 m
13/11/2019	9h50	Jusant	Toémo	OK	Couvert 40%	SE 10 nds	Clapot ESE 0,1 m + grosse houle	Faible à moyen	17-18 m	24,3°C à 11,3 m
25/10/2019	9h	Fin jusant	Ugo	OK	Couvert 90%	ESE 18 nds	Clapot faible	Faible	17 m	23,8°C à 8 m

* en moyenne, mise à l’eau
** par rapport à l’agenda corrigé (voir tableaux suivants)

Tableau 134 : Corrections des marées

	Heure		Hauteur (m)		Niveau moyen
	PM	BM	PM	BM	
Baie de Prony	- 40 mn	- 40 mn	- 0,4	- 0,2	0,7
Port Boisé	- 30 mn	- 35 mn	-0,35	0	0,76
Nouméa = Port de référence				1,45 < 0,95 < 0,40	

Tableau 135 : Agenda des marées (corrigées selon le lieu)

Canal Havanah			
Jour	Date	Heure	Hauteur
Jeudi	24/10/2019	4:12	1,13
		10:24	0,52
		17:03	1,46
		23:29	0,59
Vendredi	25/10/2019	5:24	1,24
		11:29	0,46
		17:55	1,54
Mercredi	13/11/2019	2:12	0,29
		8:34	1,56
		14:34	0,56
		20:25	1,44
Jeudi	14/11/2019	2:43	0,26
		9:10	1,59
		15:11	0,57
		20:58	1,41

Prony / Woodin			
Jour	Date	Heure	Hauteur
Mardi	22/10/2019	00:44	1,11
		07:27	0,54
		14:44	1,33
		21:08	0,77
Mercredi	23/10/2019	2:31	1,08
		9:02	0,56
		16:02	1,38
		22:29	0,7

Résultats bruts de l'échantillonnage LIT de octobre 2019

Tableau 136 : Recouvrement du substrat (en %) pour toutes les catégories

	Station	CASY		CREEK BAIE NORD		PORT			CANAL WOODIN			IORO			IONONTEA			CHAMBEYRON			PUKA		BANCS 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
Code	Catégories																													
ACB	Acropora branchu	0,5		32	4	2,5	6,5		4,5	0,5		10	1		7	2	0,5	7,5	2,5	0,5	15,5	0,5	8	5,5	4,5	29	6,5		9	5,5
ACE	Acropora encroûtant																										0,5			
ACS	Acropora submassif																													
ACD	Acropora digité																													
ACT	Acropora tabulaire												4,5		8,5	4,5		6	1	1,5	3,5		6		1,5	16	3,5		5	
CB	Corail branchu	0,5					0,5		6	6,5	5	1	0,5		4,5	7	0,5	6	4	0,5	3		3,5	2	2	11,5	1,5		1	
CE	Corail encroûtant	0,5	0,5		0,5		1	2	0,5	0,5	0,5	15,5	4	1	10,5	5,5	6,5	4,5	1	1	5	0,5	7,5	4	6,5	9,5	18	0,5	5,5	0,5
CF	Corail foliaire		0,5	1	3,5			0,5					3						1							4			0,5	
CM	Corail massif			1	2,5	2	3	1			0,5	6,5	17,5		9,5	12,5	3	3	1	1	3	1	4,5	4,5	2,5	2	2	8,5	8	9,5
CS	Corail submassif											1,5	1			0,5												0,5		
CMR	Fungia						1,5		1							0,5			0,5		0,5							2,5	3,5	
CME	Millepora			2	0,5				9,5	6																				
SC	Coraux mous	9	4	6	4	0,5	1	0,5							1,5						3	3	13	9,5	7,5	1	6,5	0,5	2	5
SP	Éponges	1,5	1,5		0,5	1,5		0,5		2	5	2,5	1,5	0,5	3	2,5	1,5	0,5	5	2,5			1	3,5	2,5	0,5		3,5	2	2,5
ZO	Zoanthaires													2								6,5								
OT	Autres organismes								0,5	3	3												1,5		1	0,5		0,5		
AA	Assemblages algales			10												9						3,5		1,5						
CA	Algue calcaire			1			1								5,0	5,5	7,5	7,5	2,5		3,5		8	9,5	14	3		8		
HA	Halimeda			10		0,5			1											5										
MA	Macroalgues	0,5					11								4		2		1,5	0,5			2			0,5	12	5		
F	Algue filamenteuse	1																	4,5					0,5						
DCA	Corail mort avec algues	16	8	36	49,5	37,2	68	6,5	74,5	59	17,2	31,5	19,5	3	46,5	49	68,0	64	40	69	60	68	45	55,5	54,5	26,5	45	66,5	54,5	53
DC	Corail mort								1																					
S	Sable	68	85						1,5	22,5	68,8	31,5	47,5	92		1,5	10,5	1	35,5	18,5	3	17		4,5	3		1	6,5	10	20
R	Débris	2,5	0,5											1,5																
RC	Dalle - Roche																													
SI	Vase			1	35	55,8	6,5	89																						
W	Eau																													
	Abiotique	70,5	85,5	1	35	55,8	6,5	89	2,5	22,5	68,8	31,5	47,5	93,5	0	1,5	10,5	1	35,5	18,5	3	17	0	4,5	3	0	1	6,5	10	20
	Biotique	29,5	14,5	99	65	44,2	93,5	11	97,5	77,5	31,2	68,5	52,5	6,5	100	98,5	89,5	99	64,5	81,5	97	83	100	95,5	97	100	99	93,5	90	80
Dont coraux scléractiniaires		1,5	1	34	10,5	4,5	12,5	3,5	12	7,5	6	34,5	31,5	1	40	32,5	10,5	27	11	4,5	30,5	2	29,5	16	17	68	35,5	9,5	31,5	19,5

Tableau 137 : Répartition du recouvrement (en %) du substrat, partie biotique/abiotique

	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	ST11 A	ST11 B	ST11 C	ST12 A	ST1 2B
Macrophytes et invertébrés	28	13,5	65	54,5	39,7	81	7,5	85,5	70	25,2	34	21	5,5	60	66	79	72	53,5	77	66,5	81	70,5	79,5	80	32	63,5	84	58,5	60,5
Coraux scléractiniaires	1,5	1	34	10,5	4,5	12,5	3,5	12	7,5	6	34,5	31,5	1	40	32,5	10,5	27	11	4,5	30,5	2	29,5	16	17	68	35,5	9,5	31,5	19,5
Abiotique	70,5	85,5	1	35	55,8	6,5	89	2,5	22,5	68,8	31,5	47,5	93,5	0	1,5	10,5	1	35,5	18,5	3	17	0	4,5	3	0	1	6,5	10	20

Résultats bruts de l'échantillonnage du benthos de octobre 2019

Données brutes transmises par
Biocénose Marine

Tableau 138 : 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	Espec	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	variegata	DD		2	2	5	2	3	5	3			
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	Padina	sp.	/		-2	-2								
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	Turbinaria	ornata	DD									2		
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	Amphiroa	sp.	/				2	2	2	4	4			
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	Caulerpa	sp.	/		-2									
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	Neomeris	vanbosseae	DD		2	2			2					
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	Halimeda	sp.	/		2(2spp)	2(2spp)	5(3spp)	3(2spp)	2(2spp)	3	2	2(2spp)	2	
Ascidies	Ascidies	Ascidiidae	Phallusia	julinea	DD			1								
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	Didemnum	molle	DD		2	2						2		
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	Didemnum	(blanche)	/				2					2	2	
Ascidies	Ascidies	Indéterminé	Encroutante	(verte)	/											
Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	Clavelina	detorta	DD			2						2		
Ascidies	Ascidies	Styelidae	Polycarpa	aurita	DD		3	3	2	2	2				2	
Ascidies	Ascidies	Styelidae	Polycarpa	cryptocarpa	DD		2	2	2	2	2					
Ascidies	Ascidies	Styelidae	Polycarpa	nigricans	DD		4	4	2	2	3	-2	2		2	
Ascidies	Ascidies	Styelidae	Polycarpa	sp1. (blanche)	/		-1	-1			2					
Bryozoaires	Cyclostomes	Adeonidae	Reptadeonella	violacea	DD		-2									
Bryozoaires	Cyclostomes	Tetraplariidae	Alcyonidium	sp.	/				2	2				2	4	3
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	Discosoma	sp.	/								2			
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	Cladiella	sp.	/		3	3	3		2	2	2			
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	Lobophytum	sp.	/										-1	
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	Sarcophyton	sp.	/		5	5	5	5	3	4	3	2	2	
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	Sinularia	dura	DD		3	3	3	3		2	2			
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	Sinularia	flexibilis	DD		2	3								
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	Sinularia	leptoclados	DD				2	2						
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	Sinularia	sp.	/		4	3	3	3	3	2	2		1	
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	Dendronephthya	sp.	/									2	-2	
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	Nephthea	sp.	/		3	3	2		2	2	2	-2		
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	Xenia	sp.	/		-2	2								
Cnidaires	Alcyonaires	Nidaliidae	Chironephthya	sp.	/			1		1						
Cnidaires	Hydrozoaires	Indéterminé	sp.	Indéterminé	/									3(3spp)	5(3spp)	3(2spp)
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	Indéterminé	sp.	/		2	2		2		2	2			-1
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	Palythoa	tuberculosa	DD		2	2	2	2	2	-2		2	2	
Cyanobactéries	Cyanophycées	Phormidiaceae	Phormidium	sp.	/		2	1	2	1	2	2		-2	2	-2
Echinodermes	Astéries	Acanthasteridae	Acanthaster	planci	DD		-1		2	2	1	1	-1	2	2	
Echinodermes	Astéries	Echinasteridae	Echinaster	varicolor	DD				-1	1	1	1				
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Celerina	heffernani	DD		-1		1	-1		1	-2			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Fromia	indica	DD									1		
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Fromia	milleporrella	DD				1	-1						
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Fromia	monilis	DD						1			1		
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Gomophia	egyptiaca	DD		1		1		-1				-2	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Linckia	multifora	DD		1	2								1
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Nardoa	gomophia	DD		1	1	2	2	1	1	1		1	1
Echinodermes	Astéries	Oreasteridae	Culcita	novaeguineae	DD							1	1			
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	sp.	Indéterminé	/		2	2	2	2				3	4	5
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	Diadema	setosum	DD		2	1			2	3	3	-2	2	-1
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	Echinometra	mathaei	DD		1								2	
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	Echinostrephus	aciculatus	DD		2	2								
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	Parasalenia	gratiosa	DD				2	-1					2	-2
Echinodermes	Echinides	Toxopneustidae	Toxopneustes	pileolus	DD		-1									
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Actinopyga	lecanora	DD	1	1									
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Holothuria	edulis	LR-lc	1	1	1		1	1					-1
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Holothuria	flavomaculata	LR-lc	1			2	3	3	3	1			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Holothuria	fuscopunctata	LR-lc	1	2	1								
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Holothuria	whitmaei	EN	1	1	-1								
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	Thelenota	anax	DD	1	1	1								
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	Ophiomastix	caryophyllata	DD		3	2	3	4	2	3	2	2	2	
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	Ophiure	ind.	/		2	2	2	2	2	3	2	3	2	2

Groupe	Sous groupe	Famille	Genre	Espece	UICN	PS	ST01A	ST01B	ST02A	ST02B	ST03A	ST03B	ST03C	ST04A	ST04B	ST04C
Echinodermes	Synaptes	Synaptidae	<i>Euapta</i>	<i>godeffroyi</i>	DD					1						
Eponges	Spongiaires	Anchinoidae	<i>Hamigera</i>	<i>strongylata</i>	DD		2	2					1	2	4	3
Eponges	Spongiaires	Axinellidae	<i>Cymbastela</i>	<i>cantharella</i>	DD			2	1	1			1		3	3
Eponges	Spongiaires	Callyspongiidae	<i>Dactylia</i>	<i>delicata</i>	DD										2	
Eponges	Spongiaires	Clionaidae	<i>Cliona</i>	<i>jullieni</i>	DD		3	3	2	2	2	2	3	2	2	3
Eponges	Spongiaires	Clionaidae	<i>Cliona</i>	<i>orientalis</i>	DD		3	2	2	2	2	2	2	2	3	3
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	<i>Dysidea</i>	<i>arenaria</i>	DD										-1	
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	<i>Dysidea</i>	<i>frondosa</i>	DD		3	3			2					
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	<i>Dysidea</i>	<i>herbacea</i>	DD		2				1				2	
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	(grise, digité)	/		2	2								
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	(noire)	/		2	2	-2	-2				2	4	3
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	(rouge)	/									2	2	
Eponges	Spongiaires	Leucetidae	<i>Leucetta</i>	<i>chagosensis</i>	DD							-1				
Eponges	Spongiaires	Microcionidae	<i>Clathria</i>	<i>rugosa</i>	DD		-2	-2		-2				-2	-2	
Eponges	Spongiaires	Spirastrellidae	<i>Spheciospongia</i>	<i>vagabunda</i>	DD		3	2	2	2	2	-2	2		2	3
Mollusques	Bivalves	Arcidae	<i>Arca</i>	<i>ventricosa</i>	DD		2		2	2	2				2	
Mollusques	Bivalves	Gryphaeidae	<i>Hyotissa</i>	<i>hyotis</i>	DD		1		2				1		2	
Mollusques	Bivalves	Isognomonidae	<i>Isognomon</i>	<i>isognomon</i>	DD		3	3	2	2	3	2	3	2	2	2
Mollusques	Bivalves	Mytilidae	<i>Septifer</i>	<i>bilocularis</i>	DD		2	2	2	3	2		2	-2	2	
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	<i>Lopha</i>	<i>cristagalli</i>	DD										2	2
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	<i>Saccostrea</i>	<i>cucullata</i>	DD						2					
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	<i>Saccostrea</i>	sp.	/				2						2	2
Mollusques	Bivalves	Pinnidae	<i>Pinna</i>	sp.	/		1	-1								
Mollusques	Bivalves	Pteridae	<i>Pinctada</i>	<i>margaritifera</i>	DD											2
Mollusques	Bivalves	Pteridae	<i>Pteria</i>	sp.	/		2	2		-2					2	2
Mollusques	Bivalves	Spondylidae	<i>Pedum</i>	<i>spondyloideum</i>	DD		2	2	-2	-2	2				2	
Mollusques	Bivalves	Spondylidae	<i>Spondylus</i>	sp.	/		2	2	2	2	2	1	2	2	2	2
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>maxima</i>	LR-cd	1			1							
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>squamosa</i>	LR-cd	1	1			-1						
Mollusques	Gastéropodes	Coralliophilidae	<i>Coralliophila</i>	<i>violacea</i>	DD		2	2	2							
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	<i>Chicoreus</i>	<i>brunneus</i>	DD						-1					
Mollusques	Gastéropodes	Turbinidae	<i>Astraea</i>	<i>rhodostoma</i>	DD		-2	-1								
Mollusques	Nudibranches	Aglagidae	<i>Cheilidonura</i>	<i>electra</i>	DD					1						
Mollusques	Nudibranches	Aglagidae	<i>Cheilidonura</i>	<i>inornata</i>	DD						1					
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	<i>Cadlinella</i>	sp.	/								-1			
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	<i>Chromodoris</i>	<i>kuniei</i>	DD										1	
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	<i>Chromodoris</i>	<i>leopardus</i>	DD		1						-1			
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	<i>Risbecia</i>	<i>tryoni</i>	DD			1								
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	<i>Phyllidiella</i>	<i>pustulosa</i>	DD									-1	-1	
Vers	Annélides polychètes	Serpulidae	<i>Spirobranchus</i>	<i>giganteus</i>	DD		3	3	3	3	2	2	2	3	3	2

Tableau 139 : Inventaire des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah)

Groupe	Sous groupe	Famille	Genre	Espece	UICN	PS	ST05A	ST05B	ST05C	ST06A	ST06B	ST06C	ST07A	ST07B	ST07C	ST08A	ST08B	ST09A	ST09B	ST09C	ST11A	ST11B	ST11C	ST12A	ST12B
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	<i>Dictyota</i>	sp.	/											2	3		3	3	2	2	2	2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	<i>Lobophora</i>	<i>variegata</i>	DD																		2	-2	
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	<i>Turbinaria</i>	<i>ornata</i>	DD					2			2					3	2					2	
Algues rouges	Rhodophycées	Bonnemaisoniaceae	<i>Asparagopsis</i>	<i>taxiformis</i>	DD		2			3	4	3	2	2	2	4	3	3	3	2	3	4	3	2	
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	<i>Amphiroa</i>	sp.	/					2	-2	-2						2	3	2		2	2		
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	<i>Plocamium</i>	sp.	/								-2	2		-3	-2	-2	2		2	-2			
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	<i>Actinotrichia</i>	sp.	/																	-2			
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	<i>Galaxaura</i>	sp.	/														2	-2	2				
Algues rouges	Rhodophycées	Hypneaceae	<i>Hypnea</i>	sp.	/						2	2													
Algues rouges	Rhodophycées	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/														-2	-2					
Algues rouges	Rhodophycées	Liagoraceae	<i>Trichogloea</i>	<i>requienii</i>	DD						1	2													
Algues rouges	Rhodophycées	Peyssonneliaceae	<i>Peyssonnelia</i>	sp.	/														2	3					
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpacaeae	<i>Caulerpa</i>	<i>serrulata</i>	DD							-1													
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpacaeae	<i>Caulerpa</i>	sp.	/														1	-2	1				
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	<i>Codium</i>	<i>platyclados</i>	DD														3	3					
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	<i>Codium</i>	sp.	/													2	3	3					
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	<i>Codium</i>	<i>spongiosum</i>	DD														3	3					
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	<i>Bornetella</i>	<i>oligospora</i>	DD														3	3					
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	<i>Neomeris</i>	<i>vanbosseae</i>	DD		2	2											2	2	2	2		-2	
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	<i>Halimeda</i>	sp.	/		2(2spp)	2		-2	2			2	2	2	2		2(2spp)	2(2spp)	2	2		-2	
Algues vertes	Chlorophycées	Siphonocladaceae	<i>Dictyosphaeria</i>	<i>verluisii</i>	DD													2	-3						
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	<i>Chlorodesmis</i>	<i>fastigiata</i>	DD		2	2										-1	2	2	2	2	2	1	

Groupe	Sous groupe	Famille	Genre	Especie	UICN	PS	ST05A	ST05B	ST05C	ST06A	ST06B	ST06C	ST07A	ST07B	ST07C	ST08A	ST08B	ST09A	ST09B	ST09C	ST11A	ST11B	ST11C	ST12A	ST12B	
Algues vertes	Chlorophycées	Valoniaceae	Ventricaria	ventricosa	DD		-2	2											-2	-2	2	2		1	1	
Ascidies	Ascidies	Diazoniidae	Atriolum	robustum	DD														2	2						
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	Didemnum	molle	DD													3	3	3	2	2	2			
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	Didemnum	(blanche)	/				2	2	2			2		2	2	2	3	2						
Ascidies	Ascidies	Indéterminé	Encroutante	(verte)	/													3	2	2						
Ascidies	Ascidies	Indéterminé	Encroutante	(violet, blanche)	/													2	2	2						
Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	Clavelina	detorta	DD					2	2		2	2		2	2	-2	2	2		2				
Ascidies	Ascidies	Styelidae	Polycarpa	aurita	DD			2		3	2	3	3	2	2	2	-2	2	4	3	4		2	1	2	3
Ascidies	Ascidies	Styelidae	Polycarpa	clavata	DD						-1	2	-1	2	1		-1		2	2		-1	2	-1	1	
Ascidies	Ascidies	Styelidae	Polycarpa	cryptocarpa	DD			2	2	2	2	2	3	2	3	2	1	3	3	3	2	3	3	3	2	
Ascidies	Ascidies	Styelidae	Polycarpa	nigricans	DD		2	2	2	4	2	2	3	3	3	2	2	5	4	4	2	2	2	3	4	
Ascidies	Ascidies	Styelidae	Polycarpa	sp1. (blanche)	/							1														
Bryozoaires	Cyclostomes	Tetraplariidae	Alcyonidium	sp.	/		2	3	3	2	2					2	2	2	3	3		2	2			
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	Discosoma	rhodostoma	DD											2					2	3		2		
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	Discosoma	sp.	/			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							
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	Heteractis	sp.	/														-1							
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	Cladiella	sp.	/									-2		2	-2		2	2	2	3				
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	klyxum	sp.	/													2	2	2						
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	Lobophytum	sp.	/									-2		2	2	4	2	3		3	2		-1	
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	Rhytisma	sp.	/														2	2						
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	Sarcophyton	sp.	/			-2	2	2	2	-2		-1	2	2	-3	3	3	2	2	4	2	3	5	
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	Sinularia	dura	DD																			2		
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	Sinularia	sp.	/					2	-2	-1				2	2	3	3	3	-2	3	2	-2	-2	
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	Dendronephthya	sp.	/				1	2					-1			2	3	5		2			1	
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	Nephtea	sp.	/					2	2							3	4	4	4	4	-2			
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	Xenia	sp.	/														3	3		2				
Cnidaires	Alcyonaires	Nidaliidae	Chironephthya	sp.	/				2					-1	-1				1			-1				
Cnidaires	Hydrozoaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/						2	2				2	2	3	3	3	2	3	2	2	2	
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	Indéterminé	sp.	/							-2					2								-2	
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	Palythoa	tuberculosa	DD		2	2		2	2	2	2	2		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Cyanobactéries	Cyanophycées	Phormidiaceae	Phormidium	sp.	/		1	2	2	1	2	2		2	-3	2	-2	2	2	2	-2	2		2	2	
Echinodermes	Astéries	Acanthasteridae	Acanthaster	planci	DD							-1												-2		
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	Celerina	heffernani	DD						1			1					-1			1				
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	Fromia	indica	DD					-1			2		1		2	-1	2	1		1				
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	Fromia	milleporrella	DD																					
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	Fromia	monilis	DD		1			1	-2			-1						1						
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	Gomophia	egyptiaca	DD						1		1	1	1	1			-1	-1	1	1				
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	Gomophia	watsoni	DD																		1			
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	Linckia	laevigata	DD													-1								
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	Linckia	multifora	DD		2	2		2	2	2	3	2	-2	1	2	1	2	1	2	2				
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	Nardoa	gomophia	DD		1	1				-1										-1	-1			
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	Neoferdina	cumingi	DD															-1						
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/		2	2	2	3	2	2	3	3	2	-2	2	4	4	3	2	2	-1	3	2	
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	Diadema	savignyi	DD														2							
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	Diadema	setosum	DD		2	2						2	1	-2	1		2	2		-1	1	1	2	
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	Echinometrix	diadema	DD						1			1					3	2						
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	Echinometra	mathaei	DD		1	2										2	1							
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	Echinostrephus	aciculatus	DD		2	2	2	2	2	1	3	2		2	-1	3	3	2		2	2	2	2	
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Actinopyga	flammea	LR-lc	1								1	-1											
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Actinopyga	lecanora	DD	1				1		-2		-1					-2							
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Actinopyga	palauensis	LR-lc	1	2	1			-1	1	-1	2	1	2	2		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	2	1	2	2											
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Holothuria	edulis	LR-lc	1	1	1			1	1		-2	-1	-1	1		-1				-1			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Holothuria	flavomaculata	LR-lc	1																				
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Holothuria	fuscopunctata	LR-lc	1	1	1				1		-1		1	1									
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Holothuria	whitmaei	EN	1				-2	-1							1				-2				
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	Thelenota	ananas	EN	1						1										-2	1			
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	Thelenota	anax	DD	1	1					1													1	
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	Ophiomastix	caryophyllata	DD		2	2	2							2	2				2	3		2	2	
Echinodermes	Ophiurides</																									

Groupe	Sous groupe	Famille	Genre	Espece	UICN	PS	ST05A	ST05B	ST05C	ST06A	ST06B	ST06C	ST07A	ST07B	ST07C	ST08A	ST08B	ST09A	ST09B	ST09C	ST11A	ST11B	ST11C	ST12A	ST12B
Eponges	Spongiaires	Ancorinidae	<i>Stellata</i>	<i>globostellata</i>	DD																2			2	
Eponges	Spongiaires	Aplysiniellidae	<i>Pseudoceratina</i>	<i>verrucosa</i>	DD																2				
Eponges	Spongiaires	Axinellidae	<i>Cymbastela</i>	<i>cantharella</i>	DD				2							-1			-2	2			2		
Eponges	Spongiaires	Axinellidae	<i>Ptilocaulis</i>	<i>fusiformis</i>	DD						1			-1											
Eponges	Spongiaires	Clionaidae	<i>Cliona</i>	<i>jullieni</i>	DD		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1	2	2	2	2	2	2	3
Eponges	Spongiaires	Clionaidae	<i>Cliona</i>	<i>orientalis</i>	DD		3	3	2	3	4	3	2	3	2	2	2	3	3	3	2	2	2	3	3
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	<i>Dysidea</i>	<i>arenaria</i>	DD															1					
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	<i>Dysidea</i>	<i>frondosa</i>	DD					-1			1												
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	<i>Dysidea</i>	<i>herbacea</i>	DD		1	1					1			2	1		2		3	2	2	2	1
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	(grise, digité)	/																				
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	(noire)	/			2	2		2	3	2	2	2	2	1	2	2	3		2	2	3	2
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	(orange)	/			2	2			3		2	2				2	2			2	1	2
Eponges	Spongiaires	Leucetidae	<i>Leucetta</i>	<i>chagosensis</i>	DD													2	2		1	-1			
Eponges	Spongiaires	Microcionidae	<i>Clathria</i>	<i>rugosa</i>	DD		2	2	3						2	1	1						2		2
Eponges	Spongiaires	Spirastrellidae	<i>Spraciospongia</i>	<i>vagabunda</i>	DD		1				2	2	2	2	1	2	2	2	2	2			2	2	2
Mollusques	Bivalves	Arcidae	<i>Arca</i>	<i>ventricosa</i>	DD		2	2	-2						2	2	2					-2	-1	-3	-2
Mollusques	Bivalves	Gryphaeidae	<i>Hyotissa</i>	<i>hyotis</i>	DD		2	2	1		1	1		2				2	2			2	1	2	
Mollusques	Bivalves	Isognomonidae	<i>Isognomon</i>	<i>isognomon</i>	DD		2	2								2	2		2	2				2	2
Mollusques	Bivalves	Mytilidae	<i>Septifer</i>	<i>bilocularis</i>	DD		3	5	2	2	2	-2		2	-2	2	2	2	2			2	2	3	2
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	<i>Saccostrea</i>	<i>cucullata</i>	DD			2	2													2	2		
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	<i>Saccostrea</i>	sp.	/									2	2										
Mollusques	Bivalves	Pteridae	<i>Pinctada</i>	<i>margaritifera</i>	DD																		-1		2
Mollusques	Bivalves	Pteridae	<i>Pteria</i>	sp.	/		2		2										2	-2		2		2	
Mollusques	Bivalves	Spondylidae	<i>Pedum</i>	<i>spondyloideum</i>	DD		4	3		3	2		2	1	-2	3	2	2	3	2	2	2	-2	2	2
Mollusques	Bivalves	Spondylidae	<i>Spondylus</i>	sp.	/		2	2					3	2		2	1	4	2	2		2	2	2	2
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>crocea</i>	LR-lc	1	3											2	1						
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>maxima</i>	LR-cd	1	3			2	-1		2	1		1		2	2		2	1		1	
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>squamosa</i>	LR-cd	1	2			-1			1						1					-1	
Mollusques	Gastéropodes	Bursidae	<i>Bursa</i>	sp.	/						1														
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	<i>Conus</i>	<i>litteratus</i>	DD																				-1
Mollusques	Gastéropodes	Coralliophillidae	<i>Coralliophila</i>	<i>violacea</i>	DD		2	2		2	2		2	2		2	2	2	2	2		2		2	2
Mollusques	Gastéropodes	Muricidae	<i>Drupella</i>	<i>cornus</i>	DD					-3						-2					2	2			
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	<i>Lambis</i>	<i>lambis</i>	DD												1								
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	<i>Lambis</i>	<i>scorpius</i>	DD									1											
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	<i>Tectus</i>	<i>pyramis</i>	DD																1				
Mollusques	Gastéropodes	Turbinidae	<i>Astraea</i>	<i>rhodostoma</i>	DD		-2	-2		-2								1	2		1	1	2		
Mollusques	Nudibranches	Dorididae	<i>Halgerda</i>	<i>punctata</i>	DD			1																	
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	<i>Phyllidia</i>	<i>ocellata</i>	DD																		1	1	
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	<i>Phyllidiella</i>	<i>pustulosa</i>	DD									1	-1							-1			
Vers	Annélides polychètes	Serpulidae	<i>Spirobranchus</i>	<i>giganteus</i>	DD		3	3	2	5	5	4	4	4	4	3	2	3	4	4	4	4	3	3	3

Tableau 140 : 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	ST11 A	ST11 B	ST11 C	ST12 A	ST12 B
Algues brunes	Phéophycées	1	1	2	2	2	2	1	2	1	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	1	1	2	1	1	1	1	3	0
Algues rouges	Rhodophycées	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	2	3	3	1	2	1	1	1	2	5	3	3	2	2	1	0
Algues vertes	Chlorophycées	3	3	3	2	3	1	1	2	1	0	4	4	0	0	0	1	0	1	1	1	1	2	9	8	5	4	1	2	1
Cyanobactéries	Cyanophycée	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1	0	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	0	1	1	0	0
Cnidaires	Alcyonaires	6	8	6	5	4	5	5	2	2	0	0	0	3	4	2	0	0	0	1	4	2	6	10	9	3	7	3	2	2
Cnidaires	Actiniaires	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1	2	0	2	1	1	1	0	1	0
Cnidaires	Hydrozoaires	0	0	0	0	0	0	0	3	3	2	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cnidaires	Zoanthaires	2	2	1	2	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
Echinodermes	Astéries	3	2	5	3	4	5	2	3	2	2	3	2	0	2	3	1	3	3	2	2	2	1	2	3	2	4	1	0	0
Echinodermes	Crinoïdes	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	1	1
Echinodermes	Echinides	3	2	1	0	1	1	1	0	3	0	3	3	1	1	2	1	1	3	1	1	1	2	5	3	0	1	2	2	2
Echinodermes	Holothurides	5	3	1	2	2	1	1	0	0	0	5	3	0	1	2	6	1	3	2	2	4	1	1	0	0	0	1	0	1
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	2	2	0	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
Eponges	Spongiaires	8	8	4	4	5	2	5	5	9	6	5	7	7	2	6	6	6	6	7	6	6	5	8	8	6	6	9	8	7
Mollusques	Mollusques	11	7	8	6	7	2	4	2	10	6	11	9	4	4	5	1	5	9	2	7	7	8	11	4	5	10	6	9	6
Ascidies	Ascidies	4	6	4	3	4	0	1	3	3	0	1	3	3	5	5	5	4	6	4	4	5	7	10	10	3	5	5	3	4
Vers	Annélides polychètes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total		51	47	42	37	38	25	27	28	41	20	41	39	24	27	35	29	26	38	24	37	40	42	72	57	35	49	35	38	30
Sous-total Invertébrés		46	42	35	31	31	20	24	24	38	20	35	34	23	23	31	24	24	34	22	33	37	36	55	44	26	41	31	31	28
Sous-total Algues		4	4	6	5	6	4	3	4	2	0	5	4	0	3	3	4	2	3	2	3	3	5	16	12	9	7	4	6	1
Sous-total Cnidaires		8	10	7	7	5	6	7	6	6	2	2	2	3	5	5	2	1	1	1	7	7	8	14	12	6	10	5	5	4
Sous-total Echinodermes		14	10	10	9	9	9	6	6	8	4	14	11	4	5	8	9	7	11	7	7	10	6	10	8	5	8	4	5	6

Tableau 141 : Richesse spécifique des biocénoses* benthiques par groupes et station (*hors coraux durs)

Groupe	Sous-groupe	ST01	ST02	ST03	ST04	ST05	ST06	ST07	ST08	ST09	ST11	ST12
Algues brunes	Phéophycées	1	2	2	2	0	1	1	1	2	1	3
Algues rouges	Rhodophycées	0	1	1	0	1	4	2	1	5	4	1
Algues vertes	Chlorophycées	3	3	3	2	5	1	1	1	10	5	2
Cyanobactéries	Cyanophycée	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Bryozoaires	Cyclostomes	0	1	0	1	1	1	0	1	1	1	0
Cnidaires	Alcyonaires	8	7	5	3	3	4	1	4	10	7	3
Cnidaires	Actiniaires	0	0	1	0	2	1	0	3	2	1	1
Cnidaires	Hydrozoaires	0	0	0	3	0	1	0	1	1	1	1
Cnidaires	Zoanthaires	2	2	2	1	1	1	1	2	1	1	1
Echinodermes	Astéries	3	6	6	5	3	4	4	3	3	5	0
Echinodermes	Crinoïdes	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Echinodermes	Echinides	3	1	1	3	3	2	3	2	5	2	2
Echinodermes	Holothurides	5	2	2	0	5	7	3	4	2	1	1
Echinodermes	Ophiurides	2	2	2	2	2	0	1	2	1	2	2
Echinodermes	Synaptes	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eponges	Spongiaires	9	4	7	9	9	7	9	6	10	12	9
Mollusques	Mollusques	12	9	8	11	13	6	11	8	11	12	10
Ascidies	Ascidies	6	4	4	5	4	7	6	5	10	6	4
Vers	Annélides polychètes	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Total		57	48	46	50	55	50	46	47	77	64	43
Sous-total Invertébrés		52	41	39	45	48	43	41	43	59	53	36
Sous-total Algues		4	6	6	4	6	6	4	3	17	10	6
Sous-total Cnidaires		10	9	8	7	6	7	2	10	14	10	6
Sous-total Echinodermes		14	13	11	11	14	14	12	12	12	11	6

Tableau 142 : Richesse spécifique du macrobenthos par site

Groupe	Sous-groupe	Prony	Woodin	Havannah
Algues brunes	Phéophycées	2	2	3
Algues rouges	Rhodophycées	1	0	7
Algues vertes	Chlorophycées	4	2	11
Cyanobactéries	Cyanophycée	1	1	1
Bryozoaires	Cyclostomes	1	1	1
Cnidaires	Alcyonaires	9	3	11
Cnidaires	Actiniaires	1	0	5
Cnidaires	Hydrozoaires	0	3	1
Cnidaires	Zoanthaires	2	1	2
Echinodermes	Astéries	9	5	7
Echinodermes	Crinoïdes	1	1	1
Echinodermes	Echinides	4	3	5
Echinodermes	Holothurides	6	0	11
Echinodermes	Ophiurides	2	2	2
Echinodermes	Synaptes	1	0	0
Eponges	Spongiaires	9	9	15
Mollusques	Mollusques	17	11	23
Ascidies	Ascidies	8	5	11
Vers	Annélides polychètes	1	1	1
Total		79	50	118
Sous-total Invertébrés		71	45	96
Sous-total Algues		7	4	21
Sous-total Cnidaires		12	7	19
Sous-total Echinodermes		23	11	26

Tableau 143 : 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	Espec	UICN	PS	ST01A	ST01B	ST02A	ST02B	ST03A	ST03B	ST03C	ST04A	ST04B	ST04C
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	<i>Dictyota</i>	sp.	/				3	2	2	2		2	2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	<i>Lobophora</i>	<i>variegata</i>	DD		2	2	5	2	3	5	3			
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	<i>Padina</i>	sp.	/		-2	-2								
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	<i>Turbinaria</i>	<i>ornata</i>	DD									2		
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	<i>Amphiroa</i>	sp.	/				2	2	2	4	4			
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	<i>Caulerpa</i>	sp.	/		-2									
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	<i>Neomeris</i>	<i>vanbosseae</i>	DD		2	2			2					
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	<i>Halimeda</i>	sp.	/		2(2spp)	2(2spp)	5(3spp)	3(2spp)	2(2spp)	3	2	2(2spp)	2	
Echinodermes	Astéries	Acanthasteridae	<i>Acanthaster</i>	<i>planci</i>	DD		-1		2	2	1	1	-1	2	2	
Echinodermes	Astéries	Echinasteridae	<i>Echinaster</i>	<i>varicolor</i>	DD				-1	1	1	1				
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Celerina</i>	<i>heffernani</i>	DD		-1		1	-1		1	-2			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Fromia</i>	<i>indica</i>	DD									1		
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Fromia</i>	<i>milleporrella</i>	DD				1	-1						
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Fromia</i>	<i>monilis</i>	DD						1			1		
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Gomophia</i>	<i>egyptiaca</i>	DD		1		1		-1				-2	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Linckia</i>	<i>multifora</i>	DD		1	2								1
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Nardoa</i>	<i>gomophia</i>	DD		1	1	2	2	1	1	1		1	1
Echinodermes	Astéries	Oreasteridae	<i>Culcita</i>	<i>novaeguineae</i>	DD							1	1			
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/		2	2	2	2				3	4	5
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>setosum</i>	DD		2	1			2	3	3	-2	2	-1
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	<i>Echinometra</i>	<i>mathaei</i>	DD		1								2	
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	<i>Echinostrephus</i>	<i>aciculatus</i>	DD		2	2								
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	<i>Parasalenia</i>	<i>gratiosa</i>	DD				2	-1					2	-2
Echinodermes	Echinides	Toxopneustidae	<i>Toxopneustes</i>	<i>pileolus</i>	DD		-1									
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Actinopyga</i>	<i>lecanora</i>	DD	1	1									
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>edulis</i>	LR-lc	1	1	1		1	1					-1
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>flavomaculata</i>	LR-lc	1			2	3	3	3	1			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>fuscopunctata</i>	LR-lc	1	2	1								
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>whitmaei</i>	EN	1	1	-1								
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	<i>Thelenota</i>	<i>anax</i>	DD	1	1	1								
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	<i>Ophiomastix</i>	<i>caryophyllata</i>	DD		3	2	3	4	2	3	2	2	2	
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	<i>Ophiure</i>	<i>ind.</i>	/		2	2	2	2	2	3	2	3	2	2
Echinodermes	Synaptes	Synaptidae	<i>Euapta</i>	<i>godeffroyi</i>	DD					1						
Eponges	Spongiaires	Clionaidae	<i>Cliona</i>	<i>jullieni</i>	DD		3	3	2	2	2	2	3	2	2	3
Eponges	Spongiaires	Clionaidae	<i>Cliona</i>	<i>orientalis</i>	DD		3	2	2	2	2	2	2	2	3	3
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>maxima</i>	LR-cd	1			1							
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>squamosa</i>	LR-cd	1	1			-1						

Tableau 144 : Liste des espèces cibles (CdC DENV) et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah)

Groupe	Sous groupe	Famille	Genre	Espece	UICN	PS	ST05A	ST05B	ST05C	ST06A	ST06B	ST06C	ST07A	ST07B	ST07C	ST08A	ST08B	ST09A	ST09B	ST09C	ST11A	ST11B	ST11C	ST12A	ST12B
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	Dictyota	sp.	/											2	3		3	3	2	2	2	2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	Lobophora	variegata	DD																			2	-2
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	Turbinaria	ornata	DD					2			2					3	2					2	
Algues rouges	Rhodophycées	Bonnemaisoniaceae	Asparagopsis	taxiformis	DD		2			3	4	3	2	2	2	4	3	3	3	2	3	4	3	2	
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	Amphiroa	sp.	/					2	-2	-2						2	3	2		2	2		
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	Plocamium	sp.	/								-2	2		-3	-2	-2	2		2	-2			
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	Actinotrichia	sp.	/																	-2			
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	Galaxaura	sp.	/														2	-2	2				
Algues rouges	Rhodophycées	Hypneaceae	Hypnea	sp.	/						2	2													
Algues rouges	Rhodophycées	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/														-2	-2					
Algues rouges	Rhodophycées	Liagoraceae	Trichogloea	requienii	DD						1	2													
Algues rouges	Rhodophycées	Peyssonneliaceae	Peyssonnelia	sp.	/														2	3					
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	Caulerpa	serrulata	DD							-1													
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	Caulerpa	sp.	/														1	-2	1				
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	Codium	platyclados	DD														3	3					
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	Codium	sp.	/													2	3	3					
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											2	2	2	2		-2	
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	Halimeda	sp.	/		2(2spp)	2			-2	2		2	2	2	2		2(2spp)	2(2spp)	2	2		-2	
Algues vertes	Chlorophycées	Siphonocladaceae	Dictyosphaeria	verluisii	DD													2	-3						
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	Chlorodesmis	fastigiata	DD		2	2										-1	2	2	2	2	2	1	
Algues vertes	Chlorophycées	Valoniaceae	Ventricaria	ventricosa	DD		-2	2											-2	-2	2			1	1
Echinodermes	Astéries	Acanthasteridae	Acanthaster	planci	DD							-1												-2	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Celerina	heffernani	DD						1			1					-1			1			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Fromia	indica	DD					-1			2		1		2	-1	2	1		1			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Fromia	milleporrella	DD																				
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Fromia	monilis	DD		1			1	-2			-1						1					
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Gomophia	egyptiaca	DD						1		1	1	1	1			-1	-1	1	1			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Gomophia	watsoni	DD																		1		
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Linckia	laevigata	DD													-1							
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Linckia	multifora	DD		2	2		2	2	2	3	2	-2	1	2	1	2	1	2	2			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Nardoa	gomophia	DD		1	1				-1										-1	-1		
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Neoferdina	cumingi	DD															-1					
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/		2	2	2	3	2	2	3	3	2	-2	2	4	4	3	2	2	-1	3	2
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	Diadema	savignyi	DD														2						
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	Diadema	setosum	DD		2	2						2	1	-2	1		2	2		-1	1	1	2
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	Echinometrix	diadema	DD						1			1					3	2					
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	Echinometra	mathaei	DD		1	2										2	1						
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	Echinostrephus	aciculatus	DD		2	2	2	2	2	1	3	2		2	-1	3	3	2		2	2	2	2
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Actinopyga	flammea	LR-lc	1								1	-1										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Actinopyga	lecanora	DD	1				1		-2		-1					-2						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Actinopyga	palauensis	LR-lc	1	2	1			-1	1	-1	2	1	2	2		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	2	1	2	2										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Holothuria	edulis	LR-lc	1	1	1			1	1		-2	-1	-1	1		-1				-1		
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Holothuria	flavomaculata	LR-lc	1																			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Holothuria	fuscopunctata	LR-lc	1	1	1				1		-1		1	1								
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Holothuria	whitmaei	EN	1				-2	-1							1				-2			
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	Thelenota	ananas	EN	1						1										-2	1		
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	Thelenota	anax	DD	1	1					1													1
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	Ophiomastix	caryophyllata	DD		2	2	2							2	2				2	3		2	2
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	Ophiure	ind.	/		2	2	2				2	2	2	2	2	2	3	2	2	3	-2	2	2
Echinodermes	Synaptès	Synaptidae	Euapta	godeffroyi	DD																				
Eponges	Spongiaires	Clionaidae	Cliona	jullieni	DD		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	1	2	2	2	2	2	2	3
Eponges	Spongiaires	Clionaidae	Cliona	orientalis	DD		3	3	2	3	4	3	2	3	2	2	2	3	3	3	2	2	2	3	3
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	Tridacna	crocea	LR-lc	1	3											2	1						
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	Tridacna	maxima	LR-cd	1	3			2	-1		2	1		1		2	2		2	1		1	
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	Tridacna	squamosa	LR-cd	1	2			-1			1						1					-1	
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	Tectus	pyramis	DD																1				

Annexe n° 05

Nomenclature UICN

La liste rouge de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) est un système simple et compréhensible par tous pour classer les espèces selon le risque d'extinction à l'échelle mondiale.

Fondée sur une solide base scientifique, la Liste rouge de l'UICN est reconnue comme l'outil de référence de l'état de la diversité biologique spécifique à l'échelle mondiale. Sur la base d'une information précise sur les espèces menacées, son but essentiel est d'identifier les priorités d'action, de mobiliser l'attention du public et des responsables politiques sur l'urgence et l'étendue des problèmes de conservation, et d'inciter tous les acteurs à agir en vue de limiter le taux d'extinction des espèces.

Cependant en milieu marin, le recensement des espèces d'invertébrés enregistre de nombreuses lacunes à travers le monde. Les coraux scléractiniaires et les béditiers sont les mieux référencés mais le reste des invertébrés est le plus souvent enregistré comme données insuffisantes (data deficient).

La [figure 111](#) illustre le classement des catégories employées selon le risque d'extinction qui pèse sur les espèces. Les définitions de chaque catégorie sont données [tableau 145](#).

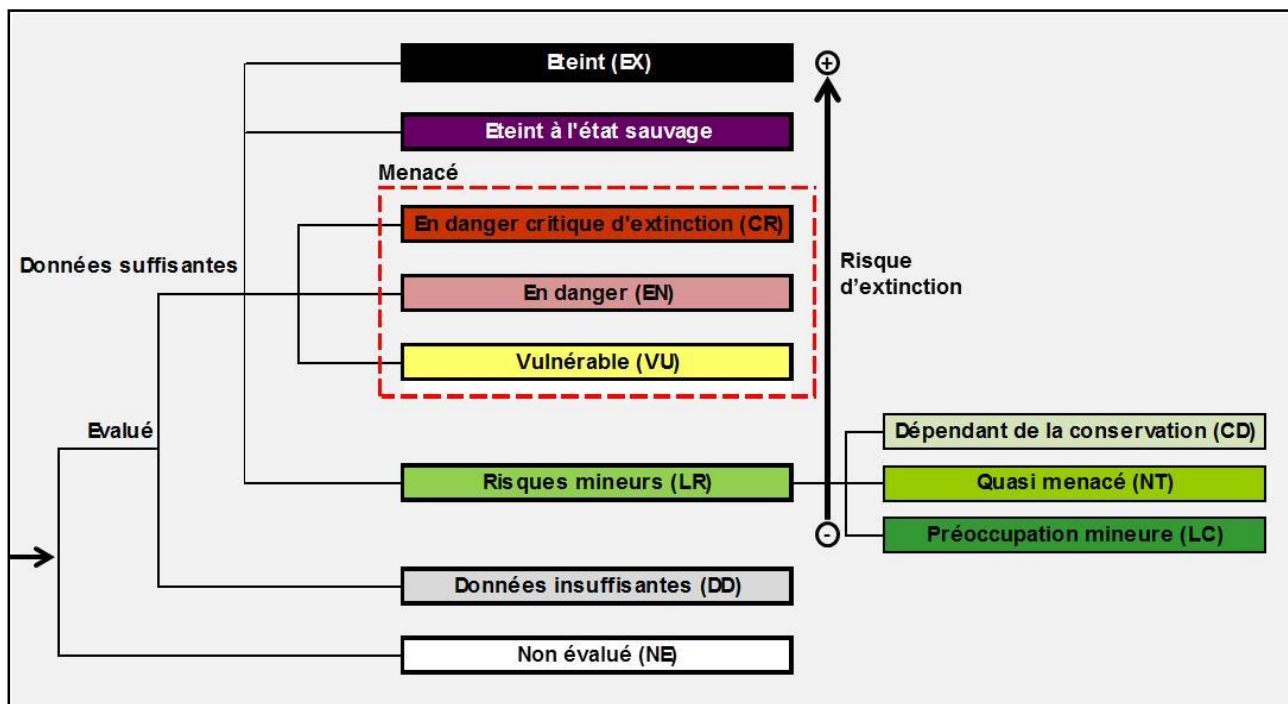


Figure 111 : Classification de la liste rouge UICN

Tableau 145 : Liste Définitions des catégories UICN

CATEGORIE	SIGLE	DEFINITION
Éteint (Extinct)	EX	Un taxon est dit <i>Éteint</i> lorsqu'il ne fait aucun doute que le dernier individu est mort. Un taxon est présumé <i>Éteint</i> 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 <i>Éteint à l'état sauvage</i> 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 <i>Éteint à l'état sauvage</i> 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 <i>En danger critique d'extinction</i> lorsque les meilleures données disponibles indiquent qu'il remplit l'un des critères A à E correspondant à la catégorie <i>En danger critique d'extinction</i> et, en conséquence, qu'il est confronté à un risque extrêmement élevé d'extinction à l'état sauvage.
En danger (Endangered)	EN	Un taxon est dit <i>En danger</i> lorsque les meilleures données disponibles indiquent qu'il remplit l'un des critères A à E correspondant à la catégorie <i>En danger</i> 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 <i>Vulnérable</i> lorsque les meilleures données disponibles indiquent qu'il remplit l'un des critères A à E correspondant à la catégorie <i>Vulnérable</i> , 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 <i>Risques mineurs</i> lorsqu'il a été évalué et ne satisfait pas aux critères de l'une des catégories <i>En danger critique d'extinction</i> , <i>En danger</i> et <i>Vulnérable</i> . Les taxons inscrits dans cette catégorie peuvent être séparés en trois sous-catégories.
→ Dépendant de la conservation (Conservation Dependant)	CD	Un taxon est dit <i>Dépendant de la conservation</i> 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 <i>Quasi menacé</i> lorsqu'il a été évalué d'après les critères et ne remplit pas, pour l'instant, les critères des catégories <i>En danger critique d'extinction</i> , <i>En danger</i> ou <i>Vulnérable</i> mais qu'il est près de remplir les critères correspondant aux catégories du groupe <i>Menacé</i> ou qu'il les remplira probablement dans un proche avenir.
→ Préoccupation mineure (Least Concern)	LC	Un taxon est dit de <i>Préoccupation mineure</i> lorsqu'il a été évalué d'après les critères et ne remplit pas les critères des catégories <i>En danger critique d'extinction</i> , <i>En danger</i> , <i>Vulnérable</i> ou <i>Quasi menacé</i> . Dans cette catégorie sont inclus les taxons largement répandus et abondants.
Données insuffisantes (Data Deficient)	DD	Un taxon entre dans la catégorie <i>Données insuffisantes</i> 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 <i>Menacé</i> . 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 <i>Menacé</i> . Il est impératif d'utiliser pleinement toutes les données disponibles. Dans de nombreux cas, le choix entre <i>Données insuffisantes</i> et une catégorie <i>Menacé</i> 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 <i>Menacé</i> peut parfaitement se justifier.
Non évalué (Not Evaluated)	NE	Un taxon est dit <i>Non évalué</i> lorsqu'il n'a pas encore été confronté aux critères.

Aqua



Terra

Ingénierie de l'Environnement et de la Réhabilitation

