



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

Mission de septembre 2017

**PROJET GORO NICKEL
VALE NOUVELLE CALEDONIE**





Caractéristiques du dossier :

Référence du document	Rap 047-17_Ver00	
Référence du contrat	E98083	
Numéro de l'affaire	047-17	
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 2017
	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	Janvier 2018
00	VALE NC	Rapport final remis au Client (1 CDRom)	15/03/2018

Les responsables du suivi des modifications sont :

Maître d'Ouvrage	Céline CASALIS (Vale NC)
Entreprise	Valérie VAILLET (AQUA TERRA)

N° Document	Émis le	Par	Approuvé par	Le
Rap 047-17_Ver00	Janvier 2018	AQUA TERRA	Vale NC	Mars 2018



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
TABLE DES MATIERES	4
LISTE DES TABLEAUX	7
LISTE DES FIGURES	10
LISTE DES CARTES	12
LISTE DES PHOTOS	13
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 »	19
3.2.2 Protocole pour l'étude du substrat	20
3.2.3 Protocole pour l'étude du benthos	20
3.2.4 Protocole pour l'étude des poissons	23
3.3 PERIODE D'ECHANTILLONNAGE	24
3.4 LE TRAITEMENT DES DONNEES	25
3.4.1 Pour le substrat	25
3.4.2 Pour le benthos	25
3.4.3 Pour les poissons	28
4 RESULTATS BRUTS PAR STATION	31
4.1 STATION 01 = CASY	31
4.1.1 Le substrat (ST01)	35
4.1.2 Le benthos (ST01)	36
4.1.2.1 Benthos Transect 01 A	37
4.1.2.2 Benthos Transect 01 B	38
4.1.3 Les poissons (ST01)	39
4.2 STATION 02 = CREEK BAIE NORD	44
4.2.1 Le substrat (ST02)	47
4.2.2 Le benthos (ST02)	48
4.2.2.1 Benthos Transect 02 A	48
4.2.2.2 Benthos Transect 02 B	49
4.2.3 Les poissons (ST02)	51
4.3 STATION 03 = PORT	56
4.3.1 Le substrat (ST03)	61
4.3.2 Le benthos (ST03)	62
4.3.2.1 Benthos Transect 03 A	62
4.3.2.2 Benthos Transect 03 B	63
4.3.2.3 Benthos Transect 03 C	64
4.3.3 Les poissons (ST03)	65
4.4 STATION 04 = WOODIN	70
4.4.1 Le substrat (ST04)	74
4.4.2 Le benthos (ST04)	75
4.4.2.1 Benthos Transect 04 A	75
4.4.2.2 Benthos Transect 04 B	76
4.4.2.3 Benthos Transect 04 C	77
4.4.3 Les poissons (ST04)	78
4.5 STATION 05 = RECIF IORO	85
4.5.1 Le substrat (ST05)	88
4.5.2 Le benthos (ST05)	89
4.5.2.1 Benthos Transect 05 A	89
4.5.2.2 Benthos Transect 05 B	90

4.5.2.3	Benthos Transect 05 C.....	91
4.5.3	<i>Les poissons (ST05)</i>	92
4.6	STATION 06 = BANC IONONTEA	98
4.6.1	<i>Le substrat (ST06)</i>	101
4.6.2	<i>Le benthos (ST06)</i>	102
4.6.2.1	Benthos Transect 06 A.....	102
4.6.2.2	Benthos Transect 06 B.....	103
4.6.2.3	Benthos Transect 06 C.....	104
4.6.3	<i>Les poissons (ST06)</i>	105
4.7	STATION 07 = BASSE CHAMBEYRON.....	111
4.7.1	<i>Le substrat (ST07)</i>	114
4.7.2	<i>Le benthos (ST07)</i>	115
4.7.2.1	Benthos Transect 07 A.....	115
4.7.2.2	Benthos Transect 07 B.....	116
4.7.2.3	Benthos Transect 07 C.....	117
4.7.3	<i>Les poissons (ST07)</i>	118
4.8	STATION 08 = POINTE PUKA.....	124
4.8.1	<i>Le substrat (ST08)</i>	128
4.8.2	<i>Le benthos (ST08)</i>	129
4.8.2.1	Benthos Transect 08 A.....	129
4.8.2.2	Benthos Transect 08 B.....	130
4.8.3	<i>Les poissons (ST08)</i>	132
4.9	STATION 09 = BANCS KIE	137
4.9.1	<i>Le substrat (ST09)</i>	140
4.9.2	<i>Le benthos (ST09)</i>	141
4.9.2.1	Benthos Transect 09 A.....	141
4.9.2.2	Benthos Transect 09 B.....	142
4.9.2.3	Benthos Transect 09 C.....	143
4.9.3	<i>Les poissons (ST09)</i>	144
4.10	STATION 11 = RECIF TOEMO	150
4.10.1	<i>Le substrat (ST11)</i>	154
4.10.2	<i>Le benthos (ST11)</i>	155
4.10.2.1	Benthos Transect 11 A.....	155
4.10.2.2	Benthos Transect 11 B.....	156
4.10.2.3	Benthos Transect 11 C.....	157
4.10.3	<i>Les poissons (ST11)</i>	158
4.11	STATION 12 = ILOT UGO	164
4.11.1	<i>Le substrat (ST12)</i>	168
4.11.2	<i>Le benthos (ST12)</i>	169
4.11.2.1	Benthos Transect 12 A.....	169
4.11.2.2	Benthos Transect 12 B.....	170
4.11.3	<i>Les poissons (ST12)</i>	172
5	RESULTATS GENERAUX / SYNTHESE	177
5.1	SUBSTRAT	177
5.2	BENTHOS.....	178
5.2.1	<i>Biodiversité du benthos : généralités</i>	178
5.2.1.1	Les contraintes en termes de potentiel « indicateur » et « réactivité »	178
5.2.1.2	Les contraintes naturelles de la zone d'étude.....	179
5.2.1.3	Les contraintes anthropiques de la zone d'étude	180
5.2.2	<i>Répartition des 4 groupes biotiques par transect</i>	180
5.2.3	<i>Composition spécifique par site</i>	181
5.2.3.1	Assemblage spécifique du benthos dans le canal de la Havannah.....	181
5.2.3.2	Assemblage spécifique du benthos dans le canal Woodin.....	182
5.2.3.3	Assemblage spécifique du benthos dans la baie de Prony	183
5.2.4	<i>Répartition spatiale de la diversité benthique</i>	184
5.2.4.1	La biodiversité des invertébrés	184
5.2.4.2	La biodiversité des macrophytes	184
5.3	ICHTYOLOGIE.....	187
5.4	ESPECES EXOGENES / ESPECES INVASIVES / ENVAHISSANTES.....	189
5.4.1	<i>Définitions</i>	189
5.4.2	<i>Espèces exogènes</i>	189
5.4.3	<i>Espèces invasives</i>	190
5.4.4	<i>Espèces envahissantes</i>	190
5.4.4.1	Asparagopsis taxiformis.....	190
5.4.4.2	Lobophora variegata.....	191

6	COMPARAISON AVEC LES DONNEES HISTORIQUES	194
6.1	SUBSTRAT	194
6.2	BENTHOS.....	195
6.2.1	<i>Variation de la biodiversité α dans le temps.....</i>	<i>195</i>
6.2.1.1	Pour les invertébrés, généralités	196
6.2.1.2	Pour les invertébrés, depuis la dernière mission.....	196
6.2.1.3	Pour les invertébrés, depuis le début.....	197
6.2.1.3.1	Analyse par Anovar	197
6.2.1.3.2	Analyse par le test de Friedman	199
6.2.1.4	Pour les macrophytes, généralités	200
6.2.1.5	Pour les macrophytes, depuis le début.....	200
6.2.1.5.1	Analyse par Anovar	201
6.2.1.5.2	Analyse par le test de Friedman	202
6.2.2	<i>Indicateurs de l'état de santé des récifs de la zone d'étude.....</i>	<i>204</i>
6.2.2.1	Le blanchissement des coraux.....	204
6.2.2.2	Les maladies et les lésions coralliennes.....	205
6.2.2.2.1	Les maladies ou lésions les plus fréquemment rencontrées dans la zone d'étude	206
6.2.2.2.2	Les lésions rencontrées de manière épisodique dans la zone d'étude.....	208
6.2.2.3	Les principales espèces concurrentes.....	210
6.2.3	<i>Evolution globale des stations par rapport à avril 2017</i>	<i>214</i>
6.3	ICHTYOLOGIE.....	223
6.3.1	<i>Test paramétrique par analyse des variances (ANOVAR).....</i>	<i>223</i>
6.3.1.1	Comparaison entre années	224
6.3.1.1.1	La densité.....	224
6.3.1.1.2	La biomasse	225
6.3.1.1.3	La biodiversité	225
6.3.1.2	Comparaison entre stations.....	230
6.3.1.2.1	La densité.....	230
6.3.1.2.2	La biomasse	231
6.3.1.2.3	La biodiversité	232
6.3.1.3	Commentaires	234
6.3.2	<i>Test non paramétrique</i>	<i>237</i>
6.3.3	<i>Indice Annuel par Station (IAS) et Indice Global de mission (IGm).....</i>	<i>239</i>
6.3.4	<i>Résumé.....</i>	<i>241</i>
6.3.4.1	Synopsis des résultats par station.....	241
6.3.4.2	Synopsis des résultats par mission	241
6.3.4.3	Le peuplement de poissons.....	241
7	SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE.....	243
7.1	SYNTHESE DES EVENEMENTS CLIMATOLOGIQUES SUR LA PERIODE D'ETUDE	244
7.1.1	<i>Les événements météorologiques marquants par année</i>	<i>244</i>
7.1.1.1	2011	244
7.1.1.2	2013.....	244
7.1.1.3	2015.....	245
7.1.1.4	2016.....	247
7.1.1.5	2017.....	248
7.1.2	<i>Le phénomène ENSO</i>	<i>249</i>
7.1.2.1	Généralités.....	249
7.1.2.2	El Niño	250
7.1.2.3	La Niña	251
7.2	CONTEXTE REGLEMENTAIRE.....	252
7.2.1	Liste rouge UICN.....	252
7.2.2	Code de l'Environnement de la Province Sud.....	253
7.2.2.1	Ecosystèmes patrimoniaux.....	253
7.2.2.2	Espèces endémiques, rares ou menacées	255
7.2.2.3	Espèces protégées	256
7.2.2.4	Espèces exotiques envahissantes	256
8	CONCLUSION.....	258
8.1	LE SUBSTRAT.....	258
8.2	LES COMMUNAUTES BENTHIQUES.....	258
8.2.1	<i>Etat général.....</i>	<i>258</i>
8.2.2	<i>Les perturbations</i>	<i>260</i>
8.2.3	<i>Synthèse.....</i>	<i>263</i>
8.3	LES POPULATIONS ICHTYOLOGIQUES	263
8.3.1	<i>Résultats.....</i>	<i>263</i>
8.3.2	<i>Discussion.....</i>	<i>266</i>
9	DISCUSSION	268

9.1	AMELIORATIONS PROPRES A CE SUIVI	268
9.2	AMELIORATIONS AU CAHIER DES CHARGES.....	269
9.3	SUGGESTIONS AU NIVEAU PROVINCIAL OU TERRITORIAL	272
9.4	SUGGESTIONS AU NIVEAU DES ACTIVITES ANTHROPIQUES	273
10	SOURCES.....	274
A N N E X E S		280
ANNEXE N°01.....		281
METHODOLOGIE GENERALE D'ECHANTILLONNAGE DES COMMUNAUTES RECIFALES.....		281
ANNEXE N°02.....		284
CARACTERISTIQUES TERRAIN DE LA CAMPAGNE D'ECHANTILLONNAGE DE SEPTEMBRE 2017		284
ANNEXE N°03.....		285
RESULTATS BRUTS DE L'ECHANTILLONNAGE LIT DE SEPTEMBRE 2017		285
ANNEXE N°04.....		286
RESULTATS BRUTS DE L'ECHANTILLONNAGE DU BENTHOS DE SEPTEMBRE 2017		286
ANNEXE N°05.....		292
NOMENCLATURE UICN		292

Liste des Tableaux

Tableau n°01 :	Coordonnées des stations d'échantillonnage.....	17
Tableau n°02 :	Caractéristiques des transects selon les stations	18
Tableau n°03 :	Indices semi-quantitatifs d'abondance – cas classique	22
Tableau n°04 :	Indices semi-quantitatifs d'abondance – présence de grandes colonies (plusieurs m ²).....	22
Tableau n°05 :	Degré de blanchissement pour une espèce (/ 100 m ²).....	22
Tableau n°06 :	Exemple de calcul pour le recouvrement du substrat	25
Tableau n°07 :	Code couleur pour la comparaison temporelle de chaque transect	26
Tableau n°08 :	Grille de lecture des tableaux de variations de la composition du benthos.....	26
Tableau n°09 :	Lexique des abréviations des familles.....	28
Tableau n°10 :	Exemple de calcul pour « poisson ».....	29
Tableau n°11 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST01A)	37
Tableau n°12 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST01B)	38
Tableau n°13 :	Données sur les poissons (ST01).....	39
Tableau n°14 :	Liste des espèces complémentaires (ST01)	40
Tableau n°15 :	Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST01)	40
Tableau n°16 :	Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST01)	41
Tableau n°17 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01) ..	41
Tableau n°18 :	Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST01).....	42
Tableau n°19 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST02A)	48
Tableau n°20 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST02B)	49
Tableau n°21 :	Données sur les poissons (ST02).....	51
Tableau n°22 :	Liste des espèces complémentaires (ST02)	51
Tableau n°23 :	Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST02)	52
Tableau n°24 :	Test χ^2 du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST02)	53
Tableau n°25 :	Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST02).....	54
Tableau n°26 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02) ..	54
Tableau n°27 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST03A)	62
Tableau n°28 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST03B)	63
Tableau n°29 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST03C).....	64
Tableau n°30 :	Données sur les poissons (ST03).....	65
Tableau n°31 :	Liste des espèces complémentaires (ST03)	65
Tableau n°32 :	Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST03)	66
Tableau n°33 :	Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST03)	66
Tableau n°34 :	Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST03).....	67
Tableau n°35 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03) ..	68
Tableau n°36 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST04A)	75
Tableau n°37 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST04B)	76
Tableau n°38 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST04C).....	77
Tableau n°39 :	Données sur les poissons (ST04).....	78

Tableau n°40 :	Liste des espèces complémentaires (ST04)	79
Tableau n°41 :	Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST04)	81
Tableau n°42 :	Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST04)	82
Tableau n°43 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04) ..	82
Tableau n°44 :	Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST04).....	83
Tableau n°45 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST05A)	89
Tableau n°46 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST05B)	90
Tableau n°47 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST05C).....	91
Tableau n°48 :	Données sur les poissons (ST05).....	92
Tableau n°49 :	Liste des espèces complémentaires (ST05)	93
Tableau n°50 :	Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST05)	94
Tableau n°51 :	Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST05)	94
Tableau n°52 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05) ..	95
Tableau n°53 :	Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST05).....	96
Tableau n°54 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST06A)	102
Tableau n°55 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST06B)	103
Tableau n°56 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST06C).....	104
Tableau n°57 :	Données sur les poissons (ST06).....	105
Tableau n°58 :	Liste des espèces complémentaires (ST06)	106
Tableau n°59 :	Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST06)	107
Tableau n°60 :	Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST06)	108
Tableau n°61 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06) ..	108
Tableau n°62 :	Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST06).....	109
Tableau n°63 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST07A)	115
Tableau n°64 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST07B)	116
Tableau n°65 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST07C).....	117
Tableau n°66 :	Données sur les poissons (ST07).....	118
Tableau n°67 :	Liste des espèces complémentaires (ST07)	119
Tableau n°68 :	Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST07)	121
Tableau n°69 :	Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST07)	121
Tableau n°70 :	Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST07).....	122
Tableau n°71 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07) ..	122
Tableau n°72 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST08A)	129
Tableau n°73 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST08B)	130
Tableau n°74 :	Données sur les poissons (ST08).....	132
Tableau n°75 :	Liste des espèces complémentaires (ST08)	133
Tableau n°76 :	Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST08)	133
Tableau n°77 :	Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST08)	134
Tableau n°78 :	Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST08).....	135
Tableau n°79 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08) ..	135
Tableau n°80 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST09A)	141
Tableau n°81 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST09B)	142
Tableau n°82 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST09C).....	143
Tableau n°83 :	Données sur les poissons (ST09).....	144
Tableau n°84 :	Liste des espèces complémentaires (ST09)	145
Tableau n°85 :	Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST09)	146
Tableau n°86 :	Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST09)	147
Tableau n°87 :	Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST09).....	148
Tableau n°88 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09) ..	148
Tableau n°89 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST11A)	155
Tableau n°90 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST11B)	156
Tableau n°91 :	Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST11C).....	157
Tableau n°92 :	Données sur les poissons (ST11).....	158
Tableau n°93 :	Liste des espèces complémentaires (ST11)	159
Tableau n°94 :	Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST11)	160
Tableau n°95 :	Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST11)	160
Tableau n°96 :	Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST11).....	161

Tableau n°97 :	<i>Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11)</i>	162
Tableau n°98 :	<i>Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST012A)</i>	169
Tableau n°99 :	<i>Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST012B)</i>	170
Tableau n°100 :	<i>Données sur les poissons (ST12)</i>	172
Tableau n°101 :	<i>Liste des espèces complémentaires (ST12)</i>	173
Tableau n°102 :	<i>Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2009 (ST12)</i>	173
Tableau n°103 :	<i>Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST12)</i>	174
Tableau n°104 :	<i>Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST12)</i>	174
Tableau n°105 :	<i>Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST12)</i>	175
Tableau n°106 :	<i>Récapitulatif des paramètres biologiques pour l'ichtyofaune</i>	187
Tableau n°107 :	<i>Valeur de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2010</i>	197
Tableau n°108 :	<i>Analyse de la Variance de la biodiversité α des invertébrés (hors coraux durs), depuis 2010</i>	197
Tableau n°109 :	<i>Analyse de la Variance de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2010</i>	198
Tableau n°110 :	<i>Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010</i>	199
Tableau n°111 :	<i>Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010</i>	199
Tableau n°112 :	<i>Valeur de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2010</i>	200
Tableau n°113 :	<i>Analyse de la Variance de la biodiversité α des macrophytes depuis 2010</i>	201
Tableau n°114 :	<i>Analyse de la Variance de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2010</i>	201
Tableau n°115 :	<i>Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2010</i>	202
Tableau n°116 :	<i>Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2010</i>	203
Tableau n°117 :	<i>Evolution du taux de recouvrement du substrat entre avril et septembre 2017 (différence en %)</i>	217
Tableau n°118 :	<i>Evolution du taux de recouvrement du substrat entre octobre 2015 et septembre 2017 (différence en %)</i>	217
Tableau n°119 :	<i>Evolution de la richesse spécifique du benthos (hors coraux durs) entre avril et septembre 2017 (gain/perte en taxa)</i>	217
Tableau n°120 :	<i>Particularités de chaque station et évolution entre avril et septembre 2017</i>	218
Tableau n°121 :	<i>Analyse de la Variance des densités ichtyologiques</i>	224
Tableau n°122 :	<i>Analyse de la Variance des biomasses ichtyologiques</i>	225
Tableau n°123 :	<i>Analyse de la Variance des biodiversités 1 ichtyologiques</i>	225
Tableau n°124 :	<i>Analyse de la Variance des biodiversités 3 ichtyologiques</i>	226
Tableau n°125 :	<i>Densités moyennes ichtyologiques (ind./m²) par campagne</i>	227
Tableau n°126 :	<i>Biomasses ichtyologiques (g/m²) moyennes par campagne</i>	227
Tableau n°127 :	<i>Biodiversités 1 ichtyologiques par campagne</i>	228
Tableau n°128 :	<i>Biodiversités 3 ichtyologiques par campagne</i>	229
Tableau n°129 :	<i>Analyse de la Variance des densités moyennes ichtyologiques (ind./m²) par station</i>	230
Tableau n°130 :	<i>Analyse de la Variance des biomasses moyennes ichtyologiques (ind./m²) par station</i>	231
Tableau n°131 :	<i>Analyse de la Variance des biodiversités 1 moyennes ichtyologiques (ind./m²) par station</i>	232
Tableau n°132 :	<i>Analyse de la Variance des biodiversités 3 moyennes ichtyologiques (ind./m²) par station</i>	233
Tableau n°133 :	<i>Classement des espèces qui composent la biodiversité totale d'une station en fonction de leur fréquentation de ladite station</i>	236
Tableau n°134 :	<i>Test de Friedman (analyses spatiales et temporelles, ichtyologie)</i>	238
Tableau n°135 :	<i>Classement des stations (A) et des missions (B) (ichtyologie)</i>	238
Tableau n°136 :	<i>Clé de cotation des Indices ichtyologiques</i>	239
Tableau n°137 :	<i>Cotation des stations depuis 11 missions : IAS (ichtyologie)</i>	240
Tableau n°138 :	<i>Cotation des missions depuis 2007 : IGM (ichtyologie)</i>	240
Tableau n°139 :	<i>Moyennes des paramètres ichtyologiques étudiés (calculées sur l'ensemble des missions) par station</i>	241

Tableau n°140 :	Qualité du peuplement ichthyologique depuis 2007	242
Tableau n°141 :	Principaux phénomènes dépressionnaires dans la zone d'étude depuis 2003.....	244
Tableau n°142 :	Invertébrés inscrits sur la liste UICN et échantillonnés en septembre 2017	253
Tableau n°143 :	Extrait de la liste des espèces endémiques, rares ou menacées en Province Sud, potentiellement présentes sur la zone d'étude	256
Tableau n°144 :	Note de chaque station selon la qualité du peuplement de poissons.....	264
Tableau n°145 :	Classement par groupes des stations (ichthyologie).....	264
Tableau n°146 :	Qualité du peuplement ichthyologique depuis 2007	266
Annexe 01 :	Tableau a : Catégories et composantes de substrat retenues pour l'échantillonnage et le traitement des données	281
Annexe 01 :	Tableau b : Liste des poissons indicateurs	282
Annexe 02 :	Tableau a : Rapport de plongée.....	284
Annexe 02 :	Tableau b : Corrections des marées	284
Annexe 02 :	Tableau c : Agenda des marées (corrigées selon le lieu)	284
Annexe 03 :	Tableau a : Recouvrement du substrat (en %) pour toutes les catégories.....	285
Annexe 03 :	Tableau b : Répartition du recouvrement (en %) du substrat, partie biotique/abiotique.....	285
Annexe 04 :	Tableau a : Inventaire des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations baie de Prony et du canal Woodin)	286
Annexe 04 :	Tableau b : Inventaire des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah).....	287
Annexe 04 :	Tableau c : Richesse spécifique des biocénoses* benthiques par groupes et transect (*hors coraux durs).....	289
Annexe 04 :	Tableau d : Richesse spécifique des biocénoses* benthiques par groupes et station (*hors coraux durs).....	290
Annexe 04 :	Tableau e : Richesse spécifique du macrobenthos par site.....	290
Annexe 04 :	Tableau f : Liste des espèces cibles (CdC DENV) et leur abondance (1 à 5) (stations de la baie de Prony et du canal Woodin)	290
Annexe 04 :	Tableau g : Liste des espèces cibles (CdC DENV) et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah).....	291
Annexe 05 :	Tableau a : Définitions des catégories UICN.....	292

L i s t e d e s F i g u r e s

Figure n°01 :	Schéma théorique d'une station composée de 3 transects (A, B, C), de 20 m de long.....	18
Figure n°02 :	Diagramme schématisé d'un transect.....	20
Figure n°03 :	Comptage visuel des poissons : méthode des transects à largeur variable	23
Figure n°04 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01A.....	35
Figure n°05 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01B.....	35
Figure n°06 :	Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST01)	36
Figure n°07 :	Richesse spécifique (%) par famille de poissons, pour cette mission (ST01)	41
Figure n°08 :	Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST01).....	43
Figure n°09 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST01)	43
Figure n°10 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02A.....	47
Figure n°11 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02B.....	47
Figure n°12 :	Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST02)	48
Figure n°13 :	Richesse spécifique (%) par famille de poissons, pour cette mission (ST02)	52
Figure n°14 :	Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST02).....	55
Figure n°15 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST02)	55
Figure n°16 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03A.....	61
Figure n°17 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03B.....	61
Figure n°18 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C.....	61
Figure n°19 :	Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST03)	62
Figure n°20 :	Richesse spécifique (%) par famille de poissons, pour cette mission (ST03)	67

Figure n°21 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03).....	69
Figure n°22 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03)	69
Figure n°23 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04A.....	74
Figure n°24 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04B.....	74
Figure n°25 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04C.....	74
Figure n°26 :	Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST04).....	75
Figure n°27 :	Richesse spécifique (%) par famille de poissons, pour cette mission (ST04)	81
Figure n°28 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04).....	84
Figure n°29 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04)	84
Figure n°30 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05A.....	88
Figure n°31 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05B.....	88
Figure n°32 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05C.....	88
Figure n°33 :	Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST05).....	89
Figure n°34 :	Richesse spécifique (%) par famille de poissons, pour cette mission (ST05)	95
Figure n°35 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05).....	97
Figure n°36 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05)	97
Figure n°37 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06A.....	101
Figure n°38 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06B.....	101
Figure n°39 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06C.....	101
Figure n°40 :	Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST06).....	102
Figure n°41 :	Richesse spécifique (%) par famille de poissons, pour cette mission (ST06)	108
Figure n°42 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06).....	110
Figure n°43 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06)	110
Figure n°44 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07A.....	114
Figure n°45 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07B.....	114
Figure n°46 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07C.....	114
Figure n°47 :	Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST07)	115
Figure n°48 :	Richesse spécifique (%) par famille de poissons, pour cette mission (ST07)	120
Figure n°49 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07).....	123
Figure n°50 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07)	123
Figure n°51 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08A.....	128
Figure n°52 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08B.....	128
Figure n°53 :	Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST08)	129
Figure n°54 :	Richesse spécifique (%) par famille de poissons, pour cette mission (ST08)	134
Figure n°55 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08).....	136
Figure n°56 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08)	136
Figure n°57 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09A.....	140
Figure n°58 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09B.....	140
Figure n°59 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09C.....	140
Figure n°60 :	Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST09)	141
Figure n°61 :	Richesse spécifique (%) par famille de poissons, pour cette mission (ST09)	147
Figure n°62 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09).....	149
Figure n°63 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09)	149
Figure n°64 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11A.....	154
Figure n°65 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11B.....	154
Figure n°66 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C.....	154
Figure n°67 :	Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST11)	155
Figure n°68 :	Richesse spécifique (%) par famille de poissons, pour cette mission (ST11)	161
Figure n°69 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11).....	163
Figure n°70 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11)	163
Figure n°71 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12A.....	168
Figure n°72 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12B.....	168
Figure n°73 :	Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors	

coraux durs) (ST12).....	169
Figure n°74 : Richesse spécifique (%) par famille de poissons, pour cette mission (ST12)	175
Figure n°75 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12).....	176
Figure n°76 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12)....	176
Figure n°77 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat partie biotique/abiotique	177
Figure n°78 : Richesse taxonomique du benthos dans 2 groupes clés	181
Figure n°79 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal de la Havannah	182
Figure n°80 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal Woodin	183
Figure n°81 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour la baie de Prony.....	183
Figure n°82 : Assemblage des invertébrés (hors coraux durs) et des macrophytes par groupe pour les trois sites	185
Figure n°83 : Richesse spécifique des biocénoses* benthiques selon les groupes par station	185
Figure n°84 : Richesse spécifique des biocénoses* benthiques selon les groupes par transect	186
Figure n°85 : Richesse spécifique de l'ichtyofaune par station	188
Figure n°86 : Densité (nb ind/m ²) de l'ichtyofaune par station	188
Figure n°87 : Biomasse (g/m ²) de l'ichtyofaune par station	188
Figure n°88 : Abondance semi quantitative (1 à 5) d' <i>Asparagopsis taxiformis</i> et de <i>Lobophora variegata</i> entre septembre 2013 et septembre 2017.....	190
Figure n°89 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010.....	198
Figure n°90 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des macrophytes depuis 2010	202
Figure n°91 : Abondance semi-quantitative (1 à 5) des principales espèces cibles depuis septembre 2013... 210	210
Figure n°92 : Comparaison du recouvrement de corail blanchi, par transect, depuis 2012.....	215
Figure n°93 : Comparaison des richesses spécifiques (invertébrés, hors coraux durs), par transect, depuis 2010	216
Figure n°94 : Comparaison des richesses spécifiques (macrophytes), par transect, depuis 2010	216
Figure n°95 : Evolution des densités ichtyologiques moyennes depuis 2007, par campagne.....	224
Figure n°96 : Evolution des biomasses ichtyologiques moyennes depuis 2007, par campagne	225
Figure n°97 : Evolution des biodiversités 1 ichtyologiques moyennes depuis 2007, par campagne	226
Figure n°98 : Evolution des biodiversités 3 ichtyologiques moyennes depuis 2007, par campagne	226
Figure n°99 : Evolution des densités ichtyologiques moyennes depuis 2007, par station	231
Figure n°100 : Evolution des biomasses ichtyologiques moyennes depuis 2007, par station.....	232
Figure n°101 : Evolution des biodiversités 1 ichtyologiques moyennes depuis 2007, par station.....	233
Figure n°102 : Evolution des biodiversités 3 ichtyologiques moyennes depuis 2007, par station.....	234
Figure n°103 : Evolution des Coefficients de Variation des paramètres ictyologiques suivis, entre missions et stations	235
Figure n°104 : Figure n°22. Dynamique de la biodiversité : fréquence des observations d'espèces de poissons	236
Figure n°105 : Evolution des moyennes des paramètres ichtyologiques étudiés, par mission	241
Figure n°106 : Météorologie dans la zone d'étude durant le mois de mars 2015	246
Figure n°107 : Trajectoire du cyclone Winston entre le 22 et le 26 février 2016.....	247
Figure n°108 : Cartes des anomalies de température de surface de la mer dans le Pacifique, début 2016..	248
Figure n°109 : Trajectoire des cyclones Cook et Donna (début 2017).....	249
Figure n°110 : Anomalies de températures de surface de la mer (9 et le 15 novembre 2017)	252
Figure n°111 : Ecart des valeurs obtenues en septembre 2017 à chaque station, avec la moyenne sur 2007-2017 (Ichtyologie).....	265
Figure n°112 : Ecart par mission des résultats ichtyologiques en septembre 2017 de l'ensemble des stations, avec la moyenne sur 2007-2017 (Ichtyologie).....	265
Figure n°113 : Exemple de schéma descriptif d'une station	269
Annexe 05 : Figure a : Classification de la liste rouge UICN.....	292

L i s t e d e s C a r t e s

Carte n°01 : Localisation des stations sur carte topographique (source DITTT).....	16
Carte n°02 : Localisation des stations sur photographie aérienne (source Google Earth)	17



Carte n°03 :	Localisation de la station 01 (Casy)	33
Carte n°04 :	Localisation de la station 02 (Creek baie nord)	45
Carte n°05 :	Localisation de la station 03 (Port)	59
Carte n°06 :	Localisation de la station 04 (Woodin).....	72
Carte n°07 :	Localisation de la station 05 (Ioro)	86
Carte n°08 :	Localisation de la station 06 (Iononatea).....	99
Carte n°09 :	Localisation de la station 07 (Basse Chambeyron)	112
Carte n°10 :	Localisation de la station 08 (Pointe Puka).....	126
Carte n°11 :	Localisation de la station 09 (Bancs Kié).....	138
Carte n°12 :	Localisation de la station 11 (Toémo)	152
Carte n°13 :	Localisation de la station 12 (Ilot Ugo).....	166
Carte n°14 :	Résultats généraux : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station de la baie de Prony – canal Woodin.....	192
Carte n°15 :	Résultats généraux : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station pour le canal de la Havannah.....	193

L i s t e d e s P h o t o s

Photo n°01 :	Mise en place d'un piquet	24
Photo n°02 :	Piquets doublés en début de transect A avec le ruban métré déroulé.....	24
Photo n°03 :	Echantillonnage poissons	24
Photo n°04 :	Echantillonnage LIT	25
Photo n°05 :	Echantillonnage benthos.....	25
Photo n°06 :	Vidéo	25
Photo n°07 :	Position en surface par rapport à la pointe sud de l'îlot (ST01)	33
Photo n°08 :	Vue d'ensemble des transects (ST01).....	34
Photo n°09 :	Position en surface par rapport à la côte (ST02).....	45
Photo n°10 :	Vue d'ensemble des transects (ST02).....	46
Photo n°11 :	Vue aérienne : emplacement par rapport aux structures portuaires (ST03)	58
Photo n°12 :	Position en surface par rapport aux structures portuaires (ST03).....	59
Photo n°13 :	Vue d'ensemble des transects (ST03).....	60
Photo n°14 :	Position en surface par rapport à la côte (ST04).....	72
Photo n°15 :	Vue d'ensemble des transects (ST04).....	73
Photo n°16 :	Position en surface par rapport au feu signal (ST05).....	86
Photo n°17 :	Vue d'ensemble des transects (ST05).....	87
Photo n°18 :	Position en surface (ST06).....	99
Photo n°19 :	Vue d'ensemble des transects (ST06).....	100
Photo n°20 :	Position en surface (ST07).....	112
Photo n°21 :	Vue d'ensemble des transects (ST07).....	113
Photo n°22 :	Position en surface par rapport à la côte (ST08).....	126
Photo n°23 :	Vue d'ensemble des transects (ST08).....	127
Photo n°24 :	Position en surface (ST09).....	138
Photo n°25 :	Vue d'ensemble des transects (ST09).....	139
Photo n°26 :	Position en surface par rapport à la côte (ST11).....	152
Photo n°27 :	Vue d'ensemble des transects (ST011).....	153
Photo n°28 :	Position en surface par rapport à la côte (ST12).....	166
Photo n°29 :	Vue d'ensemble des transects (ST12).....	167
Photo n°30 :	Evolution du blanchissement sur les 5 dernières missions (ST04A).....	208
Photo n°31 :	Station 08 : fin de transect A : 3 autres piquets formant un quadrat.....	268

Crédit photographique : Grégory Lasne 2017 pour Biocénose Marine, Valérie Vaillet 2017, pour AQUA TERRA.

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) [01] 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 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 puis en avril 2017 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 réalisée en septembre 2017 (S39) 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)

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 Goro Nickel.

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 BIOCENOSE MARINE en benthos), une partie de leurs données ou commentaires généraux est reprise dans le corps du rapport. Par ailleurs, leurs résultats sont retranscrits intégralement, sous leur responsabilité, dans les paragraphes concernés.

3 Méthodologie

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

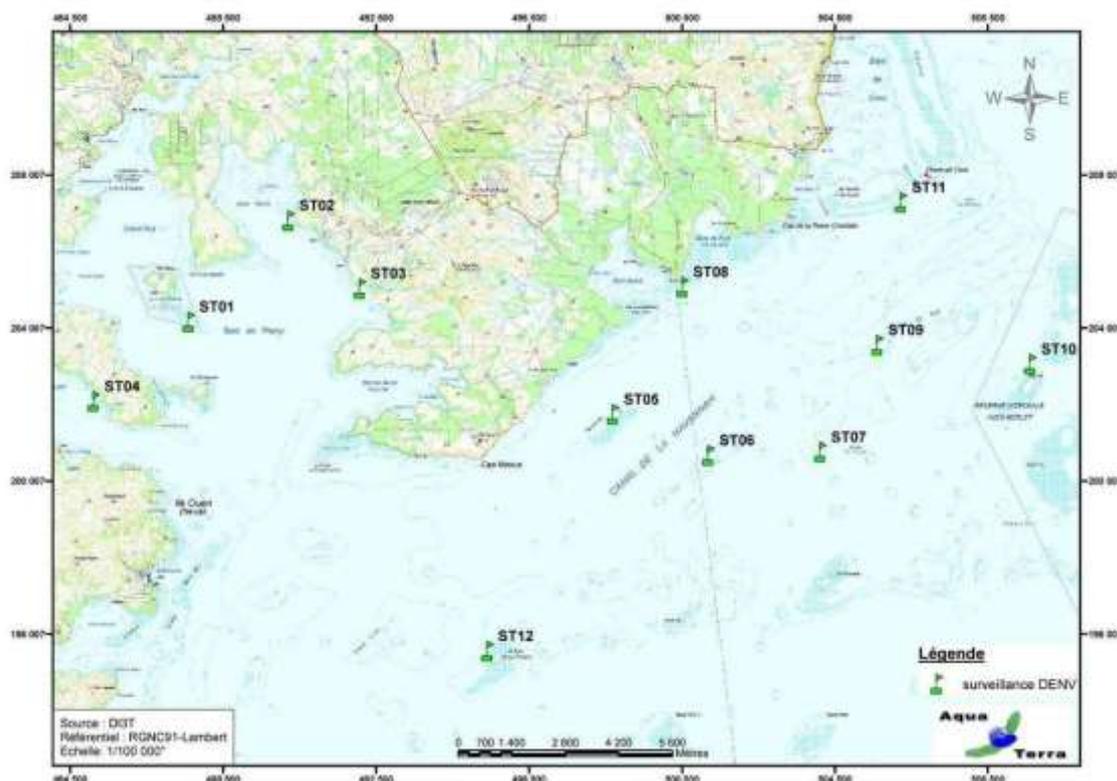
3.1 Zone d'étude

3.1.1 Contexte général

La zone d'étude générale comprend la zone principale du lagon pouvant être influencée par le projet (de manière directe ou indirecte) ainsi que des stations de référence.

C'est donc, dans le Sud de la Grande Terre : la baie de Prony, le canal Woodin et le canal de la Havannah.

Le contexte géographique général est présenté sur la [carte 01](#).



Carte n°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 [02, 03].

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](#).

Par défaut, elles correspondent au piquet de départ (0 mètre) du transect A.

Tableau n°01 : Coordonnées des stations d'échantillonnage

STATIONS			Coordonnées (RGNC 91-93 Lambert)	
			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
	Hot 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

Les stations sont positionnées sur la photographie aérienne en [carte 02](#).



Carte n°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 n°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](#).

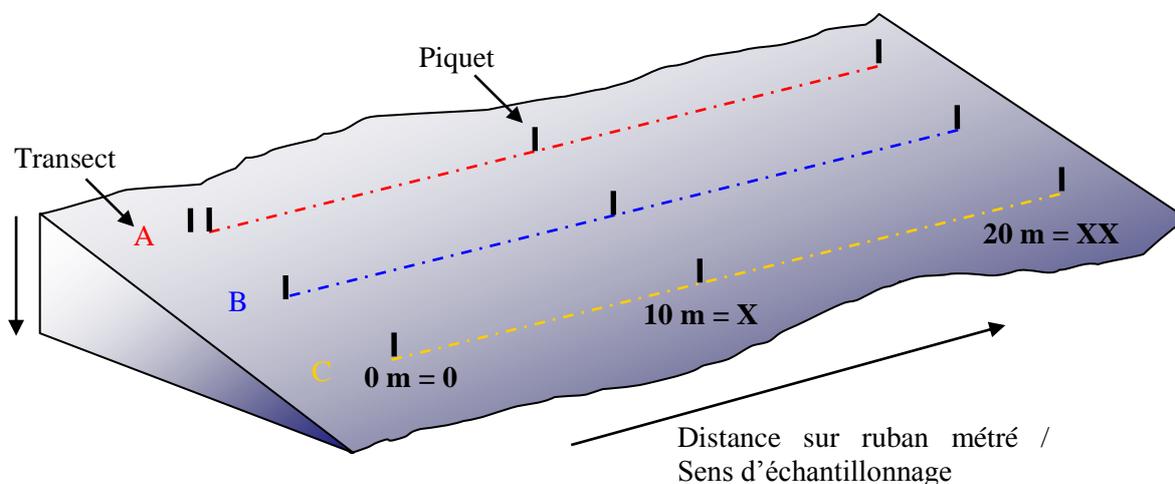


Figure n°01 : Schéma théorique d'une station composée de 3 transects (A, B, C), de 20 m de long



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 a](#) en [annexe 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) [01] 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.

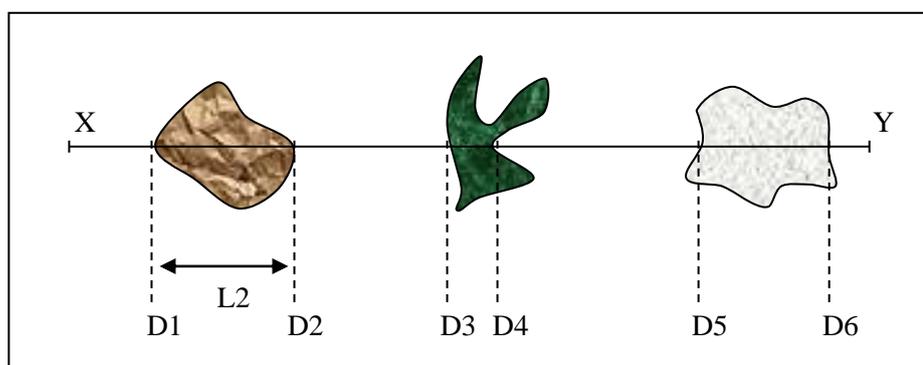


Figure n°02 : Diagramme schématisique d'un transect

Les classes retenues (au nombre de 28) sont adaptées de celles préconisées par English et al. [01] pour le « Line Intercept Transect » (« life forms »), et présentées dans le [tableau a](#) en [annexe 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 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 scléactiniaires, 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 scléactiniaires ainsi que le substratum n'ont pas été étudiés.

Cependant, les inventaires de cette étude ne sont pas exhaustifs : de nombreuses espèces peuvent être identifiés directement sous l'eau avec certitude (ce qui nécessite une grande expertise de l'échantillonneur) au niveau du genre et de l'espèce (liste conservative) mais d'autres nécessitent d'être prélevées afin d'être observées à la binoculaire ou faire des analyses ADN (hors, aucun prélèvements n'a été réalisé pour cette étude).

L'identification s'est également appuyée sur divers ouvrages, guides de terrain et rapports [04 à 09] 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) :

- Scléactiniaires, 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 [01]. 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 scléactiniaires, les macrophytes et les invertébrés sur l'ensemble de l'échelle.



Tableau n°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 scléactiniaires (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 n°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 06).

Tableau n°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 scléactiniaires 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).

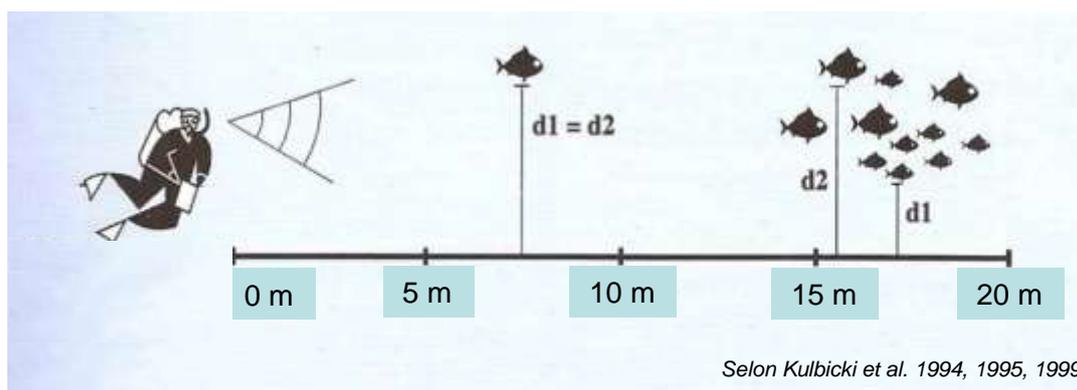


Figure n°03 : Comptage visuel des poissons : méthode des transects à largeur variable

Les poissons qui doivent être comptabilisés sont listés dans le [tableau b](#) de l'[annexe 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 [10].

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 pentadécamètre - 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 02](#)).

Pour cette mission, l'échantillonnage a été effectué du 23 au 28 septembre 2017 (semaines 38-39).

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 02](#).

Des photos représentatives des différentes étapes de la mission d'échantillonnage sont présentées ci-dessous ([photographies 01 à 06](#)).



Photo n°01 : Mise en place d'un piquet



Photo n°02 : Piquets doublés en début de transect A avec le ruban métré déroulé



Photo n°03 : Echantillonnage poissons

Photo n°04 : Echantillonnage LITPhoto n°05 : Echantillonnage benthosPhoto n°06 : Vidéo

3.4 Le traitement des données

3.4.1 Pour le substrat

Comme vu sur la [figure 02](#), paragraphe 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 ([tableau 06](#)) ci-dessous (qui se réfère à la [figure 02](#)).

Tableau n°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 a](#) de l'[annexe 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 à été établi, comme décrit dans le [tableau 07](#).

Tableau n°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 scléactiniaires 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 scléactiniaires (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 n°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 (scléactiniaires, millépores, antipathaires, gorgones, stolonifères)
n	Nombre d'espèce
i	Degré d'abondance compris entre 1 et 5 (échelle semi-quantitative relative au nombre de colonie par unité de surface)
A	Abondance (nombre de colonie par unité de surface)
B	Blanchissement (nombre de colonies blanchies par unité de surface)

Genre espèce	Identification se référant à la liste taxonomique
sp.	Spécimen sans identification spécifique
spp.	Plusieurs spécimens du même genre mais pas de la même espèce sans identification spécifique
• Evolution de la richesse spécifique des Coraux* et des Biocénoses*	
Genre sp. (+n spp.)	n espèce(s) du genre cité ont nouvellement été recensée(s)
Genre sp. (-n spp.)	n espèce(s) du genre cité ont disparu
• Variation d'abondance « A »	
Ai	L'espèce est abondante au degré « i » compris entre A1 à A5
ΔAi /+ x	L'espèce est abondante au degré « i » mais a augmenté d'abondance de «+x» degré(s) depuis la mission précédente
ΔAi /- x	L'espèce est abondante au degré « i » mais a diminué d'abondance de «-x» degré(s) depuis la mission précédente
• Blanchissement corallien « B »	
n blanchies	Nombre d'espèce(s) blanchie(s)
% d'espèces blanchies	(n espèces scléactiniaires blanchies / n espèces scléactiniaires)*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 à augmenté de « i » degré(s) depuis la mission précédente (le degré actuel apparait dans les espèces blanchies)
ΔB -i	Le blanchissement de l'espèce à 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
$\emptyset\beta$	L'espèce n'est plus blanchie par rapport à la mission précédente

Jusqu'en novembre 2016, l'échantillonnage des stations comprenait aussi les scléactiniaires.

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 scléactiniaires 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 compare 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

Les résultats des comptages par TLV reprennent la nomenclature et l'orthographe des espèces, des genres et des familles de Randall J. E. [11] ou Fish Base [12].

Le nom des familles est abrégé dans les différents tableaux, tel que défini dans le [tableau 09](#).

Tableau n°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	Carc	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

Ces résultats quantitatifs sont présentés sous deux listings :

- un premier qui représente exactement les comptages obtenus sur les TLV (sur les transects),
- un deuxième, qui présente les espèces « complémentaires » : Ce sont les espèces qui n'ont pas été vues lors de la réalisation du TLV. Soit qu'elles soient arrivées plus tard sur le transect, soit qu'elles étaient



présentes mais invisibles depuis la ligne centrale du TLV ou encore qu'elles étaient sur la station mais situées en dehors des limites du TLV. Ce sont les espèces de la « station ».

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. [13] 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 n°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 biomasse et la densité ont ensuite été analysées en fonction de diverses variables (taxon-site-temps) :

- Valeurs de densité et de biomasse totales et par famille entre les 3 transects de chaque station.
- Variations temporelles de densité et de biomasse totales et par famille, par transect, et par station (moyenne des valeurs des 3 transects) – comparaisons statistiques par ANOVA puis Tukey ou Kruskal-Wallis puis MDBT ou Steel Dwass (ou autre test a posteriori non paramétrique).
- Variations temporelles multivariées par taxons (Manova paramétrique ou par permutation).
- Variations temporelles de la richesse spécifique totale et par famille (χ^2), par transect et par station.

Une critique des méthodes employées pour l'analyse des données est présentée en annexe 03 du rapport de la mission de novembre 2016 [10].

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)³.

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 b en annexe 01).

³ 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'Equitabilité équivaut à la répartition des effectifs entre S espèces présentes. L'indice varie entre 0 et 1. Il tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs appartient à 1 seule espèce. Il tend vers 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance. Il est calculé en fonction de l'indice de Shannon (il est donc l'indice de Shannon de la zone exprimé relativement à sa valeur maximale, celle qu'il pourrait au maximum avoir sur cette zone et qui correspond à la situation où toutes les espèces présentes sont en effectif identique).

La biodiversité est une donnée semi-quantitative

On définit 3 niveaux de biodiversité :

La biodiversité dite α est le nombre d'espèces n présentes sur une station.

$$B\alpha_i = n_i$$

La biodiversité β ($B\beta$) est la diversité des valeurs de diversités α ;

La biodiversité γ ($B\gamma$) est la biodiversité totale de la zone

$$B\gamma = \cup B_{\alpha ii}$$





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 scléactiniaires reste de taille décimétrique (*Pocillopora damicornis*, *Barabattoia amicornum*, *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

- ↪ Etude de croissance de 7 colonies de *Pocillopora damicornis* colonisant les piquets du transect A depuis octobre 2008. En **septembre 2017**, il reste 5 colonies (colonies B et G mortes suite aux anomalies de températures dues à el Niño du début d'année 2016). 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
- ↪ Régression de la maladie de la bande blanche qui affectait de nombreuses colonies d'*Acropora* tabulaires au transect A
- ↪ Recouvrement corallien faible au transect B
- ↪ Hyper sédimentation (la faune et flore sont adaptées à cette contrainte)
- ↪ Les colonies coralliennes sont majoritairement de petites tailles (hyper sédimentation et turn over important)
- ↪ Recouvrement des alcyonaires très important (particulièrement le genre *Sarcophyton*)
- ↪ Compétition spatiale entre les alcyonaires, les éponges encroûtantes et les coraux
- ↪ Recouvrement modéré des éponges encroûtantes (*Cliona*)
- ↪ Richesse spécifique importante des macrophytes et des alcyonaires
- ↪ Présence des algues brunes *Sargassum* spp. (selon les saisons)





↳ Prolifération d'*Acanthaster planci* en 2017

Variations entre avril et septembre 2017

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 2% au transect A et 2.5% en B
- 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*)

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)

- Lésions coralliennes : les colonies blanchies (en A : 3m² et en B : 2m²) sont mortes en place et sans polype. Elles ont été dévorées par les *Acanthaster planci* (respectivement 12 et 3 spécimens)

Absence de la maladie de la bande blanche.

- Perturbations sédimentaires : RAS pour cette mission, absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : recouvrement en hausse en A (niveau 2 et 3). 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* : le recouvrement est en augmentation en A (niveau 2 à 3) et stable en B (niveau 2)
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente
- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona jullienei* : augmentation en A (niveau 2 à 3)

Les corallivores :

- Absence de *Culcita novaeguineae*
- Prolifération d'*Acanthaster planci* : présence 12 et 3 spécimens en A & B en septembre 2017 (12 spécimens en A en avril 2017 ; 1 seul spécimen en A en novembre 2016)
- Absence de *Drupella cornus*





Carte n°03 : Localisation de la station 01 (Casy)

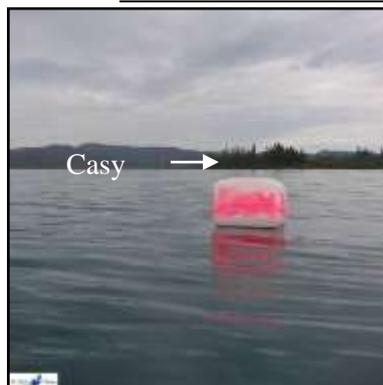
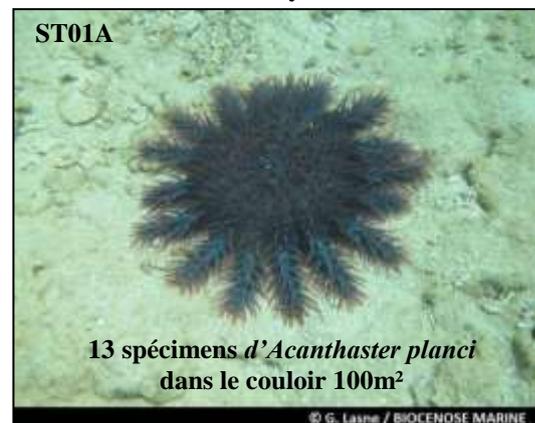


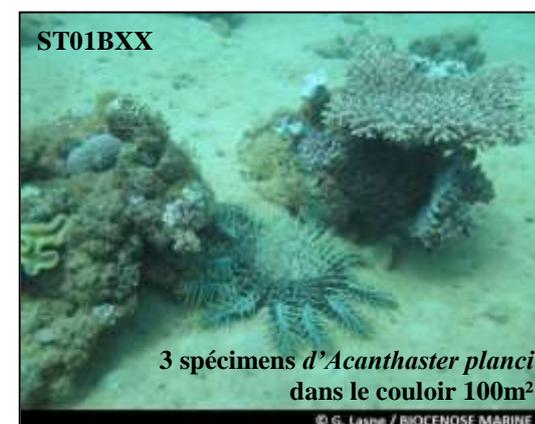
Photo n°07 : Position en surface par rapport à la pointe sud de l'îlot (ST01)



Pente sédimentaire avec nombreux massifs coralliens et alcyonaires



Nombreuses colonies coralliennes mortes en place (polypes mangés par les *Acanthaster planci*)



Pente sédimentaire recouverte par *Sarcophyton* sp. et petits massifs coralliens dispersés

Photo n°08 : Vue d'ensemble des transects (ST01)

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.

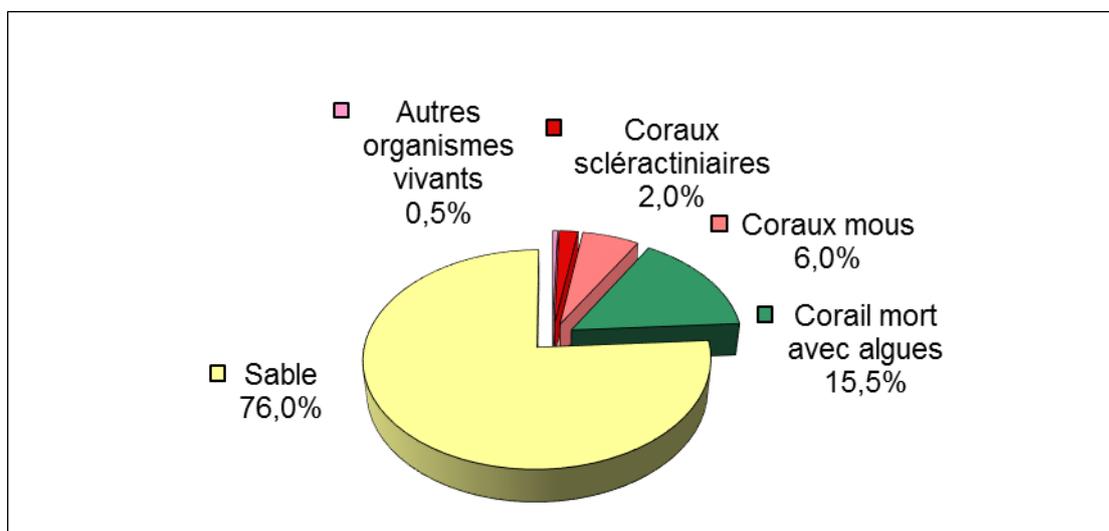


Figure n°04 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01A

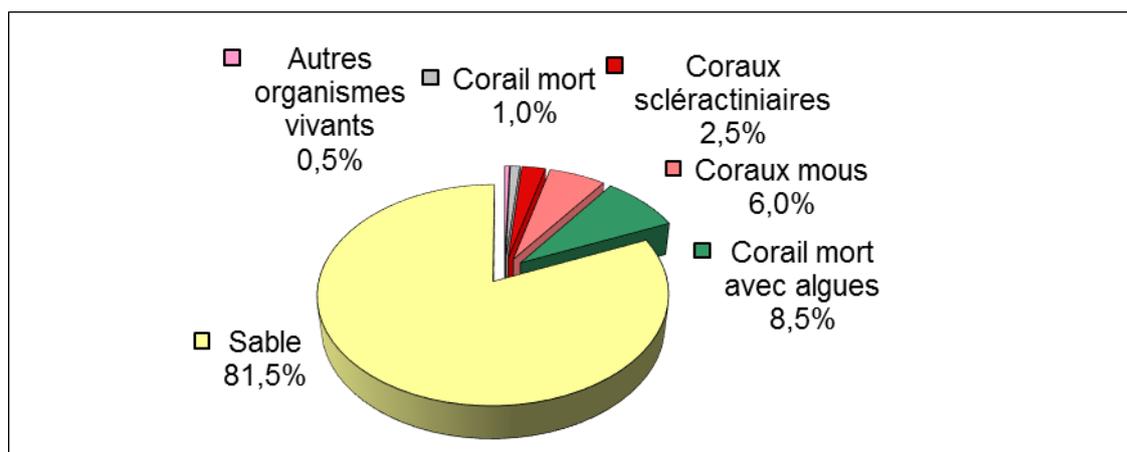


Figure n°05 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01B

Le sable est prédominant avec respectivement 76% et de 81.5% de recouvrement pour les 2 transects.

Cela entraîne évidemment que le substrat est majoritairement abiotique sur cette station.

Pour cette mission, le recouvrement des coraux scléactiniaires diminue légèrement pour les 2 transects (2% vs 9% et 2.5% vs 4.5%). Le reste de la partie biotique est constituée 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 : Les cyanobactéries sont totalement absentes aux 2 transects depuis plus de 4 missions, mais 1% d'*Acropora blanchi* en B.

Les transects sont stables dans l'ensemble. Il faut cependant noter que le transect A est en partie dégradé depuis 3 missions (baisse du recouvrement des scléactiniaires enregistrée en novembre 2016).

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 04.

En septembre 2017, la richesse spécifique de la station Casy (ST01) est composée de :

- **41 espèces d'invertébrés** dont 11 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), zoanthaires (2 taxons) ; 15 espèces d'échinodermes : astéries (5 taxons), échinides (4 taxons), holothurides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- **3 espèces de macrophytes** : algues vertes (2 taxons), algues brunes (1 taxon)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

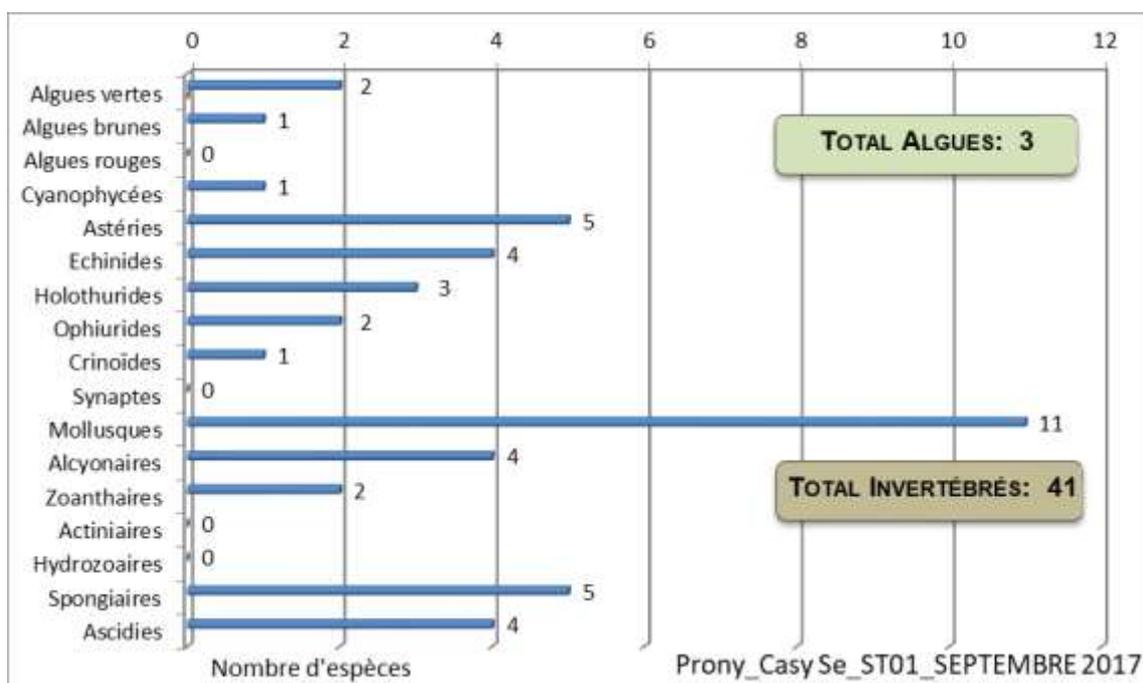


Figure n°06 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST01)

4.1.2.1 Benthos Transect 01 A

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST01A est composée de :

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

Tableau n°11 : Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST01A)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue verte : • <i>Neomeris vanbosseae</i> (A2) ; 2 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : • <i>Padina</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>Lobophora variegata</i> (A3/+ 1) et l'algue verte : • <i>Halimeda</i> sp. (A2/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
<input checked="" type="checkbox"/>	Une espèce de cyanobactéries augmente d'abondance : • <i>Phormidium</i> sp. (A3/+ 1).
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 actiniaires (-1 espèce) : • <i>Discosoma rhodostoma</i> (A0/-2).	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Simularia</i> sp. (A4/+ 1).
Echinodermes	
3 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les échinides (-1 espèce) : • <i>Diadema savignyi</i> (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-2 espèce) : • <i>Holothuria whitmaei</i> (A0/-1), • <i>Stichopus herrmanni</i> (A0/-1).	3 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les crinoïdes (1 espèce) : • <i>Crinoïdes</i> ind. (A3/+ 1) ; ➢ pour les échinides (2 espèces) : • <i>Diadema setosum</i> (A2/+ 1), • <i>Echinometra mathaei</i> (A2/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➢ pour les holothurides (1 sp) : • <i>Holothuria fuscopunctata</i> (A1/- 1)
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Tridacna squamosa</i> (A1) ; ➢ pour les gastéropodes (1 espèce) : • <i>Strombus luhuanus</i> (A2).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Isognomon isognomon</i> (A2/- 1).
Eponges	
2 espèces d'éponges disparues : • <i>Hamigera strongylata</i> (A0/-2), • <i>Clathria rugosa</i> (A0/-2).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : • <i>Cliona jullienei</i> (A3/+ 1).
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : • <i>Polycarpa nigricans</i> (A0/-3).	<input checked="" type="checkbox"/>
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

4.1.2.2 Benthos Transect 01 B

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST01B est composée de :

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

Tableau n°12 : Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST01B)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Une espèce d'algue disparue, l'algue verte : • <i>Codium</i> sp. (A0/-1).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cnidaires	
2 espèces de cnidaires disparues : ➤ pour les alcyonaires (-1 espèce) : • <i>Sinularia</i> sp. (A0/-2) ; ➤ pour les hydrozoaires (-1 espèce) : •Hydrozoaires ind. (A0/-2).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Sarcophyton</i> sp. (A4/- 1)
Echinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➤ pour les astéries (2 espèces) : • <i>Acanthaster planci</i> (A2), • <i>Linckia multifora</i> (A1) ; ➤ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria edulis</i> (A1). Une espèce d'échinodermes disparue : ➤ pour les holothurides (-1 espèce) : • <i>Holothuria fuscopunctata</i> (A0/-2)	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➤ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A3/+ 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➤ pour les gastéropodes (1 espèce) : • <i>Strombus luhuanus</i> (A2). 3 espèces de mollusques disparues : ➤ pour les bivalves (-2 espèce) : • <i>Arca ventricosa</i> (A0/-2), • <i>Hyotissa hyotis</i> (A0/-1) ; ➤ pour les gastéropodes (-1 espèce) : • <i>Astraea rhodostoma</i> (A0/-1).	2 espèces de mollusques augmentent d'abondance : ➤ pour les bivalves (2 espèces) : • <i>Isognomon isognomon</i> (A3/+ 1), • <i>Pteria</i> sp. (A3/+ 1).
Eponges	
2 espèces d'éponges disparues : • <i>Cymbastella cantharella</i> (A0/-2), •Spongiaires ind. (noire) (A0/-2).	<input checked="" type="checkbox"/>
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A1).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : • <i>Polycarpa nigricans</i> (A2/- 1).
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

4.1.3 Les poissons (ST01)

La liste des espèces observées⁴ sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 13](#).

Tableau n°13 : *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 blochii</i>	1	0,01	0,91				0,50	0,01	0,46
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	2	0,02	0,44				1,00	0,01	0,22
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	2	0,02	0,15				1,00	0,01	0,08
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	2	0,02	0,23				1,00	0,01	0,11
Cha	<i>Chaetodon lineolatus</i>	1	0,01	0,22				0,50	0,01	0,11
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	3	0,03	0,14				1,50	0,02	0,07
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>				2	0,02	0,01	1,00	0,01	0,01
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	1	0,01	0,05	1	0,01	0,03	1,00	0,01	0,04
Epi	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>	1	0,01	1,78				0,50	0,01	0,89
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	2	0,02	40,50				1,00	0,01	20,25
Gob	<i>Amblygobius phalaena</i>	1	0,01	0,05	1	0,01	0,03	1,00	0,01	0,04
Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	2	0,02	0,59	2	0,02	0,44	2,00	0,02	0,52
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	1	0,01	0,16				0,50	0,01	0,08
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	4	0,04	0,30	6	0,07	0,29	5,00	0,06	0,30
Mic	<i>Ptereleotris evides</i>				3	0,03	0,14	1,50	0,02	0,07
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	3	0,03	0,67	4	0,04	0,46	3,50	0,04	0,56
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	2	0,02	0,06				1,00	0,01	0,03
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	3	0,03	0,08				1,50	0,02	0,04
Pom	<i>Abudefduf whiteleyi</i>	5	0,06	0,24				2,50	0,03	0,12
Pom	<i>Chromis viridis</i>	20	0,22	0,28				10,00	0,11	0,14
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	5	0,06	0,03				2,50	0,03	0,02
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>	5	0,06	0,03				2,50	0,03	0,02
Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>	20	0,22	0,12	10	0,11	0,06	15,00	0,17	0,09
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	15	0,17	0,09	15	0,17	0,09	15,00	0,17	0,09
Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>	40	0,44	0,57	20	0,22	0,12	30,00	0,33	0,34
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	5	0,06	0,07				2,50	0,03	0,04
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>	4	0,04	1,54				2,00	0,02	0,77
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>	10	0,11	3,84	2	0,02	0,77	6,00	0,07	2,30
Sca	<i>Scarus ghobban</i>	1	0,01	3,47				0,50	0,01	1,74
Sig	<i>Siganus doliatus</i>	2	0,02	0,44				1,00	0,01	0,22
Sig	<i>Siganus vulpinus</i>	2	0,02	0,32				1,00	0,01	0,16
Total		165	1,83	57,39	66	0,73	2,43	115,50	1,28	12,04
Biodiversité		29			11			31		
Indice de Shannon =		3,835								
Equitabilité =		0,774								

Sur l'ensemble des transects de la station, 231 individus appartenant à 31 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.28 poissons/m² pour une biomasse de 12.04 g/m².

82 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la

⁴ Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. [annexe 01](#).

station (cf. [tableau 14](#)).

Tableau n°14 : Liste des espèces complémentaires (STO1)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Gob	<i>Amblygobius phalaena</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	Gob	<i>Ctenogobiops aurocingulus</i>	Nem	<i>Pentapodus aureofasciatus</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Gob	<i>Valenciennesa puellaris</i>	Pin	<i>Parapercis hexophtalma</i>
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	Gra	<i>Diploprion bifasciatum</i>	Pin	<i>Parapercis snyderi</i>
Aca	<i>Acanthurus nigricauda</i>	Gra	<i>Belonoperca chabanaudi</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>
Aca	<i>Acanthurus pyroferus</i>	Hae	<i>Plectorhinchus lessonii</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Hol	<i>Myripristis kuntee</i>	Pom	<i>Abudefduf whiteleyi</i>
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopion</i>	Pom	<i>Chromis viridis</i>
Apo	<i>Apogon doederleini</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Apo	<i>Apogon fucata</i>	Lab	<i>Oxycheilinus bimaculatus</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Apo	<i>Archamia leai</i>	Lab	<i>Oxycheilinus celebicus</i>	Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>
Apo	<i>Cheilodipterus macrodon</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Apo	<i>Cheilodipterus quinquelineatus</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon melas</i>
Apo	<i>Ostorhinchus aureus</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cae	<i>Caesio cuning</i>	Lab	<i>Halichoeres melanurus</i>	Pom	<i>Pomacentrus adelus</i>
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>	Lab	<i>Halichoeres ornatissimus</i>	Pom	<i>Pomacentrus amboinesis</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopion</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	Lab	<i>Cheilinus fasciatus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>
Cha	<i>Chaetodon lineolatus</i>	Lab	<i>Anampses neoguinaicus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Sca	<i>Scarus rubroviolaceus</i>
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	Lab	<i>Labroides bicolor</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	Lab	<i>Halichoeres ornatissimus</i>	Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	Lab	<i>Stethojulis strigiventer</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Epi	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>	Mic	<i>Ptereleotris evides</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>	Syn	<i>Synodus variegatus</i>
Epi	<i>Epinephelus merra</i>				

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le [tableau 15](#) et spécifiquement pour cette campagne sur la [figure 07](#).

Tableau n°15 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (STO1)

Familles	Nb d'espèces		Moyenne depuis 2007	±
	2017 a	2017 b		
Acanthuridae	2	2	1,21	0,47
Anthiinae	0	0	0,16	0,17
Balistidae	0	0	0,11	0,14
Bleenniidae	0	0	0,26	0,21
Caesionidae	0	0	0,11	0,14
Canthigasteridae	0	0	0,32	0,22
Chaetodontidae	3	6	1,63	0,95
Epinephelinae	2	2	1,32	0,51

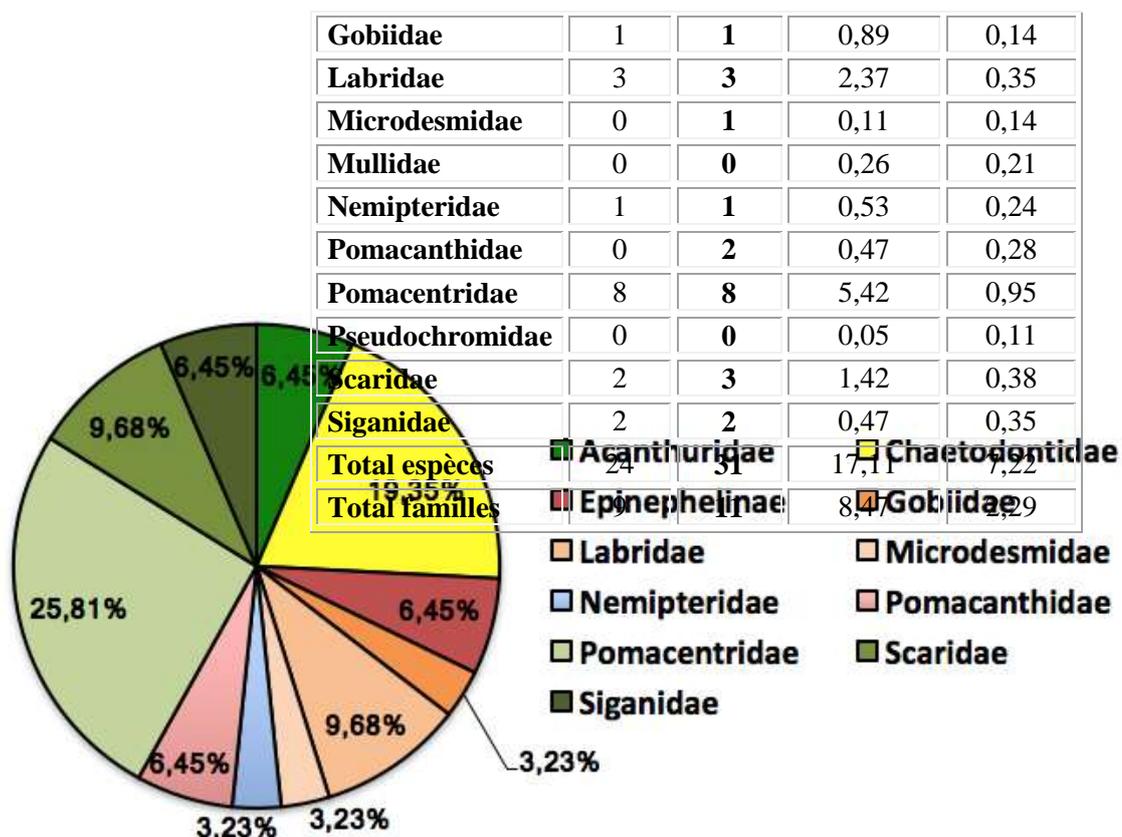


Figure n°07 : Richesse spécifique (%) par famille de poissons, pour cette mission (ST01)

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 – à cette campagne est effectuée (cf. [tableau 16](#)), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires.

Tableau n°16 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST01)

L'hypothèse nulle Ho :	Test	χ^2 obs	ddl	$\chi^2_{0,95}$	nb de familles
« Les colonnes sont-elles identiques ? »	χ^2	222	306	372	11/18

Le récapitulatif des résultats en terme 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 sont présentés dans le [tableau 17](#) et la [figure 08](#).

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i - X_m) / X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. [tableau 18](#) et représentation [figure 09](#).

Tableau n°17 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST01)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	2 621,7	0,7	102,0	51,1	109,6	256,8
Ecart type	51,2	0,9	10,1	7,2	10,5	16,0



Moyenne	70,8	1,2	12,3	17,2	35,2	59,9
Coef. de Var.	0,7	0,7	0,8	0,4	0,3	0,3

Tableau n°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
2017 b	Transect A	165,00	1,83	57,39	29		
	Transect B	66,00	0,73	2,43	11		
	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

Commentaires :

- La valeur de la biodiversité a légèrement augmenté bien que, pour une moitié environ, ce ne soient pas les mêmes espèces. Toutefois ces nouvelles espèces ont toutes été déjà repérées par le passé, ce qui laisse penser qu'au bout des dix années de surveillance l'ensemble des espèces qui, possiblement, visitent la station est très proche d'avoir été décrit.
- Le nombre d'espèces de la liste DENV et présentes sur les transects ne représentent que le 3/8 des espèces totales.
- La plupart des espèces sont représentées par des juvéniles.
- La biomasse rejoint le maximum de 2015 a.
- Les espèces de Chaetodontidae ont retrouvé le niveau de 2016 b.
- Le nombre Pomacentridae reste haut et stable.
- Cette station qui était pauvre jusqu'à la fin de 2013, présente depuis mars 2014 des valeurs plutôt fortes notamment en ce qui concerne la biodiversité.
- L'augmentation sensible du paramètre du Nb ind vient en grande partie des Pomacentridae qui se sont installés dans les nouvelles pousses de madrépores qui sont apparues sur les piquets des transects !!
- Tous les paramètres ont des valeurs supérieures à la moyenne.
- Au cours des missions successives, les valeurs des paramètres du nombre d'individus, densité et biomasse présentent des écarts à la moyenne importants : plus de 150 %. Et dépasse 200 % pour la densité, tandis que les paramètres de biodiversité sont plus stables notamment la biodiversité 3, surtout depuis 2014.

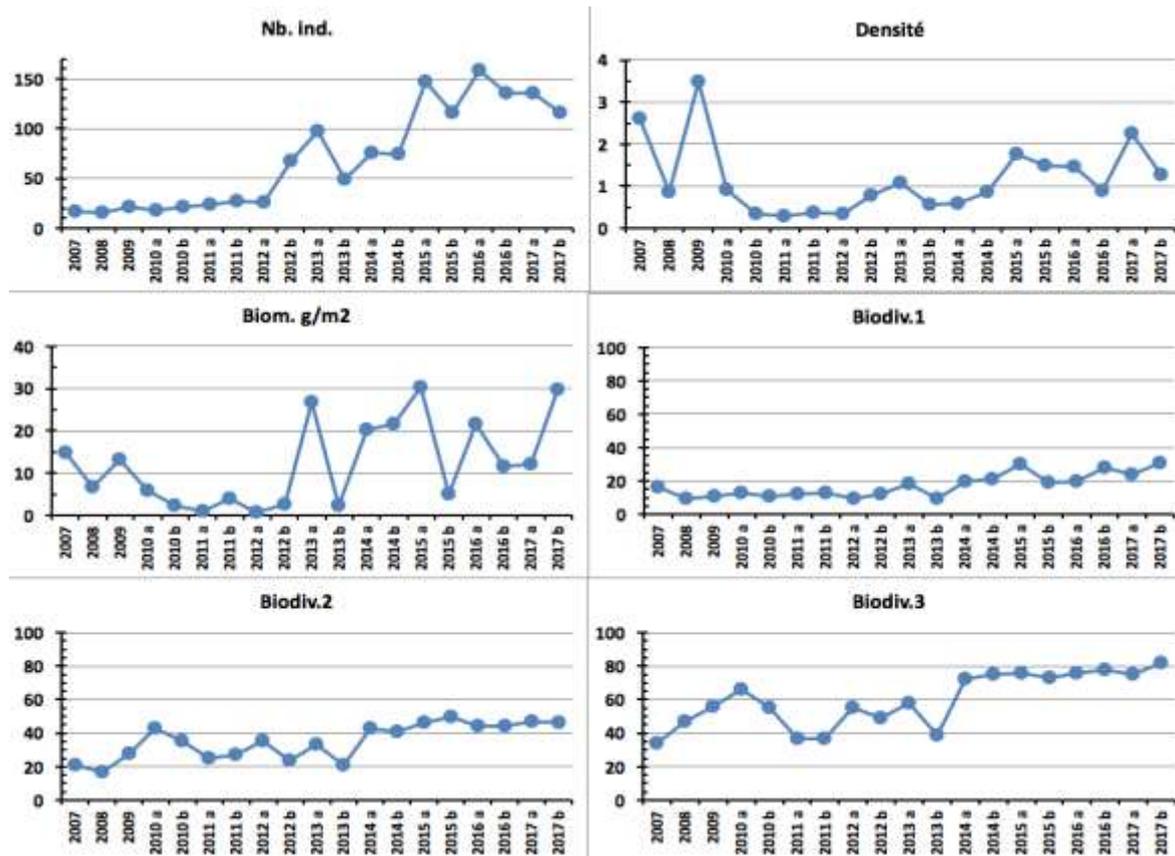


Figure n°08 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01)

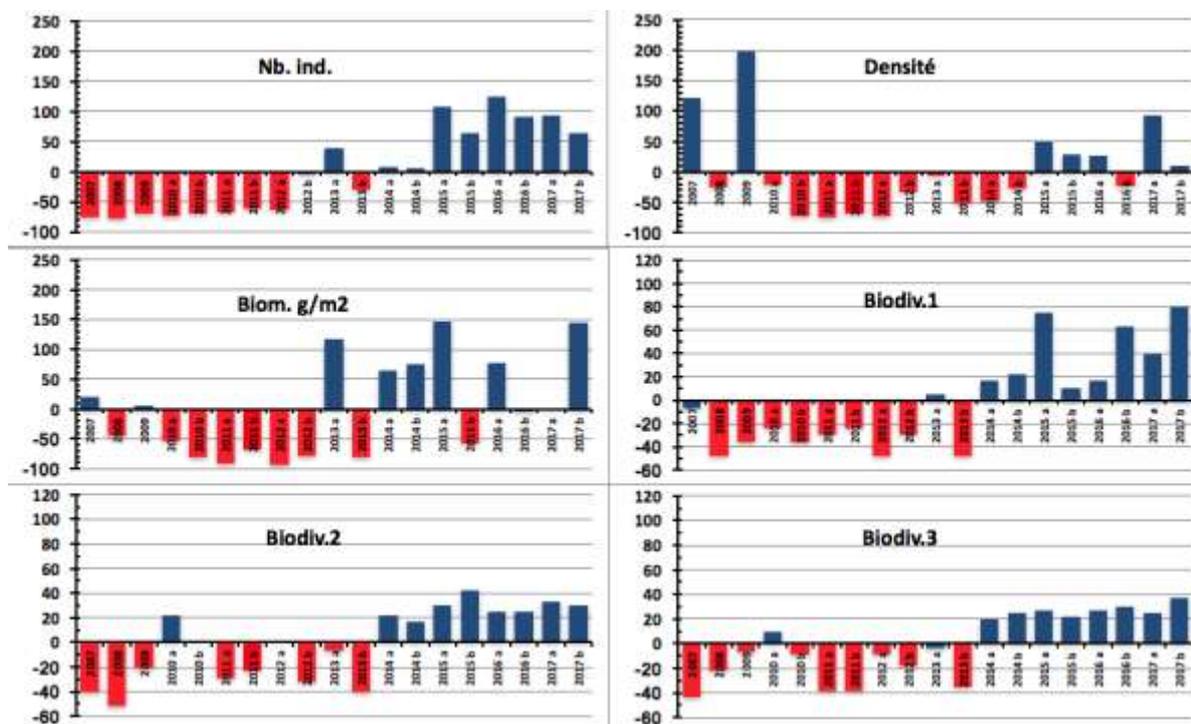


Figure n°09 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01)



4.2 Station 02 = Creek baie nord

Localisation géographique	Au sud de l'embouchure du creek de la Baie nord, à proximité d'un petit récif (langue récifale), face à un amas rocheux sur la plage (photographie 09).
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

- ↪ Richesse spécifique importante des coraux (la plus importante 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 et celui du transect B est plutôt constitué de petites colonies éparpillées sur les blocs coralliens
- ↪ Les colonies d'*Acropora* et *Anacropora* au transect A forment de grands massifs plurimétriques de plus en plus denses (croissance importante)
- ↪ Recouvrement important des alcyonaires sur l'ensemble de la zone (*Sarcophyton*)
- ↪ Hyper sédimentation : les petites colonies coralliennes ont tendance à s'envaser mais les espèces sont adaptées à ce milieu
- ↪ 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
- ↪ Compétition spatiale importante entre les alcyonaires, les algues vertes/brunes et les coraux

Variations entre avril et septembre 2017

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 27% au transect A et 24,5% en B
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : Octobre 2015 : 0.23% ; Avril 2016 : 3.35% ; Novembre 2016 : 0.15% ; Avril 2017 : 0.35% ; Septembre 2017 : 0 %
- Lésions coralliennes : quelques tâches noires (hypermycose endolithique) induites par la sédimentation, 1 perte de tissu (1 colonie de *Porites*) et quelques colonies sont dégradées partiellement par la sédimentation en B
- Perturbations sédimentaires : fine couche sédimentaire sur les colonies coralliennes dégradées partiellement en B (*Acropora* spp. (branchu), *Merulina ampliata*, *Porites* et *Coscinaraea columna*)

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : recouvrement en diminution pour A & B (niveau 2 à 1). Elles se développent sur les algues vertes *Halimeda* qui sont entremêlées dans les colonies d'*Acropora* branchus
- Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens
- Algue brune *Lobophora* : le recouvrement est stable : il est important en A (niveau 4) et modéré en B (niveau 3) → caractère envahissant potentiel
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente
- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona jullieni* : stable

Les corallivores :

- Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*
- Absence de *Drupella cornus*





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



Photo n°09 : Position en surface par rapport à la côte (ST02)



Développement important d'*Halimeda* à travers la base des colonies coralliennes branchues



ST02B : Pente sédimentaire vaseuse avec nombreux massifs coralliens de taille métrique

Photo n°10 : Vue d'ensemble des transects (ST02)

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.

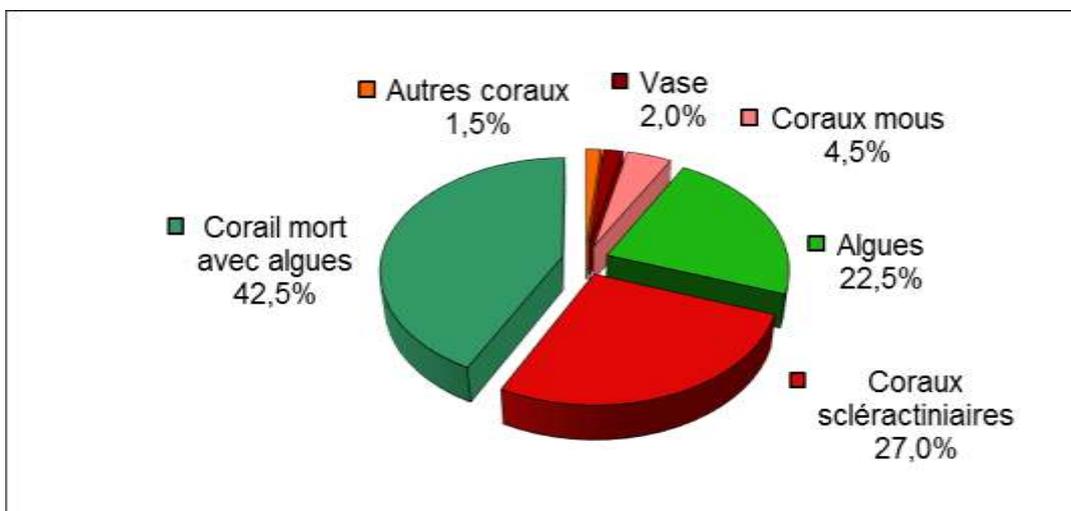


Figure n°10 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02A*

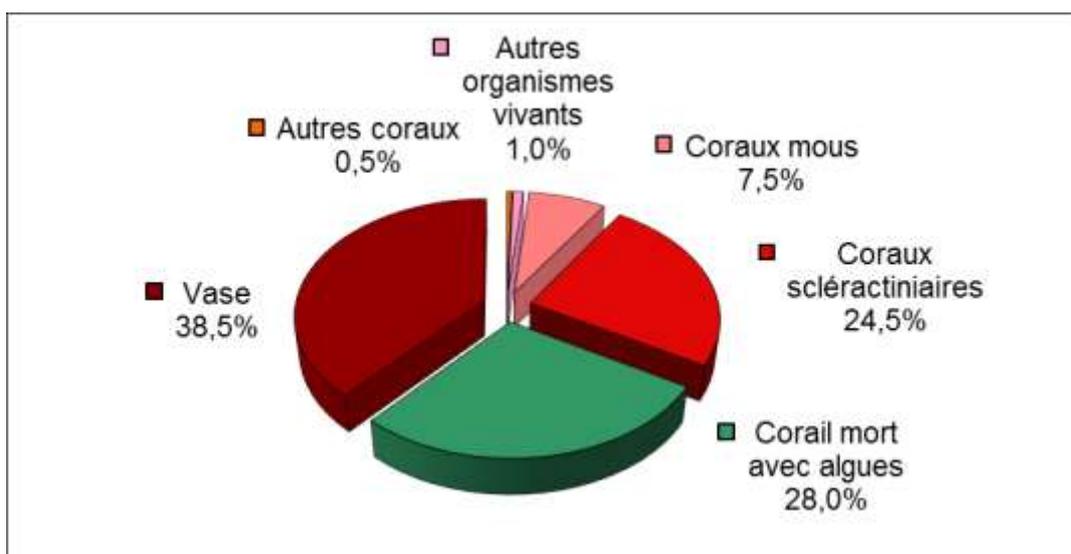


Figure n°11 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02B*

Le transect A est caractérisé par un substrat fortement biotique (98%). **Les dégradations enregistrées lors de la mission de début d'année 2016 ont cessé.** Le recouvrement des coraux scléactiniaires reste bas, mais stable (27% vs 28% en avril 2017 vs 27% en novembre 2016 vs 26% en avril 2016 vs 47% en octobre 2015), la mortalité a stoppé et il n'y a plus de blanchissement. Par ailleurs, les cyanobactéries sont toujours absentes.

Le substrat au transect B est aussi majoritairement biotique (61.5%), avec 24.5% de coraux scléactiniaires, 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. L'absence d'indicateur de mauvais état de santé et des taux de recouvrement des scléactiniaires stables pour cette mission à nouveau (comme en début d'année) confirme que les dégradations sont terminées.

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 04.

En septembre 2017, la richesse spécifique de la station Creek baie nord (ST02) est composée de :

- **34 espèces d'invertébrés** dont 8 espèces de mollusques ; 9 espèces de cnidaires : alcyonaires (7 taxons), zoanthaires (2 taxons) ; 9 espèces d'échinodermes : échinides (3 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), astéries (1 taxon), crinoïdes (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.**

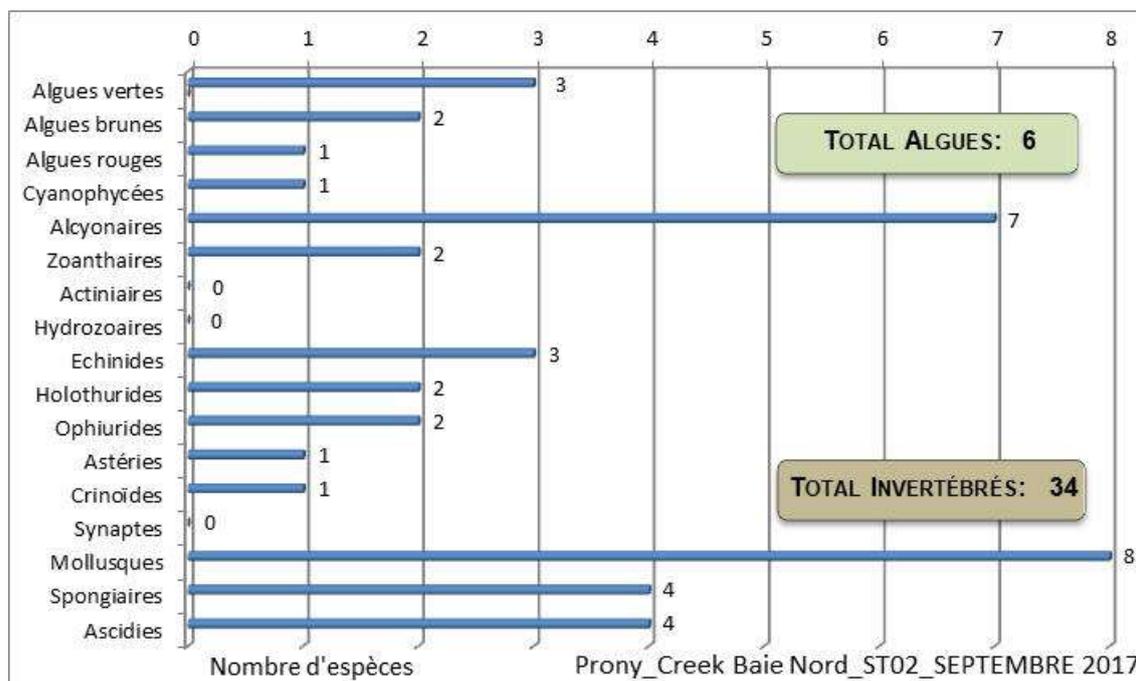


Figure n°12 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST02)

4.2.2.1 Benthos Transect 02 A

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST02A est composée de :

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

Tableau n°19 : Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST02A)

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 verte : • <i>Codium</i> sp. (A0/-1)	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cnidaires	
2 espèces de cnidaires disparues : ➤ 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. (A4/- 1).

➤ pour les hydrozoaires (-1 sp) : •Hydrozoaires ind. (A0/-2).	
Echinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➤ pour les astéries (2 espèces) : • <i>Acanthaster planci</i> (A2), • <i>Linckia multifora</i> (A1) ; ➤ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria edulis</i> (A1). Une espèce d'échinodermes disparue : ➤ pour les holothurides (-1 espèce) : • <i>Holothuria fuscopunctata</i> (A0/-2)	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➤ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A3/+ 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➤ pour les gastéropodes (1 sp) : • <i>Strombus luhuanus</i> (A2) 3 espèces de mollusques disparues : ➤ pour les bivalves (-2 espèce) : • <i>Arca ventricosa</i> (A0/-2), • <i>Hyotissa hyotis</i> (A0/-1) ; ➤ pour les gastéropodes (-1 sp) : • <i>Astraea rhodostoma</i> (A0/-1)	2 espèces de mollusques augmentent d'abondance : ➤ pour les bivalves (2 espèces) : • <i>Isognomon isognomon</i> (A3/+ 1), • <i>Pteria</i> sp. (A3/+ 1).
Eponges	
2 espèces d'éponges disparues : • <i>Cymbastella cantharella</i> (A0/-2), •Spongiaires ind. (noire) (A0/-2).	<input checked="" type="checkbox"/>
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A1).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : • <i>Polycarpa nigricans</i> (A2/- 1).
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

4.2.2.2 Benthos Transect 02 B

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST02B est composée de :

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

Tableau n°20 : *Variations entre avril et septembre 2017 : 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.	Une espèce d'algue recensée une espèce algues brunes : • <i>Dictyota</i> sp. (A3/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
<input checked="" type="checkbox"/>	Une espèce de cyanobactéries diminue d'abondance : • <i>Phormidium</i> sp. (A1/- 1).
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➤ pour les zoanthaires (1 espèce) : • <i>Zoanthidae</i> ind.sp. (A2). 4 espèces de cnidaires disparues : ➤ pour les alcyonaires (-4 espèce) : • <i>klyxum</i> sp. (A0/-2), • <i>Sarcophyton</i> sp. (1 spp./-1 spp., A5/-0), • <i>Simularia</i> sp. (A0/-2), • <i>Nephtea</i> sp. (A0/-2).	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Simularia dura</i> (A4/+ 2).
Echinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➤ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Nardoa gomophia</i> (A1) ; ➤ pour les échinides (1 sp) : • <i>Echinometrix diadema</i> (A1) ➤ pour les holothurides (1 sp) : • <i>Holothuria flavomaculata</i> (A3)	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➤ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria edulis</i> (A3/+ 2).



Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : ➤ pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Pteria</i> sp. (A0/-2).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➤ pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Septifer bilocularis</i> (A3/+ 1).
Eponges	
1 espèce d'éponges disparue : •Spongiaires ind. (noire) (A0/-2)	<input checked="" type="checkbox"/>
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A1), • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A1).	<input checked="" type="checkbox"/>
Bryozoaires	
1 nouvelle sp de bryozoaires recensée : • <i>Alcyonidium</i> sp. (A2)	<input checked="" type="checkbox"/>



4.2.3 Les poissons (ST02)

La liste des espèces observées⁵ sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 21](#).

Tableau n°21 : 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
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	3	0,03	0,17				1,50	0,01	0,09
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>				2	0,02	0,11	1,00	0,01	0,06
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>				4	0,03	0,36	2,00	0,01	0,18
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	2	0,02	0,07	1	0,01	0,09	1,50	0,01	0,08
Epi	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>				2	0,03	5,33	1,00	0,02	2,67
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	3	0,03	0,11				1,50	0,01	0,05
Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>	10	0,08	0,21	6	0,05	0,13	8,00	0,07	0,17
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	2	0,02	0,01				1,00	0,01	0,00
Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>	20	0,17	0,09				10,00	0,08	0,05
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	6	0,05	0,03				3,00	0,03	0,01
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>				5	0,04	0,02	2,50	0,02	0,01
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>				8	0,07	0,04	4,00	0,03	0,02
Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>				20	0,17	0,09	10,00	0,08	0,05
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>	5	0,04	0,83	4	0,03	0,89	4,50	0,04	0,86
Total		51	0,43	1,52	52	0,44	7,06	51,50	0,43	4,29
Biodiversité		8			9			14		
Indice de Shannon =		3,339								
Equitabilité =		0,877								

Sur l'ensemble des transects de la station, 103 individus appartenant à 14 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.43 poisson/m² pour une biomasse de 4.29 g/m².

72 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. [tableau 22](#)).

Tableau n°22 : Liste des espèces complémentaires (ST02)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	Hol	<i>Myripristis kuntee</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>
Aca	<i>Acanthurus nigricauda</i>	Hol	<i>Sargocentron spiniferum</i>	Pla	<i>Cymbacephalus beauforti</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Ple	<i>Assessor macneilli</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Cheilinus fasciatus</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Choerodon fasciatus</i>	Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>
Apo	<i>Cheilodipterus macrodon</i>	Lab	<i>Choerodon graphicus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon ensifer</i>
Apo	<i>Cheilodipterus quinquelineatus</i>	Lab	<i>Cirrhilabrus punctatus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon leucogaster</i>
Caec	<i>Caesio cuning</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon melas</i>
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	Lab	<i>Halichoeres biocellatus</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopion</i>	Pom	<i>Neopomacentrus azyron</i>
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Lab	<i>Halichoeres trimaculatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>

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



Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Lab	<i>Oxycheilinus unifasciatus</i>	Sca	<i>Chlorurus bleekeri</i>
Cha	<i>Heniochus monoceros</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Epi	<i>Anypserodon leucogrammicus</i>	Lut	<i>Lutjanus adetii</i>	Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	Lut	<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Epi	<i>Cromileptes altivelis</i>	Lut	<i>Lutjanus ehrenbergii</i>	Scr	<i>Scorpaenopsis ramaraoi</i>
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Lut	<i>Lutjanus fulviflamma</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Fis	<i>Fistularia commersonii</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>	Sig	<i>Siganus puellus</i>
Gra	<i>Diploprion bifasciatum</i>	Mul	<i>Parupeneus ciliatus</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Hae	<i>Plectorhinchus lessonii</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	Zan	<i>Zanclus cornutus</i>

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le [tableau 23](#) et spécifiquement pour cette campagne sur la [figure 13](#).

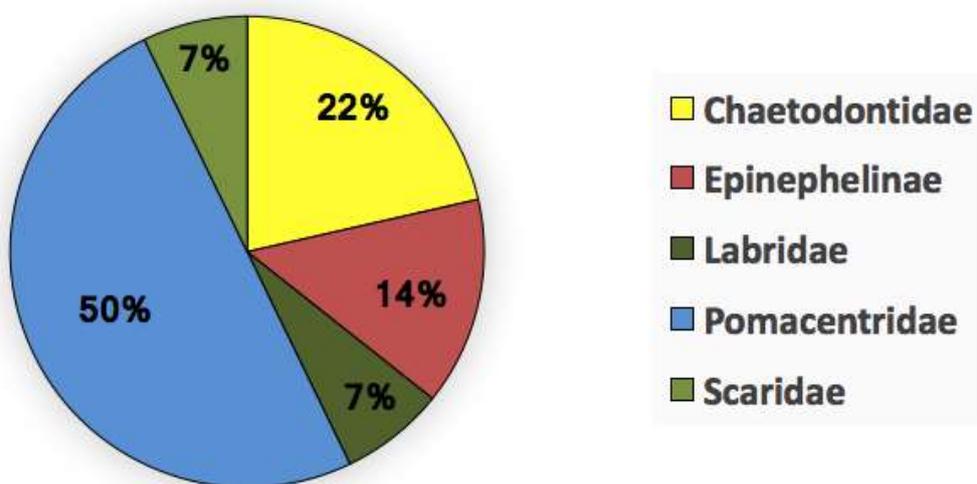


Figure n°13 : Richesse spécifique (%) par famille de poissons, pour cette mission (ST02)

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 – à cette campagne est effectuée (cf. [tableau 24](#)), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires.

Tableau n°23 : Nombre d'espèces par famille ichtyologique (ST02)

Familles	Nb d'espèces		Moyenne depuis 2007	±
	2017 a	2017 b		
Acanthuridae	1	0	0,68	0,38
Anthiniidae	0	0	0,05	0,11
Blenniidae	0	0	0,21	0,19
Caesionidae	1	0	0,26	0,21
Canthigasteridae	0	0	0,05	0,11
Chaetodontidae	5	3	3,95	1,11
Epinephelinae	2	2	1,84	0,51
Haemulidae	0	0	0,11	0,14
Labridae	1	1	1,37	0,62
Lethrinidae	0	0	0,05	0,11
Lutjanidae	1	0	0,53	0,44
Mullidae	2	0	0,26	0,30



Nemipteridae	0	0	0,53	0,24
Pomacanthidae	0	0	0,32	0,43
Pomacentridae	5	7	3,42	0,77
Scaridae	1	1	1,32	0,43
Siganidae	1	0	0,84	0,41
Total espèces	20	14	15,79	3,29
Total familles	10	5	7,42	0,88

Tableau n°24 : Test χ^2 du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST02)

L'hypothèse nulle Ho :	Test	χ^2 obs	ddl	χ^2 à 0,95	nb de familles
« Les colonnes sont elles identiques ? »	χ^2	292	288	351	5/17

Le récapitulatif des résultats en terme 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 sont présentés dans le [tableau 25](#) et la [figure 14](#).

Tableau n°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	
2017 b	Transect A	51	0,43	1,52	8			
	Transect B	52	0,44	7,06	9			
	Moy. AB	51,50	0,43	4,29	14	44	72	
2017 a	Moy. AB	88,50	0,98	15,73	20	30	53	
2016 b	Moy. AB	84,5	0,74	6,62	22	43	66	
2016 a	Moy. AB	116,00	0,89	39,32	20	41	63	
2015 b	Moy. AB	88,00	1,03	20,65	17	45	70	
2015 a	Moy. AB	108,00	1,06	45,06	30	45	69	
2014 b	Moy. AB	292,50	6,17	71,48	27	40	69	
2014 a	Moy. AB	57,00	0,71	3,59	10	39	54	
2013 b	Moy. AB	103,00	1,14	21,17	29	45	61	
2013 a	Moy. AB	152,50	1,91	45,07	8	49	68	
2012 b	Moy. AB	88,50	1,36	20,09	16	36	51	
2012 a	Moy. AB	89,00	1,10	23,17	14	41	52	
2011 b	Moy. AB	134,00	1,18	100,16	16	38	54	
2011 a	Moy. AB	35,50	0,45	56,40	13	27	38	
2010 b	Moy. AB	45	1,41	4,23	8	39	51	
2010 a	Moy. AB	33,50	1,68	6,71	10	33	47	
2009	Moy. AB	29,50	1,49	6,73	9	13	34	
2008	Moy. AB	35,50	1,76	26,05	12	19	30	
2007	Moy. AB	33,50	1,12	5,46	6	23	33	

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

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

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	3 864,7	1,5	697,0	53,6	95,8	177,8
Ecart type	62,2	1,2	26,4	7,3	9,8	13,3
Moyenne	87,8	1,4	27,5	15,8	36,3	54,6
Coef. de Var.	0,7	0,9	1,0	0,5	0,3	0,2

Commentaires :

- Beaucoup d'espèces sont à l'état de juvéniles.
- Les paramètres DENV ont des valeurs nettement en dessous des moyennes.
- Les nombres d'espèces et d'individus sur les transects et ainsi que de familles sont à des valeurs très basses.
- Seuls les Poissons demoiselles sont plus que correctement représentés (2 fois la moyenne).
- La diversité 1 est encore plus faible qu'en avril, mais la diversité totale (biodiversité 3) est au plus haut.
- La demoiselle *Pomacentrus aurifrons* constitue toujours l'essentiel du peuplement des transects.

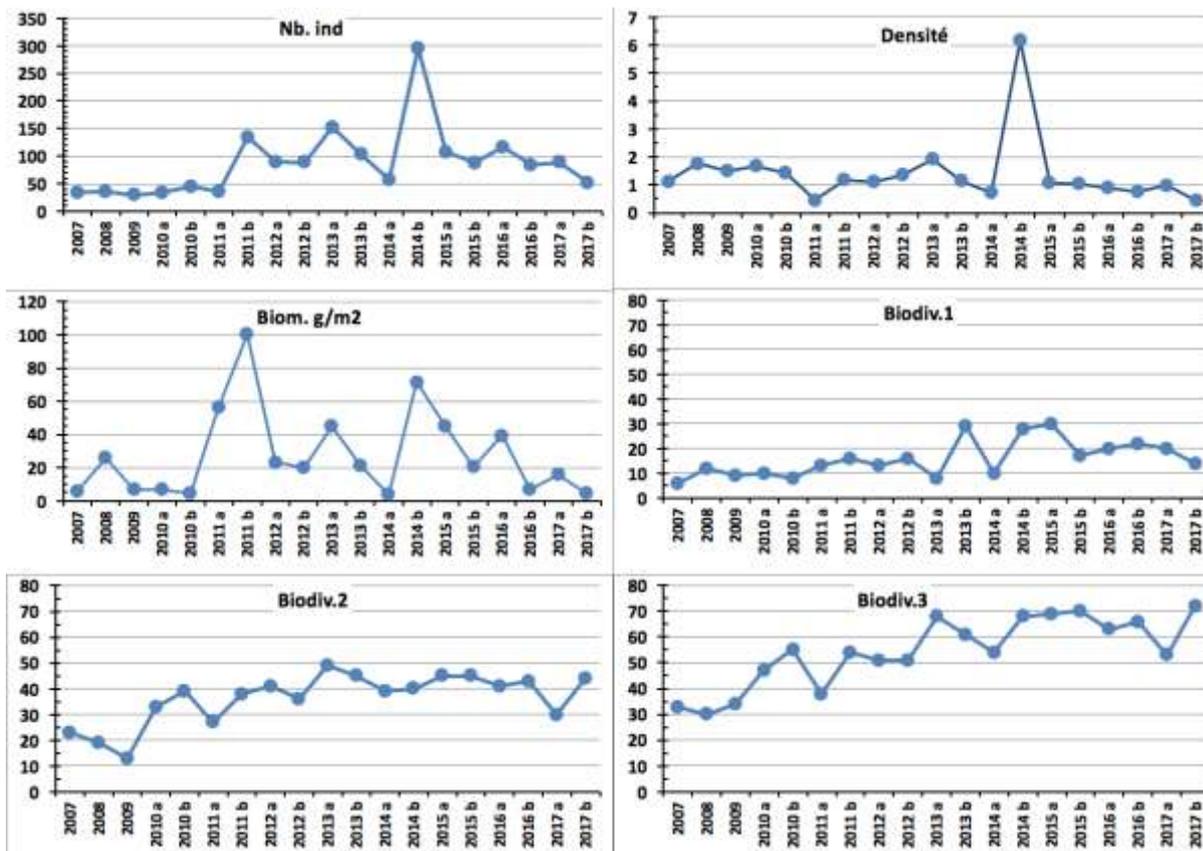


Figure n°14 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02)

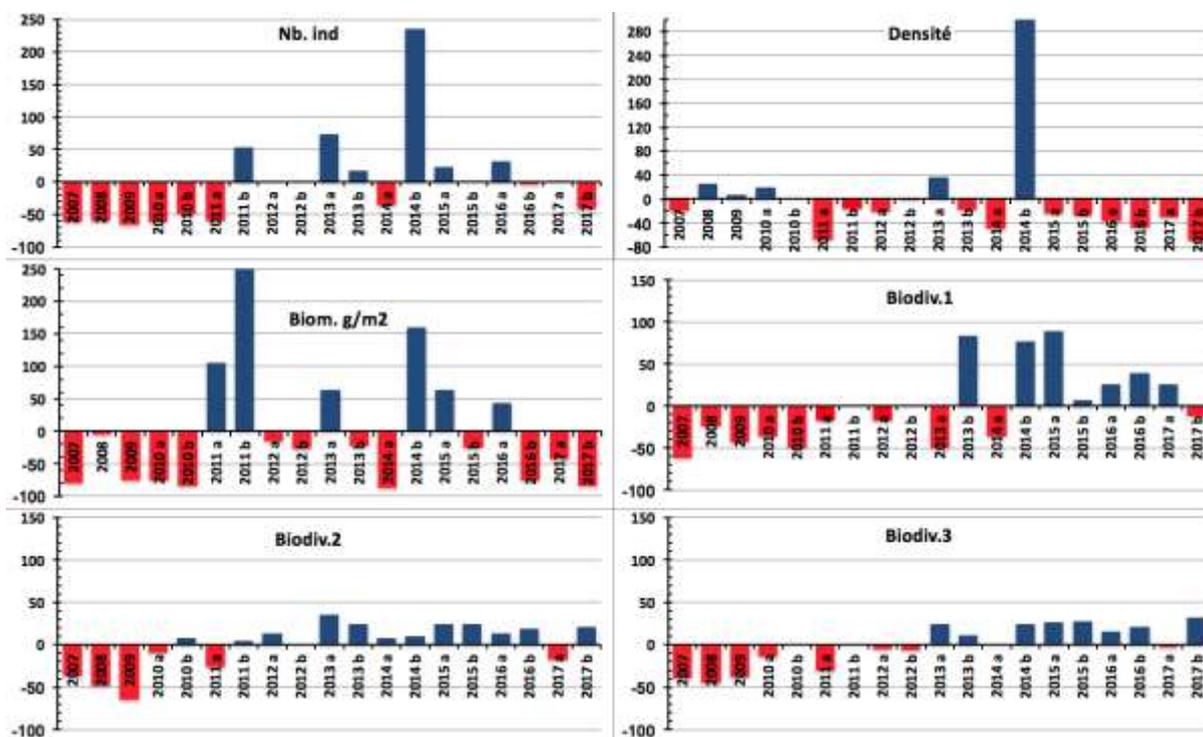


Figure n°15 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02)



4.3 Station 03 = Port

Localisation géographique	Au sud-est des quais du projet Goro Nickel (à +/- 150 m au plus près). Un petit creek (visible sur la photographie aérienne de la carte 05) débouche sur la côte, légèrement à l'est.
Nombre transects	3 transects.
Description transects	Ils ont été installés perpendiculairement à la pente à 5, 10 et 13 mètres de profondeur, dans une direction est-ouest.
	<p>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.</p> <p>Le transect A est sur un substrat peu colonisé et composé de vase sableuse avec des débris coralliens.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>

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 manière hétérogène 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* aux transects A & B
- Présence d'une colonie métrique de *Blastomussa merleti* au transect C (rare)
- ↪ La mortalité corallienne est induite par l'apport d'eau douce au niveau bathymétrique supérieur et par l'hyper sédimentation en profondeur
- ↪ Le turn over corallien est conséquent (surtout en C). Malgré les conditions turbides importantes, les colonies juvéniles remplacent progressivement les colonies envasées
- ↪ Présence en grand nombre d'espèces à longs polypes *Alveopora* spp., *Alveopora catalai*, *Goniopora* spp. et d'espèces à croissance rapide *Acropora* spp. à mi pente
- ↪ Le recouvrement en algues brunes (*Lobophora variegata*) est toujours aussi important et en constante augmentation pour les transects B&C
- ↪ Les alcyonaires (*Sarcophyton*) sont nombreux
- ↪ Le *Tridacna squamosa* au transect A est mort en octobre 2014
- ↪ Présence occasionnelle de *Culcita novaeguineae*
- ↪ 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

Variations entre avril et septembre 2017

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 6,5% au transect A, 28% en B et 13,5% en C
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0% ; Avril 2016 : 1.33% ; Novembre 2016 : 0.53% ; Avril 2017 : 0% ; Septembre 2017 : 0%*
- Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche.

Par contre, la sédimentation et le développement très important des algues brunes (*Lobophora*), entraînent des lésions irréversibles sur de nombreuses colonies coralliennes (surtout en B&C)

- Perturbations sédimentaires : légers dépôts sédimentaires sur des colonies coralliennes aux 3 transects

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : recouvrement en augmentation en A (niveau 1 et 2). Elles se développent sur les débris coralliens et le substrat d'origine terrigène
- Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens et les colonies mortes en place

- Algue brune *Lobophora* : le recouvrement est en diminution en A&C (respectivement niveau 3/4 à 2/3) **et important en B (niveau 5) → caractère envahissant potentiel**

- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente
- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona julliinei* : stable

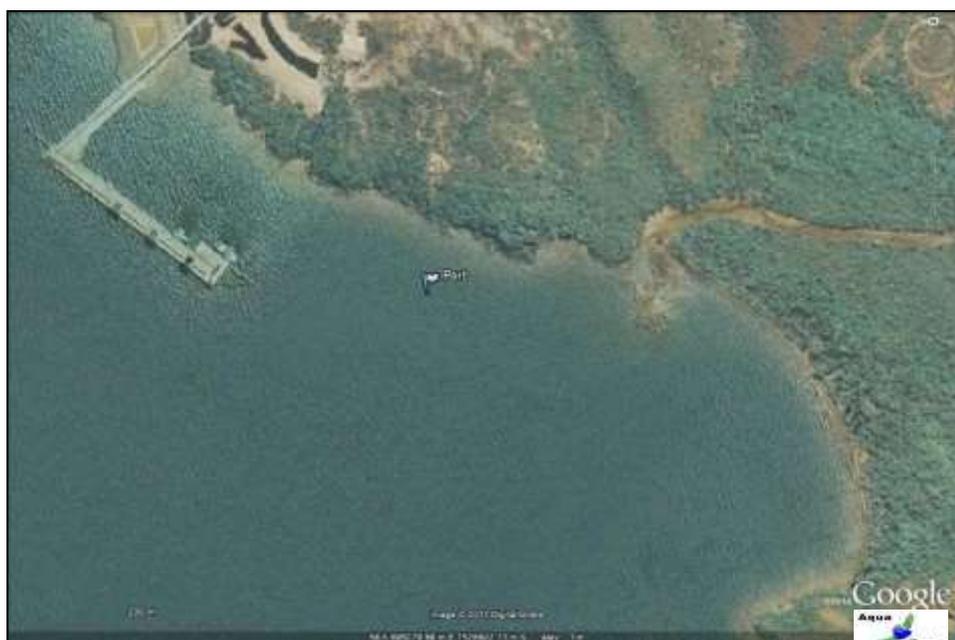
Les corallivores :

- Absence des *Acanthaster planci* et *Culcita novaeguineae*
- *Drupella cornus* : augmentation d'abondance en A (niveau 0 à 2) et absence en B & C





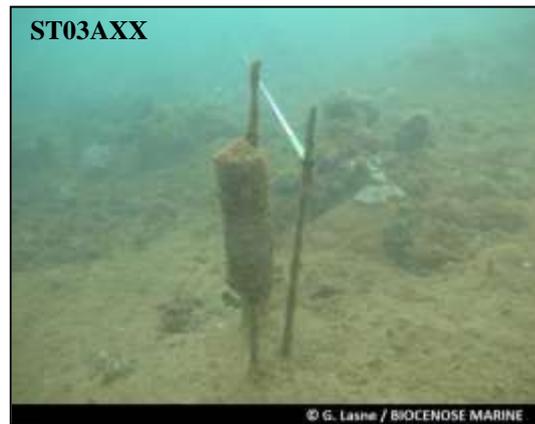
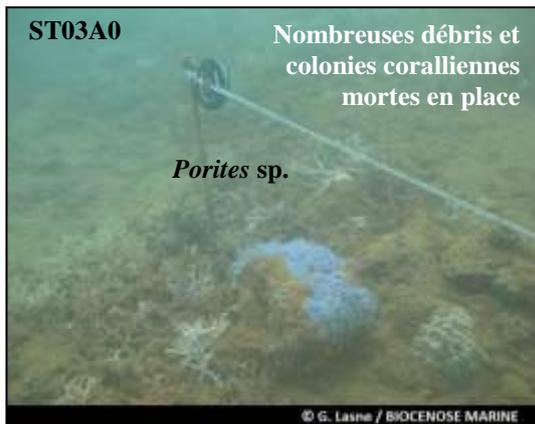
Photo n°11 : Vue aérienne : emplacement par rapport aux structures portuaires (ST03)



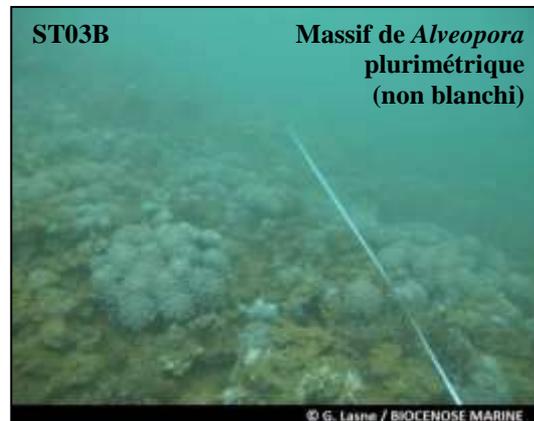
Carte n°05 : Localisation de la station 03 (Port)



Photo n°12 : Position en surface par rapport aux structures portuaires (ST03)



Nombreuses colonies coralliennes dégradées (sédimentation)
Substrat composé de sable vaseux à article d'*Halimeda* et de nombreux débris coralliens



Nombreuses colonies coralliennes mortes en place et/ou débris.
Colonisation très importante de l'algue brune *Lobophora* dans les coraux branchus

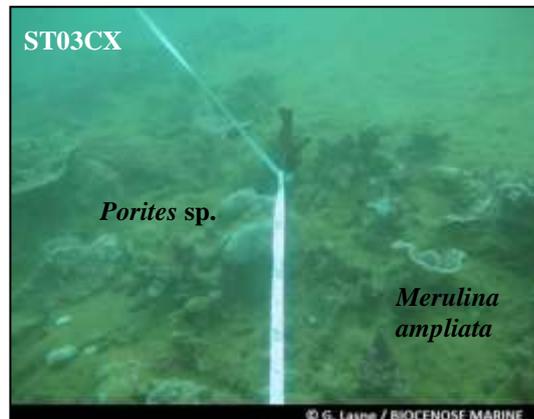
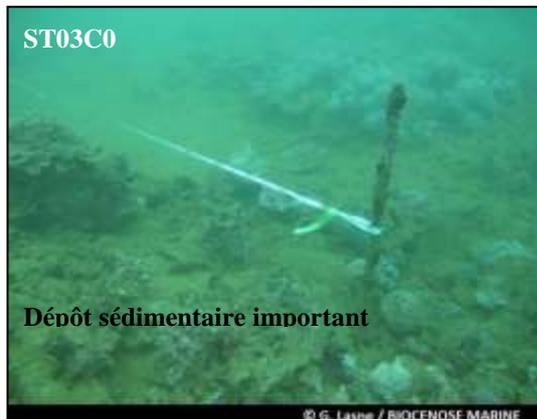


Photo n°13 : Vue d'ensemble des transects (ST03)

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.

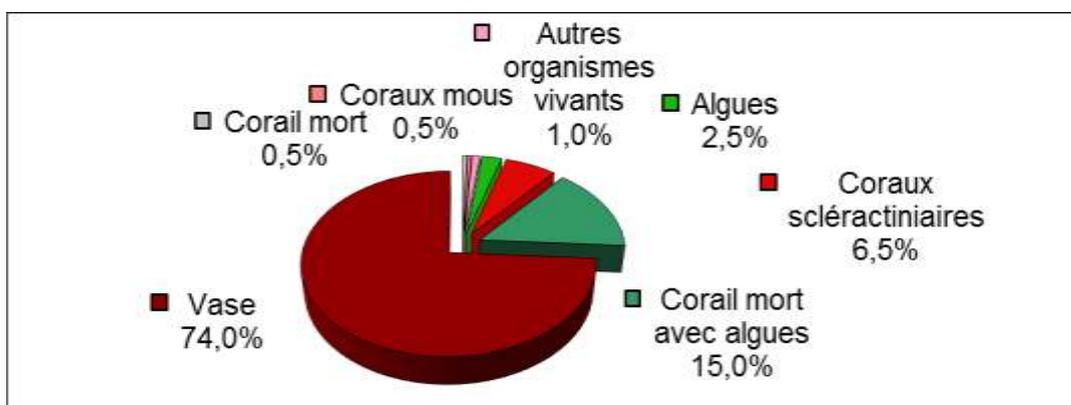


Figure n°16 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03A*

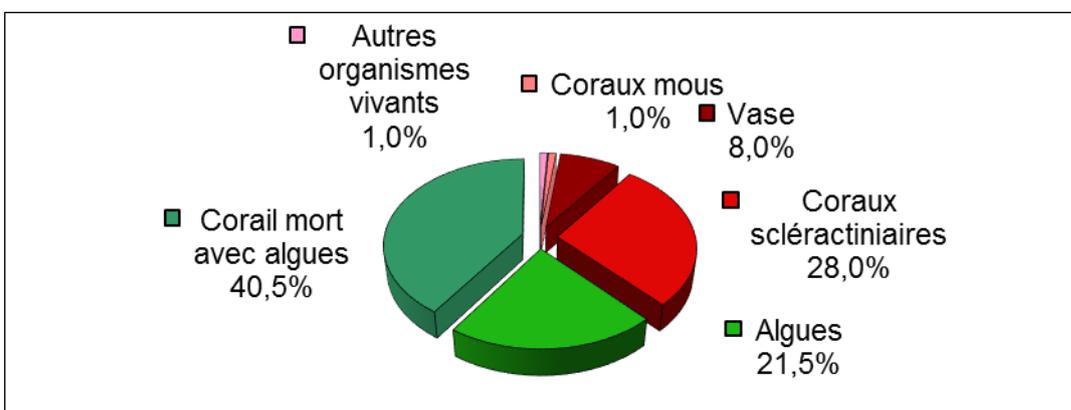


Figure n°17 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03B*

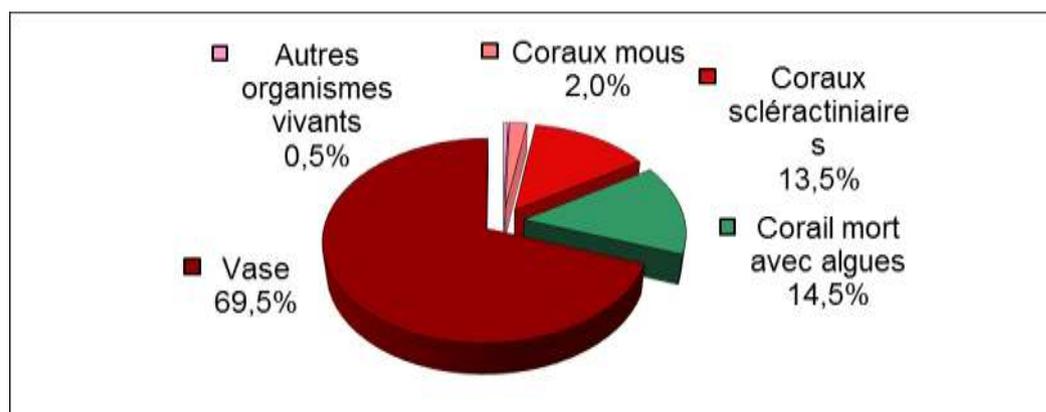


Figure n°18 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C*

Le transect A est caractérisé par des fonds abiotiques (74.5%), dus à la vase. Les coraux scléractiniaires sont toujours faiblement présents même si une légère hausse est observable (13.5% vs 6%).

Le transect B a un recouvrement biotique important (92%) dû en partie aux coraux scléractiniaires qui sont à mi-pente correctement représentés (28%).

Le transect C est très vaseux (69.5% de vase et d'abiotique), avec un peu de coraux scléractiniaires (13.5%).

A noter : **1% d'*Acropora blanc* au transect A.**

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 04.

En septembre 2017, la richesse spécifique de la station Port (ST03) est composée de :

- **34 espèces d'invertébrés** dont 9 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (5 taxons), actiniaires (1 taxon), 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
- **7 espèces de macrophytes** : algues brunes (3 taxons), algues vertes (3 taxons), algues rouges (1 taxon)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

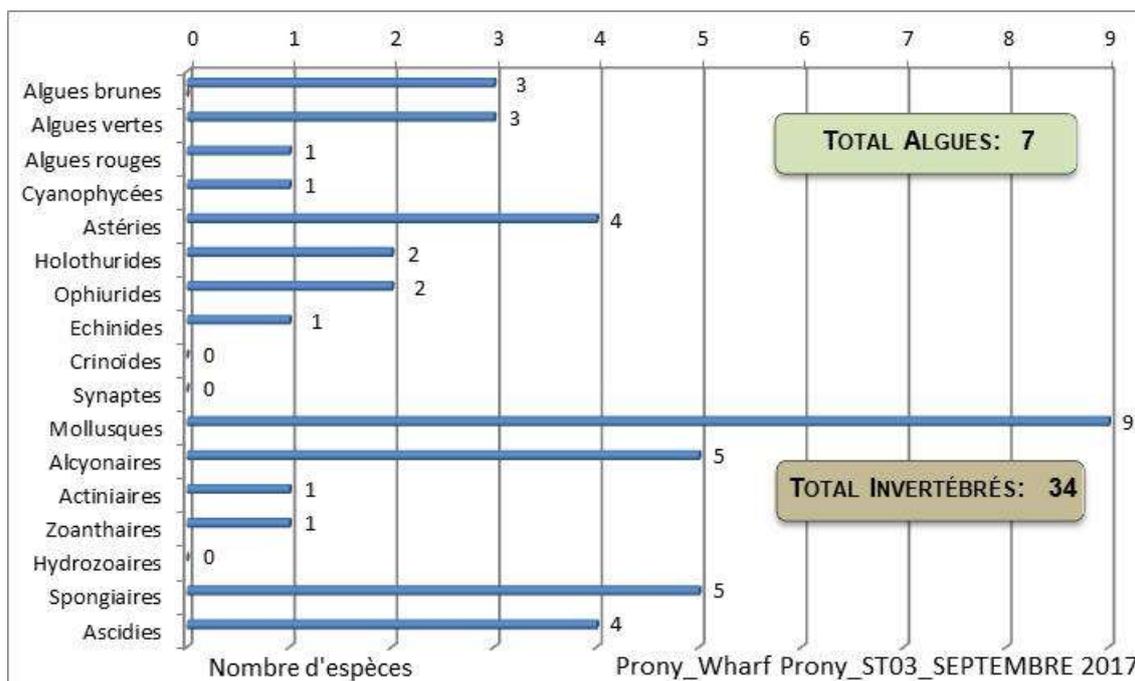


Figure n°19 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST03)

4.3.2.1 Benthos Transect 03 A

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST03A est composée de :

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

Tableau n°27 : Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST03A)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue verte : • <i>Neomeris vanbosseae</i> (A2) ; 2 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : • <i>Padina</i> sp. (A0/-2) ; et l'algue rouge : • <i>Amphiroa</i> sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Une espèce d'algue diminue, l'algue brune : • <i>Lobophora variegata</i> (A2/- 1)
Cyanobactéries	
<input checked="" type="checkbox"/>	Une espèce de cyanobactéries augmente d'abondance : • <i>Phormidium</i> sp. (A2/+ 1).
Cnidaires	

<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Echinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : > pour les astéries (2 espèces) : • <i>Fromia milleporrella</i> (A1), • <i>Culcita novaeguineae</i> (A2). 3 espèces d'échinodermes disparues : > pour les échinides (-1 espèce) : • <i>Parasalenia gratiosa</i> (A0/-1) ; > pour les ophiurides (-2 espèce) : • <i>Ophiomastix caryophyllata</i> (A0/-2), •Ophiure ind. (A0/-2).	2 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : > pour les échinides (1 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A2/+ 1) ; > pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria edulis</i> (A3/+ 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : > pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Tridacna squamosa</i> (A1). Une espèce de mollusques disparue : > pour les gastéropodes (-1 sp) : • <i>Coralliophila violacea</i> (A0/-2)	2 espèces de mollusques augmentent d'abondance : > pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Spondylus</i> sp. (A2/+ 1) ; > pour les gastéropodes (1 sp) : • <i>Astraea rhodostoma</i> (A2/+1)
Eponges	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ascidies	
1 nouvelle sp d'ascidies recensée : • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A2)	<input checked="" type="checkbox"/>
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

4.3.2.2 Benthos Transect 03 B

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST03B est composée de :

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

Tableau n°28 : Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST03B)

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.) (A3) ; 2 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : • <i>Dictyota</i> sp. (A0/-2) ; et l'algue verte : • <i>Codium</i> sp. (A0/-2).	2 espèces d'algues augmentent, dont 2 espèces d'algues vertes : • <i>Halimeda</i> sp. (2spp., A3/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cnidaires	
2 espèces de cnidaires disparues : > pour les actiniaires (-1 espèce) : • <i>Discosoma</i> sp. (A0/-2) ; > pour les zoanthaires (-1 espèce) : •Zoanthidae ind.sp. (A0/-2).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : > pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Simularia</i> sp. (A2/-1)
Echinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : > pour les astéries (1 espèce) : • <i>Nardoa gomophia</i> (A2) ; > pour les échinides (1 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A2).	<input checked="" type="checkbox"/>
Mollusques	
2 espèces de mollusques disparues : > pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Hyotissa hyotis</i> (A0/-2) ; > pour les gastéropodes (-1 espèce) : • <i>Lambis lambis</i> (A0/-1).	<input checked="" type="checkbox"/>
Eponges	
2 espèces d'éponges disparues : • <i>Cymbastella cantharella</i> (A0/-1), • <i>Sphaciospongia vagabunda</i> (A0/-2).	<input checked="" type="checkbox"/>

Ascidiés	
Une espèce d'ascidiés disparue : • <i>Polycarpa nigricans</i> (A0/-2).	<input checked="" type="checkbox"/>
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

4.3.2.3 Benthos Transect 03 C

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST03C est composée de :

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

Tableau n°29 : Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST03C)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 3 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : • <i>Dictyota</i> sp. (A0/-3) ; et 2 espèces d'algues vertes : • <i>Codium</i> sp. (A0/-2), • <i>Neomeris vanbosseae</i> (A0/-2)	Aucune espèce d'algues n'augmente. Une espèce d'algue diminue, l'algue brune : • <i>Lobophora variegata</i> (A3/- 1).
Cyanobactéries	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Cladiella</i> sp. (A2).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Simularia</i> sp. (A2/- 1).
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➤ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria edulis</i> (A2). Une espèce d'échinodermes disparue : ➤ pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Celerina heffernani</i> (A0/-1).	2 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➤ pour les astéries (1 sp) : • <i>Nardoa gomophia</i> (A2/+ 1) ➤ pour les échinides (1 sp) : • <i>Diadema setosum</i> (A3/+ 2)
Mollusques	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : <i>Sphaciospongia vagabunda</i> (A2). Une espèce d'éponges disparue : • <i>Dysidea arenaria</i> (A0/-2).	<input checked="" type="checkbox"/>
Ascidiés	
Une espèce d'ascidiés disparue : • <i>Polycarpa nigricans</i> (A0/-2).	<input checked="" type="checkbox"/>
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

4.3.3 Les poissons (ST03)

La liste des espèces observées⁶ sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 30](#).

Tableau n°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
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>				4	0,07	0,17				1,33	0,02	0,06
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>				5	0,08	0,21				1,67	0,03	0,07
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>				3	0,05	0,03				1,00	0,02	0,01
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>				2	0,03	0,08				0,67	0,01	0,03
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>				2	0,03	0,08	2	0,03	0,08	1,33	0,02	0,06
Gob	<i>Amblygobius phalaena</i>	1	0,02	0,04							0,33	0,01	0,01
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	1	0,02	0,04							0,33	0,01	0,01
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>							2	0,03	0,12	0,67	0,01	0,04
Pom	<i>Abudefduf whiteleyi</i>	3	0,05	0,51	3	0,05	0,22				2,00	0,03	0,24
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	4	0,07	0,01	5	0,08	0,05	3	0,04	0,02	4,00	0,06	0,03
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	10	0,17	0,03	10	0,17	0,09				6,67	0,11	0,04
Pom	<i>Neopomacentrus azysron</i>				20	0,33	0,18				6,67	0,11	0,06
Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>	20	0,33	0,18	15	0,25	0,14	20	0,29	0,15	18,33	0,29	0,16
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	5	0,08	0,11	4	0,07	0,17				3,00	0,05	0,09
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>				5	0,08	1,22				1,67	0,03	0,41
Sig	<i>Siganus vulpinus</i>				2	0,03	0,08				0,67	0,01	0,03
Total		44	0,73	0,92	80	1,33	2,70	27	0,39	0,38	50,33	0,82	1,33
Biodiversité		7			13			4			16		
Indice de Shannon =		3,080											
Equitabilité =		0,770											

Sur l'ensemble des transects de la station, 151 individus appartenant à 16 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.82 poisson/m² pour une biomasse de 1.33 g/m².

69 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. [tableau 31](#)).

Tableau n°31 : Liste des espèces complémentaires (ST03)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>	Gob	<i>Valenciennea strigata</i>	Pom	<i>Chrysiptera rex</i>
Aca	<i>Ctenochaetus binotatus</i>	Gra	<i>Diploprion bifasciatum</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Neopomacentrus azysron</i>
Apo	<i>Archamia fucata</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopoeion</i>	Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>
Apo	<i>Cheilodipterus macrodon</i>	Lab	<i>Oxycheilinus celebicus</i>	Pom	<i>Pomacentrus bankanensis</i>
Apo	<i>Cheilodipterus quinquelineatus</i>	Lab	<i>Oxycheilinus unifasciatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus coelestis</i>
Apo	<i>Ostorhinchus angustatus</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Apo	<i>Ostorhinchus cyanosoma</i>	Let	<i>Lethrinus harak</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Apo	<i>Ostorhinchus kiensis</i>	Mic	<i>Gunnelllichthys viridescens</i>	Pse	<i>Pictichromis coralensis</i>
Apo	<i>Ostorhinchus rubrimacula</i>	Mic	<i>Ptereleotris evides</i>	Sca	<i>Chlorurus bleekeri</i>
Cae	<i>Caesio cuning</i>	Mic	<i>Ptereleotris microlepis</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>

⁶ Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. [annexe 01](#).



Cha	<i>Chaetodon ephippium</i>	Mul	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Mul	<i>Upeneus tragula</i>	Sca	<i>Scarus niger</i>
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Sca	<i>Scarus rivulatus</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Pin	<i>Parapercis australis</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>	Sig	<i>Siganus fuscescens</i>
Epi	<i>Epinephelus Howlandi</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon leucogaster</i>	Sig	<i>Siganus puellus</i>
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Gob	<i>Amblygobius phalaena</i>	Pom	<i>Chromis viridis</i>	Zan	<i>Zanclus cornutus</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 n°32 : Nombre d'espèces par famille ichthyologique (ST03)

Familles	Nb d'espèces		Moyenne depuis 2007	±
	2017 a	2017 b		
Acanthuridae	0	0	1,05	0,39
Anthiniidae	0	0	0,05	0,11
Blenniidae	0	0	0,63	0,27
Caesionidae	0	0	0,63	0,46
Canthigasteridae	0	0	0,37	0,23
Chaetodontidae	3	4	2,53	0,69
Epinephelinae	1	1	1,16	0,32
Gobiidae	1	1	0,32	0,22
Labridae	1	1	1,05	0,36
Lethrinidae	0	0	0,05	0,11
Microdesmidae	0	0	0,16	0,17
Mullidae	0	0	0,95	0,49
Nemipteridae	1	1	0,89	0,14
Pomacanthidae	0	0	0,11	0,21
Pomacentridae	7	6	4,53	0,58
Pseudochromidae	0	0	0,11	0,14
Scaridae	1	1	1,47	0,52
Siganidae	1	1	1,16	0,32
Zanclidae	0	0	0,05	0,11
Total espèces	16	16	17,26	2,59
Total familles	8	8	9,47	1,17

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 – à cette campagne est effectuée (cf. [tableau 33](#)), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires.

Tableau n°33 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST03)

L'hypothèse nulle Ho :	Test	χ^2 obs	ddl	χ^2 à 0,95	nb de familles
« Les colonnes sont elles identiques ? »	χ^2	260	324	392	8/19



Le récapitulatif des résultats en terme 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 sont présentés dans le [tableau 34](#) et la [figure 21](#).

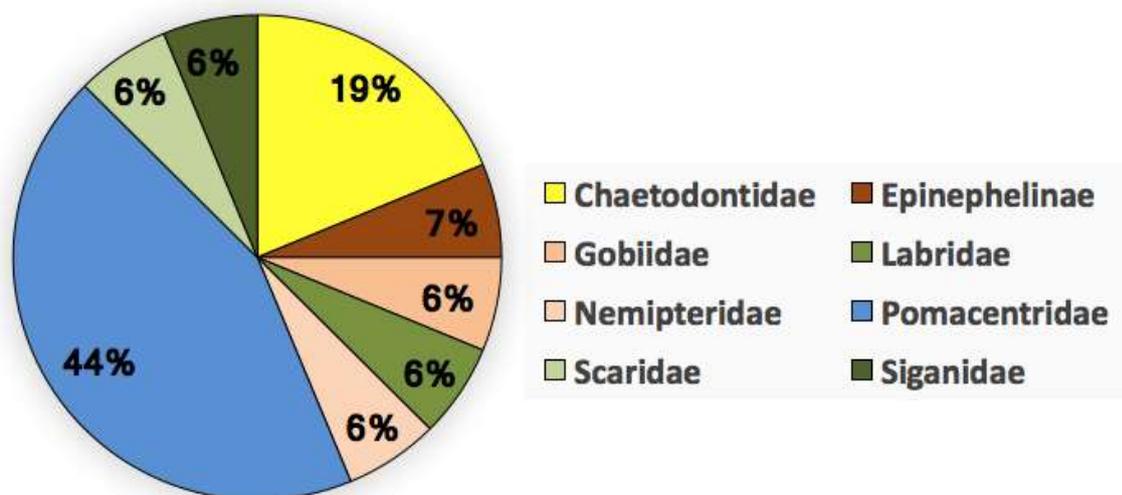


Figure n°20 : Richesse spécifique (%) par famille de poissons, pour cette mission (ST03)

Tableau n°34 : 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
2017 b	Transect A	44	0,73	0,92	7		
	Transect B	80	1,33	2,70	13		
	Transect C	27	0,39	0,38	4		
	Moy. ABC	50,33	0,82	1,33	16	46	69
2017 a	Moy. ABC	61,33	1,00	2,05	16	43	60
2016 b	Moy. ABC	43,67	0,57	1,06	23	57	72
2016 a	Moy. ABC	79,00	1,02	5,25	23	41	63
2015 b	Moy. ABC	77,33	0,99	7,54	30	56	74
2015 a	Moy. ABC	124,33	1,56	9,21	27	48	74
2014 b	Moy. ABC	58,67	1,12	6,24	20	41	66
2014 a	Moy. ABC	43,00	0,52	0,62	22	40	53
2013 b	Moy. ABC	42,00	0,51	2,54	23	32	53
2013 a	Moy. ABC	22,00	0,28	1,14	13	46	62
2012 b	Moy. ABC	32,33	0,41	1,62	18	34	55
2012 a	Moy. ABC	19,33	0,24	0,80	14	42	59
2011 b	Moy. ABC	17,67	0,22	1,50	13	46	66
2011 a	Moy. ABC	64,00	0,86	19,13	16	43	64

2010 b	Moy. ABC	31	0,31	1,26	11	43	64
2010 a	Moy. ABC	39,00	1,95	5,13	10	33	50
2009	Moy. ABC	60,66	3,03	4,55	9	16	39
2008	Moy. ABC	18,33	0,92	14,05	14	22	47
2007	Moy. ABC	32,30	1,59	14,73	15	19	34

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i - X_m) / X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. [tableau 35](#) et représentation [figure 22](#).

Tableau n°35 : *Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03)*

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	721,17	0,50	29,87	34,04	135,06	123,54
Ecart type	26,85	0,70	5,47	5,83	11,62	11,12
Moyenne	48,37	0,94	5,27	17,53	39,79	59,11
Coef. de Var.	0,56	0,74	1,04	0,33	0,29	0,19

Commentaires :

- Sans exception, tous les poissons vus sur les transects sont des juvéniles.
- Le nombre de poissons vu sur les transects est moyen, la densité plutôt faible et la biomasse très faible.
- La biodiversité sur les transects (biodiv. 1) est faible, en revanche, les autres paramètres de biodiversité sont plutôt élevés.
- Les poissons anges (Pomacanthidae) semblent avoir disparu.
- Ainsi que d'autres espèces habituellement présentes et faisant ou non partie de la liste DENV comme *Fistularia commersonii*, *Chrysoptera taupu*, et plusieurs Chaetodonts.
- Toutefois, le nombre d'Acanthuridae est revenu à la « normale » même si les espèces ont un peu changé ; les Pomacentridae se sont accrus (mais surtout d'espèces ne faisant pas partie de la liste DENV), tout comme les Scaridae et les Siganidae.
- Globalement, il y a un accroissement d'espèces herbivores ou omnivores et quelques poissons demoiselles planctonophages (*Amblyglyphidodon* spp.).

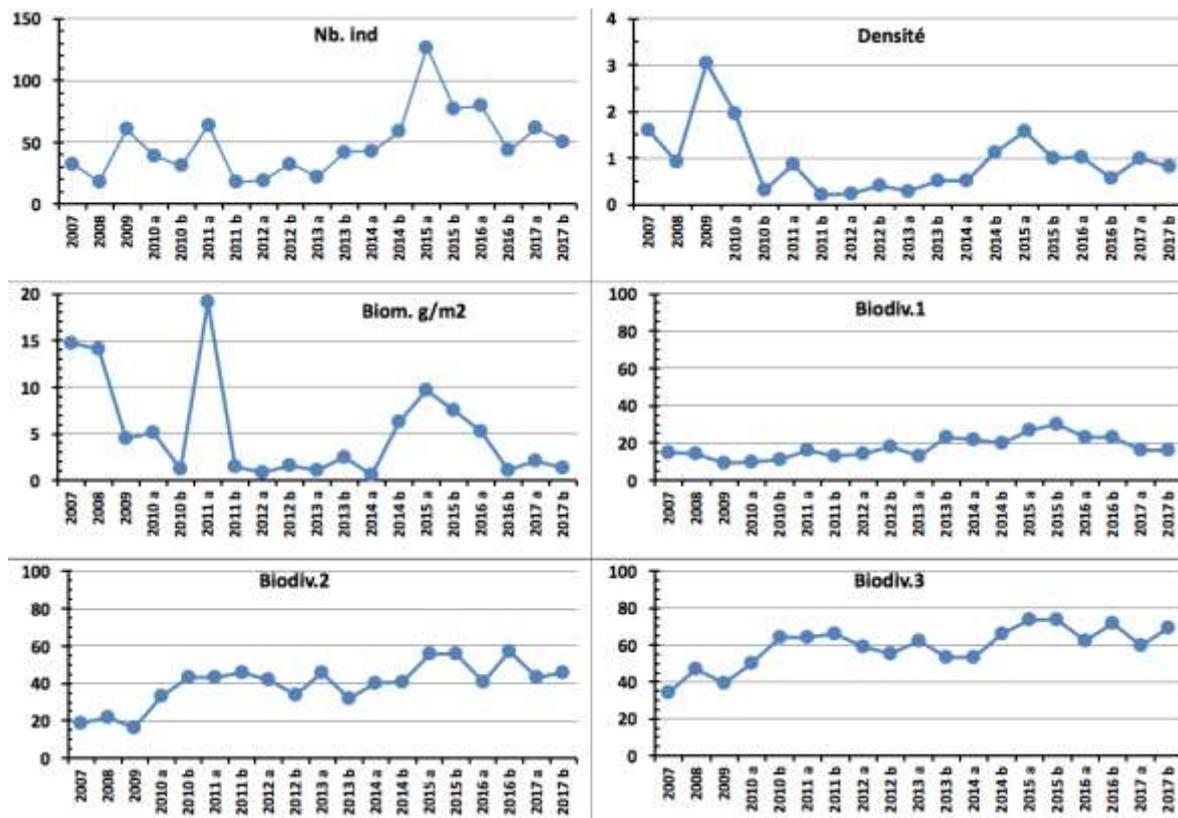


Figure n°21 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03)

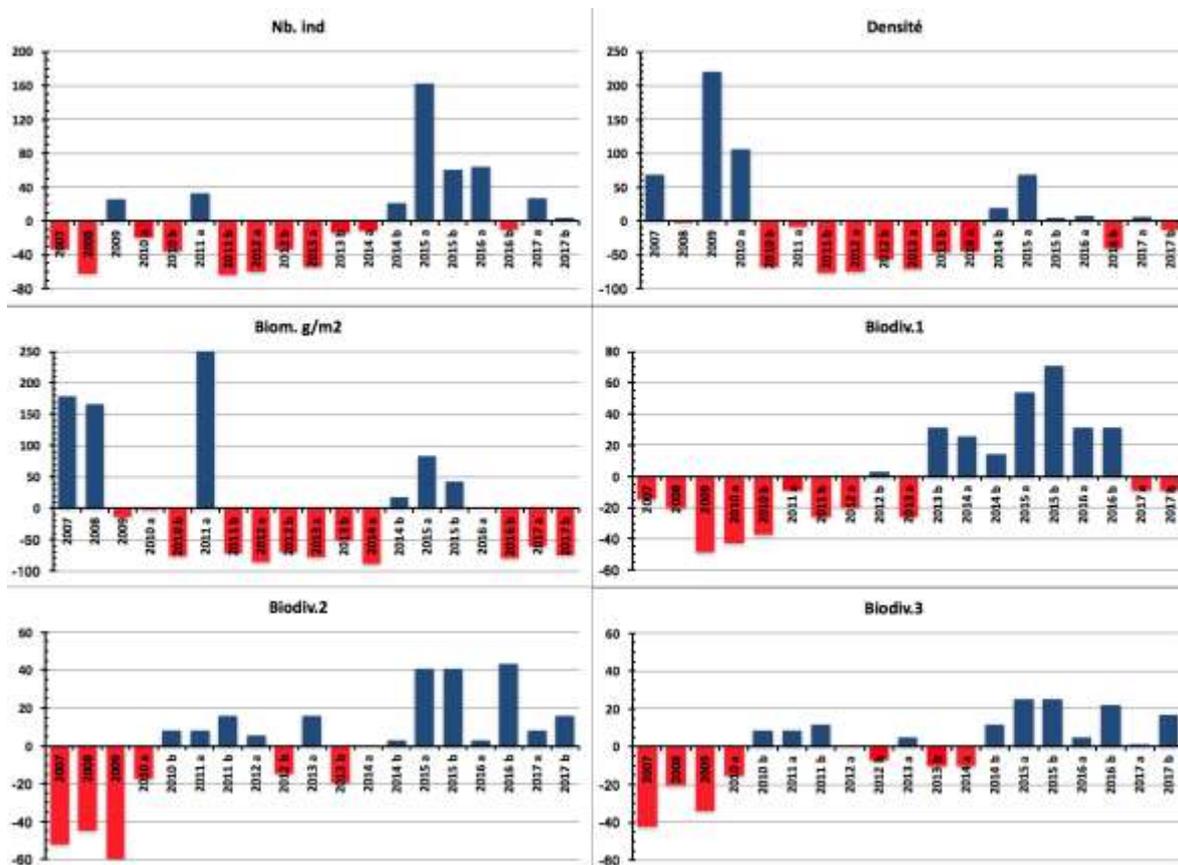


Figure n°22 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03)



4.4 Station 04 = Woodin

Localisation géographique	Face à un rocher blanc qui se trouve en bordure du rivage est du canal Woodin (photographie 14). 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>Tubastrea micrantha</i> s'édifient et dominant 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 *Tubastrea micrantha*. En bas de tombant, les colonies de *Tubastrea 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

- ↪ Le recouvrement corallien au transect 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 (*Seriatopora hystrix* et *Pocillopora damicornis*, *Stylophora pistillata*)
- ↪ Présence en grand nombre de *Millepora* et *Tubastraea micrantha* (taille plurimétrique). Les autres espèces sont de taille décimétrique
- ↪ La richesse spécifique des coraux diminue nettement avec la profondeur
- ↪ Originalité des espèces benthiques adaptées à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée) avec une turbidité soutenue
- ↪ Mortalité corallienne et nombreux débris (hydrodynamisme important)
- ↪ Recouvrement important en B des éponges encroûtantes (*Cliona*)
- ↪ Les macrophytes ont une faible couverture
- ↪ Les crinoïdes sont nombreuses et installées sur les promontoires ou les colonies de *Tubastraea* exposées aux courants de marée
- ↪ Dégradations mécaniques depuis mars 2015 (cyclone Pam) : formation d'un petit couloir d'effondrement aux transects A & B et quelques grandes colonies de *Tubastraea micrantha* se sont effondrées au 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 des *Acropora* spp.
- ↪ Selon les précipitations un petit creek se déverse sur le platier au-dessus de la station. Les transects A & B peuvent être perturbés par les particules sédimentaires (colonies mortes en place ou nécrosées)

Variations entre avril et septembre 2017

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 42% au transect A, 31% en B et 7% en C

La reprise au transect A est confirmée

- 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%*

- Lésions coralliennes : la maladie de la bande blanche affecte deux colonies coralliennes (*Acropora* tabulaires). Les colonies anciennement affectées sont mortes en place

- Perturbations sédimentaires : RAS pour cette mission, absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : recouvrement en augmentation pour B (niveau 0 à 2). Elles se développent sur les colonies coralliennes mortes en place

- Le turf algal se développe en A & B sur les colonies anciennement blanchies (*Seriatopora hystrix*, *Pocillopora damicornis*, *Stylophora pistillata* ...) et les colonies coralliennes mortes en place. Son développement est modéré sur les débris coralliens

- Algue brune *Lobophora* : le recouvrement est en diminution en A & B (respectivement niveau 2 à 0 et 3 à 2) et stable en C (absent)

- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente

- *Cliona orientalis* : diminution en B&C (respectivement niveau 4/3 à 3/2)

- *Cliona jullienei* : diminution en A (niveau 2 à 0) et augmentation en C (niveau 2 à 3)

Les corallivores :

- Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*

- Absence de *Drupella cornus*





Carte n°06 : Localisation de la station 04 (Woodin)

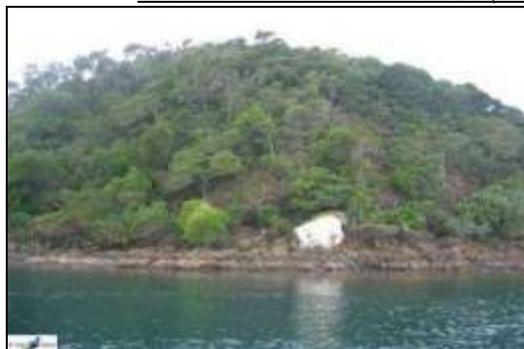
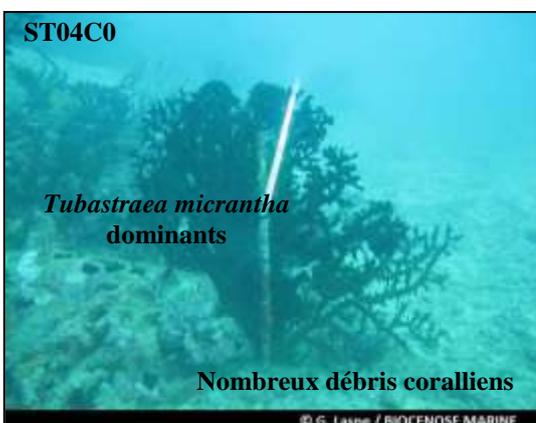
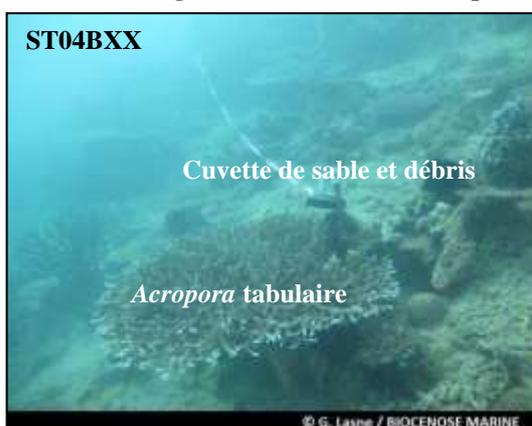


Photo n°14 : Position en surface par rapport à la côte (ST04)



Résilience du récif : de nombreuses colonies coralliennes ont réintégré des zooxanthelles depuis 2016.



Les colonies de *Tubastraea micrantha* s'édifient sur leur effondrement des suivis antérieurs

Photo n°15 : Vue d'ensemble des transects (ST04)

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.

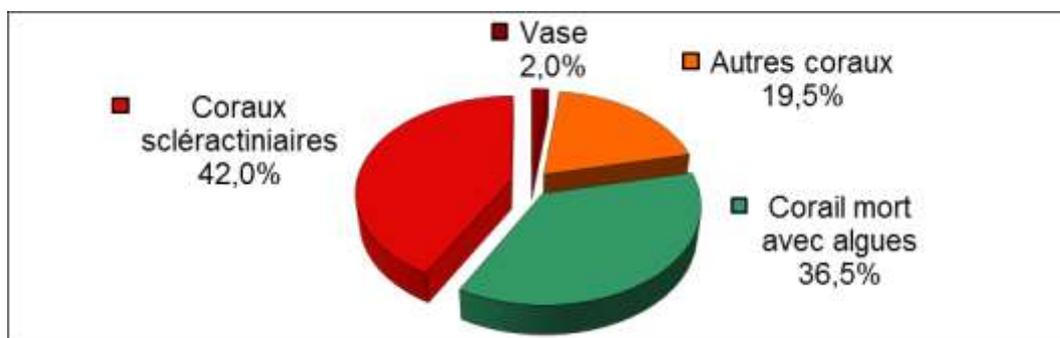


Figure n°23 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04A*

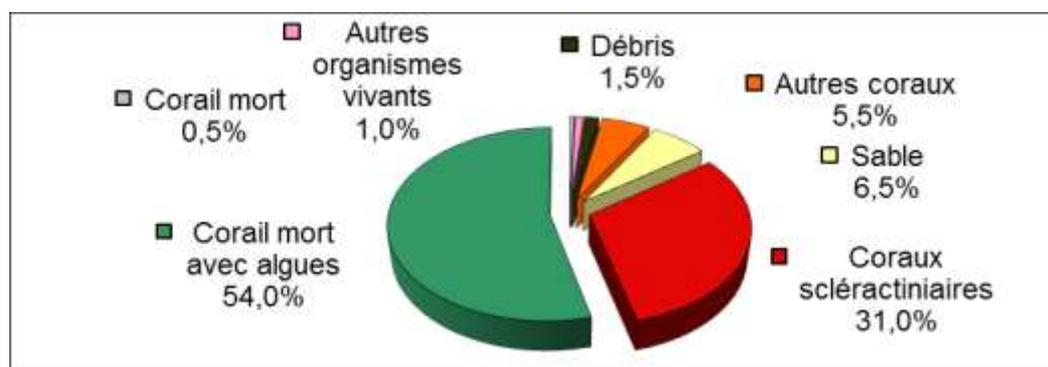


Figure n°24 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04B*

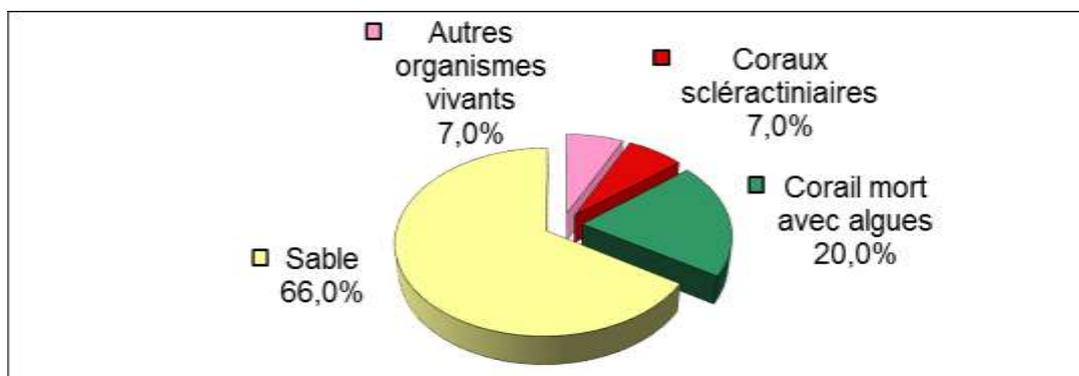


Figure n°25 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04C*

Les transects A et B ont classiquement un fort recouvrement biotique total (98% et 91.5%), dû en grande partie au « Corail mort avec algues ».

Le très fort blanchissement observé en avril 2016 au transect A, un provoquant une baisse de 23.5% du recouvrement des scléactiniaires paraît dépassé : les coraux avaient retrouvé un recouvrement de 40.5% en avril 2017 qui se maintient à 42% pour cette mission. Au transect B, leur recouvrement augmente avec 31% vs 25.5% lorsde la mission précédente. Le recouvrement du substrat du transect C est majoritairement abiotique (66%) du fait de la dominance du sable. Toujours peu de coraux (7%).

A noter : **disparition des cyanobactéries pour cette mission aux 3 transects et que 1% d'Acropora blanchi en B.**

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

Au transect A, la résilience observée en avril 2017 (indicateurs de mauvais état de santé enregistrés lors de la mission de début d'année 2016) est confirmée pour cette mission.

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 04.

En septembre 2017, la richesse spécifique de la station Woodin (ST04) est composée de :

- **40 espèces d'invertébrés** dont 10 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), zoanthaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon) ; 9 espèces d'échinodermes : échinides (3 taxons), astéries (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies
- **4 espèces de macrophytes** : algues brunes (2 taxons), algues vertes (2 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

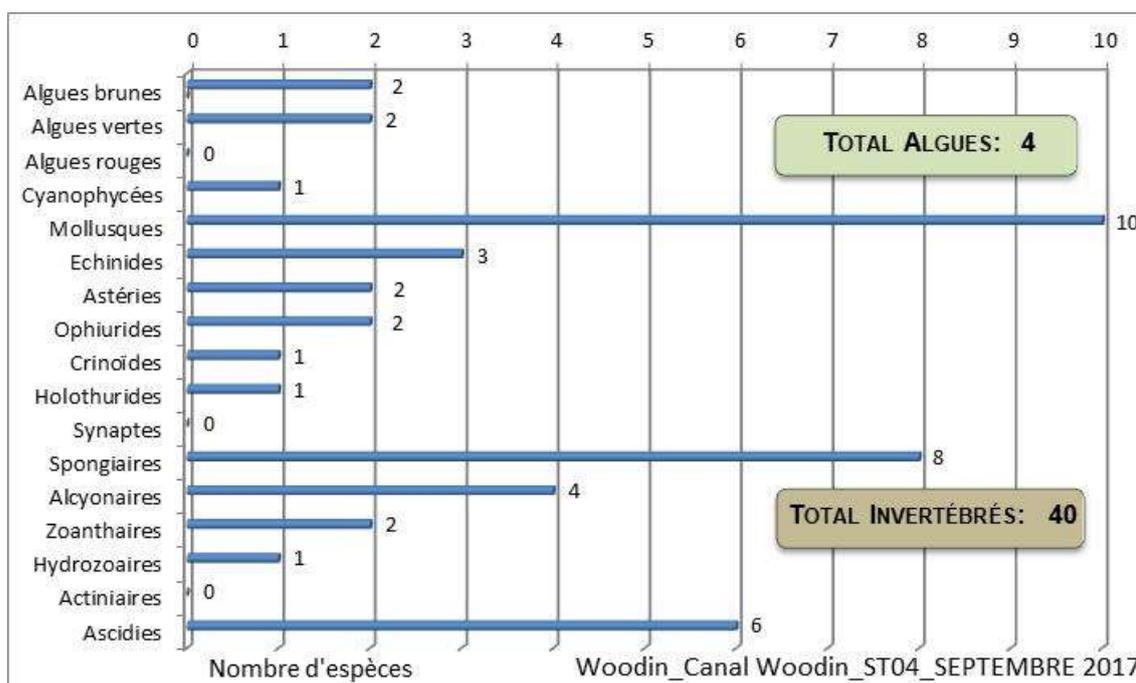


Figure n°26 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST04)

4.4.2.1 Benthos Transect 04 A

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST04A est composée de :

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

Tableau n°36 : Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST04A)

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) ; 5 espèces d'algues disparues, dont 3 espèces d'algues brunes : • <i>Dictyota</i> sp. (A0/-2), • <i>Lobophora variegata</i> (A0/-2), • <i>Turbinaria ornata</i> (A0/-2) ; et 2 espèces d'algues vertes : • <i>Caulerpa</i> sp. (A0/-2), • <i>Ventricaria ventricosa</i> (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente ni ne diminue
Cyanobactéries	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Sarcophyton</i> sp. (A2). Une espèce de cnidaires disparue : ➤ pour les hydrozoaires (-1 espèce) : •Hydrozoaires ind. (A0/-2).	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Dendronephthya</i> sp. (A2/+ 1).
Echinodermes	
2 espèces d'échinodermes disparues : ➤ pour les échinides (-2 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A0/-2), • <i>Echinometra mathaei</i> (A0/-2).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➤ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A3/+ 1).
Mollusques	
2 espèces de mollusques disparues : ➤ pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Pinna</i> sp. (A0/-1) ; ➤ pour les nudibranches (-1 espèce) : • <i>Phyllidiella pustulosa</i> (A0/-2).	3 espèces de mollusques diminuent d'abondance : ➤ pour les bivalves (2 espèces) : • <i>Septifer bilocularis</i> (A2/-1), • <i>Pedum spondyloideum</i> (A2/- 1) ; ➤ pour les gastéropodes (1 sp) : • <i>Astraea rhodostoma</i> (A1/-1)
Eponges	
2 espèces d'éponges disparues : • <i>Cymbastella cantharella</i> (A0/-2), • <i>Cliona jullieni</i> (A0/-2).	<input checked="" type="checkbox"/>
Ascidies	
3 espèces d'ascidies disparues : • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A0/-1), • <i>Polycarpa nigricans</i> (A0/-2), • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A0/-1).	<input checked="" type="checkbox"/>
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

4.4.2.2 Benthos Transect 04 B

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST04B est composée de :

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

Tableau n°37 : Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST04B)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Une espèce d'algue disparue, l'algue verte : • <i>Ventricaria ventricosa</i> (A0/-2)	Aucune espèce d'algues n'augmente. Une espèce d'algue diminue, l'algue brune : • <i>Lobophora variegata</i> (A2/-1)
Cyanobactéries	
Une nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : • <i>Phormidium</i> sp. (A2).	<input checked="" type="checkbox"/>
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➤ pour les zoanthaires (1 sp) : • <i>Zoanthidae</i> ind.sp. (A1) Une espèce de cnidaires disparue : ➤ pour les actiniaires (-1 sp) : • <i>Discosoma rhodostoma</i> (A0/-2)	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➤ pour les zoanthaires (1 sp) : • <i>Palythoa tuberculosa</i> (A1/- 1)
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➤ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Nardoa gomophia</i> (A2) 2 espèces d'échinodermes disparues : ➤ pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Celerina heffernani</i> (A0/-1) ; ➤ pour les échinides (-1 sp) : • <i>Phyllacanthus imperialis</i> (A0/-1)	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➤ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria edulis</i> (A2/+ 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée :	2 espèces de mollusques diminuent d'abondance :



➤ pour les nudibranches (1 espèce) : • <i>Chromodoris leopardus</i> (A1) 3 espèces de mollusques disparues : ➤ pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Pinna</i> sp. (A0/-1) ; ➤ pour les gastéropodes (-2 espèce) : • <i>Coralliophila violacea</i> (A0/-2), • <i>Astraea rhodostoma</i> (A0/-2).	➤ pour les bivalves (2 espèces) : • <i>Isognomon isognomon</i> (A2/- 1), • <i>Septifer bilocularis</i> (A2/- 1).
Eponges	
Une espèce d'éponges disparue : • <i>Clathria rugosa</i> (A0/-2).	2 espèces d'éponges diminuent d'abondance : • <i>Cliona orientalis</i> (A3/- 1), •Spongiaires ind. (noire) (A2/- 1).
Ascidies	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

4.4.2.3 Benthos Transect 04 C

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST04C est composée de :

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

Tableau n°38 : *Variations entre avril et septembre 2017 : 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	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cnidaires	
2 espèces de cnidaires disparues : ➤ pour les actiniaires (-1 sp) : • <i>Discosoma rhodostoma</i> (A0/-1) ➤ pour les zoanthaires (-1 sp) : • <i>Palythoa tuberculosa</i> (A0/-1)	<input checked="" type="checkbox"/>
Echinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➤ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Nardoa gomophia</i> (A3) ; ➤ pour les échinides (1 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A2). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➤ pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Gomophia egyptiaca</i> (A0/-2) ; ➤ pour les holothurides (-1 espèce) : • <i>Holothuria edulis</i> (A0/-2).	3 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➤ pour les crinoïdes (1 sp) : •Crinoïdes ind. (A4/+ 1) ➤ pour les échinides (1 sp) : • <i>Parasalenia gratiosa</i> (A2/+1) ➤ pour les ophiurides (1 sp) : •Ophiure ind. (A3/+ 1)
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : ➤ pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Spondylus</i> sp. (A0/-2).	<input checked="" type="checkbox"/>
Eponges	
3 espèces d'éponges disparues : • <i>Dactylia delicata</i> (A0/-2), • <i>Dysidea arenaria</i> (A0/-1), • <i>Clathria rugosa</i> (A0/-2).	3 espèces d'éponges augmentent d'abondance : • <i>Hamigera strongylata</i> (A3/+ 1), • <i>Cliona jullieni</i> (A3/+ 1), •Spongiaires ind. (noire) (A3/+ 1). Une espèce d'éponges diminue d'abondance : • <i>Cliona orientalis</i> (A2/- 1).
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A0/-2).	<input checked="" type="checkbox"/>
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

4.4.3 Les poissons (ST04)

La liste des espèces observées⁷ sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 39](#).

Tableau n°39 : 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 dussumieri</i>							2	0,02	2,84	0,67	0,01	0,95
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	2	0,05	1,73							0,67	0,02	0,58
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	3	0,08	2,00	3	0,08	2,00				2,00	0,05	1,33
Aca	<i>Naso lopezi</i>							30	0,38	105,46	10,00	0,13	35,15
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	4	0,10	0,69	6	0,15	1,03				3,33	0,08	0,57
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	2	0,03	0,67							0,67	0,01	0,22
Cae	<i>Caesio caerulea</i>				25	0,63	61,41	30	0,38	29,48	18,33	0,33	30,30
Cae	<i>Caesio cuning</i>							60	0,75	96,00	20,00	0,25	32,00
Cae	<i>Caesio pisang</i>				25	0,63	61,41				8,33	0,21	20,47
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	2	0,03	0,34				2	0,03	0,14	1,33	0,02	0,16
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>				2	0,05	0,51				0,67	0,02	0,17
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	1	0,03	0,26							0,33	0,01	0,09
Cha	<i>Chaetodon ephippium</i>				2	0,03	0,67				0,67	0,01	0,22
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	5	0,08	0,36	4	0,10	0,43				3,00	0,06	0,26
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	3	0,15	0,38	2	0,05	0,22				1,67	0,07	0,20
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	2	0,03	0,34	2	0,03	0,34				1,33	0,02	0,23
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	1	0,02	0,07							0,33	0,01	0,02
Cha	<i>Chaetodon unimaculatus</i>				3	0,08	0,77				1,00	0,03	0,26
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>				2	0,05	0,22	2	0,03	0,14	1,33	0,03	0,12
Cha	<i>Coradion altivelis</i>				1	0,03	0,36	4	0,05	0,27	1,67	0,03	0,21
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>				2	0,03	0,89	2	0,03	0,69	1,33	0,02	0,53
Epi	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>				2	0,03	5,33				0,67	0,01	1,78
Epi	<i>Cromileptes altivelis</i>				1	0,05	15,63				0,33	0,02	5,21
Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>							1	0,01	5,40	0,33	0,00	1,80
Epi	<i>Epinephelus merra</i>	2	0,03	0,67	3	0,05	1,00				1,67	0,03	0,56
Epi	<i>Epinephelus ongus</i>	2	0,10	5,49	2	0,05	5,83				1,33	0,05	3,77
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>							3	0,03	43,74	1,00	0,01	14,58
Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>				2	0,03	1,15	1	0,01	0,68	1,00	0,02	0,61
Lab	<i>Cheilinus trilobatus</i>				1	0,02	0,58	1	0,01	0,82	0,67	0,01	0,47
Lab	<i>Coris aygula</i>	1	0,05	1,00	2	0,05	0,73				1,00	0,03	0,58
Lab	<i>Coris gaimard</i>	1	0,05	0,51							0,33	0,02	0,17
Lab	<i>Gomphosus varius</i>	2	0,03	0,23							0,67	0,01	0,08
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>				1	0,03	1,69				0,33	0,01	0,56
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	5	0,08	0,36	3	0,08	0,19				2,67	0,05	0,18
Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	15	0,25	1,72							5,00	0,08	0,57
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	6	0,10	0,43	4	0,10	0,69				3,33	0,07	0,37
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	5	0,08	0,57							1,67	0,03	0,19
Lut	<i>Aprion virescens</i>							20	0,14	18,29	6,67	0,05	6,10
Lut	<i>Lutjanus fulviflamma</i>	5	0,08	4,57							1,67	0,03	1,52
Mul	<i>Parupeneus barberinus</i>				3	0,08	1,09				1,00	0,03	0,36
Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	2	0,03	1,83	5	0,08	1,22				2,33	0,04	1,01

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



Mul	<i>Parupeneus spilurus</i>				5	0,13	1,82				1,67	0,04	0,61
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	4	0,07	1,33	7	0,18	4,66				3,67	0,08	2,00
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	4	0,10	0,25	4	0,10	0,25	4	0,05	0,10	4,00	0,08	0,20
Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	3	0,08	0,10	6	0,15	0,38				3,00	0,08	0,16
Poc	<i>Centropyge flavissima</i>	4	0,10	0,43	2	0,05	0,22				2,00	0,05	0,22
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	1	0,03	0,03	5	0,13	0,16	3	0,04	0,08	3,00	0,06	0,09
Poc	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>							1	0,01	0,68	0,33	0,00	0,23
Poc	<i>Pygoplites diacanthus</i>				3	0,05	1,00				1,00	0,02	0,33
Pom	<i>Abudefduf septemfasciatus</i>	30	0,75	3,24							10,00	0,25	1,08
Pom	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>	30	0,75	3,24							10,00	0,25	1,08
Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>	60	1,50	15,36	20	0,50	5,12				26,67	0,67	6,83
Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>	5	0,13	0,31							1,67	0,04	0,10
Pom	<i>Chromis fumea</i>	60	1,50	1,92							20,00	0,50	0,64
Pom	<i>Chromis viridis</i>	60	1,50	1,92							20,00	0,50	0,64
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	10	0,25	0,14	5	0,13	0,16				5,00	0,13	0,10
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>				20	0,50	0,27				6,67	0,17	0,09
Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>	20	0,50	0,27	20	0,33	0,18	30	0,38	0,16	23,33	0,40	0,20
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	25	0,63	0,34	15	0,38	0,20	30	0,38	0,16	23,33	0,46	0,23
Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>				10	0,17	0,72	20	0,25	0,86	10,00	0,14	0,53
Pom	<i>Neopomacentrus azysron</i>	60	1,50	0,81							20,00	0,50	0,27
Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>	80	2,00	1,08							26,67	0,67	0,36
Pom	<i>Pomacentrus coelestis</i>				25	0,63	0,34				8,33	0,21	0,11
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	10	0,25	0,32				6	0,08	0,08	5,33	0,11	0,13
Pse	<i>Pictichromis coralensis</i>							2	0,03	0,03	0,67	0,01	0,01
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>	5	0,08	1,67	4	0,10	2,00				3,00	0,06	1,22
Sca	<i>Scarus chameleon</i>							1	0,01	2,13	0,33	0,00	0,71
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>	8	0,13	7,32				10	0,13	4,39	6,00	0,09	3,90
Sca	<i>Scarus niger</i>	1	0,02	1,94	2	0,03	5,33				1,00	0,02	2,43
Sca	<i>Scarus rivulatus</i>				2	0,03	6,17	2	0,03	4,26	1,33	0,02	3,48
Sca	<i>Scarus schlegeli</i>				1	0,02	2,29				0,33	0,01	0,76
Scr	<i>Pterois radiata</i>							1	0,01	1,60	0,33	0,00	0,53
Sig	<i>Siganus corallinus</i>	2	0,03	0,89	4	0,07	1,77				2,00	0,03	0,89
Sig	<i>Siganus doliatus</i>	2	0,03	0,67	4	0,07	1,33				2,00	0,03	0,67
Sig	<i>Siganus puellus</i>	2	0,03	0,36							0,67	0,01	0,12
Sig	<i>Siganus vulpinus</i>	3	0,05	0,73							1,00	0,02	0,24
Zan	<i>Zanclus cornutus</i>							3	0,04	0,80	1,00	0,01	0,27
Total		560	13,49	68,86	272	6,28	199,74	271	3,26	319,26	367,67	7,68	195,95
Biodiversité		45			45			26			77		
Indice de Shannon =		5,198											
Equitabilité =		0,829											

Sur l'ensemble des transects de la station, 1 103 individus appartenant à 77 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 7.68 poissons/m² pour une biomasse de 195.95 g/m².

145 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. [tableau 40](#)).

Tableau n°40 : Liste des espèces complémentaires (ST04)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Acanthurus achilles</i>	Hae	<i>Plectorhynchus picus</i>	Pom	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	Hol	<i>Neoniphon sammara</i>	Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>	Hol	<i>Sargocentron spiniferum</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon aureus</i>



Aca	<i>Acanthurus nigricauda</i>	Lab	<i>Anampses femininus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>
Aca	<i>Acanthurus olivaceus</i>	Lab	<i>Bodianus diana</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon leucogaster</i>
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Lab	<i>Cheilinus trilobatus</i>	Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>
Aca	<i>Naso lopezi</i>	Lab	<i>Choerodon fasciatus</i>	Pom	<i>Chromis amboinensis</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Cirrhilabrus punctatus</i>	Pom	<i>Chromis atripectoralis</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Cirrhilabrus scottorum</i>	Pom	<i>Chromis fumea</i>
Apo	<i>Apogon aureus</i>	Lab	<i>Coris aygula</i>	Pom	<i>Chromis leucura</i>
Apo	<i>Apogon doederleini</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Pom	<i>Chromis margaritifer</i>
Apo	<i>Apogon novemfasciatus</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Chromis viridis</i>
Apo	<i>Ostorhinchus flavus</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Bal	<i>Pseudobalistes fuscus</i>	Lab	<i>Halichoeres melanurus</i>	Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopion</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Cae	<i>Caesio caerulea</i>	Lab	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>
Cae	<i>Caesio cuning</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon melas</i>
Cae	<i>Caesio pisang</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Neopomacentrus azysron</i>
Car	<i>Alepes vari</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>
Car	<i>Caranx ignobilis</i>	Lab	<i>Oxycheilinus bimaculatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus coelestis</i>
Car	<i>Gnathanodon speciosus</i>	Lab	<i>Oxycheilinus diagrammus</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Pom	<i>Pomacentrus simsiang</i>
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Pri	<i>Priacanthus hamrur</i>
Cha	<i>Chaetodon ehippium</i>	Lab	<i>Thalassoma nigrofasciatum</i>	Pse	<i>Pictichromis coralensis</i>
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>	Let	<i>Lethrinus atkinsoni</i>	Sca	<i>Chlorurus bleekeri</i>
Cha	<i>Chaetodon lineolatus</i>	Lut	<i>Aprion virescens</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Lut	<i>Lutjanus bohar</i>	Sca	<i>Scarus chameleon</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Lut	<i>Lutjanus fulviflamma</i>	Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	Lut	<i>Lutjanus fulvus</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Lut	<i>Lutjanus quinquelineatus</i>	Sca	<i>Scarus niger</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Mon	<i>Amanes scopas</i>	Sca	<i>Scarus rivulatus</i>
Cha	<i>Chaetodon unimaculatus</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinus</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	Mul	<i>Parupeneus ciliatus</i>	Sco	<i>Scomberomorus commerson</i>
Cha	<i>Coradion altivelis</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	Scr	<i>Pterois radiata</i>
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>	Mul	<i>Parupeneus spilurus</i>	Sig	<i>Siganus corallinus</i>
Epi	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Epi	<i>Cephalopholis argus</i>	Ost	<i>Ostracion cubicus</i>	Sig	<i>Siganus fuscescens</i>
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	Pin	<i>Parapercis hexophtalma</i>	Sig	<i>Siganus puellus</i>
Epi	<i>Cromileptes altivelis</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	Sig	<i>Siganus punctatus</i>
Epi	<i>Epinephelus coioides</i>	Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>	Poc	<i>Centropyge flavissima</i>	Sph	<i>Sphyraena qenie</i>
Epi	<i>Epinephelus merra</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	Syn	<i>Saurida gracilis</i>
Epi	<i>Epinephelus ongus</i>	Poc	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>	Syn	<i>Synodus variegatus</i>
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Poc	<i>Pygoplites diacanthus</i>	Tet	<i>Arothron stellatus</i>
Hae	<i>Plectorhinchus chaetodonoides</i>	Pom	<i>Abudefduf septemfasciatus</i>	Zan	<i>Zanclus cornutus</i>
Hae	<i>Plectorhinchus lessonii</i>				

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le [tableau 41](#) et spécifiquement pour cette campagne sur la [figure 27](#).



Tableau n°41 : Nombre d'espèces par famille ichthyologique (ST04)

Familles	Nb d'espèces		Moyenne depuis 2007	±
	2017 a	2017 b		
Acanthuridae	6	6	4,32	0,78
Anthiinae	0	0	0,05	0,11
Blenniidae	0	0	1,26	0,40
Caesionidae	3	3	1,63	0,41
Canthigasteridae	0	0	0,21	0,19
Carangidae	0	0	0,58	0,32
Chaetodontidae	12	12	8,95	1,52
Epinephelinae	4	6	4,21	0,69
Haemulidae	0	0	0,42	0,28
Labridae	10	10	6,63	0,98
Lethrinidae	0	0	0,58	0,44
Lutjanidae	1	2	1,37	0,83
Mullidae	3	3	1,63	0,44
Nemipteridae	1	1	1,00	0,15
Pomacanthidae	6	6	4,21	0,73
Pomacentridae	15	15	8,84	1,71
Pseudochromidae	1	1	0,47	0,24
Scorpaenidae	1	6	4,42	0,51
Scaridae	4	1	0,16	0,17
Siganidae	5	4	2,79	0,79
Zanclidae	1	1	0,26	0,21
Total espèces	73	77	54,00	7,33
Total familles	15	15	14,47	0,87

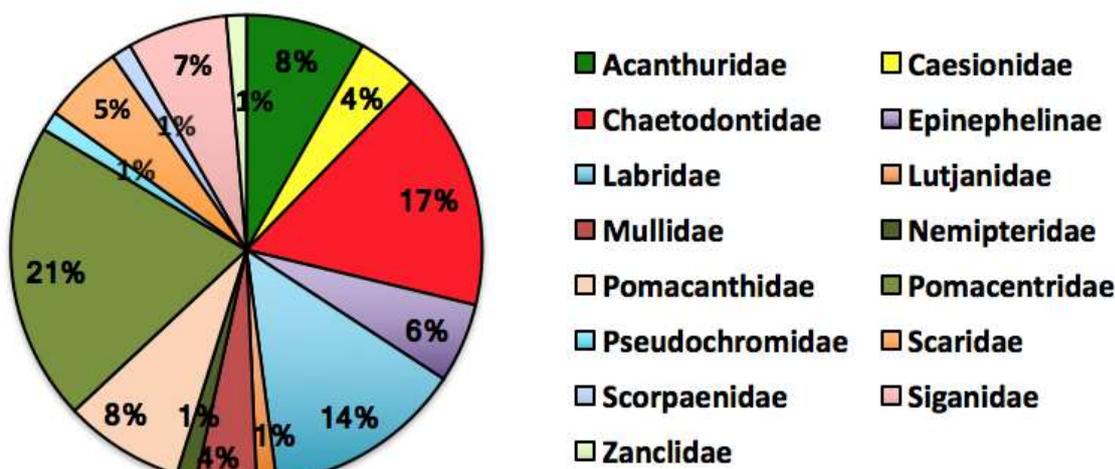


Figure n°27 : Richesse spécifique (%) par famille de poissons, pour cette mission (ST04)

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 – à cette campagne est effectuée (cf. [tableau 42](#)), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires.



Tableau n°42 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST04)

L'hypothèse nulle Ho :	Test	χ^2 obs	ddl	χ^2 à 0,95	nb de familles
« Les colonnes sont elles identiques ? »	χ^2	250	360	437	15/21

Le récapitulatif des résultats en terme 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 sont présentés dans le [tableau 43](#) 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 44](#) et représentation [figure 29](#).

Tableau n°43 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	3 6366	4	53075	247	317	482
Ecart type	190,70	1,95	230,38	15,70	17,80	21,97
Moyenne	244,33	3,36	319,18	54,37	77,95	107,05
Coef. de Var.	0,80	0,62	0,71	0,30	0,23	0,21

Tableau n°44 : 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
2017 b	Transect A	560	13,49	68,86	45		
	Transect B	272	6,28	199,74	45		
	Transect C	271	3,26	319,26	26		
	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

Commentaires :

- Le nombre d'espèces sur les transects (biodiversité 1) est toujours très au-dessus de la moyenne.
- Et la biodiversité totale (biodiversité.3) atteint sa plus forte valeur.
- Les Acanthuridae, Chaetodontidae, Pomacentridae et Labridae représentent plus de 50 % de la biodiversité. C'est également vrai si l'on considère la biodiversité 3.
- L'essentiel de la biomasse (60%) est dû à 4 espèces de pélagiques côtiers (3 espèces de *Caesio* et *Nazo lopezi*).

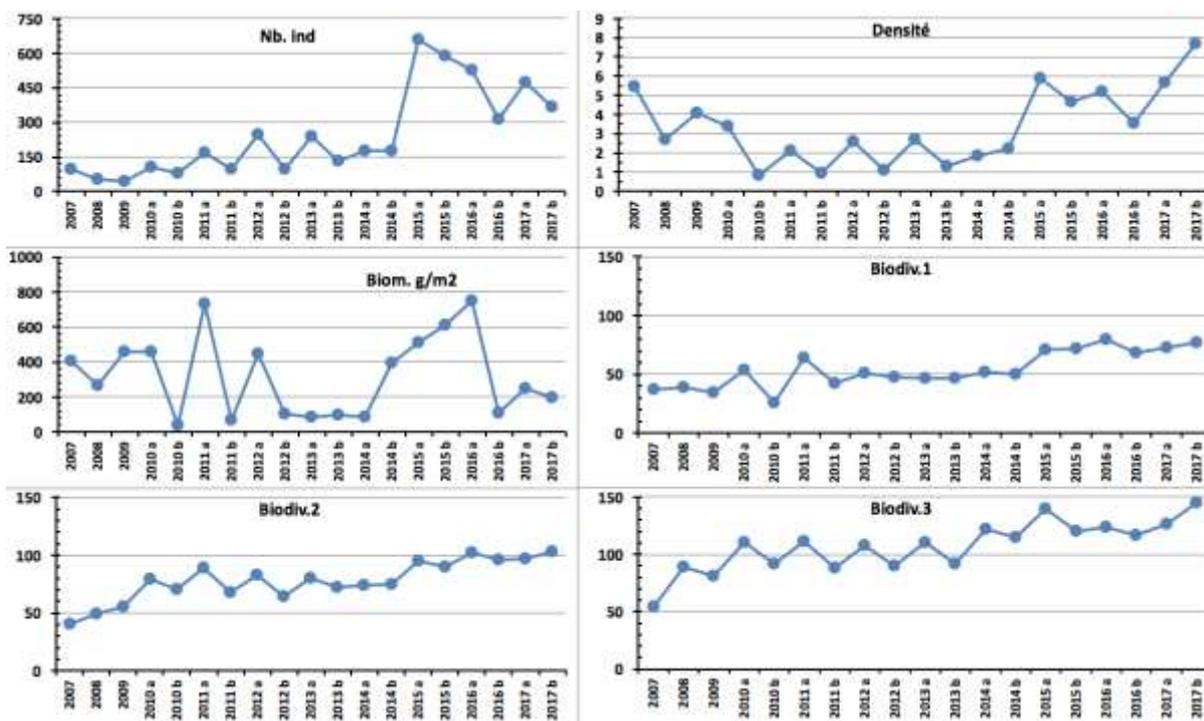


Figure n°28 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04)

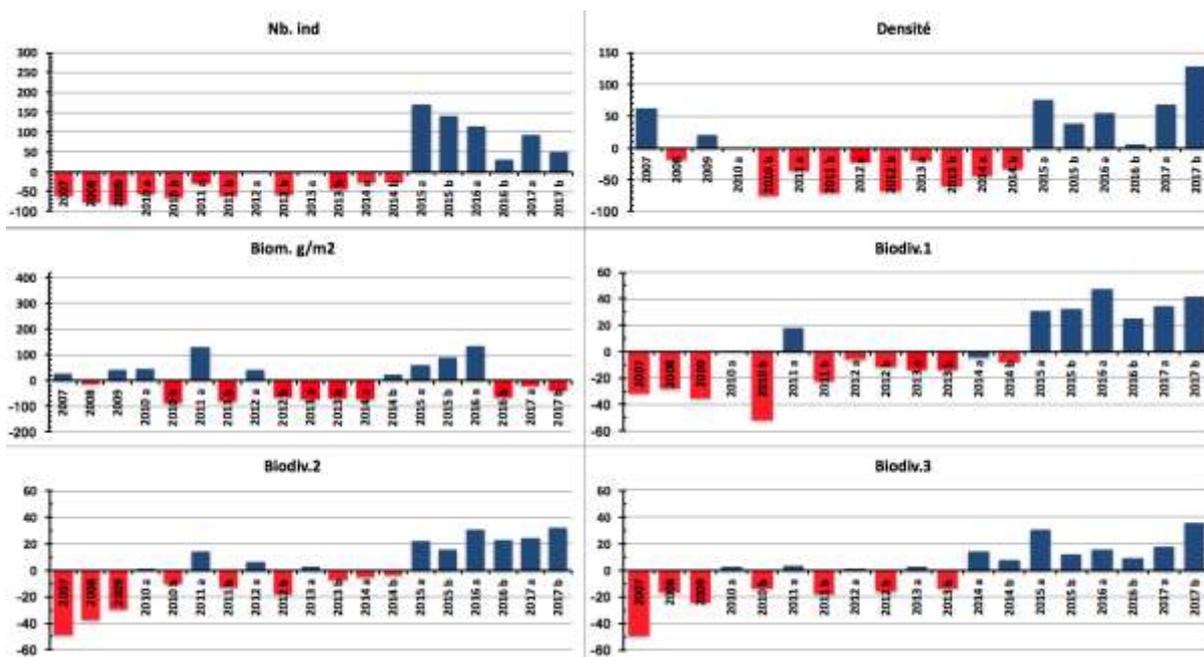


Figure n°29 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04)



4.5 Station 05 = Récif Ioro

Localisation géographique	Façade nord-ouest du récif de Ioro, sous le vent, à environ 200 mètres dans le sud-ouest du feu signal de Ioro (photographie 16). 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 *Tubastrea micrantha* qui affectionnent les zones de courants.

Caractéristiques principales

- ↪ Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée et relativement protégé de la houle et du ressac)
- ↪ Présence en grand nombre de *Porites* massifs et branchus (diversité des Poritidae), *Millepora*, *Tubastrea micrantha* et d'une grande colonie pluri métrique de *Diploastrea heliopora*
- ↪ Mortalité corallienne (colonies en place) et nombreux débris
- ↪ Les spongiaires (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*) sont relativement bien développées et colonisent les massifs coralliens vivants et les blocs coralliens
- ↪ Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques
- ↪ Présence occasionnelle d'*Acanthaster planci*

Variations entre avril et septembre 2017

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 33% au transect A, 29.5% en B et 0.5% en C
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0% ; Avril 2016 : 0.17% ; Novembre 2016 : 0% ; Avril 2017 : 0.13% ; Septembre 2017 : 0 %.*
- Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche. Les colonies anciennement affectées sont mortes en place. Très nombreuses anomalies de croissance sur la grande colonie de *Diploastrea heliopora* (transect B)
- Perturbations mécaniques et sédimentaires : RAS pour cette mission

Autres indicateurs :

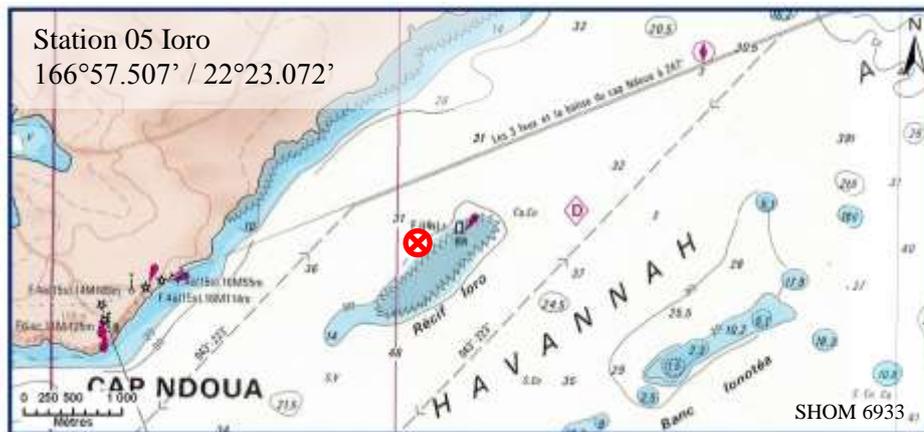
- Cyanobactéries : recouvrement en augmentation pour A & B (niveau 0 à 1). Elles se développent sur les débris coralliens
- Le turf algal se développe modérément sur les débris et les colonies coralliennes mortes en place au fur et à mesure de leur dégradation.
- Algues brunes *Lobophora* : le recouvrement reste stable pour les 3 transects (niveau 2/0/0)
- Algues rouges *Asparagopsis taxiformis* : absente



- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona jullieni* : stable

Les corallivores :

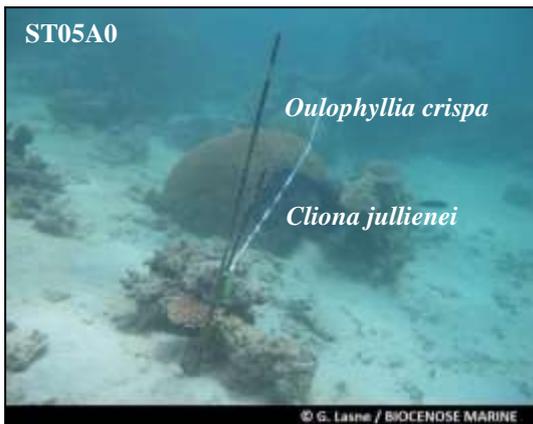
- Absence d'*Acanthaster planci* et de *Culcita novaeguineae*
- Absence de *Drupella cornus*



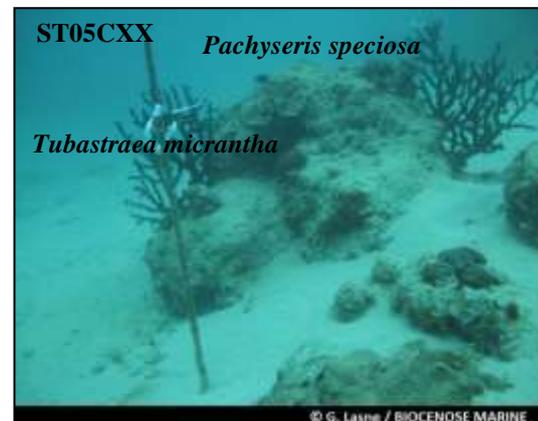
Carte n°07 : Localisation de la station 05 (Ioro)



Photo n°16 : Position en surface par rapport au feu signal (ST05)



Nombreuses espèces d'holothuries colonisent le niveau bathymétrique supérieur (STA)



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

Photo n°17 : Vue d'ensemble des transects (ST05)

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.

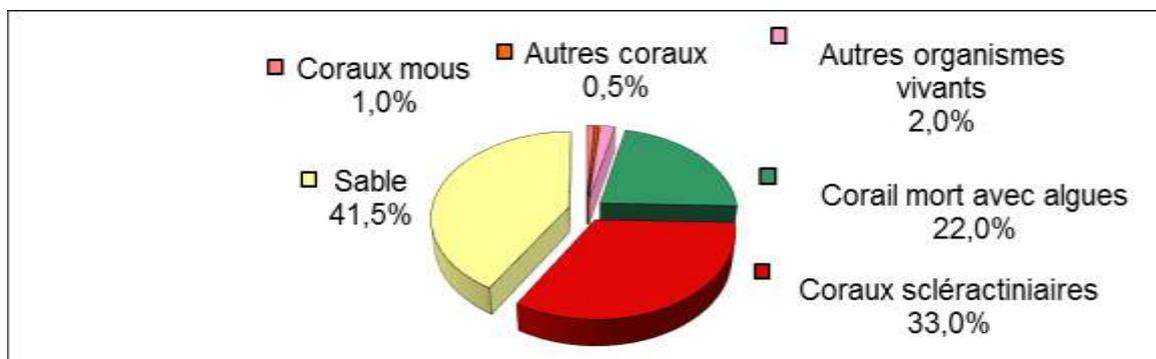


Figure n°30 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05A*

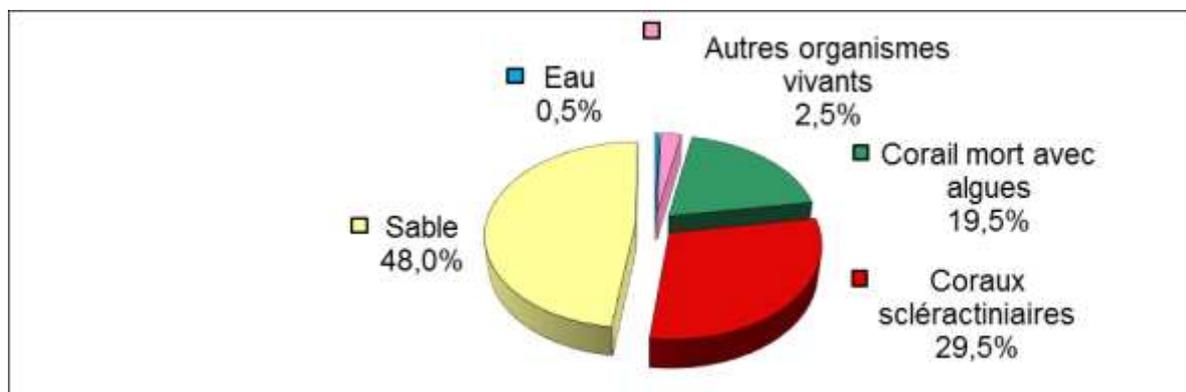


Figure n°31 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05B*

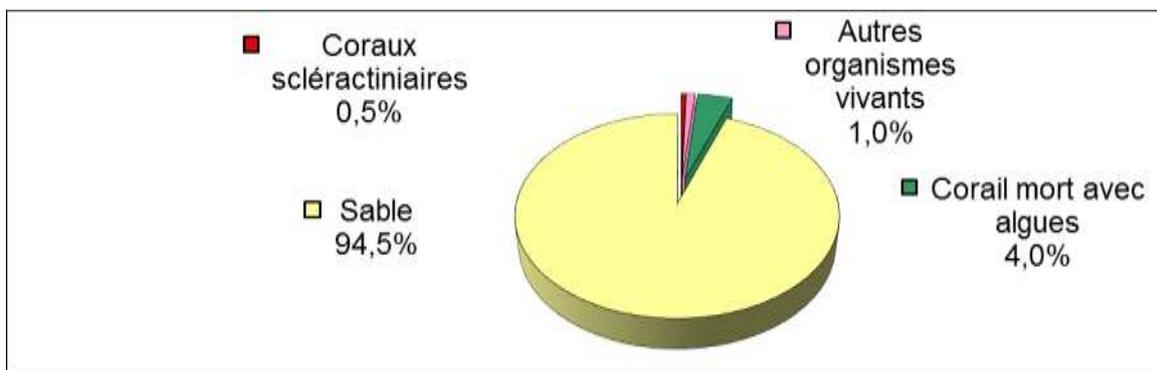


Figure n°32 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05C*

Le substrat est majoritairement abiotique à cette station, avec une proportion de sable qui augmente avec la profondeur (41.5%, 48% puis 94.5%).

Les coraux scléactiniaires ne sont correctement représentés que sur les deux premiers transects (respectivement 33% et 29.5%), contre que 0.5% 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 *Tubastrea 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 04.

En septembre 2017, la richesse spécifique de la station Ioro (ST05) est composée de :

- **50 espèces d'invertébrés** dont 15 espèces de mollusques ; 8 espèces de cnidaires : alcyonaires (5 taxons), zoanthaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon) ; 16 espèces d'échinodermes : holothurides (6 taxons), astéries (4 taxons), échinides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- **5 espèces de macrophytes** : algues vertes (4 taxons), algues brunes (1 taxon)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

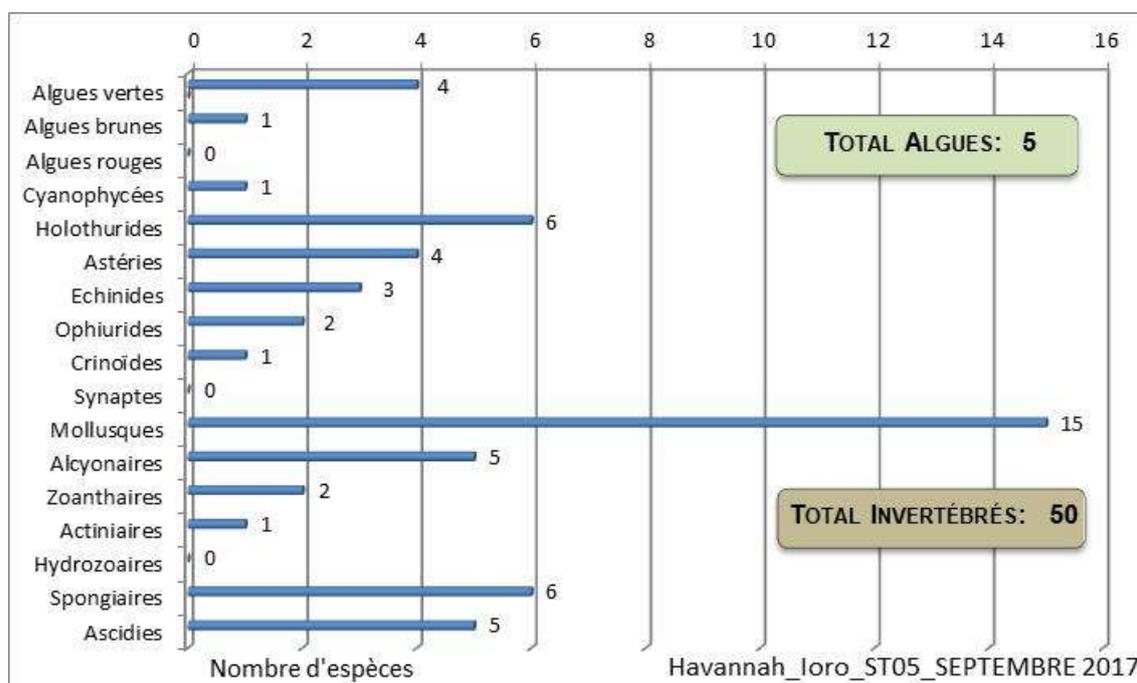


Figure n°33 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST05)

4.5.2.1 Benthos Transect 05 A

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST05A est composée de :

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

Tableau n°45 : Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST05A)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue verte : • <i>Ventricaria ventricosa</i> (A2) ; 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	
1 nouvelle sp de cyanobactéries recensée : • <i>Phormidium</i> sp. (A1)	<input checked="" type="checkbox"/>
Cnidaires	



2 nouvelles espèces de cnidaires recensées :		<input checked="" type="checkbox"/>
➤ pour les alcyonaires (2 sp) : • <i>Lobophytum</i> sp. (A1), • <i>Sinularia</i> sp. (A2)		
Echinodermes		
4 nouvelles espèces d'échinodermes recensées :		3 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance :
➤ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Fromia indica</i> (A1) ;		
➤ pour les holothurides (3 espèces) : • <i>Actinopyga lecanora</i> (A1), • <i>Holothuria fuscopunctata</i> (A2), • <i>Thelenota ananas</i> (A1).		➤ pour les crinoïdes (1 espèce) :
4 espèces d'échinodermes disparues :		•Crinoïdes ind. (A3/+ 1) ;
➤ pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Nardoa gomophia</i> (A0/-1) ;		➤ pour les échinides (1 espèce) :
➤ pour les échinides (-1 espèce) : • <i>Diadema savignyi</i> (A0/-1) ;		• <i>Diadema setosum</i> (A2/+ 1) ;
➤ pour les holothurides (-2 sp) : • <i>Holothuria whitmaei</i> (A0/-1), • <i>Stichopus herrmanni</i> (A0/-1).		➤ pour les ophiurides (1 espèce) :
		•Ophiure ind. (A2/+ 1).
Mollusques		
2 nouvelles espèces de mollusques recensées :		Une espèce de mollusques diminue d'abondance :
➤ pour les gastéropodes (1 espèce) : • <i>Lambis chiragra</i> (A1) ;		
➤ pour les nudibranches (1 espèce) : • <i>Chromodoris leopardus</i> (A1)		➤ pour les bivalves (1 espèce) :
2 espèces de mollusques disparues :		• <i>Pedum spondyloideum</i> (A2/- 1).
➤ pour les gastéropodes (-2 sp) : • <i>Trochus niloticus</i> (A0/-1), • <i>Astraea rhodostoma</i> (A0/-1)		
Eponges		
2 espèces d'éponges disparues : • <i>Hamigera strongylata</i> (A0/-1), • <i>Clathria rugosa</i> (A0/-2)		<input checked="" type="checkbox"/>
Ascidies		
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : • <i>Didemnum molle</i> (A2).		Une espèce d'ascidies augmente d'abondance :
		• <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A2/+ 1).
Bryozoaires		
<input checked="" type="checkbox"/>		Une espèce de bryozoaires diminue d'abondance :
		• <i>Alcyonidium</i> sp. (A2/- 1).

4.5.2.2 Benthos Transect 05 B

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST05B est composée de :

- 36 espèces d'invertébrés dont 11 espèces de mollusques ; 5 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), zoanthaires (1 taxon) ; 10 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), échinides (2 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- 2 espèces de macrophytes : algues vertes (2 taxons)
- Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau n°46 : *Variations entre avril et septembre 2017 : 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>Ventricaria ventricosa</i> (A1) ; Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée :	<input checked="" type="checkbox"/>
➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Sinularia</i> sp. (A1).	
2 espèces de cnidaires disparues : ➤ pour les actiniaires (-1 espèce) :	
• <i>Discosoma</i> sp. (A0/-2) ; ➤ pour les zoanthaires (-1 espèce) :	
• <i>Palythoa tuberculosa</i> (A0/-2).	
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée :	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance :
➤ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Celerina heffernani</i> (A1).	➤ pour les échinides (1 espèce) :
2 espèces d'échinodermes disparues :	• <i>Diadema setosum</i> (A2/+ 1).





> pour les échinides (-1 espèce) : • <i>Echinometra mathaei</i> (A0/-1) ;	
> pour les holothurides (-1 sp) : • <i>Holothuria fuscopunctata</i> (A0/-1)	
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée :	Une espèce de mollusques augmente d'abondance :
> pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Pteria</i> sp. (A2).	> pour les bivalves (1 sp) : • <i>Septifer bilocularis</i> (A4/+ 1)
Une espèce de mollusques disparue :	Une espèce de mollusques diminue d'abondance :
> pour les nudibranches (-1 espèce) : • <i>Cheilidonura electra</i> (A0/-1).	> pour les nudibranches (1 sp) : • <i>Cheilidonura inornata</i> (A1/-1)
Eponges	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A1)	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance :
	• <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A2/+1), • <i>Polycarpa nigricans</i> (A3/+1)
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

4.5.2.3 Benthos Transect 05 C

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST05C est composée de :

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

Tableau n°47 : Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST05C)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : • <i>Phormidium</i> sp. (A2).	<input checked="" type="checkbox"/>
Cnidaires	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées : > pour les alcyonaires (2 sp) : • <i>Sarcophyton</i> sp. (A2), • <i>Simularia</i> sp. (A1)	<input checked="" type="checkbox"/>
Echinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : > pour les astéries (1 espèce) : • <i>Celerina heffernani</i> (A1) ; > pour les holothurides (1 sp) : • <i>Actinopyga lecanora</i> (A1) > pour les ophiurides (1 espèce) : • <i>Ophiure</i> ind. (A2).	<input checked="" type="checkbox"/>
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : > pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Hyotissa hyotis</i> (A1).	<input checked="" type="checkbox"/>
Eponges	
1 sp d'éponges disparue : • <i>Spheciospongia vagabunda</i> (A0/-1)	<input checked="" type="checkbox"/>
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A2), • <i>Polycarpa nigricans</i> (A2). Une espèce d'ascidies disparue : • <i>Polycarpa aurita</i> (A0/-2).	<input checked="" type="checkbox"/>
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	Une espèce de bryozoaires diminue d'abondance : • <i>Alcyonidium</i> sp. (A2/- 1).



4.5.3 Les poissons (ST05)

La liste des espèces observées⁸ sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 48](#).

Tableau n°48 : *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 blochii</i>	2	0,01	1,67	2	0,02	2,67	1	0,00	0,40	1,67	0,01	1,58
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>							1	0,00	1,35	0,33	0,00	0,45
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	1	0,01	0,25							0,33	0,00	0,08
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	3	0,02	0,74							1,00	0,01	0,25
Aca	<i>Naso unicornis</i>	2	0,01	14,22				2	0,01	9,11	1,33	0,01	7,78
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	1	0,01	0,05							0,33	0,00	0,02
Ble	<i>Ecsenius bicolor</i>	1	0,01	0,00				1	0,01	0,01	0,67	0,01	0,00
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>				1	0,01	0,01	1	0,01	0,02	0,67	0,01	0,01
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	2	0,02	0,11							0,67	0,01	0,04
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	2	0,02	0,24							0,67	0,01	0,08
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	1	0,01	0,12							0,33	0,00	0,04
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>	3	0,03	1,10							1,00	0,01	0,37
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	4	0,03	0,14	3	0,04	0,16				2,33	0,02	0,10
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	2	0,02	0,04	2	0,03	0,03				1,33	0,01	0,02
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>				2	0,03	0,11				0,67	0,01	0,04
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>				1	0,01	0,05				0,33	0,00	0,02
Cha	<i>Forcipiger flavissimus</i>				2	0,03	0,06				0,67	0,01	0,02
Das	<i>Dasyatis kuhlii</i>	3	0,03	16,20							1,00	0,01	5,40
Epi	<i>Epinephelus ongus</i>				1	0,01	0,43				0,33	0,00	0,14
Hae	<i>Plectorhinchus chaetodonoides</i>							1	0,00	3,20	0,33	0,00	1,07
Lab	<i>Bodianus loxozonus</i>				1	0,01	0,68				0,33	0,00	0,23
Lab	<i>Bodianus perditio</i>							1	0,00	0,78	0,33	0,00	0,26
Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	1	0,01	0,56	1	0,01	0,43				0,67	0,01	0,33
Lab	<i>Gomphosus varius</i>	1	0,01	0,09							0,33	0,00	0,03
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	1	0,01	0,46	1	0,01	1,46				0,67	0,01	0,64
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	8	0,07	0,29	5	0,06	0,27	4	0,05	0,03	5,67	0,06	0,20
Let	<i>Gymnocranius euanus</i>							1	0,00	1,35	0,33	0,00	0,45
Lut	<i>Macolor niger</i>							1	0,00	0,40	0,33	0,00	0,13
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	7	0,09	1,75	2	0,03	0,06				3,00	0,04	0,60
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	4	0,04	0,05	2	0,03	0,03				2,00	0,02	0,03
Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	3	0,03	0,02							1,00	0,01	0,01
Poc	<i>Centropyge flavissima</i>	2	0,02	0,05							0,67	0,01	0,02
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	3	0,03	0,02	3	0,04	0,05	3	0,04	0,05	3,00	0,04	0,04
Poc	<i>Pomacanthus imperator</i>							1	0,00	0,29	0,33	0,00	0,10
Pom	<i>Abudefduf whiteleyi</i>	10	0,10	0,69	10	0,13	0,31				6,67	0,08	0,33
Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>	5	0,05	0,13	5	0,06	0,16				3,33	0,04	0,09
Pom	<i>Chromis viridis</i>	20	0,20	0,11	20	0,25	0,14				13,33	0,15	0,08
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	3	0,03	0,02							1,00	0,01	0,01
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>	8	0,08	0,04	10	0,13	0,07				6,00	0,07	0,04
Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>	15	0,15	0,08	15	0,19	0,10	15	0,19	0,10	15,00	0,18	0,09
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>				20	0,25	0,14	15	0,19	0,10	11,67	0,15	0,08
Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>	7	0,07	0,18	10	0,13	0,16	10	0,13	0,31	9,00	0,11	0,22
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	5	0,05	0,13	4	0,05	0,06				3,00	0,03	0,06
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>	4	0,04	0,58	3	0,03	1,04				2,33	0,02	0,54
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>	5	0,05	1,00							1,67	0,02	0,33
Sca	<i>Scarus ghobban</i>							1	0,00	0,78	0,33	0,00	0,26
Sca	<i>Scarus niger</i>	1	0,01	0,82							0,33	0,00	0,27
Sca	<i>Scarus spinus</i>	1	0,01	0,46							0,33	0,00	0,15

⁸ Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. [annexe 01](#).

Sig	<i>Siganus doliatus</i>	2	0,02	0,33	2	0,03	0,50				1,33	0,01	0,28
Sig	<i>Siganus vulpinus</i>	3	0,03	0,36							1,00	0,01	0,12
Total		146	1,39	43,09	128	1,58	9,17	59	0,64	18,28	111,0	1,20	23,51
Biodiversité		36			25			16			50		
Indice de Shannon =		4,577											
Equitabilité =		0,811											

Sur l'ensemble des transects de la station, 333 individus appartenant à 50 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.20 poissons/m² pour une biomasse de 23.51 g/m².

109 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. [tableau 49](#)).

Tableau n°49 : *Liste des espèces complémentaires (ST05)*

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	Lab	<i>Bodianus axillaris</i>	Ple	<i>Assessor macneilli</i>
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>	Lab	<i>Bodianus loxozonus</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	Lab	<i>Bodianus mesothorax</i>	Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Lab	<i>Bodianus perditio</i>	Poc	<i>Centropyge flavissima</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Coris aygula</i>	Poc	<i>Pomacanthus imperator</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>
Apo	<i>Apogon aureus</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Pom	<i>Abudefduf whiteleyi</i>
Apo	<i>Apogon doederleini</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>
Apo	<i>Apogon fuscus</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>
Apo	<i>Apogon indicus</i>	Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>	Pom	<i>Chromis nitida</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopion</i>	Pom	<i>Chromis viridis</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Ble	<i>Ecsenius bicolor</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>
Ble	<i>Plagiotremus laudandus</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Let	<i>Gymnocranius euanus</i>	Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lut	<i>Aprion virescens</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	Lut	<i>Lutjanus adetii</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>	Lut	<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Lut	<i>Macolor niger</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>	Mon	<i>Aluterus scriptus</i>	Pri	<i>Priacanthus hamrur</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Mon	<i>Oxymonacanthus longirostris</i>	Sca	<i>Chlorurus microrhinus</i>
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Mon	<i>Oxymonacanthus longirostris</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Mon	<i>Pervagor melanocephalus</i>	Sca	<i>Scarus chameleon</i>
Cha	<i>Forcipiger flavissimus</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinus</i>	Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>
Das	<i>Dasyatis kuhlii</i>	Mul	<i>Parupeneus cyclostomus</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Epi	<i>Epinephelus fasciatus</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	Sca	<i>Scarus niger</i>
Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	Sca	<i>Scarus rubroviolaceus</i>
Epi	<i>Epinephelus ongus</i>	Mul	<i>Parupeneus spilurus</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Nem	<i>Pentapodus aureofasciatus</i>	Sca	<i>Scarus spinus</i>
Gob	<i>Amblygobius phalaena</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Gra	<i>Diploprion bifasciatum</i>	Nem	<i>Scolopsis lineatus</i>	Sig	<i>Siganus lineatus</i>
Hae	<i>Plectorhynchus chaetodonoides</i>	Ost	<i>Ostracion cubicus</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Hol	<i>Sargocentron ensifer</i>	Pin	<i>Parapercis hexophtalma</i>	Syn	<i>Saurida gracilis</i>
Kyp	<i>Kyphosus cinerascens</i>	Pin	<i>Parapercis multiplicata</i>	Tet	<i>Arothron manilensis</i>
Lab	<i>Anampses neoguinaicus</i>				



Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le [tableau 50](#) et spécifiquement pour cette campagne sur la [figure 34](#).

Tableau n°50 : Nombre d'espèces par famille ichthyologique (ST05)

Familles	Nb d'espèces		Moyenne depuis 2007	±
	2017 a	2017 b		
Acanthuridae	5	6	4,68	0,93
Anthiinae	0	0	0,11	0,14
Blenniidae	2	2	1,16	0,28
Caesionidae	2	0	0,63	0,41
Canthigasteridae	0	0	0,63	0,23
Carangidae	0	0	0,11	0,21
Chaetodontidae	5	9	5,58	1,23
Dasyatidae	0	1	0,47	0,24
Epinephelinae	3	1	2,58	0,62
Gobiidae	0	0	0,32	0,22
Haemulidae	0	1	0,58	0,32
Kyphosidae	0	0	0,05	0,11
Labridae	5	6	5,63	0,84
Lethrinidae	0	1	0,84	0,38
Lutjanidae	0	1	0,95	0,56
Mullidae	1	0	2,00	0,59
Nemipteridae	1	1	1,00	0,00
Pomacanthidae	4	5	3,37	0,56
Pomacentridae	9	9	8,74	0,68
Pseudochromidae	0	0	0,37	0,23
Scaridae	5	6	3,58	0,90
Siganidae	1	1	1,37	0,35
Total espèces	43	50	44,74	5,17
Total familles	12	14	14,79	1,03

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 – à cette campagne est effectuée (cf. [tableau 51](#)), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires.

Tableau n°51 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST05)

L'hypothèse nulle Ho :	Test	χ^2 obs	ddl	χ^2 à 0,95	nb de familles
« Les colonnes sont elles identiques ? »	χ^2	265	378	458	14/22

Le récapitulatif des résultats en terme 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 sont présentés dans le [tableau 52](#) et la [figure 35](#).



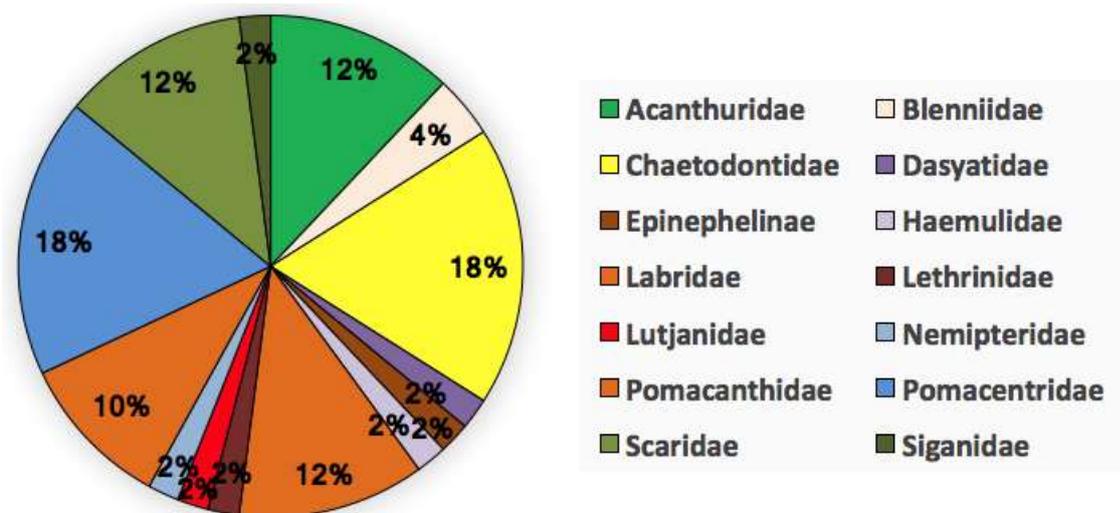


Figure n°34 : Richesse spécifique (%) par famille de poissons, pour cette mission (ST05)

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i - X_m) / X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. [tableau 53](#) et représentation [figure 36](#).

Tableau n°52 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	2 782,02	0,74	25490,65	139,11	179,37	409,37
Ecart type	52,74	0,86	159,66	11,79	13,39	20,23
Moyenne	104,23	1,53	155,23	44,00	66,42	91,42
Coef. de Var.	0,52	0,54	0,98	0,27	0,20	0,22

Tableau n°53 : 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	
2017 b	Transect A	146	1,39	43,09	36			
	Transect B	128	1,58	9,17	25			
	Transect C	59	0,64	18,28	16			
	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	

Commentaires :

- La densité toujours faible est proche de la moyenne.
- La valeur de la biomasse est faible.
- Les valeurs de biodiversité sont supérieures à la moyenne.

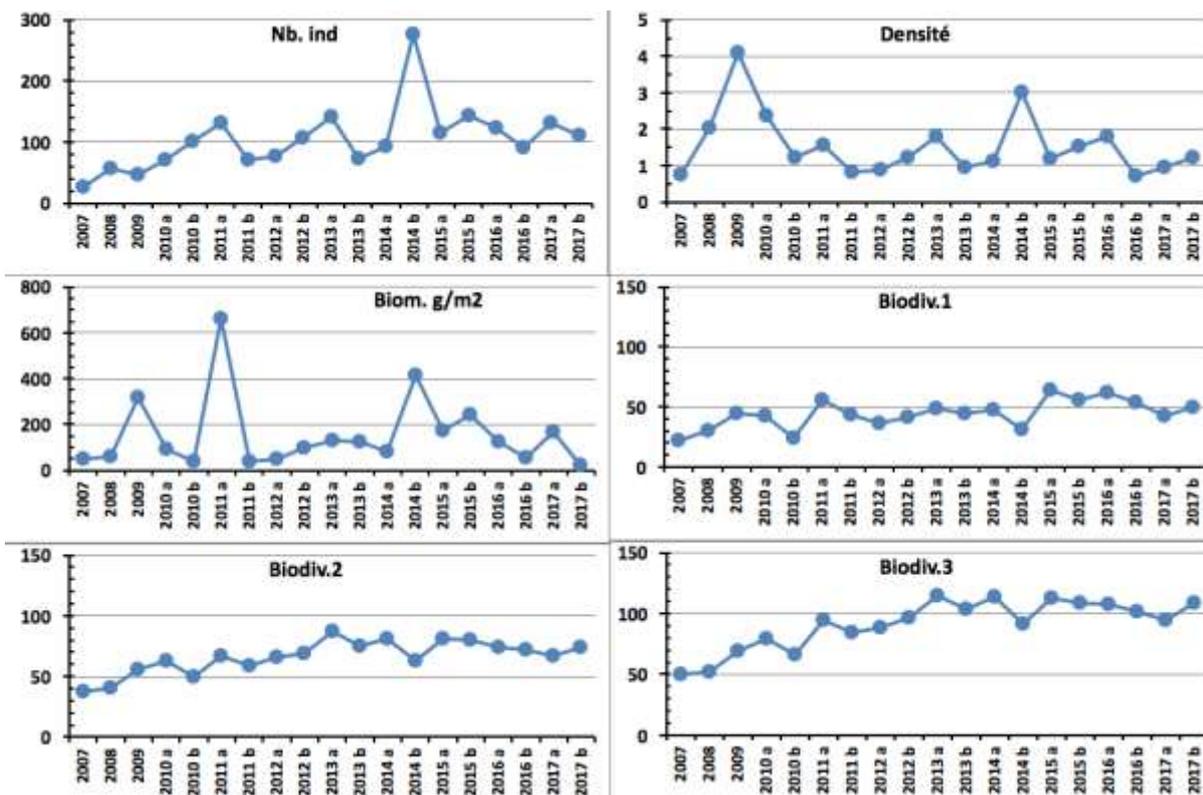


Figure n°35 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05)

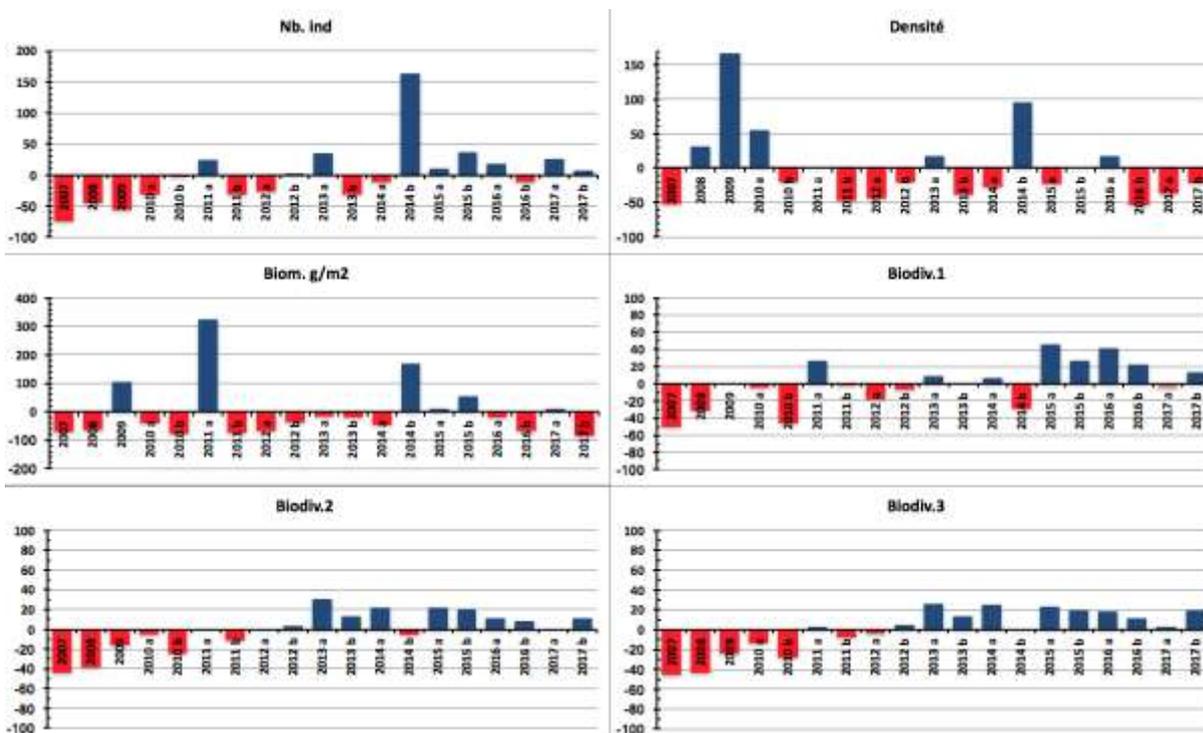


Figure n°36 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05)



4.6 Station 06 = Banc Ionotea

Localisation géographique	Au nord-est du banc Ionotea. Le banc Ionotea se situe au milieu du canal de la Havannah. Ce récif est totalement immergé (cf. photographie 18) 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 algueraie d'algues brunes des genres *Turbinaria* et *Sargassum*. Cette zone est fréquentée par de nombreuses tortues qui viennent se nourrir de ces algues. On note également la présence de deux couloirs d'avalanches avec des débris coralliens où les madrépores sont quasiment 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 (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 (transect B)
- ↪ Les spongiaires (*Cliona julliinei* et *C. orientalis*) se développent relativement bien et colonisent les blocs coralliens et les massifs coralliens vivants
- ↪ Fortes compétition spatiale entre les coraux, les alcyonaires et les spongiaires
- ↪ Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques
- ↪ Absence de l'algue brune *Lobophora variegata*
- ↪ Présence de *Blastomussa wellsi* en C
- ↪ Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A

Variations entre avril et septembre 2017

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 35% au transect A, 34.5% en B et 9,5% en C
- 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%
- Lésions coralliennes : maladie de la bande blanche en A & B (respectivement 0.5 m² pour 2 colonies et 0.2 m² pour 1 colonie). Les espèces concernées sont *Acropora* tabulaire et branchu et *Seriatopora hystrix*
- Dégradations mécaniques (Winston 2016, Cook et Donna 2017) : remobilisation aux 3 transects. De nombreuses colonies ne sont plus fixées sur le substrat (remobilisation de débris, blocs, colonies coralliennes et de sable carbonaté par la houle et le ressac)

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : recouvrement en augmentation pour A (niveau 0 à 2). Elles se développent sur les colonies mortes



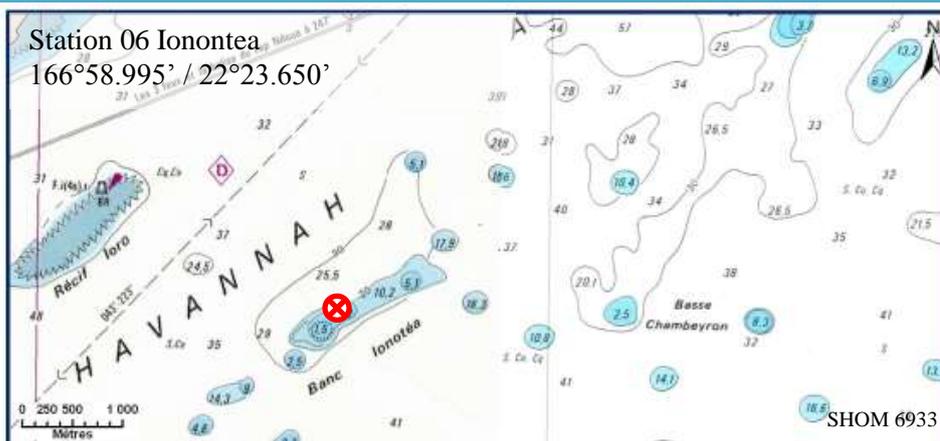


en place (surtout *Acropora*)

- 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
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : le recouvrement reste stable aux 3 transects (niveau 2/0/0)
- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona jullieni* : stable

Les corallivores :

- Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*
- Absence de *Drupella cornus*



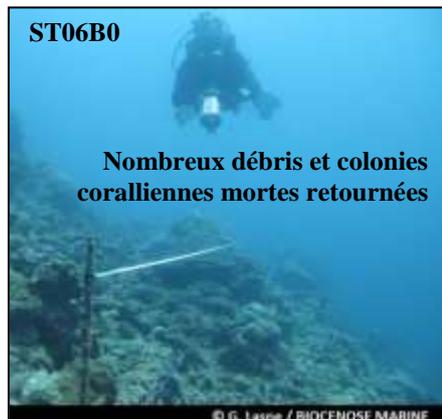
Carte n°08 : Localisation de la station 06 (Ionotea)



Photo n°18 : Position en surface (ST06)



Les colonies coralliennes déstabilisées lors de la mission précédente ont dévalé la pente récifale



Nombreux débris corallien et colonies mortes et arrachées du substrat (milieu et bas de pente récifale)



Photo n°19 : Vue d'ensemble des transects (ST06)

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.

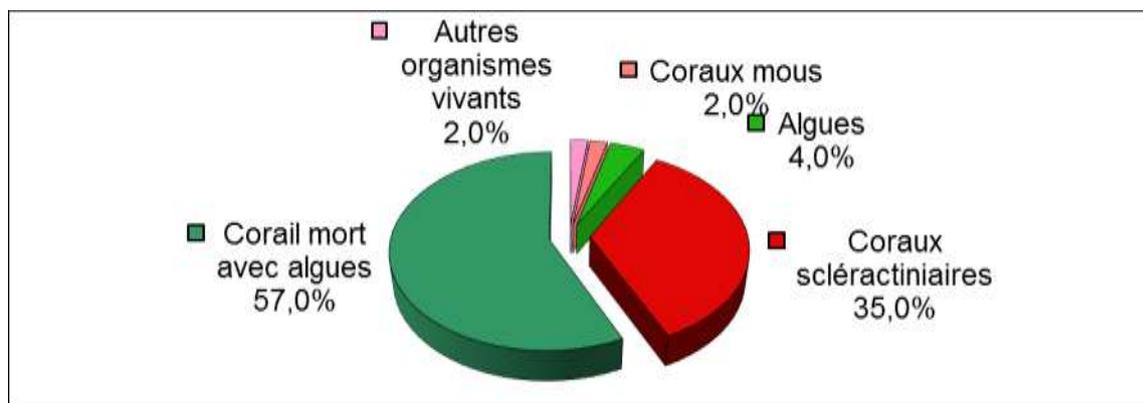


Figure n°37 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06A*

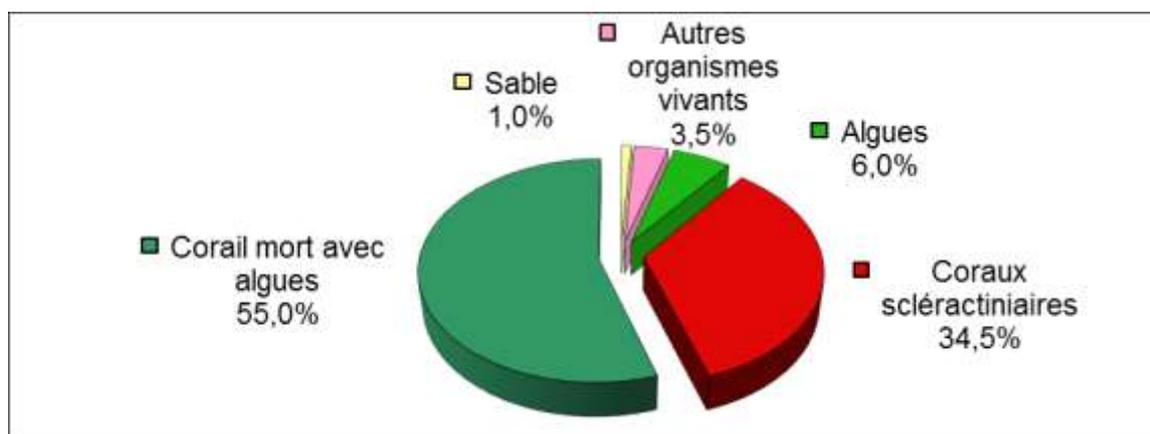


Figure n°38 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06B*

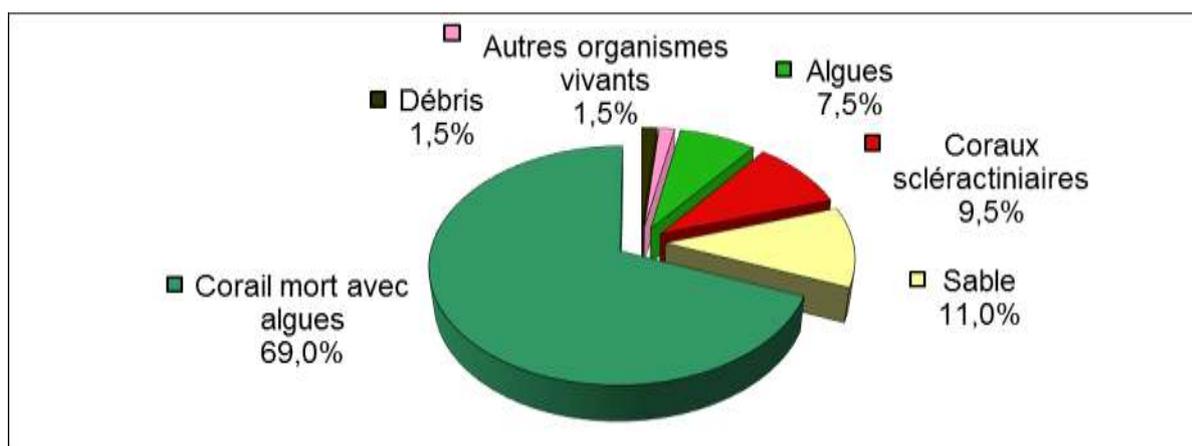


Figure n°39 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06C*

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, 99% en B et 87.5% en C).

Les coraux scléactiniaires sont bien représentés particulièrement sur les 2 transects haut (35% légère hausse : vs 27% en avril en A, 34.5% en B et 9% en C).

A noter : Aucun blanchissement pour cette mission, et des **cyanobactéries** que sur le B (0.5%).

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 04.

En septembre 2017, la richesse spécifique de la station Banc Ionotea (ST06) est composée de :

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

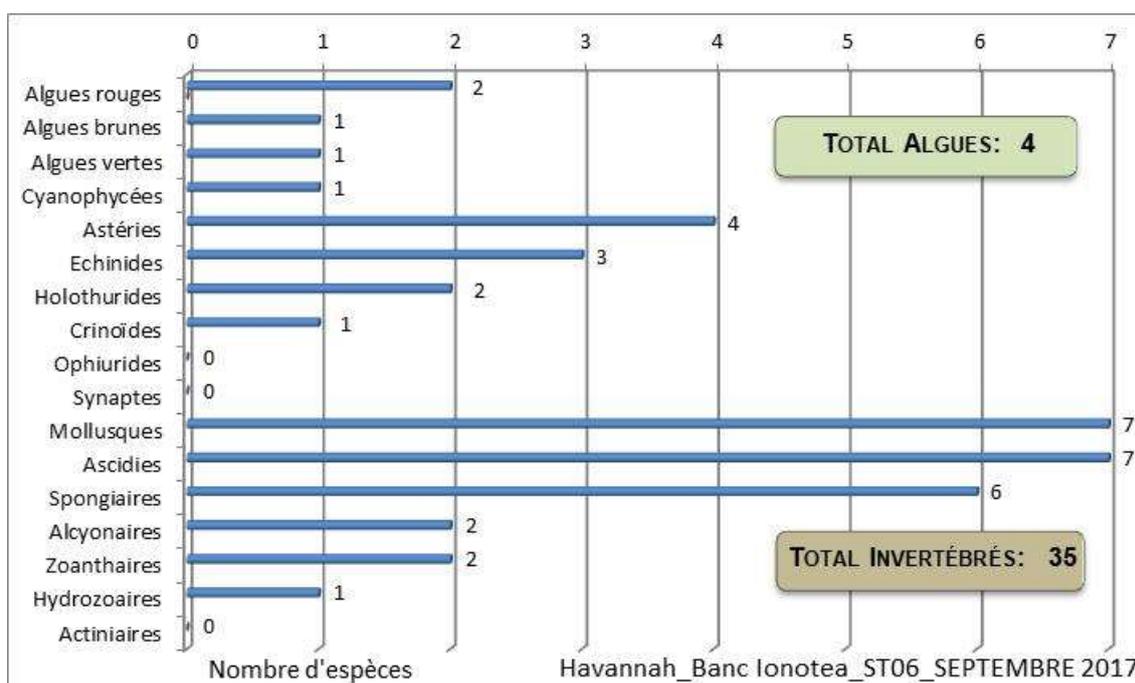


Figure n°40 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST06)

4.6.2.1 Benthos Transect 06 A

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST06A est composée de :

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

Tableau n°54 : Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST06A)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Une espèce d'algue disparue, l'algue brune : • <i>Dictyota</i> sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
1 nouvelle sp de cyanobactéries recensée : • <i>Phormidium</i> sp. (A2)	<input checked="" type="checkbox"/>
Cnidaires	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Sarcophyton</i> sp. (A2) ;	<input checked="" type="checkbox"/>

➤ pour les zoanthaires (1 espèce) : • <i>Palythoa tuberculosa</i> (A2).	
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée :	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance :
➤ pour les échinides (1 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A1).	➤ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A3/+ 1).
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue :	Une espèce de mollusques diminue d'abondance :
➤ pour les gastéropodes (-1 sp) : • <i>Coralliophila violacea</i> (A0/-2)	➤ pour les gastéropodes (1 sp) : • <i>Astraea rhodostoma</i> (A1/- 1)
Eponges	
2 nouvelles espèces d'éponges recensées :	<input checked="" type="checkbox"/>
• <i>Dysidea arenaria</i> (A1), • <i>Sphaciospongia vagabunda</i> (A2).	
Une espèce d'éponges disparue : •Spongiaires ind. (noire) (A0/-2).	
Ascidies	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

4.6.2.2 Benthos Transect 06 B

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST06B est composée de :

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

Tableau n°55 : *Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST06B)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 4 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : • <i>Dictyota</i> sp. (A0/-2) ; et l'algue rouge : • <i>Plocamium</i> sp. (A0/-2) ; et 2 espèces d'algues vertes : • <i>Chlorodesmis fastigiata</i> (A0/-1), • <i>Ventricaria ventricosa</i> (A0/-2)	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Sarcophyton</i> sp. (A2). Une espèce de cnidaires disparue : ➤ pour les actiniaires (-1 espèce) : • <i>Discosoma</i> sp. (A0/-1).	<input checked="" type="checkbox"/>
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➤ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Actinopyga lecanora</i> (A1).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➤ pour les échinides : • <i>Diadema setosum</i> (A1/-1)
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➤ pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Pteria penguin</i> (A3). Une espèce de mollusques disparue : ➤ pour les nudibranches (-1 espèce) : • <i>Halgerda</i> sp. (A0/-1).	2 espèces de mollusques diminuent d'abondance : ➤ pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Pedum spondyloideum</i> (A2/- 1) ; ➤ pour les gastéropodes (1 espèce) : • <i>Astraea rhodostoma</i> (A1/- 1).
Eponges	
<input checked="" type="checkbox"/>	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : • <i>Hamigera strongylata</i> (A1/- 1).
Ascidies	
1 nouvelle espèce d'ascidies recensée : • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A1)	<input checked="" type="checkbox"/>
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

4.6.2.3 Benthos Transect 06 C

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST06C est composée de :

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

Tableau n°56 : *Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST06C)*

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) Une espèce d'algue disparue, l'algue rouge : • <i>Plocamium</i> sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente ni ne diminue
Cyanobactéries	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : ➤ pour les actiniaires (-1 espèce) : • <i>Discosoma</i> sp. (A0/-1).	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➤ pour les zoanthaires : • <i>Palythoa tuberculosa</i> (A2/+1)
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➤ pour les échinides (1 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A1) Une espèce d'échinodermes disparue : ➤ pour les holothurides (-1 espèce) : • <i>Thelenota anax</i> (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➤ pour les échinides (1 espèce) : • <i>Echinometrix diadema</i> (A2/+1)
Mollusques	
3 espèces de mollusques disparues : ➤ pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Pedum spondyloideum</i> (A0/-2) ; ➤ pour les gastéropodes (-2 espèce) : • <i>Coralliophila violacea</i> (A0/-2), • <i>Astraea rhodostoma</i> (A0/-1).	<input checked="" type="checkbox"/>
Eponges	
<input checked="" type="checkbox"/>	2 espèces d'éponges augmentent d'abondance : •Spongiaires ind. (noire) (A3/+ 1), • <i>Sphaciospongia vagabunda</i> (A2/+ 1)
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A2) Une espèce d'ascidies disparue : • <i>Polycarpa aurita</i> (A0/-2).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : • <i>Polycarpa clavata</i> (A1/- 1).
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



4.6.3 Les poissons (ST06)

La liste des espèces observées⁹ sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 57](#).

Tableau n°57 : 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 blochii</i>	3	0,05	5,83				1	0,01	2,00	1,33	0,02	2,61
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>							1	0,01	3,91	0,33	0,00	1,30
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	15	0,19	30,00	8	0,11	13,33	10	0,10	11,66	11,00	0,13	18,33
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	2	0,04	1,38							0,67	0,01	0,46
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	3	0,06	1,60	2	0,04	1,38	2	0,03	1,37	2,33	0,04	1,45
Aca	<i>Naso annulatus</i>	5	0,10	1,02							1,67	0,03	0,34
Aca	<i>Naso unicornis</i>	4	0,08	145,8							1,33	0,03	48,60
Aca	<i>Zebbrasoma scopas</i>							1	0,01	0,43	0,33	0,00	0,14
Aca	<i>Zebbrasoma veliferum</i>	3	0,06	4,05							1,00	0,02	1,35
Car	<i>Caranx ignobilis</i>							1	0,02	333,33	0,33	0,01	111,11
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>				2	0,03	0,20				0,67	0,01	0,07
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>				2	0,04	0,27				0,67	0,01	0,09
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	5	0,17	0,72							1,67	0,06	0,24
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>				4	0,13	3,55				1,33	0,04	1,18
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	6	0,20	0,86							2,00	0,07	0,29
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>	5	0,17	0,72							1,67	0,06	0,24
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	3	0,10	1,02							1,00	0,03	0,34
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>				1	0,01	0,15				0,33	0,00	0,05
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	3	0,10	0,69							1,00	0,03	0,23
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>				1	0,01	0,10				0,33	0,00	0,03
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	4	0,08	1,60							1,33	0,03	0,53
Cha	<i>Coradion altivelis</i>	5	0,10	4,39							1,67	0,03	1,46
Epi	<i>Cromileptes altivelis</i>				2	0,03	45,56				0,67	0,01	15,19
Epi	<i>Epinephelus fasciatus</i>				2	0,03	6,95	2	0,03	7,81	1,33	0,02	4,92
Epi	<i>Plectropomus laevis</i>							4	0,03	416,57	1,33	0,01	138,86
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>				3	0,04	124,78	5	0,04	154,29	2,67	0,02	93,02
Hae	<i>Plectorhinchus chaetodonoides</i>				1	0,01	26,04				0,33	0,00	8,68
Lab	<i>Coris gaimard</i>	2	0,04	0,58							0,67	0,01	0,19
Lab	<i>Gomphosus varius</i>	3	0,06	0,61	1	0,01	0,21				1,33	0,02	0,27
Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>	1	0,02	0,88							0,33	0,01	0,29
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	2	0,04	6,40	1	0,01	0,96	1	0,01	0,43	1,33	0,02	2,60
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>				5	0,17	0,42				1,67	0,06	0,14
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>							1	0,01	0,05	0,33	0,00	0,02
Lab	<i>Thalassoma amblycephalum</i>	30	0,43	4,39							10,00	0,14	1,46
Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	10	0,14	1,46							3,33	0,05	0,49
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	10	0,14	0,62	4	0,06	0,25	2	0,03	0,17	5,33	0,08	0,35
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	10	0,14	0,98	3	0,06	0,61				4,33	0,07	0,53
Lut	<i>Aprion virescens</i>							5	0,03	190,56	1,67	0,01	63,52
Lut	<i>Lutjanus adetii</i>				20	1,00	81,92	20	0,25	20,48	13,33	0,42	34,13
Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>	2	0,03	0,99				3	0,04	1,65	1,67	0,02	0,88
Mul	<i>Parupeneus indicus</i>							2	0,03	1,69	0,67	0,01	0,56
Mul	<i>Parupeneus spilurus</i>	3	0,06	4,05							1,00	0,02	1,35
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	5	0,10	2,00	4	0,13	4,61	1	0,01	0,33	3,33	0,08	2,31
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	4	0,08	0,55	3	0,06	0,08				2,33	0,05	0,21
Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	3	0,06	0,26	2	0,03	0,04	2	0,03	0,06	2,33	0,04	0,12
Poc	<i>Centropyge flavissima</i>							1	0,01	0,09	0,33	0,00	0,03
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	5	0,10	0,25	3	0,06	0,08	3	0,04	0,09	3,67	0,07	0,14

⁹ Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. [annexe 01](#).





Poc	<i>Pomacanthus imperator</i>				1	0,02	6,25				0,33	0,01	2,08
Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>	5	0,10	0,25							1,67	0,03	0,08
Pom	<i>Chromis fumea</i>	20	0,40	0,51	30	0,43	0,55	20	0,25	0,32	23,33	0,36	0,46
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	5	0,10	0,05	4	0,06	0,03	2	0,03	0,01	3,67	0,06	0,03
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>	15	0,30	0,38	15	0,21	0,12				10,00	0,17	0,17
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	200	4,00	5,12	20	0,40	0,22	10	0,13	0,07	76,67	1,51	1,80
Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>				10	0,14	0,08	5	0,06	0,08	5,00	0,07	0,05
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	5	0,10	0,25	6	0,09	0,11	2	0,03	0,03	4,33	0,07	0,13
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>	4	0,08	2,13	7	0,14	4,84				3,67	0,07	2,32
Sca	<i>Scarus ghobban</i>				2	0,04	17,56				0,67	0,01	5,85
Sca	<i>Scarus niger</i>				1	0,02	6,25				0,33	0,01	2,08
Sca	<i>Scarus psittacus</i>	8	0,16	25,60							2,67	0,05	8,53
Sca	<i>Scarus rivulatus</i>	2	0,04	12,50							0,67	0,01	4,17
Sca	<i>Scarus schlegeli</i>	2	0,04	3,93							0,67	0,01	1,31
Sco	<i>Scomberomorus commerson</i>							1	0,01	221,83	0,33	0,00	73,94
Sig	<i>Siganus corallinus</i>	4	0,08	3,52	2	0,03	0,57				2,00	0,04	1,36
Sig	<i>Siganus dolliaius</i>	2	0,04	1,76							0,67	0,01	0,59
Sig	<i>Siganus vulpinus</i>	3	0,06	2,64							1,00	0,02	0,88
Zan	<i>Zanclus cornutus</i>	3	0,06	2,64							1,00	0,02	0,88
Total		434	8,50	284,99	172	3,66	348,05	108	1,24	1369,33	238,00	4,47	667,45
Biodiversité		42			32			26			66		
Indice de Shannon =		4,368											
Equitabilité =		0,723											

Sur l'ensemble des transects de la station, 1 428 individus appartenant à 66 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 4.47 poissons/m² pour une biomasse de 667.45 g/m².

132 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. [tableau 58](#)).

Tableau n°58 : Liste des espèces complémentaires (ST06)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	Hae	<i>Plectorhinchus picus</i>	Nem	<i>Pentapodus aureofasciatus</i>
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>	Hol	<i>Sargocentron ensifer</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	Hol	<i>Sargocentron melanospilos</i>	Pin	<i>Parapercis hexophthalma</i>
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	Lab	<i>Anampses femininus</i>	Ple	<i>Assessor macneilli</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Lab	<i>Anampses neoguinaicus</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>
Aca	<i>Naso annulatus</i>	Lab	<i>Bodianus axillaris</i>	Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>
Aca	<i>Naso lopezi</i>	Lab	<i>Bodianus diana</i>	Poc	<i>Centropyge flavissima</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Lab	<i>Cheilinus fasciatus</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Cirrhilabrus punctatus</i>	Poc	<i>Pomacanthus imperator</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Cirrhilabrus scottorum</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon leucogaster</i>
Apo	<i>Apogon aureus</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>
Apo	<i>Apogon doederleini</i>	Lab	<i>Coris dorsomacula</i>	Pom	<i>Chromis amboinensis</i>
Apo	<i>Apogon fucata</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Pom	<i>Chromis fumea</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Chromis margaritifera</i>
Bal	<i>Sufflamen chrysopterus</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Cae	<i>Pterocaesio pisang</i>	Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopeion</i>	Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>
Car	<i>Caranx ignobilis</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon johnstonianus</i>
Car	<i>Gnathanodon speciosus</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lab	<i>Oxycheilinus celebicus</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	Lab	<i>Oxycheilinus unifasciatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus philippinus</i>



Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>	Lab	<i>Thalassoma amblycephalum</i>	Pom	<i>Pomacentrus simsiang</i>
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	Pri	<i>Priacanthus hamrur</i>
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Sca	<i>Cetoscarus ocellatus</i>
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Sca	<i>Cetoscarus ocellatus</i>
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Lab	<i>Thalassoma nigrofasciatum</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Let	<i>Monotaxis grandoculis</i>	Sca	<i>Scarus altipinnis</i>
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	Lut	<i>Aprion virescens</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cha	<i>Coradion altivelis</i>	Lut	<i>Lutjanus adetii</i>	Sca	<i>Scarus globiceps</i>
Cha	<i>Heniochus varius</i>	Lut	<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	Sca	<i>Scarus niger</i>
Cir	<i>Cirrhitichthys falco</i>	Lut	<i>Lutjanus bohar</i>	Sca	<i>Scarus oviceps</i>
Cir	<i>Paracirrhites arcatus</i>	Lut	<i>Lutjanus fulviflamma</i>	Sca	<i>Scarus psittacus</i>
Cir	<i>Paracirrhites forsteri</i>	Lut	<i>Lutjanus fulvus</i>	Sca	<i>Scarus rivulatus</i>
Epi	<i>Cephalopholis miniata</i>	Lut	<i>Macolor niger</i>	Sca	<i>Scarus rubroviolaceus</i>
Epi	<i>Cromileptes altivelis</i>	Mic	<i>Gunnellichthys viridescens</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Epi	<i>Epinephelus cyanopodus</i>	Mic	<i>Ptereleotris evides</i>	Sco	<i>Scomberomorus commerson</i>
Epi	<i>Epinephelus fasciatus</i>	Mic	<i>Ptereleotris microlepis</i>	Scr	<i>Sebastapistes strongia</i>
Epi	<i>Epinephelus merra</i>	Mon	<i>Amanes scopas</i>	Sig	<i>Siganus corallinus</i>
Epi	<i>Plectropomus laevis</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>	Sig	<i>Siganus dolliatus</i>
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Mul	<i>Parupeneus ciliatus</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Hae	<i>Plectorhinchus chaetodonoides</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	Syn	<i>Synodus variegatus</i>
Hae	<i>Plectorhinchus lessonii</i>	Mul	<i>Parupeneus spilurus</i>	Zan	<i>Zanclus cornutus</i>

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le [tableau 59](#) et spécifiquement pour cette campagne sur la [figure 41](#).

Tableau n°59 : Nombre d'espèces par famille ichthyologique (ST06)

Familles	Nb d'espèces		Moyenne depuis 2007	±
	2017 a	2017 b		
Acanthuridae	9	9	6,89	0,92
Anthiinae	0	0	1,16	0,32
Blenniidae	0	0	0,74	0,30
Caesionidae	1	0	0,47	0,28
Canthigasteridae	1	0	0,53	0,24
Carangidae	0	1	0,53	0,47
Chaetodontidae	11	12	6,79	1,30
Epinephelinae	6	4	3,89	0,73
Haemulidae	1	1	0,63	0,31
Labridae	9	10	8,11	1,04
Lethrinidae	1	0	0,79	0,47
Lutjanidae	2	2	1,84	0,81
Microdesmidae	0	0	0,47	0,32
Monacanthidae	0	0	0,11	0,14
Mullidae	1	3	1,37	0,49
Nemipteridae	1	1	0,95	0,11
Pomacanthidae	5	5	4,16	0,51
Pomacentridae	7	7	5,37	0,67
Pseudochromidae	0	0	0,05	0,11
Scaridae	9	6	4,26	0,93
Scombridae	0	1	0,05	0,11



Siganidae	1	3	1,16	0,38
Zanclidae	1	1	0,16	0,17
Total espèces	66	66	50,47	5,23
Total familles	16	15	14,84	0,84

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 – à cette campagne est effectuée (cf. [tableau 60](#)), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires.

Tableau n°60 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST06)

L'hypothèse nulle Ho :	Test	χ^2 obs	ddl	χ^2 à 0,95	nb de familles
« Les colonnes sont elles identiques ? »	χ^2	304	396	480	15/23

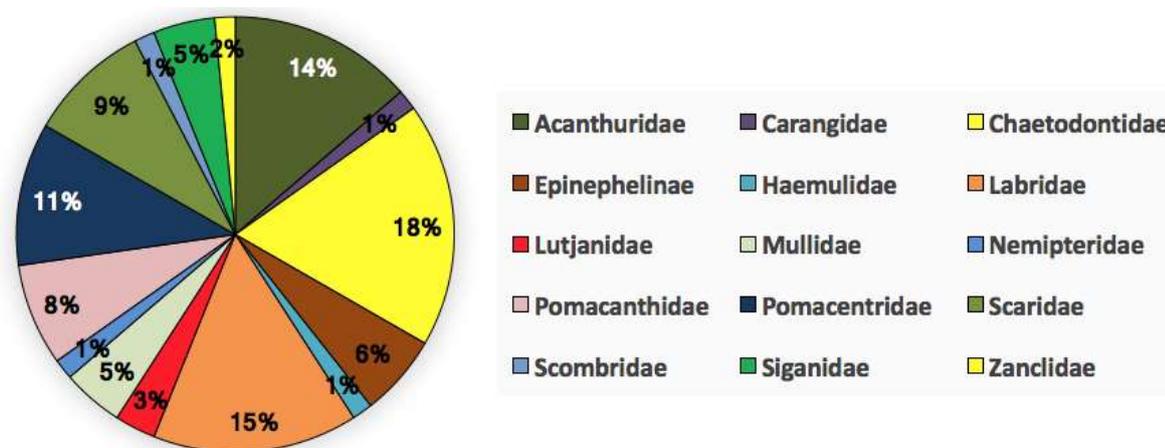


Figure n°41 : Richesse spécifique (%) par famille de poissons, pour cette mission (ST06)

Le récapitulatif des résultats en terme 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 sont présentés dans le [tableau 61](#) et la [figure 42](#).

L'écart relatif à la moyenne [$E_r = (X_i - X_m) / X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. [tableau 62](#) et représentation [figure 43](#).

Tableau n°61 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	7 024,9	0,8	107402,5	133,7	314,6	616,5
Ecart type	83,8	0,9	327,7	11,6	17,7	24,8
Moyenne	164,7	2,3	414,9	50,8	78,3	111,3
Coef. de Var.	0,5	0,4	0,8	0,2	0,2	0,2

Tableau n°62 : 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	
2017 b	Transect A	434	8,50	284,99	42			
	Transect B	172	3,66	348,05	32			
	Transect C	108	1,24	1369,33	26			
	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	

Commentaires :

- La densité est forte.
- La biomasse est au-dessus de la moyenne. Le 1/3 est dû aux Saumonées *Plectropomus laevis* et non *P. leopardus* comme lors de la dernière mission (par nature, *P. laevis* se positionne souvent plus loin des plongeurs que *P. leopardus* si bien que sa biomasse vue par le prisme du TLV est plus faible) et 1/6 à une baoum (*Caranx ignobilis*) occasionnelle. Les rougets de nuit (*Lutjanus adetii*) sont restés proches du massif contaminant situé par le travers du transect C.
- Ces fluctuations du paramètre de biomasse traduisent donc des fluctuations comportementales de quelques espèces, au premier rang desquelles on trouve les saumonées, puis les carangues et les mékouas.
- La biodiversité est toujours très stable.

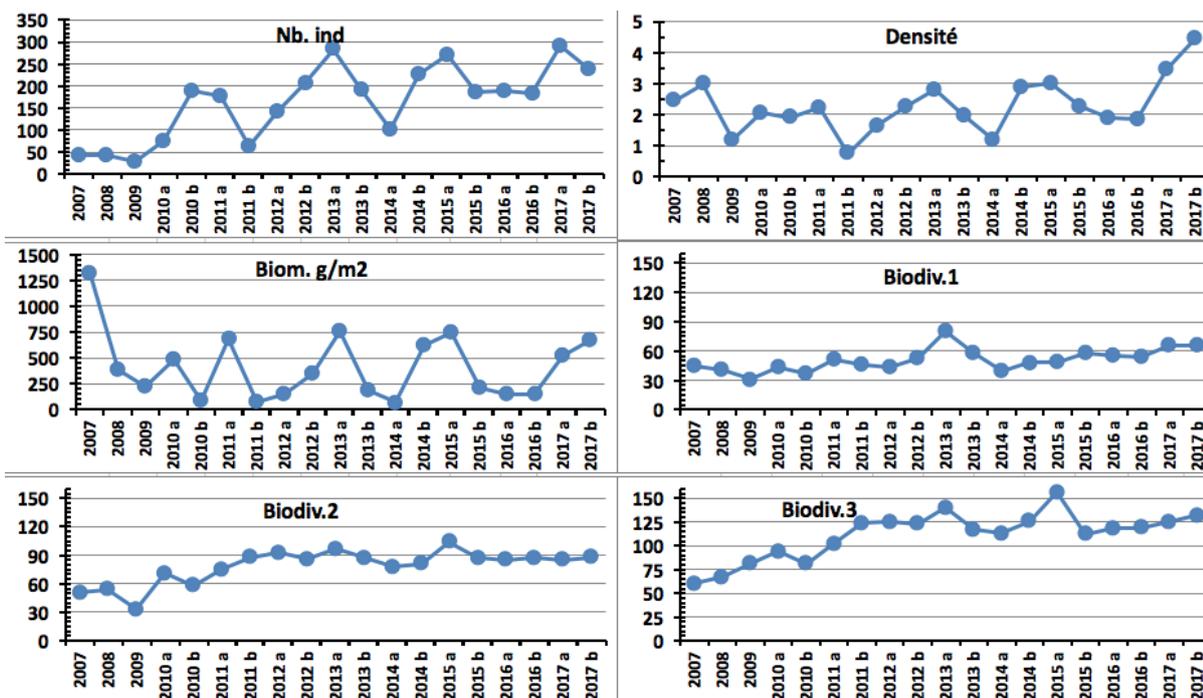


Figure n°42 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06)

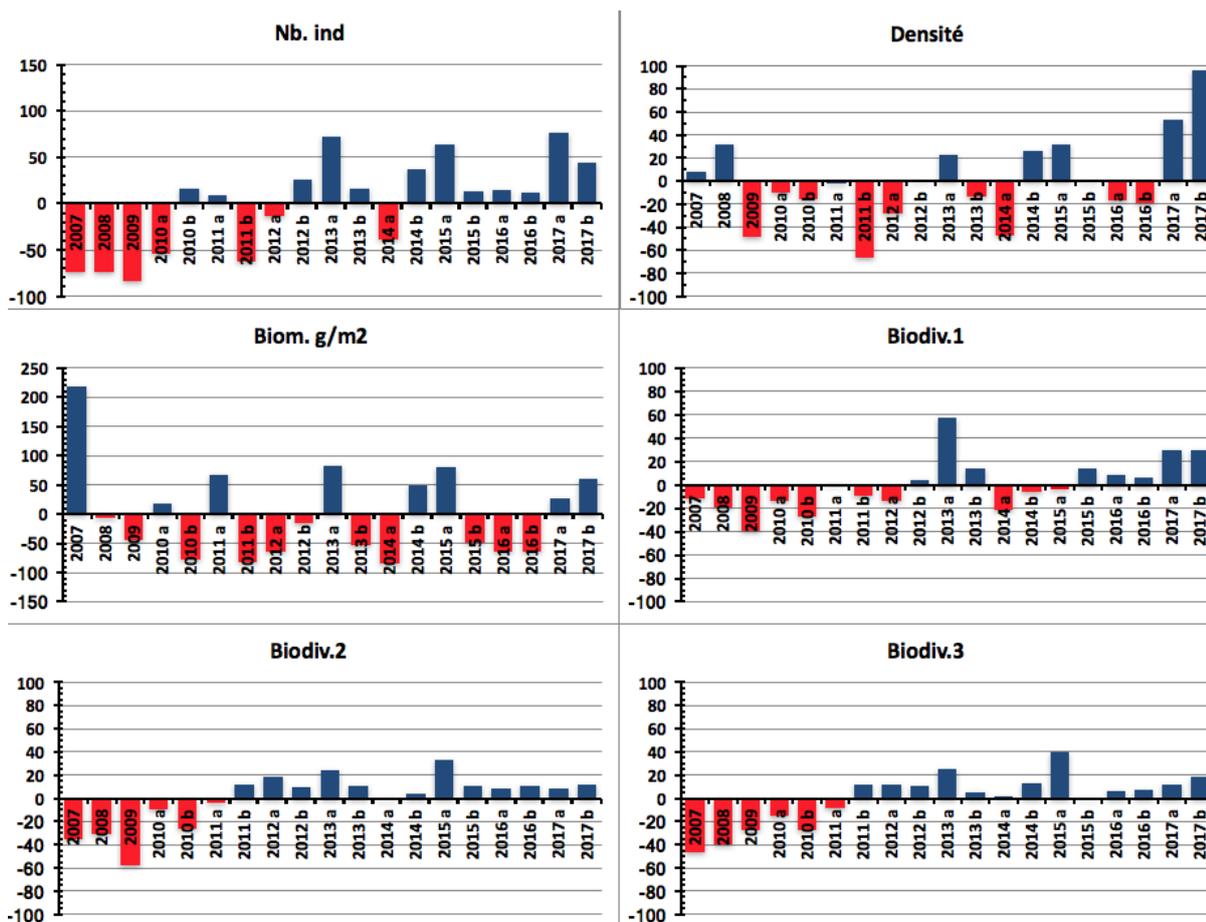


Figure n°43 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06)



4.7 Station 07 = Basse Chambeyron

Localisation géographique	Dans la partie ouest du récif ennoyé de Basse Chambeyron. C'est un banc isolé, totalement ennoyé (cf. photographie 20) 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 scléactiniaires 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
- ↗ 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 & 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 et en bas de pente récifale (mortalité corallienne importante)
- ↗ Les spongiaires (*Cliona jullieni* et *C. orientalis*) sont relativement bien développées et colonisent les blocs coralliens et les massifs coralliens vivants
- ↗ Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (diversité et abondance variables selon les missions)
- ↗ Les crinoïdes privilégient également ce type de biotope balayé par les courants de marée
- ↗ Richesse spécifique et abondance des macrophytes qui varient selon les saisons
- ↗ Absence de l'algue brune *Lobophora variegata*
- ↗ Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A

Variations entre avril et septembre 2017

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 27.5% au transect A, 7,5% en B et 2% 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%
- Lésions coralliennes : maladie de la bande blanche en A & B (respectivement 1 m² pour 3 colonies et 0.2 m² pour 1 colonie). L'espèce concernée est *Acropora* tabulaire
- Dégradations mécaniques (Winston 2016, Cook et Donna 2017) avec remobilisation en B & C. De nombreuses colonies ne sont plus fixées sur le substrat (remobilisation des débris et colonies par la houle et le ressac)

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : recouvrement en augmentation en A (niveau 0 à 2) et en baisse en C (niveau 2 à 0). Elles se

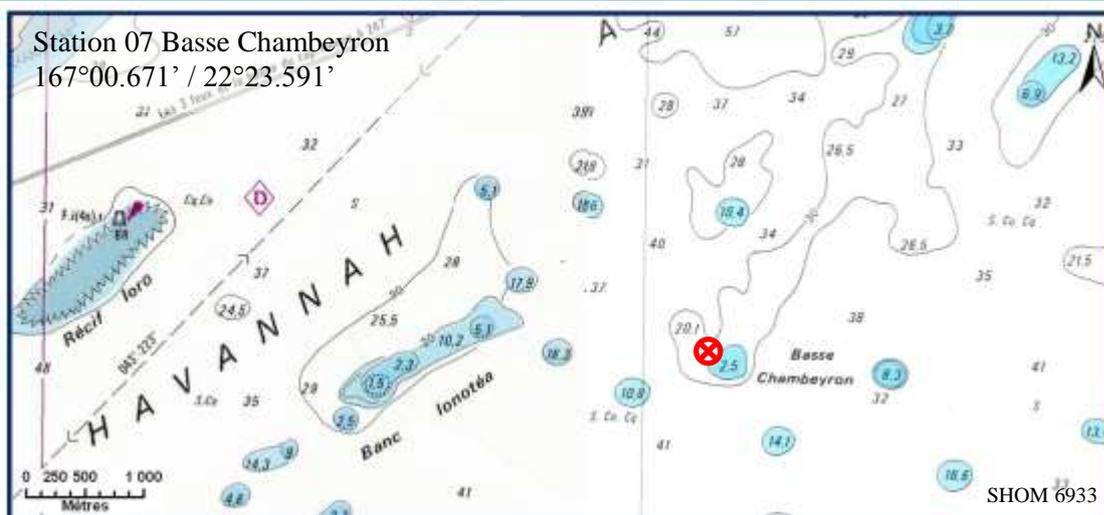


développent sur les colonies mortes en place (surtout *Acropora*)

- 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
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : le recouvrement est en forte augmentation aux 3 transects (respectivement 0/2/0 à 5/3/3)
- *Cliona orientalis* : augmentation en A & B (respectivement niveau 2/3 à 3/4)
- *Cliona jullieni* : augmentation en C (niveau 1 à 2)

Les corallivores :

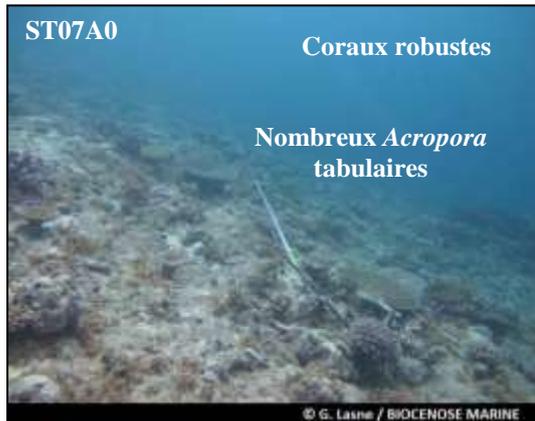
- Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*
- Absence de *Drupella cornus*



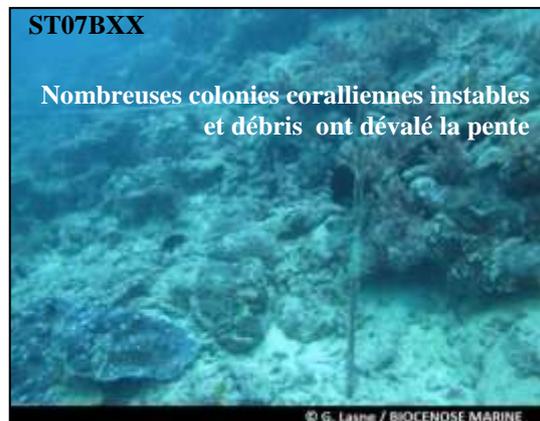
Carte n°09 : Localisation de la station 07 (Basse Chambeyron)



Photo n°20 : Position en surface (ST07)



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



Nombreux débris et colonies coralliennes arrachées et remobilisées



Nombreux débris corallien en milieu et bas de pente récifale

Photo n°21 : Vue d'ensemble des transects (ST07)

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.

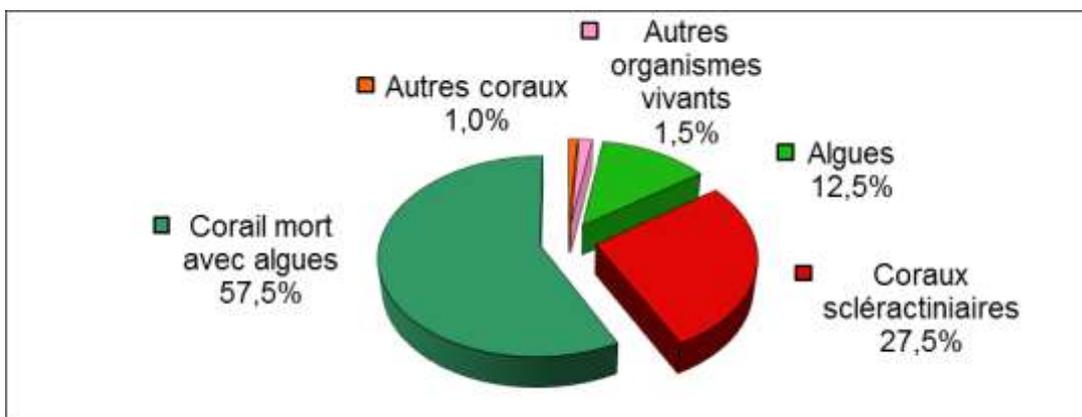


Figure n°44 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07A*

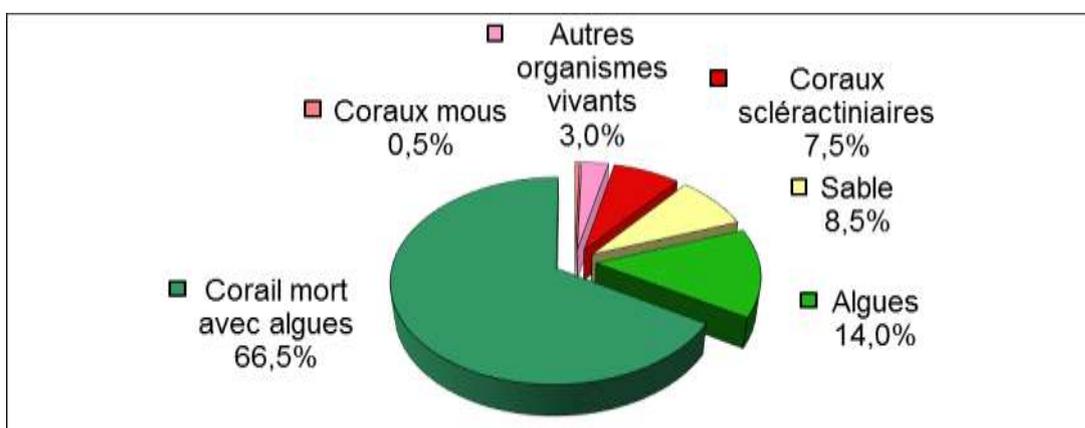


Figure n°45 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07B*

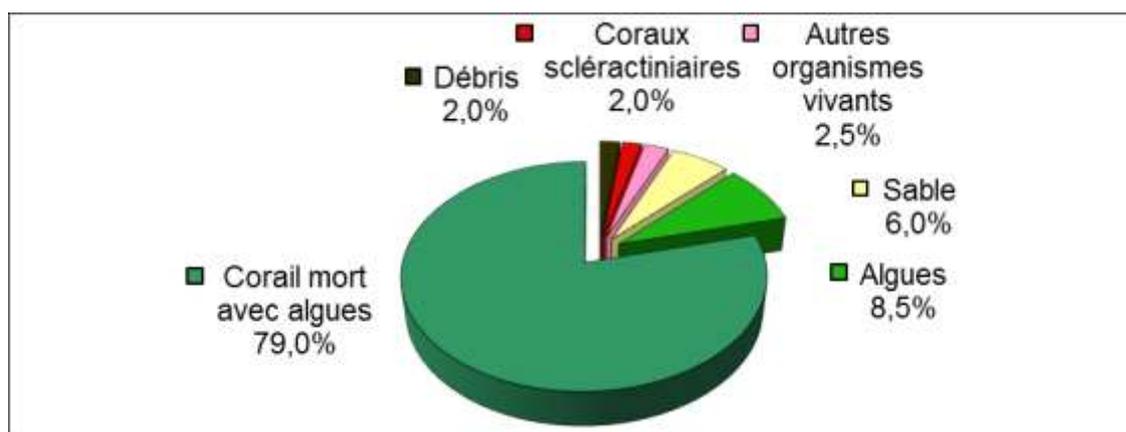


Figure n°46 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07C*

Cette station a un substrat qui est très biotique (100%, puis 91.5% et 92%). 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 (légère hausse) et faiblement en dessous (respectivement 27.5% vs 21.5% en avril, 7.5% et 2%).

A noter : Absence des coraux blancs pour cette mission aux 3 transects, mais **retour des cyanobactéries : 2.5% en B et 0.5% en 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 04.

En septembre 2017, la richesse spécifique de la station Basse Chambeyron (ST07) est composée de :

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

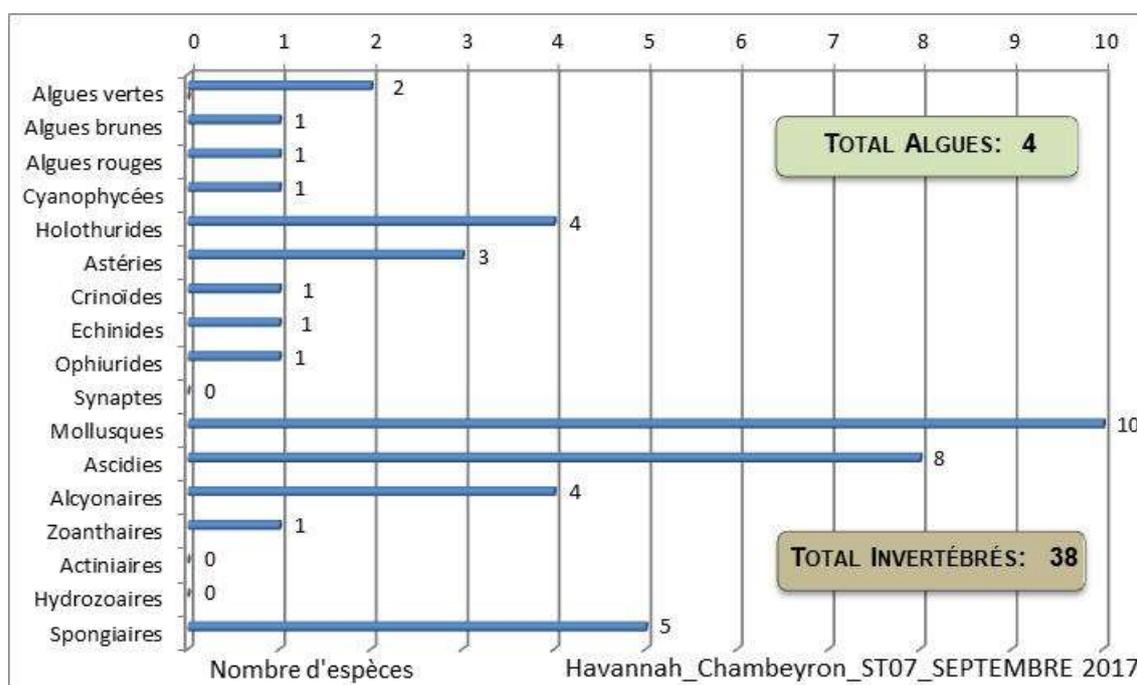


Figure n°47 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST07)

4.7.2.1 Benthos Transect 07 A

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST07A est composée de :

- 19 espèces d'invertébrés dont 6 espèces de mollusques ; 2 espèces de cnidaires : alcyonaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 3 espèces d'échinodermes : astéries (1 taxon), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon) ; 2 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies
- 3 espèces de macrophytes : algues brunes (1 taxon), algues rouges (1 taxon), algues vertes (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries. Tous les groupes sont représentés.

Tableau n°63 : Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST07A)

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> (A5) ; 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	
1 nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : • <i>Phormidium</i> sp. (A2)	<input checked="" type="checkbox"/>
Cnidaires	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées :	<input checked="" type="checkbox"/>

<ul style="list-style-type: none"> ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : •<i>Simularia</i> sp. (A2) ; ➤ pour les zoanthaires (1 espèce) : •<i>Palythoa tuberculosa</i> (A2). Une espèce de cnidaires disparue :	
<ul style="list-style-type: none"> ➤ pour les alcyonaires (-1 espèce) : •<i>Lobophytum</i> sp. (A0/-2). 	
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : <ul style="list-style-type: none"> ➤ pour les astéries (1 espèce) : •<i>Gomophia egyptiaca</i> (A1). 3 espèces d'échinodermes disparues : <ul style="list-style-type: none"> ➤ pour les astéries (-1 espèce) : •<i>Nardoa gomophia</i> (A0/-1) ; ➤ pour les échinides (-1 espèce) : •<i>Echinometra mathaei</i> (A0/-2) ; ➤ pour les holothurides (-1 sp) : •<i>Actinopyga palauensis</i> (A0/-1) 	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : <ul style="list-style-type: none"> ➤ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2/- 1).
Mollusques	
3 espèces de mollusques disparues : <ul style="list-style-type: none"> ➤ pour les gastéropodes (-3 espèce) : •<i>Drupa ricinus</i> (A0/-1), •<i>Lambis truncata</i> (A0/-1), •<i>Turbo argyrostomus</i> (A0/-1). 	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : <ul style="list-style-type: none"> ➤ pour les gastéropodes (1 espèce) : •<i>Astraea rhodostoma</i> (A1/- 1)
Eponges	
<input checked="" type="checkbox"/>	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : <ul style="list-style-type: none"> •<i>Cliona orientalis</i> (A3/+ 1).
Ascidies	
3 nouvelles espèces d'ascidies recensées : • <i>Didemnum molle</i> (A2), • <i>Clavelina detorta</i> (A2), • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A2).	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : <ul style="list-style-type: none"> •<i>Polycarpa aurita</i> (A3/+ 1), •<i>Polycarpa nigricans</i> (A4/+ 1).
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

4.7.2.2 Benthos Transect 07 B

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST07B est composée de :

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

Tableau n°64 : Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST07B)

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>Dictyota</i> sp. (A0/-2) ; et l'algue rouge : • <i>Plocamium</i> sp. (A0/-2).	Une espèce d'algue recensée et l'algue rouge : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A3/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cnidaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : <ul style="list-style-type: none"> ➤ pour les astéries (1 espèce) : •<i>Gomophia egyptiaca</i> (A1). 6 espèces d'échinodermes disparues : ➤ pour les astéries (-2 espèce) : • <i>Fromia monilis</i> (A0/-1), • <i>Nardoa gomophia</i> (A0/-2) ; <ul style="list-style-type: none"> ➤ pour les échinides (-3 espèce) : •<i>Diadema setosum</i> (A0/-2), •<i>Echinometra mathaei</i> (A0/-2), •<i>Echinostrephus aciculatus</i> (A0/-2) ; ➤ pour les holothurides (-1 espèce) : •<i>Thelenota ananas</i> (A0/-1). 	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : <ul style="list-style-type: none"> ➤ pour les holothurides (1 espèce) : •<i>Holothuria edulis</i> (A1/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : <ul style="list-style-type: none"> ➤ pour les gastéropodes (1 espèce) : •<i>Charonia tritonis</i> (A1). 3 espèces de mollusques disparues :	<input checked="" type="checkbox"/>

➤ pour les gastéropodes (-3 espèce) : • <i>Coralliophila violacea</i> (A0/-2), • <i>Tectus pyramis</i> (A0/-1), • <i>Astraea rhodostoma</i> (A0/-1).	
Eponges	
Une espèce d'éponges disparue : •Spongiaires ind. (noire) (A0/-2)	1 sp augmente d'abondance : • <i>Cliona orientalis</i> (A4/+1)
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : • <i>Didemnum</i> sp. (blanche) (A0/-2).	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A2/+ 1), • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A2/+ 1)
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

4.7.2.3 Benthos Transect 07 C

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST07C est composée de :

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

Tableau n°65 : Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST07C)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
1 nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue rouge : • <i>Asparagopsis taxiformis</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).	<input checked="" type="checkbox"/>
Cnidaires	
4 espèces de cnidaires disparues : ➤ pour les alcyonaires (-4 espèce) : • <i>Lobophytum</i> sp. (A0/-1), • <i>Sarcophyton</i> sp. (A0/-2), • <i>Dendronephthya</i> sp. (A0/-2), • <i>Chironephthya</i> sp. (A0/-1).	<input checked="" type="checkbox"/>
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➤ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Thelenota anax</i> (A1). 8 espèces d'échinodermes disparues : ➤ pour les astéries (-3 espèce) : • <i>Fromia indica</i> (A0/-1), • <i>Fromia monilis</i> (A0/-1), • <i>Linckia multifora</i> (A0/-1) ; ➤ pour les échinides (-3 sp) : • <i>Diadema setosum</i> (A0/-2), • <i>Echinometra mathaei</i> (A0/-2), • <i>Echinostrephus aciculatus</i> (A0/-2) ➤ pour les holothurides (-2 sp) : • <i>Actinopyga palauensis</i> (A0/-1), • <i>Holothuria edulis</i> (A0/-2)	<input checked="" type="checkbox"/>
Mollusques	
2 espèces de mollusques disparues : ➤ pour les gastéropodes : • <i>Coralliophila violacea</i> (A0/-2), • <i>Astraea rhodostoma</i> (A0/-1)	<input checked="" type="checkbox"/>
Eponges	
2 nouvelles espèces d'éponges recensées : •Spongiaires ind. (orange) (A2), • <i>Sphēciospongia vagabunda</i> (A2). 3 espèces d'éponges disparues : • <i>Cymbastella cantharella</i> (A0/-1), •Spongiaires ind. (noire) (A0/-2), • <i>Clathria rugosa</i> (A0/-1).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : • <i>Cliona jullienei</i> (A2/+ 1).
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : • <i>Clavelina detorta</i> (A2).	3 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : • <i>Polycarpa aurita</i> (A3/+ 1), • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A2/+ 1), • <i>Polycarpa nigricans</i> (A4/+ 1).
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>



4.7.3 Les poissons (ST07)

La liste des espèces observées¹⁰ sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 66](#).

Tableau n°66 : 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 dussumieri</i>							1	0,01	5,40	0,33	0,00	1,80
Aca	<i>Acanthurus mata</i>				10	0,07	9,80	20	0,20	32,00	10,00	0,09	13,93
Aca	<i>Acanthurus olivaceus</i>	2	0,03	4,57							0,67	0,01	1,52
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	1	0,01	0,49							0,33	0,00	0,16
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	3	0,04	0,86							1,00	0,01	0,29
Aca	<i>Naso brachycentron</i>							10	0,07	78,39	3,33	0,02	26,13
Aca	<i>Naso lopezi</i>							8	0,07	57,17	2,67	0,02	19,06
Aca	<i>Naso tonganus</i>							15	0,11	57,86	5,00	0,04	19,29
Aca	<i>Naso unicornis</i>							3	0,03	54,68	1,00	0,01	18,23
Aca	<i>Paracanthurus hepatus</i>				3	0,02	1,03				1,00	0,01	0,34
Aca	<i>Zebrosoma scopas</i>	1	0,01	0,21	1	0,01	0,09				0,67	0,01	0,10
Ant	<i>Pseudanthias cooperi</i>				15	0,19	1,29	15	0,19	1,29	10,00	0,13	0,86
Ant	<i>Pseudanthias pascalus</i>	15	0,25	1,72							5,00	0,08	0,57
Ant	<i>Pseudanthias pictilis</i>	20	0,33	2,29							6,67	0,11	0,76
Ant	<i>Pseudanthias pleurotaenia</i>	30	0,43	2,94							10,00	0,14	0,98
Ant	<i>Pseudanthias squamipinnis</i>							20	0,20	2,05	6,67	0,07	0,68
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	1	0,02	0,04							0,33	0,01	0,01
Can	<i>Canthigaster valentini</i>				1	0,01	0,02				0,33	0,00	0,01
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	2	0,03	0,76							0,67	0,01	0,25
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	3	0,04	0,29							1,00	0,01	0,10
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	3	0,04	0,29				2	0,03	0,11	1,67	0,02	0,13
Cha	<i>Chaetodon lineolatus</i>	2	0,03	3,33							0,67	0,01	1,11
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	3	0,04	0,29							1,00	0,01	0,10
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	1	0,01	0,06							0,33	0,00	0,02
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>							1	0,01	0,09	0,33	0,00	0,03
Epi	<i>Epinephelus cyanopodus</i>							1	0,01	17,86	0,33	0,00	5,95
Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>	1	0,01	3,13	1	0,01	1,95				0,67	0,01	1,69
Epi	<i>Epinephelus merra</i>	1	0,01	0,21							0,33	0,00	0,07
Epi	<i>Epinephelus polyphkadion</i>							1	0,01	27,00	0,33	0,00	9,00
Epi	<i>Plectropomus laevis</i>							1	0,01	13,02	0,33	0,00	4,34
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>				1	0,01	8,00	2	0,01	18,29	1,00	0,01	8,76
Epi	<i>Variola louti</i>				1	0,01	3,38				0,33	0,00	1,13
Lab	<i>Bodianus perditio</i>				1	0,01	1,95	1	0,01	5,40	0,67	0,01	2,45
Lab	<i>Coris gaimard</i>	1	0,01	0,21							0,33	0,00	0,07
Lab	<i>Gomphosus varius</i>	3	0,04	0,44							1,00	0,01	0,15
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>				3	0,02	0,02				1,00	0,01	0,01
Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	7	0,10	0,69							2,33	0,03	0,23
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	5	0,07	0,31	5	0,03	0,32				3,33	0,03	0,21
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	5	0,07	0,31							1,67	0,02	0,10
Let	<i>Gymnocranius sp</i>							1	0,01	4,50	0,33	0,00	1,50
Lut	<i>Aprion virescens</i>				1	0,01	8,00	3	0,02	30,38	1,33	0,01	12,79

¹⁰ Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. [annexe 01](#).



Lut	<i>Lutjanus bohar</i>							3	0,02	21,33	1,00	0,01	7,11
Mic	<i>Ptereleotris evides</i>	1	0,01	0,02							0,33	0,00	0,01
Mul	<i>Parupeneus indicus</i>							2	0,02	3,20	0,67	0,01	1,07
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>				3	0,02	0,43				1,00	0,01	0,14
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	2	0,03	0,04	2	0,02	0,04	4	0,04	0,05	2,67	0,03	0,04
Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	1	0,01	0,02	3	0,03	0,03	3	0,03	0,04	2,33	0,02	0,03
Poc	<i>Centropyge flavissima</i>	2	0,03	0,07							0,67	0,01	0,02
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	3	0,04	0,05	3	0,03	0,03	3	0,03	0,04	3,00	0,03	0,04
Poc	<i>Pomacanthus imperator</i>				1	0,01	2,60				0,33	0,00	0,87
Poc	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>							1	0,01	4,50	0,33	0,00	1,50
Poc	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>				1	0,01	1,33				0,33	0,00	0,44
Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>	4	0,06	0,14	3	0,03	0,06				2,33	0,03	0,07
Pom	<i>Chromis fumea</i>	20	0,33	0,18	25	0,21	0,11	30	0,30	0,16	25,00	0,28	0,15
Pom	<i>Chromis viridis</i>	20	0,33	0,18	20	0,17	0,09				13,33	0,17	0,09
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>	10	0,17	0,09	10	0,08	0,05	10	0,17	0,09	10,00	0,14	0,08
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	8	0,13	0,07	10	0,08	0,05	10	0,10	0,05	9,33	0,11	0,06
Pom	<i>Neopomacentrus azysron</i>				20	0,17	0,09				6,67	0,06	0,03
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	2	0,03	0,04	3	0,03	0,03				1,67	0,02	0,02
Pom	<i>Stegastes aureus</i>	1	0,01	0,10	5	0,04	0,18				2,00	0,02	0,09
Sca	<i>Cetoscarus ocellatus</i>				1	0,01	4,50	1	0,01	8,00	0,67	0,00	4,17
Sca	<i>Chlorurus microrhinos</i>							2	0,01	20,25	0,67	0,00	6,75
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>	3	0,04	1,48	3	0,03	1,10				2,00	0,02	0,86
Sca	<i>Scarus forsteni</i>				1	0,01	0,68				0,33	0,00	0,23
Sca	<i>Scarus ghobban</i>				1	0,01	1,77				0,33	0,00	0,59
Sca	<i>Scarus niger</i>				1	0,01	1,33				0,33	0,00	0,44
Sca	<i>Scarus schlegeli</i>				1	0,01	1,14	1	0,01	1,95	0,67	0,00	1,03
Sig	<i>Siganus fuscescens</i>				4	0,03	1,83				1,33	0,01	0,61
Total		187	2,90	25,92	164	1,38	53,34	175	1,72	465,12	175,33	2,00	181,46
Biodiversité		34		33			29			68			
Indice de Shannon =		4,983											
Equitabilité =		0,819											

Sur l'ensemble des transects de la station, 526 individus appartenant à 68 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 2 poissons/m² pour une biomasse de 181.46 g/m².

121 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. [tableau 67](#)).

Tableau n°67 : Liste des espèces complémentaires (ST07)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>	Mal	<i>Malacanthus latovittatus</i>
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>	Epi	<i>Epinephelus merra</i>	Mic	<i>Ptereleotris evides</i>
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	Epi	<i>Epinephelus polyphkadion</i>	Mon	<i>Pervagor aspricaudus</i>
Aca	<i>Acanthurus nigricauda</i>	Epi	<i>Plectropomus laevis</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>
Aca	<i>Acanthurus olivaceus</i>	Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	Epi	<i>Variola louti</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Fis	<i>Fistularia commersonii</i>	Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>
Aca	<i>Naso brachycentron</i>	Hae	<i>Plectorhinchus chaetodonoides</i>	Poc	<i>Centropyge flavissima</i>
Aca	<i>Naso lopezi</i>	Hae	<i>Plectorhinchus flavomaculatus</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>
Aca	<i>Naso tonganus</i>	Hae	<i>Plectorhinchus lessonii</i>	Poc	<i>Pomacanthus imperator</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Hol	<i>Myripristis kuntee</i>	Poc	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>
Aca	<i>Paracanthurus hepatus</i>	Hol	<i>Sargocentron ensifer</i>	Poc	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>

Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Anampses femininus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>
Ant	<i>Pseudanthias cooperi</i>	Lab	<i>Anampses neoguinaicus</i>	Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>
Ant	<i>Pseudanthias pascalus</i>	Lab	<i>Bodianus axillaris</i>	Pom	<i>Chromis fumea</i>
Ant	<i>Pseudanthias pictilis</i>	Lab	<i>Bodianus diana</i>	Pom	<i>Chromis iomelas</i>
Ant	<i>Pseudanthias pleurotaenia</i>	Lab	<i>Bodianus perditio</i>	Pom	<i>Chromis margaritifer</i>
Ant	<i>Pseudanthias squamipinnis</i>	Lab	<i>Cheilinus trilobatus</i>	Pom	<i>Chromis viridis</i>
Apo	<i>Cheilodipterus macrodon</i>	Lab	<i>Coris aygula</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Apo	<i>Ostorhinchus aureus</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Neopomacentrus azyron</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon johnstonianus</i>
Cac	<i>Carcharhinus plumbeus</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Lab	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus bankanensis</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	Lab	<i>Macropharyngodon meleagris</i>	Pom	<i>Pomacentrus philippinus</i>
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	Lab	<i>Oxycheilinus celebicus</i>	Pom	<i>Pomacentrus simsiang</i>
Cha	<i>Chaetodon lineolatus</i>	Lab	<i>Oxycheilinus unifasciatus</i>	Pom	<i>Stegastes aureus</i>
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	Sca	<i>Cetoscarus ocellatus</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Sca	<i>Chlorurus microrhinos</i>
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Lab	<i>Thalassoma nigrofasciatum</i>	Sca	<i>Scarus forsteni</i>
Cha	<i>Forcipiger longirostris</i>	Lab	<i>Thalassoma quinquevittatum</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cha	<i>Heniochus chrysostomus</i>	Let	<i>Gymnocranius sp</i>	Sca	<i>Scarus niger</i>
Cha	<i>Heniochus varius</i>	Let	<i>Lethrinus atkinsoni</i>	Sca	<i>Scarus rubroviolaceus</i>
Cir	<i>Cirrhitichthys falco</i>	Let	<i>Monotaxis grandoculis</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Cir	<i>Paracirrhites arcatus</i>	Lut	<i>Aprion virescens</i>	Sco	<i>Scomberomorus commerson</i>
Cir	<i>Paracirrhites forsteri</i>	Lut	<i>Lutjanus bohar</i>	Sig	<i>Siganus fuscescens</i>
Epi	<i>Cromileptes altivelis</i>	Lut	<i>Macolor niger</i>	Syn	<i>Synodus variegatus</i>
Epi	<i>Epinephelus cyanopodus</i>				

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le [tableau 69](#) et spécifiquement pour cette campagne sur la [figure 48](#).

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 – à cette campagne est effectuée (cf. [tableau 68](#)), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires.

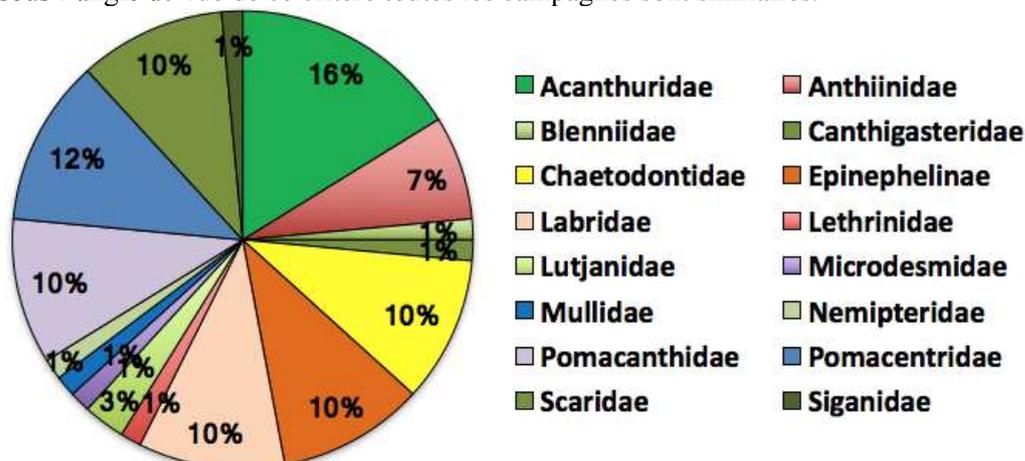


Figure n°48 : Richeur spécifique (%) par famille de poissons, pour cette mission (ST07)

Tableau n°68 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST07)

L'hypothèse nulle Ho :	Test	χ^2 obs	ddl	χ^2 à 0,95	nb de familles
« Les colonnes sont elles identiques ? »	χ^2	335	378	458	15/22

Tableau n°69 : Nombre d'espèces par famille ichthyologique (ST07)

Familles	Nb d'espèces		Moyenne depuis 2007	±
	2017 a	2017 b		
Acanthuridae	10	11	7,79	1,42
Anthiinae	6	5	2,05	0,97
Balistidae	0	0	0,05	0,11
Blenniidae	1	1	0,58	0,23
Caesionidae	0	0	0,16	0,17
Canthigasteridae	1	1	0,63	0,23
Carangidae	0	0	0,32	0,53
Chaetodontidae	8	7	6,32	0,85
Epinephelinae	7	7	4,79	1,05
Haemulidae	1	0	0,21	0,19
Labridae	8	7	7,89	0,94
Lethrinidae	1	1	0,37	0,31
Lutjanidae	2	2	0,79	0,36
Microdesmidae	1	1	0,42	0,23
Mullidae	2	1	1,47	0,47
Nemipteridae	1	1	1,00	0,00
Pomacanthidae	6	7	4,53	0,87
Pomacentridae	8	8	6,53	0,71
Pseudochromidae	0	0	0,11	0,14
Scaridae	2	7	4,16	0,71
Scombridae	1	0	0,16	0,17
Siganidae	0	1	0,74	0,37
Total espèces	66	68	51,05	5,65
Total familles	17	16	13,32	1,06

Le récapitulatif des résultats en terme 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 sont présentés dans le [tableau 70](#) et la [figure 49](#).

Tableau n°70 : 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	
2017 b	Transect A	187	2,90	25,92	34			
	Transect B	164	1,38	53,34	33			
	Transect C	175	1,72	465,12	29			
	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	874,04	64	76	114	
2014 a	Moy. ABC	156,67	1,82	110,62	43	71	112	
2013 b	Moy. ABC	246,33	2,27	629,72	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	52	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	203,00	1,88	3 101,07	52	58	97	
2010 b	Moy. ABC	178	1,79	103,51	38	61	86	
2010 a	Moy. ABC	79,67	2,66	84,96	44	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	32	38	56	

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i=(X_i-X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. [tableau 71](#) et représentation [figure 50](#).

Tableau n°71 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	7 191,24	0,77	52 324,40	148,92	275,04	264,33
Ecart type	84,80	0,88	228,75	12,20	16,58	16,26
Moyenne	182,23	2,32	257,10	51,42	68,47	104,00
Coef. de Var.	0,47	0,38	0,89	0,24	0,24	0,16

Commentaires :

- La densité est inférieure de la moyenne.
- La valeur de la biomasse est moyenne, elle est due à quelques Naso (*N. brachycentron*, *N. lopezi*, *N. tonganus* et *N. unicornis*), plus quelques saumonées et mékouas.
- Les valeurs de biodiversités sont toujours plutôt fortes.

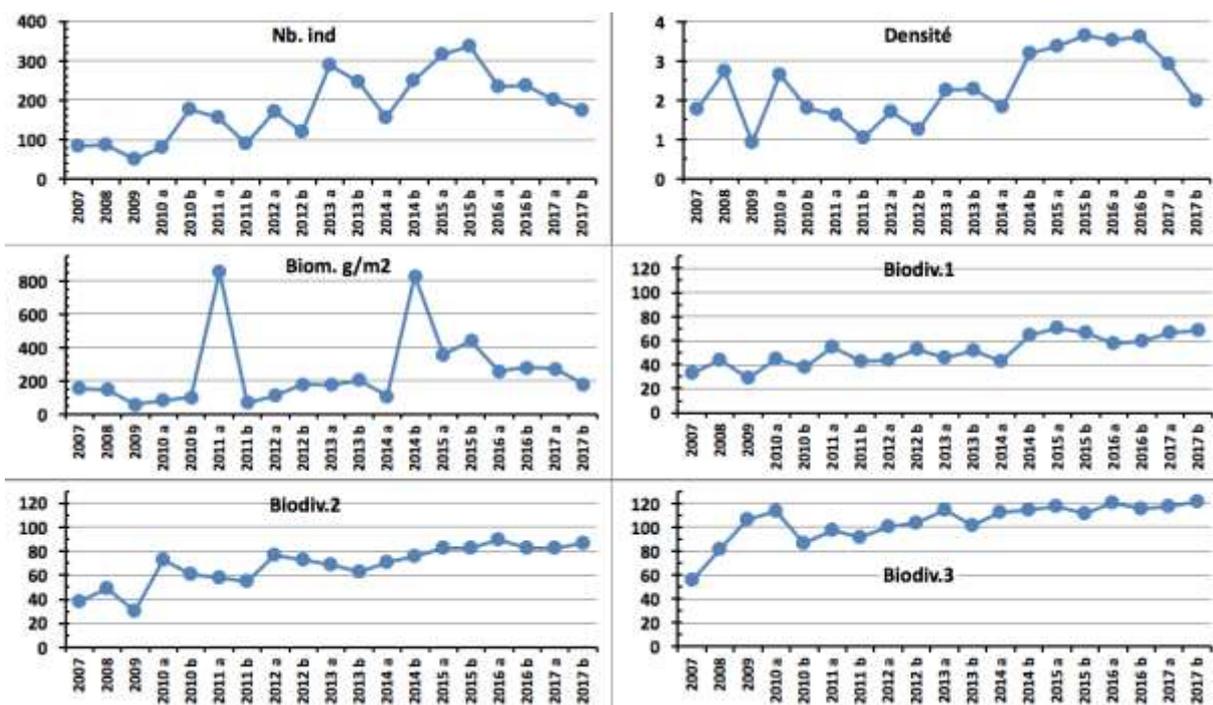


Figure n°49 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07)

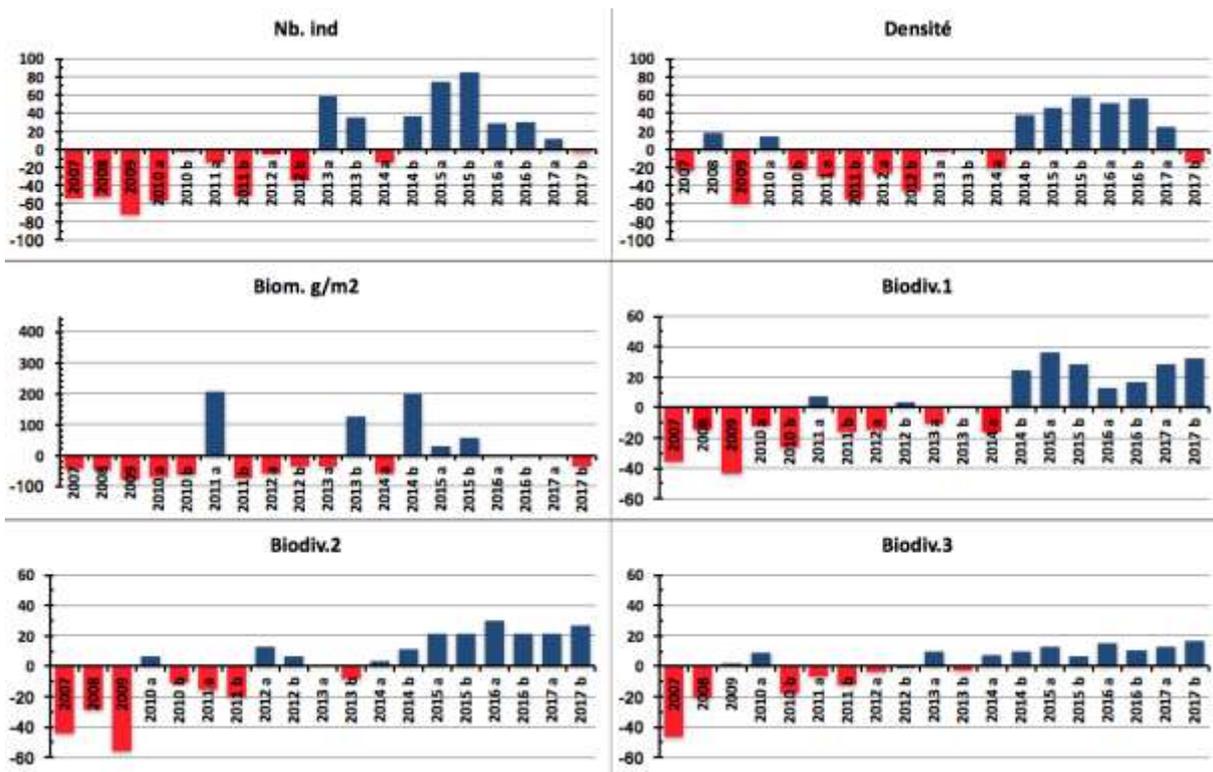


Figure n°50 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07)





4.8 Station 08 = Pointe Puka

Localisation géographique	Bordure du récif frangeant de la pointe Puka, au droit d'un gros amas rocheux proéminent sur le rivage, avec une petite tâche blanche (photographie 22).
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 Boisée et de Kwé. Ainsi l'influence terrigène est très importante (dépôts de particule fines) mais l'hydrodynamisme peut être également soutenu (houle et ressac)
- ↪ Croissance de grandes colonies de *Porites lobata* (avec des tumeurs en B)
- ↪ Présence de *Tubipora musica* en B
- ↪ Les spongiaires (*Cliona orientalis* et *Cliona jullieni*) sont relativement bien développées et colonisent les débris coralliens et les colonies coralliennes vivantes
- ↪ **Dégradations importantes depuis la mission de mars 2011 :**
 - accentuées par les tempêtes tropicales (Vania, Zelia, Fréda, Pam)
 - 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)

- **Désormais 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)**

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



**& B****Variations entre avril et septembre 2017****Indicateur Corail :**

- Le recouvrement corallien est de 21.5% au transect A et 0,5% en B
 - Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.13% ; Avril 2016 : 1% ; Novembre 2016 : 0.23% ; Avril 2017 : 1.25% ; Septembre 2017 : 1.15%*
 - Lésions coralliennes : maladie de la bande blanche en A & B (respectivement 1.5 m² pour 4 colonies et 0.8 m² pour 3 colonies). L'espèce concernée est *Acropora* tabulaire.
- La maladie de la tâche noire (hypermycose endolithique) ne parait pas être une cause de mortalité. Cette lésion persiste sur les colonies massives et encroûtantes (A > B). Les nécroses sur les colonies coralliennes en A sont induites par les dépôts sédimentaires successifs. En B, les anomalies de croissance de la colonie de *Porites* plurimétrique sont toujours importantes mais elles évoluent peu. Enfin, suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place
- Perturbations sédimentaires : fine couche sédimentaire en A. Des nécroses sont observées sur des colonies coralliennes

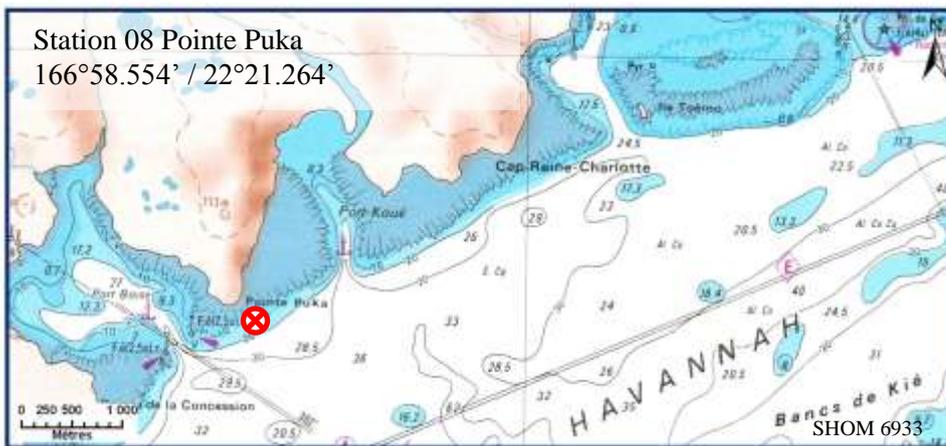
Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : recouvrement en forte augmentation en A (niveau 2 à 4). Elles colonisent principalement les colonies coralliennes mortes en place et les débris coralliens recouvert de sédiment terrigène
- Le turf algal se développe abondamment sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place
- Algue brune *Lobophora* : le recouvrement est stable en A & B (niveau 2)
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : le recouvrement est en augmentation en A & B (niveau 2 à 3)
- *Cliona orientalis* : diminution en A (niveau 4 à 3)
- *Cliona julliinei* : stable

Les corallivores :

- Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*
- Absence de *Drupella cornus*





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

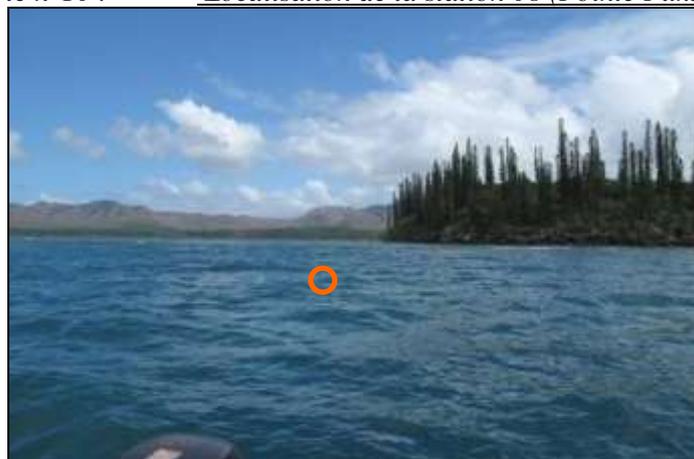


Photo n°22 : Position en surface par rapport à la côte (ST08)



Le récif était en lente résilience mais le développement de la maladie de la bande blanche et des cyanobactéries depuis le début d'année 2017 marquent une nouvelle régression de l'état de santé du récif

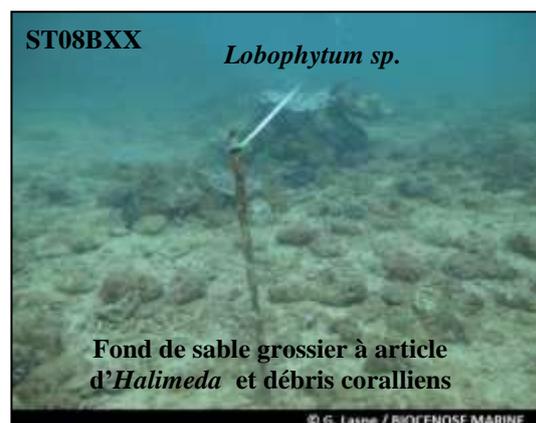


Photo n°23 : Vue d'ensemble des transects (ST08)

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.

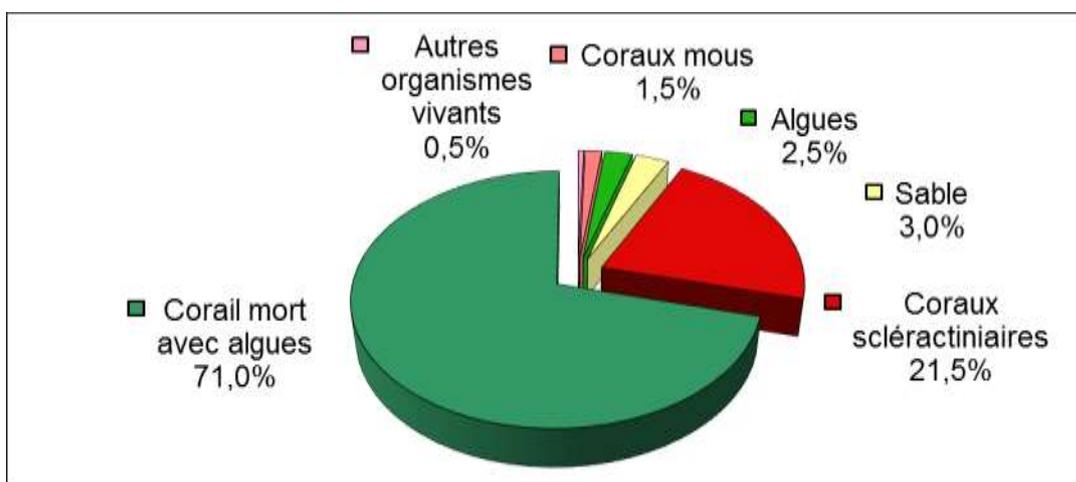


Figure n°51 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08A*

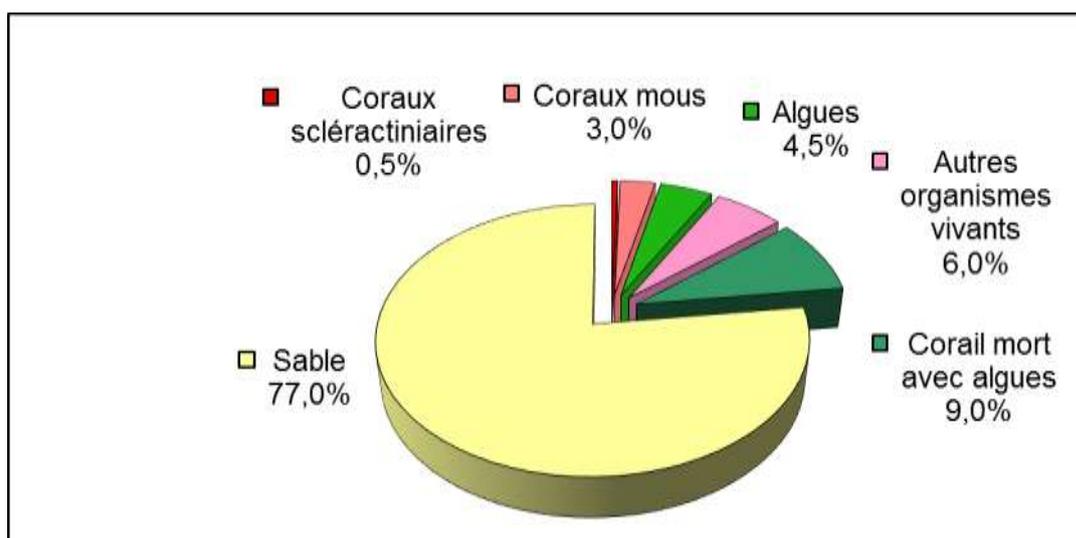


Figure n°52 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08B*

Le substrat du transect haut est composé d'une large part de coraux morts recouverts d'algues (71%) avec un taux correct, avec une légère hausse, de coraux scléactiniaires vivants (21.5%). Il présente pour cette mission 97% de recouvrement biotique.

Sur le transect B, les taux sont inversés entre le recouvrement des coraux morts recouverts d'algues (9% vs 71%) et celui du sable (77% vs 3%) ce qui fait que le substrat est majoritairement abiotique (77%) pour cette mission. Ce transect ne possède que 0.5% de coraux scléactiniaires.

A noter : Absence de coraux blancs depuis 3 missions aux 2 transects, mais **persistance des cyanobactéries en A (2.5%)**.

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 04](#).

En septembre 2017, la richesse spécifique de la station Puka (ST08) est composée de :

- **49 espèces d'invertébrés** dont 8 espèces de mollusques ; 12 espèces de cnidaires : alcyonaires (6 taxons), actiniaires (4 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 15 espèces d'échinodermes : holothurides (5 taxons), astéries (4 taxons), échinides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 7 espèces d'ascidies
- **5 espèces de macrophytes** : algues brunes (2 taxons), algues vertes (2 taxons), algues rouges (1 taxon)
- **1 espèce de cyanobactéries**.

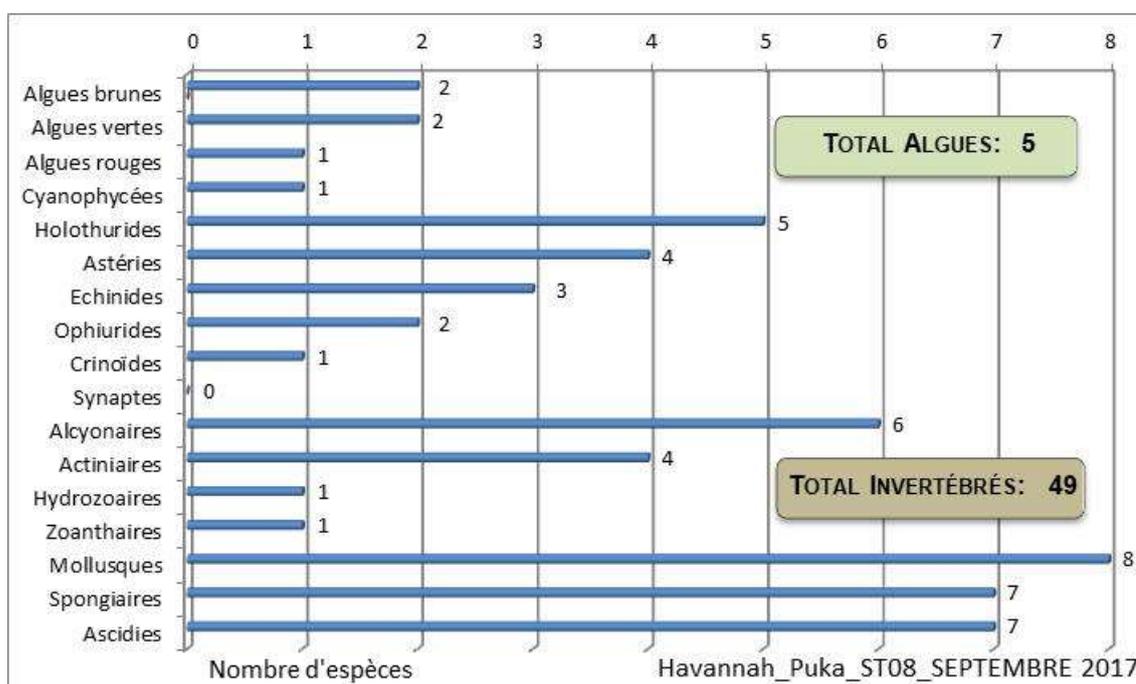


Figure n°53 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST08)

4.8.2.1 Benthos Transect 08 A

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST08A est composée de :

- 40 espèces d'invertébrés dont 7 espèces de mollusques ; 9 espèces de cnidaires : alcyonaires (6 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 11 espèces d'échinodermes : astéries (4 taxons), échinides (3 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 7 espèces d'ascidies
- 5 espèces de macrophytes : algues brunes (2 taxons), algues vertes (2 taxons), algues rouges (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau n°72 : Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST08A)

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) ; 3 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : • <i>Turbinaria ornata</i> (A0/-2) ; et l'algue rouge : • <i>Plocamium</i> sp. (A0/-2) ; et l'algue verte : • <i>Chlorodesmis fastigiata</i> (A0/-2).	Une espèce d'algue recensée et l'algue rouge : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A3/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	



<input checked="" type="checkbox"/>	Une espèce de cyanobactéries augmente d'abondance : • <i>Phormidium</i> sp. (A4/+ 2).
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Lobophytum</i> sp. (A1).	<input checked="" type="checkbox"/>
Echinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➤ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Celerina heffernani</i> (A2) ; ➤ pour les ophiurides (2 espèces) : • <i>Ophiomastix caryophyllata</i> (A2), •Ophiure ind. (A2). Une espèce d'échinodermes disparue : ➤ pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Fromia monilis</i> (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➤ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria edulis</i> (A2/+ 1).
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : ➤ pour les gastéropodes (-1 espèce) : • <i>Astraea rhodostoma</i> (A0/-1).	<input checked="" type="checkbox"/>
Eponges	
2 nouvelles espèces d'éponges recensées : • <i>Cymbastella cantharella</i> (A1), •Spongiaires ind. (orange) (A3). Une espèce d'éponges disparue : • <i>Hamigera strongylata</i> (A0/-2).	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : • <i>Cliona orientalis</i> (A3/- 1).
Ascidies	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

4.8.2.2 Benthos Transect 08 B

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST08B est composée de :

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

Tableau n°73 : *Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST08B)*

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 rouge : • <i>Plocamium</i> sp. (A0/-2).	2 espèces d'algues augmentent, dont une espèce algues brunes : • <i>Dictyota</i> sp. (A3/+ 1) ; et l'algue rouge : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A3/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cnidaires	
3 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Nephthea</i> sp. (A1) ; ➤ pour les actiniaires (2 espèces) : • <i>Heteractis crispa</i> (A1), • <i>Cryptodendrum adhaesivum</i> (A1).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➤ pour les hydrozoaires (1 espèce) : •Hydrozoaires ind. (A1/- 1).
Echinodermes	
4 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➤ pour les holothurides (3 espèces) : • <i>Actinopyga palauensis</i> (A1), • <i>Holothuria edulis</i> (A2), • <i>Thelenota ananas</i> (A1) ; ➤ pour les ophiurides (1 espèce) : •Ophiure ind. (A2). Une espèce d'échinodermes disparue : ➤ pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Gomophia egyptiaca</i> (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➤ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria fuscopunctata</i> (A2/+ 1).





Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➤ pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Isognomon isognomon</i> (A2).	<input checked="" type="checkbox"/>
Eponges	
2 nouvelles espèces d'éponges recensées : • <i>Cymbastella cantharella</i> (A2), •Spongiaires ind. (orange) (A2). Une espèce d'éponges disparue : • <i>Clathria rugosa</i> (A0/-2).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : •Spongiaires ind. (noire) (A3/+ 1).
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : • <i>Polycarpa clavata</i> (A1). 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> (A3/+ 1).
Bryozoaires	
Une espèce de bryozoaires disparue : • <i>Alcyonidium</i> sp. (A0/-2).	<input checked="" type="checkbox"/>

4.8.3 Les poissons (ST08)

La liste des espèces observées¹¹ sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 74](#).

Tableau n°74 : *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>Ctenochaetus striatus</i>				1	0,01	0,22	0,5	0,00	0,11
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	1	0,05	1,00				0,5	0,03	0,50
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	1	0,05	0,03	1	0,05	0,03	1,0	0,05	0,03
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	1	0,03	0,26				0,5	0,01	0,13
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	3	0,08	0,32				1,5	0,04	0,16
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	1	0,01	0,13				0,5	0,01	0,06
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	2	0,03	0,23				1,0	0,02	0,11
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>				3	0,03	4,00	1,5	0,01	2,00
Gob	<i>Amblygobius phalaena</i>				2	0,03	0,11	1,0	0,01	0,05
Lab	<i>Bodianus loxozonus</i>				1	0,01	0,48	0,5	0,00	0,24
Lab	<i>Bodianus perditio</i>				1	0,01	2,66	0,5	0,01	1,33
Lab	<i>Choerodon graphicus</i>				1	0,01	1,33	0,5	0,00	0,67
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	1	0,03	0,50				0,5	0,01	0,25
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>				2	0,03	0,03	1,0	0,01	0,02
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	2	0,05	0,34	3	0,03	0,13	2,5	0,04	0,24
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	2	0,03	0,34				1,0	0,02	0,17
Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>	1	0,05	1,331				0,5	0,03	0,67
Mul	<i>Parupeneus ciliatus</i>				1	0,01	0,44	0,5	0,01	0,22
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	2	0,03	0,67				1,0	0,01	0,33
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>				3	0,04	0,09	1,5	0,02	0,05
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>				4	0,05	0,13	2,0	0,03	0,06
Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>				5	0,13	0,31	2,5	0,06	0,16
Pom	<i>Amphiprion perideraion</i>				3	0,08	0,19	1,5	0,04	0,09
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	3	0,15	0,08	4	0,07	0,04	3,5	0,11	0,06
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>				5	0,08	0,05	2,5	0,04	0,02
Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>				8	0,13	0,07	4,0	0,07	0,04
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	2	0,05	0,06				1,0	0,03	0,03
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>	2	0,02	0,40				1,0	0,01	0,20
Sca	<i>Scarus rubroviolaceus</i>	3	0,03	1,32				1,5	0,02	0,66
Sig	<i>Siganus corallinus</i>	2	0,03	0,67				1,0	0,02	0,33
Sig	<i>Siganus vulpinus</i>	3	0,08	2,00				1,5	0,04	1,00
Total		32	0,79	9,67	48	0,77	10,30	40,00	0,78	9,98
Biodiversité		17			17			31		
Indice de Shannon =		4,659								
Equitabilité =		0,940								

Sur l'ensemble des transects de la station, 80 individus appartenant à 31 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.78 poisson/m² pour une biomasse de 9.98 g/m².

104 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la

¹¹ Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. [annexe 01](#).

station (cf. [tableau 75](#)).

Tableau n°75 : Liste des espèces complémentaires (ST08)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	Hol	<i>Myripristis kuntze</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>
Aca	<i>Acanthurus nigricauda</i>	Hol	<i>Sargocentron ensifer</i>	Pin	<i>Parapercis cylindrica</i>
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	Hol	<i>Sargocentron rubrum</i>	Ple	<i>Assessor macneilli</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Kyp	<i>Kyphosus cinerascens</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Anampses neoguinaicus</i>	Poc	<i>Centropyge flavissima</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Bodianus axillaris</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>
Apo	<i>Cheilodipterus macrodon</i>	Lab	<i>Bodianus loxozonus</i>	Poc	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>
Apo	<i>Cheilodipterus quinquelineatus</i>	Lab	<i>Bodianus perditio</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Cheilinus fasciatus</i>	Pom	<i>Amphiprion perideraion</i>
Cae	<i>Pterocaesio pisang</i>	Lab	<i>Choerodon graphicus</i>	Pom	<i>Chromis margaritifer</i>
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Chromis viridis</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopion</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Neopomacentrus azyron</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Lab	<i>Oxycheilinus arenatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Lab	<i>Oxycheilinus unifasciatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus philippinus</i>
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Pri	<i>Priacanthus hamrur</i>
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Sca	<i>Cetoscarus ocellatus</i>
Cha	<i>Heniochus monoceros</i>	Let	<i>Monotaxis grandoculis</i>	Sca	<i>Chlorurus microrhinos</i>
Cha	<i>Heniochus varius</i>	Lut	<i>Lutjanus bohar</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Epi	<i>Epinephelus Howlandi</i>	Lut	<i>Lutjanus fulviflamma</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>	Lut	<i>Lutjanus fulvus</i>	Sca	<i>Scarus niger</i>
Epi	<i>Epinephelus merra</i>	Lut	<i>Lutjanus russellii</i>	Sca	<i>Scarus rivulatus</i>
Epi	<i>Plectropomus laevis</i>	Lut	<i>Macolor niger</i>	Sca	<i>Scarus rubroviolaceus</i>
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Mic	<i>Ptereleotris evides</i>	Sig	<i>Siganus corallinus</i>
Gob	<i>Amblygobius phalaena</i>	Mon	<i>Oxymonacanthus longirostris</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Gra	<i>Diploprion bifasciatum</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Hae	<i>Plectorhinchus lessonii</i>	Mul	<i>Parupeneus ciliatus</i>	Zan	<i>Zanclus cornutus</i>
Hae	<i>Plectorhinchus lineatus</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>		

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le [tableau 77](#) et spécifiquement pour cette campagne sur la [figure 54](#).

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 – à cette campagne est effectuée (cf. [tableau 76](#)), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires.

Tableau n°76 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST08)

L'hypothèse nulle Ho :	Test	χ^2 obs	ddl	χ^2 à 0,95	nb de familles
------------------------	------	--------------	-----	-----------------	----------------



« Les colonnes sont elles identiques ? »	χ^2	201	306	372	12/18
------------------------------------------	----------	-----	-----	-----	-------

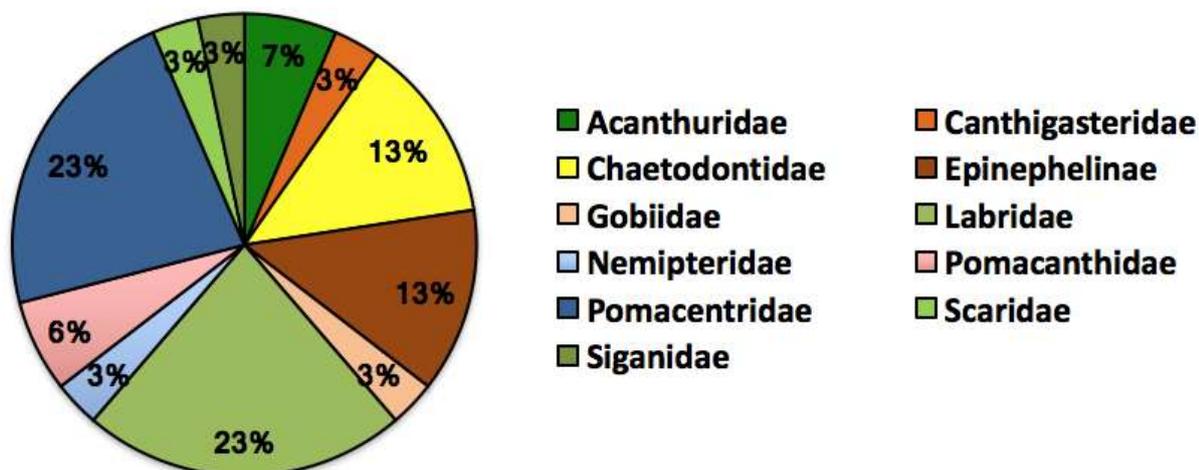


Figure n°54 : Richesse spécifique (%) par famille de poissons, pour cette mission (ST08)

Tableau n°77 : Nombre d'espèces par famille ichthyologique (ST08)

Familles	Nb d'espèces		Moyenne depuis 2007	±
	2017 a	2017 b		
Acanthuridae	2	2	2,47	0,35
Blenniidae	0	0	0,05	0,11
Caesionidae	0	0	0,37	0,23
Canthigasteridae	1	1	0,79	0,19
Chaetodontidae	4	4	4,11	0,50
Epinephelinae	4	1	1,42	0,58
Haemulidae	0	0	0,05	0,11
Gobiidae	1	1	0,11	0,14
Labridae	7	7	6,05	0,69
Lethrinidae	0	0	0,21	0,19
Microdesmidae	0	0	0,16	0,17
Mullidae	0	2	0,95	0,42
Nemipteridae	1	1	0,68	0,22
Pomacanthidae	2	2	2,32	0,43
Pomacentridae	7	6	6,00	0,76
Scaridae	1	2	1,95	0,56
Siganidae	1	2	0,63	0,31
Zanclidae	0	0	0,16	0,17
Total espèces	31	31	28,47	2,14
Total familles	11	12	10,42	0,62

Le récapitulatif des résultats en terme 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 sont présentés dans le [tableau 78](#) et la [figure 55](#).

Tableau n°78 : 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
2017 b	Transect A	32	0,79	9,67	17		
	Transect B	48	0,77	10,30	17		
	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 79](#) et représentation [figure 56](#).

Tableau n°79 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	466,32	0,74	1 149,18	23,15	181,60	364,15
Ecart type	21,59	0,86	33,90	4,81	13,48	19,08
Moyenne	69,61	1,28	35,77	28,47	55,53	81,42
Coef. de Var.	0,31	0,67	0,95	0,17	0,24	0,23

Commentaires :

- La densité et la biomasse sont très basses.
- Les paramètres de biodiversité sont supérieurs à la moyenne, notamment la biodiversité 3.
- Le peuplement est monotone et composé de nombreux juvéniles.
- *Acanthurus reversus* dans le massif de *Porites lobata* n'a pas été revu. (Rappelons que ce poisson ressemble à *A. olivaceus* et qu'il en diffère par la couleur de sa queue (jaune) et la taille réduite de sa tache orangée).
- *Epinephelus lanceolatus* (Loche carite) n'a pas non plus été revue.

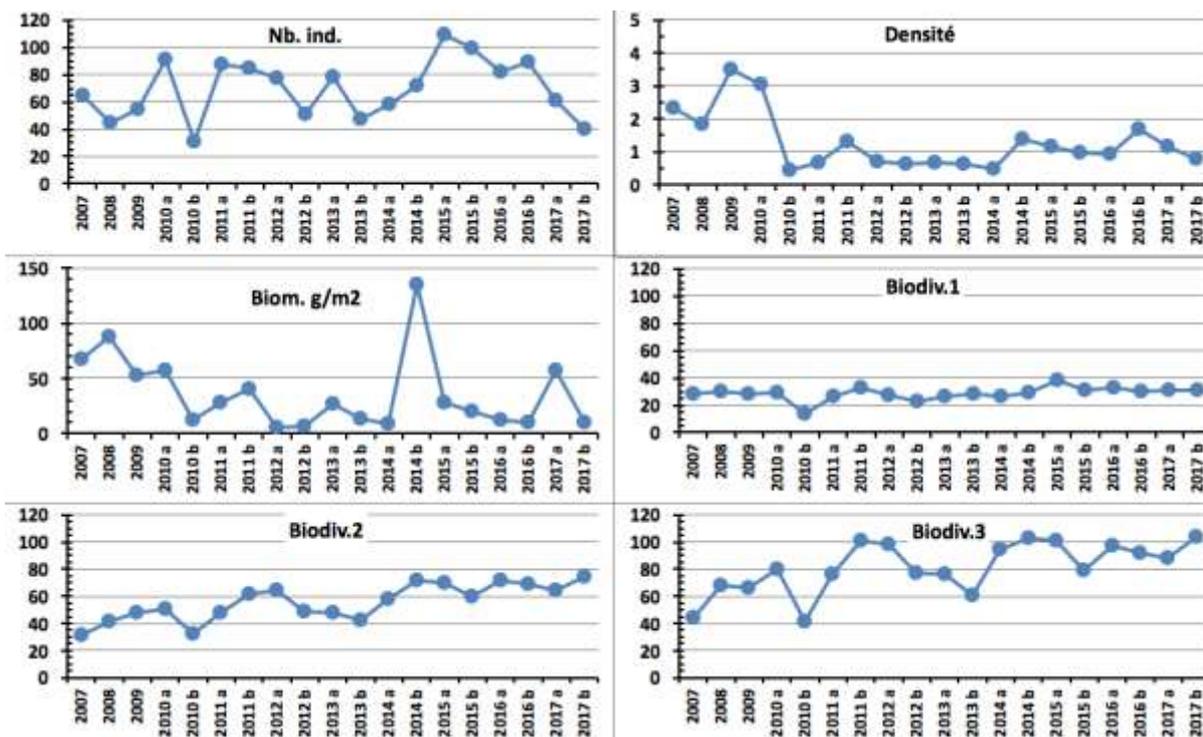


Figure n°55 : *Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08)*

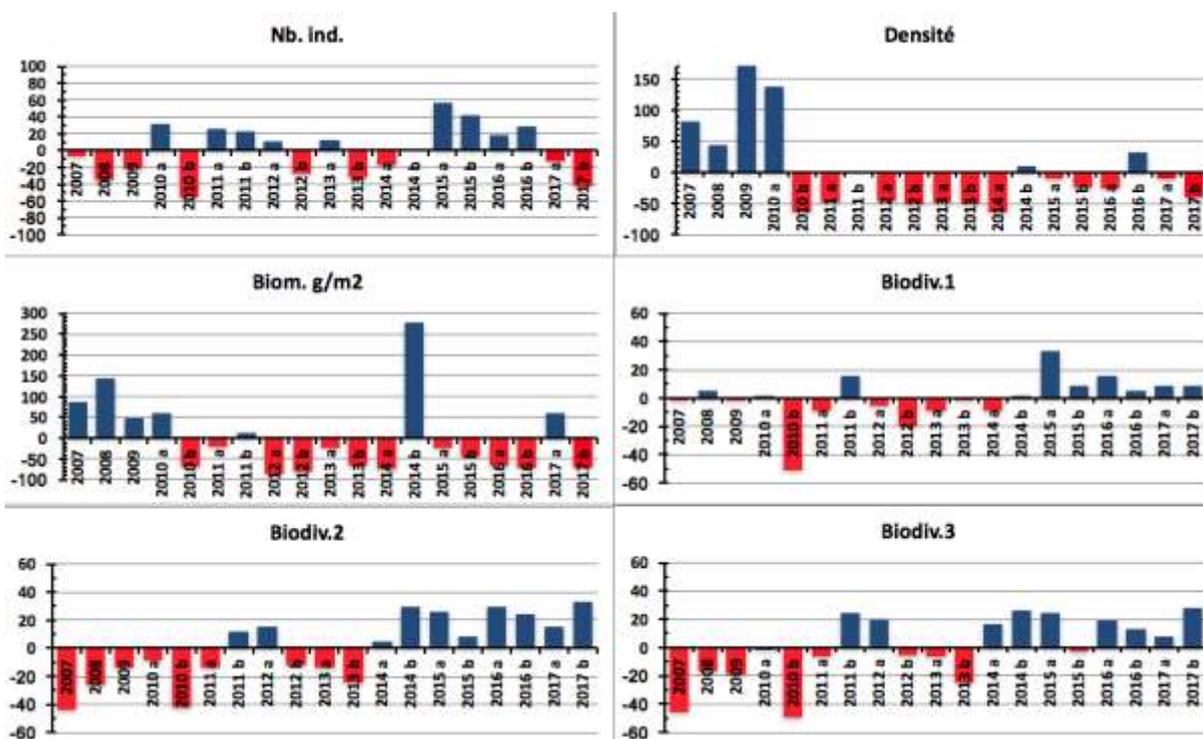


Figure n°56 : *Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08)*



4.9 Station 09 = Bancs Kié

Localisation géographique	Les bancs Kié sont isolés dans la partie centrale du canal de la Havannah. La station est située au sud du banc le plus ouest, qui est totalement immergé (cf. photographie 24).
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

- ↪ Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée, houle et ressac) et taille majoritairement petite des colonies. Cependant présence d'une colonie de taille métrique de *Turbinaria stellulata* au transect B
- ↪ Un grand nombre de gorgones s'est développé aux pourtours de la station depuis avril 2016
- ↪ Le développement des coraux est restreint par la contrainte hydrodynamique
- ↪ La pente récifale est abrupte et la dalle est arasée par les courants de marée et la houle
- ↪ 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 (mars 2015). Ces colonies désolidarisées de leur substrat dévalent progressivement la pente récifale
- ↪ Abondance des alcyonaires, macrophytes et ascidies sur le sommet du récif :
 - Les alcyonaires ont un recouvrement important (*Lobophytum*) et une richesse spécifique élevée
 - Les macrophytes ont un recouvrement et une richesse spécifique élevés
 - Saisonnalité des algues rouges (*Trichogloea requienii* et d'*Asparagopsis taxiformis*)
 - La richesse spécifique des ascidies est élevée
- ↪ Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (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 et septembre 2017

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 24% au transect A, 21,5% en B et 17,5 % 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%
- Lésions coralliennes : absence de la bande blanche
- Dégradations mécaniques (Winston 2016, Cook et Donna 2017) : remobilisation aux 3 transects. De nombreuses colonies ne sont plus fixées sur le substrat (remobilisation des débris, blocs, colonies coralliennes et sable carbonaté par la houle et le ressac, particulièrement en A & B aux extrémités de transect)

Autres indicateurs :

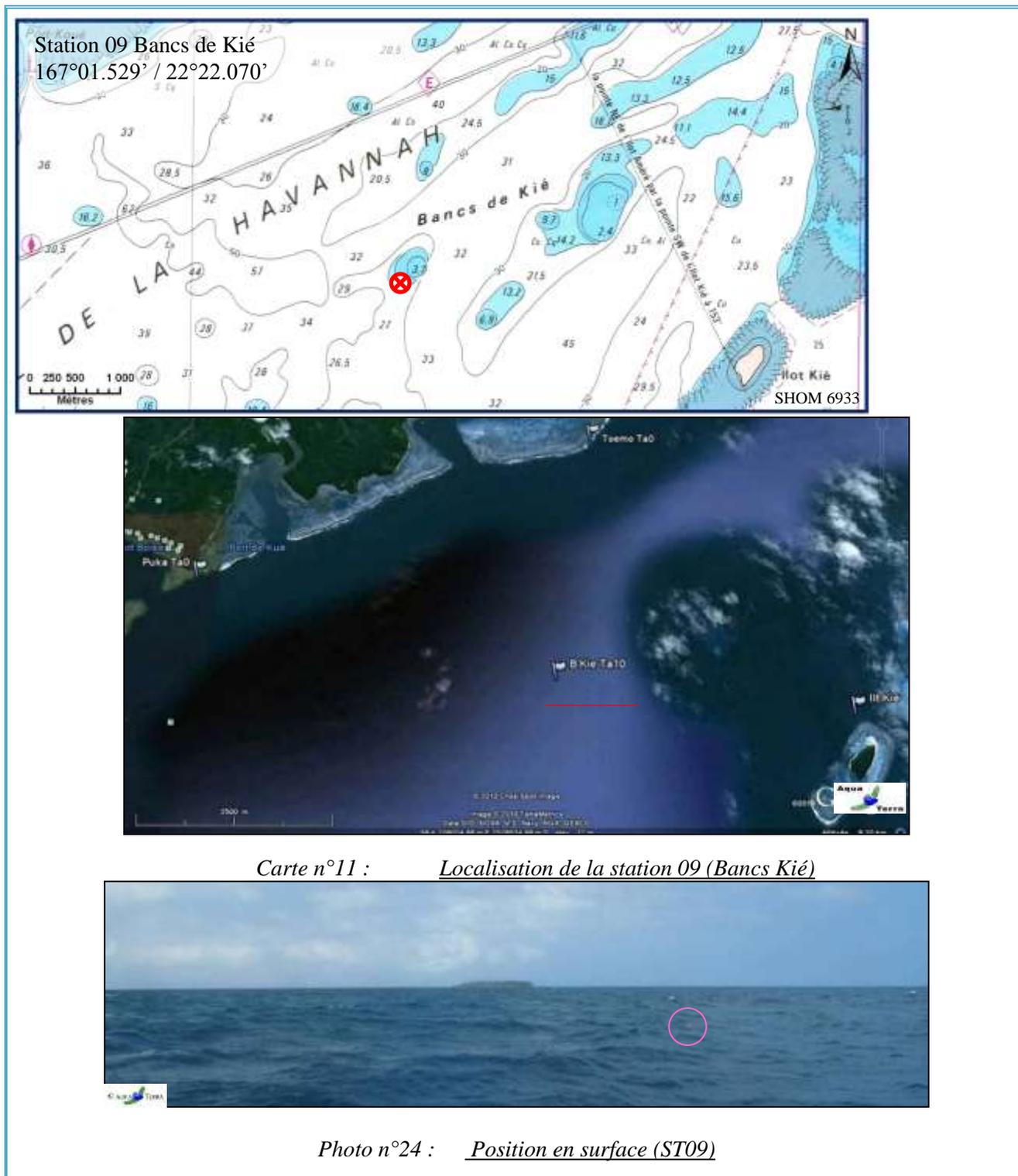




- Cyanobactéries : recouvrement stable aux 3 transects (respectivement niveau 0/2/0). Elles colonisent quelques colonies coralliennes mortes en place (surtout *Acropora*) et les débris coralliens
- Le turf algal se développe abondamment sur les débris coralliens et la dalle
- Algue brune *Lobophora* : absente sur la station, le recouvrement est donc en diminution en B & C (respectivement 2 à 0)
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : le recouvrement est en augmentation aux 3 transects (niveau 2 à 3/4/4)
- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona jullieneri* : stable

Les corallivores :

- Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*
- Absence de *Drupella cornus*





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



La partie médiane du récif a subi un effondrement de débris et de colonies plus en amont



Les macrophytes sont diversifiées et abondantes (en B et C)

Photo n°25 : Vue d'ensemble des transects (ST09)

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

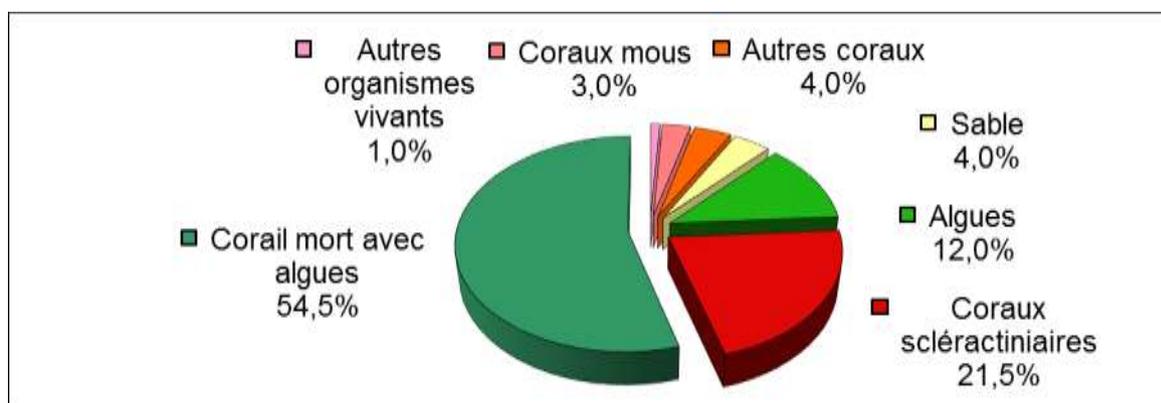


Figure n°58 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09B

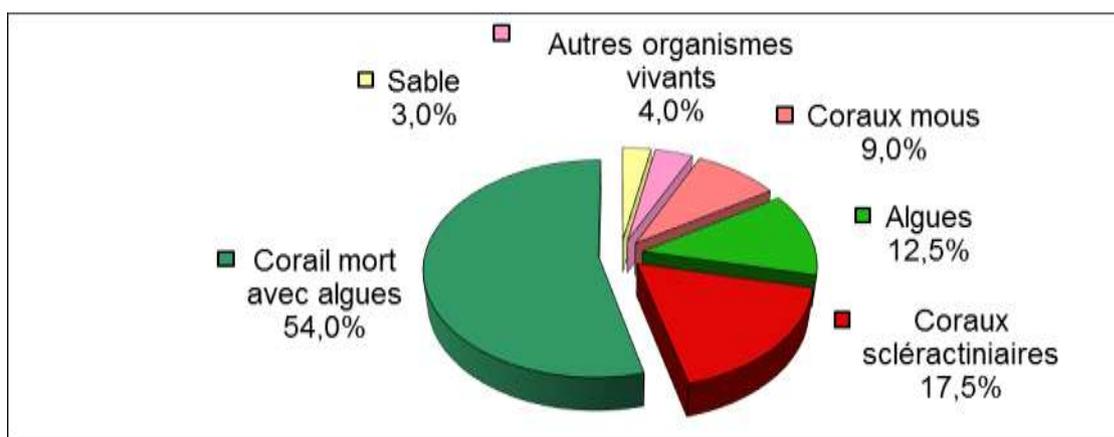


Figure n°59 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09C

A cette station, le substrat est majoritairement composé de coraux morts encroûtés (respectivement 58.5%, 54.5%, 54%) par une multitude d'organismes vivants (dont des algues calcaires) : de ce fait, cette station est remarquable par sa couverture biotique, respectivement : 100%, 96% et 97%, le complément étant surtout du fait des algues. Les coraux scléactiniaires sont moyennement représentés avec respectivement 24%, 21.5% et 17.5%.

A noter : Absence des cyanobactéries et des coraux blancs depuis 6 missions aux 3 transects.

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 04.

En septembre 2017, la richesse spécifique de la station Bancs Kié (ST09) est composée de :

- **66 espèces d'invertébrés** dont 15 espèces de mollusques ; 17 espèces de cnidaires : alcyonaires (10 taxons), actiniaires (4 taxons), zoanthaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon) ; 13 espèces d'échinodermes : astéries (5 taxons), échinides (5 taxons), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 9 espèces d'éponges ; 12 espèces d'ascidies
- **22 espèces de macrophytes** : algues vertes (14 taxons), algues rouges (6 taxons), algues brunes (2 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

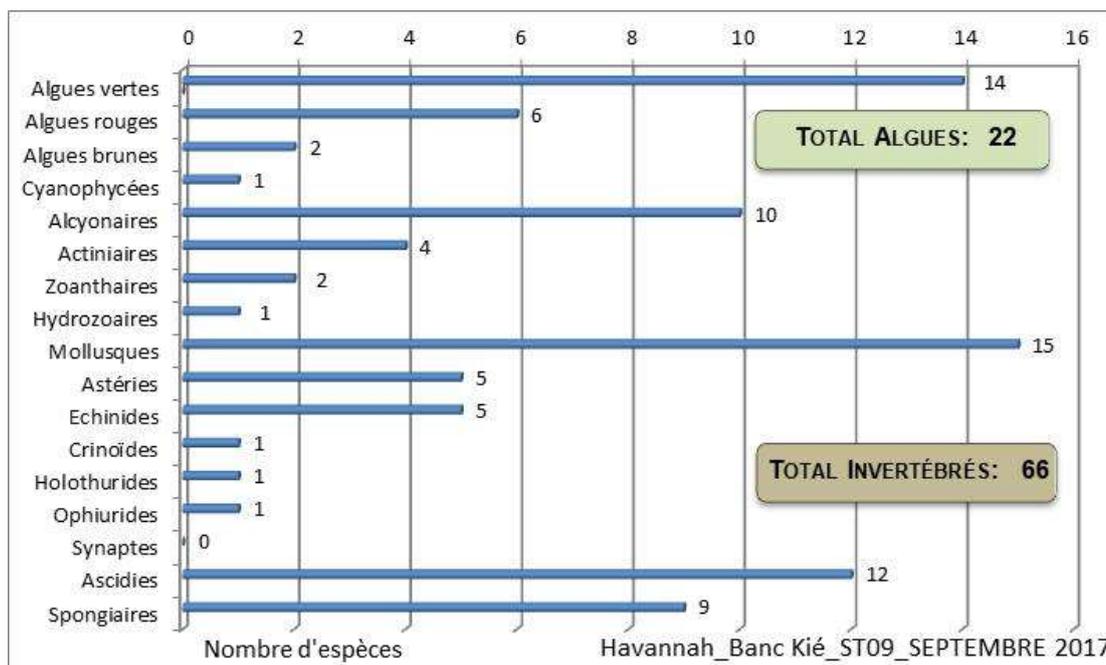


Figure n°60 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST09)

4.9.2.1 Benthos Transect 09 A

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST09A est composée de :

- 41 espèces d'invertébrés dont 11 espèces de mollusques ; 9 espèces de cnidaires : alcyonaires (7 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 7 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), échinides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; 9 espèces d'ascidies
- 11 espèces de macrophytes : algues vertes (5 taxons), algues rouges (4 taxons), algues brunes (2 taxons)
- Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau n°80 : Variations entre avril et septembre 2017 : 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 2 espèces d'algues vertes : • <i>Codium spongiosum</i> (A0/-2), • <i>Chlorodesmis fastigiata</i> (A0/-2).	Une espèce d'algue recensée et l'algue rouge : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A3/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cnidaires	



Une espèce de cnidaires disparue : ➤ pour les alcyonaires (-1 espèce) : • <i>Sarcophyton</i> sp. (A0/-2).	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➤ pour les zoanthaires : • <i>Palythoa tuberculosa</i> (A3/+1)
Echinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➤ pour les astéries (3 espèces) : • <i>Fromia indica</i> (A1), • <i>Linckia laevigata</i> (A2), • <i>Linckia multiflora</i> (A1). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➤ pour les échinides (-2 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A0/-1), • <i>Echinometrix diadema</i> (A0/-1).	☑
Mollusques	
3 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➤ pour les gastéropodes (3 espèces) : • <i>Conus miles</i> (A1), • <i>Lambis chiragra</i> (A1), • <i>Lambis scorpius</i> (A1). Une espèce de mollusques disparue : ➤ pour les gastéropodes (-1 espèce) : • <i>Drupa ricinus</i> (A0/-1).	2 espèces de mollusques augmentent d'abondance : ➤ pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Hyotissa hyotis</i> (A2/+ 1) ; ➤ pour les gastéropodes (1 espèce) : • <i>Astraea rhodostoma</i> (A2/+ 1).
Eponges	
2 nouvelles espèces d'éponges recensées : • <i>Stellata globostellata</i> (A2), • <i>Sphecospongia vagabunda</i> (A2).	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •Spongiaires ind. (noire) (A2/- 1).
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A1).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : • <i>Polycarpa nigricans</i> (A4/+ 2).
Bryozoaires	
☑	☑

4.9.2.2 Benthos Transect 09 B

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST09B est composée de :

- 58 espèces d'invertébrés dont 10 espèces de mollusques ; 17 espèces de cnidaires : alcyonaires (10 taxons), actiniaires (4 taxons), zoanthaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon) ; 11 espèces d'échinodermes : échinides (5 taxons), astéries (4 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 12 espèces d'ascidies
- 21 espèces de macrophytes : algues vertes (14 taxons), algues rouges (6 taxons), algues brunes (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactéries.

Tableau n°81 : Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST09B)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
2 nouvelles espèces d'algues recensées, dont 2 espèces d'algues vertes : • <i>Codium</i> sp. (2spp./+1spp.) (A3), • <i>Avrainvillea obscura</i> (A2) ; 2 espèces d'algues disparues, dont 2 espèces d'algues brunes : • <i>Lobophora variegata</i> (A0/-2), • <i>Turbinaria ornata</i> (A0/-2).	Une espèce d'algue recensée et l'algue rouge : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A4/+ 2). 3 espèces d'algues diminuent, dont l'algue brune : • <i>Dictyota</i> sp. (A3/- 1) ; et 2 espèces d'algues vertes : • <i>Dictyosphaeria verluysii</i> (A2/- 1), • <i>Chlorodesmis fastigiata</i> (A2/- 1).
Cyanobactéries	
☑	☑
Cnidaires	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Chironephthya</i> sp. (A2) ; ➤ pour les actiniaires (1 espèce) : • <i>Cryptodendrum adhaesivum</i> (A1).	3 espèces de cnidaires augmentent d'abondance : ➤ pour les alcyonaires (2 sp) : • <i>Sarcophyton</i> sp. (A3/+ 1), • <i>Nephtea</i> sp. (A4/+ 1) ; ➤ pour les zoanthaires (1 sp) : • <i>Palythoa tuberculosa</i> (A3/+1)
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➤ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Neoferdina cumingi</i> (A1).	3 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➤ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Linckia multiflora</i> (A2/+ 1) ; ➤ pour les échinides (2 espèces) : • <i>Diadema savignyi</i> (A2/+ 1), • <i>Echinometrix diadema</i> (A2/+ 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➤ pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Isognomon isognomon</i> (A2).	2 espèces de mollusques diminuent d'abondance : ➤ pour les bivalves (2 espèces) :



2 espèces de mollusques disparues : ➤ pour les gastéropodes (-2 espèce) : • <i>Drupa morum</i> (A0/-1), • <i>Astraea rhodostoma</i> (A0/-2).	• <i>Tridacna crocea</i> (A1/- 1), • <i>Tridacna maxima</i> (A1/- 1).
Eponges	
<input checked="" type="checkbox"/>	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : • <i>Dactylia delicata</i> (A2/+ 1). Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •Spongiaires ind. (noire) (A2/- 1)
Ascidies	
<input checked="" type="checkbox"/>	5 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : • <i>Citorclinum laboutei</i> (A2/+ 1), • <i>Polycarpa aurita</i> (A4/+ 1), • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A3/+ 1), • <i>Polycarpa nigricans</i> (A4/+ 1), • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A2/+1).
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

4.9.2.3 Benthos Transect 09 C

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST09C est composée de :

- 39 espèces d'invertébrés dont 5 espèces de mollusques ; 11 espèces de cnidaires : alcyonaires (7 taxons), zoanthaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon) ; 7 espèces d'échinodermes : échinides (4 taxons), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 10 espèces d'ascidies
- 19 espèces de macrophytes : algues vertes (12 taxons), algues rouges (6 taxons), algues brunes (1 taxon)
- Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau n°82 : Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST09C)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue verte : • <i>Codium</i> sp. (2spp./+1spp.) (A3) ; 2 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : • <i>Lobophora variegata</i> (A0/-2) ; et l'algue verte : • <i>Caulerpa</i> sp. (1spp./-1spp., A2/-0).	2 espèces d'algues augmentent, dont 2 espèces d'algues rouges : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A4/+ 2), • <i>Plocamium</i> sp. (A3/+ 1). 2 espèces d'algues diminuent, dont l'algue rouge : • <i>Amphiroa</i> sp. (A2/- 1) ; et l'algue verte : • <i>Chlorodesmis fastigiata</i> (A2/- 1).
Cyanobactéries	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Chironophthya</i> sp. (A2). Une espèce de cnidaires disparue : ➤ pour les alcyonaires : • <i>Sinularia</i> sp. (A0/-2).	2 espèces de cnidaires augmentent d'abondance : ➤ pour les alcyonaires (2 espèces) : • <i>Dendronephthya</i> sp. (A5/+ 1), • <i>Nephthea</i> sp. (A4/+ 1).
Echinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➤ pour les échinides (1 espèce) : • <i>Diadema savignyi</i> (A1) ; ➤ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Thelenota ananas</i> (A1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➤ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A3/+ 1).
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : ➤ pour les bivalves : • <i>Isognomon isognomon</i> (A2), • <i>Pinna</i> sp. (A1)	<input checked="" type="checkbox"/>
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : •Spongiaires ind. (orange) (A2). Une espèce d'éponges disparue : • <i>Cymbastella cantharella</i> (A0/-1)	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : •Spongiaires ind. (noire) (A2/- 1).
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : • <i>Clavelina detorta</i> (A2). Une espèce d'ascidies disparue : • <i>Citorclinum laboutei</i> (A0/-1).	3 sp d'ascidies augmentent d'abondance : • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A3/+1), • <i>Polycarpa nigricans</i> (A4/+ 1), • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A2/+1)
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>





4.9.3 Les poissons (ST09)

La liste des espèces observées¹² sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 83](#).

Tableau n°83 : Données sur les poissons (ST09)

Banc Kié ST09		Transect A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	<i>Acanthurus mata</i>							14	0,18	9,60	4,67	0,06	3,20
Aca	<i>Acanthurus nigricans</i>	1	0,02	1,13							0,33	0,01	0,38
Aca	<i>Acanthurus olivaceus</i>							1	0,02	2,67	0,33	0,01	0,89
Aca	<i>Acanthurus pyroferus</i>	1	0,02	1,37							0,33	0,01	0,46
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	1	0,02	0,58	1	0,01	0,43				0,67	0,01	0,34
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>				2	0,03	0,86				0,67	0,01	0,29
Aca	<i>Naso unicornis</i>							2	0,03	32,00	0,67	0,01	10,67
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>				4	0,05	0,73				1,33	0,02	0,24
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	2	0,03	0,89							0,67	0,01	0,30
Ant	<i>Pseudanthias dispar</i>							20	0,17	1,71	6,67	0,06	0,57
Ant	<i>Pseudanthias hypselosoma</i>							20	0,17	1,14	6,67	0,06	0,38
Ant	<i>Pseudanthias pictilis</i>	12	0,20	0,86							4,00	0,07	0,29
Ant	<i>Pseudanthias pleurotaenia</i>				20	0,25	2,56				6,67	0,08	0,85
Ant	<i>Pseudanthias squamipinnis</i>	15	0,25	1,08							5,00	0,08	0,36
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>				1	0,01	0,13				0,33	0,00	0,04
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	2	0,03	0,34				1	0,02	0,33	1,00	0,02	0,22
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>				2	0,03	0,17				0,67	0,01	0,06
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>				4	0,05	0,22				1,33	0,02	0,07
Cha	<i>Chaetodon lineolatus</i>							1	0,03	2,92	0,33	0,01	0,97
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	4	0,07	0,68							1,33	0,02	0,23
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>	3	0,05	0,34							1,00	0,02	0,11
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>	2	0,03	0,14	2	0,03	0,11				1,33	0,02	0,08
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	3	0,05	0,06				2	0,05	0,51	1,67	0,03	0,19
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	1	0,02	0,07							0,33	0,01	0,02
Cha	<i>Chaetodon unimaculatus</i>	2	0,03	0,49							0,67	0,01	0,16
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	2	0,03	0,49	1	0,01	0,13				1,00	0,02	0,20
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>							1	0,02	0,17	0,33	0,01	0,06
Epi	<i>Cephalopholis urodeta</i>	3	0,05	1,73	2	0,03	1,69				1,67	0,03	1,14
Epi	<i>Variola louti</i>	1	0,02	30,38	1	0,01	3,91				0,67	0,01	11,43
Hae	<i>Plectorhinchus lessonii</i>	1	0,02	2,67							0,33	0,01	0,89
Lab	<i>Bodianus perditio</i>							1	0,01	0,55	0,33	0,00	0,18
Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	1	0,02	0,44							0,33	0,01	0,15
Lab	<i>Coris gaimard</i>							1	0,02	0,11	0,33	0,01	0,04
Lab	<i>Gomphosus varius</i>	4	0,07	0,68							1,33	0,02	0,23
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	1	0,02	0,91							0,33	0,01	0,30
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>				2	0,03	0,06				0,67	0,01	0,02
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	6	0,10	0,43	5	0,06	0,64	5	0,06	0,43	5,33	0,08	0,50
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	8	0,13	0,58	5	0,06	0,43				4,33	0,07	0,33
Mul	<i>Parupeneus cyclostomus</i>				4	0,05	8,00				1,33	0,02	2,67
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	3	0,05	1,00	3	0,04	1,30	3	0,04	1,00	3,00	0,04	1,10
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	6	0,10	0,69	4	0,05	0,22	2	0,03	0,08	4,00	0,06	0,33
Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	4	0,07	0,17	2	0,03	0,11	3	0,05	0,13	3,00	0,05	0,13
Poc	<i>Centropyge flavissima</i>	2	0,03	0,14	2	0,03	0,11	2	0,03	0,06	2,00	0,03	0,10
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	6	0,10	0,25	3	0,04	0,16	4	0,07	0,09	4,33	0,07	0,17
Poc	<i>Pomacanthus imperator</i>	1	0,02	1,13							0,33	0,01	0,38
Poc	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>				1	0,01	2,66				0,33	0,00	0,89
Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>	6	0,10	0,43	4	0,05	0,22				3,33	0,05	0,22
Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>	8	0,13	0,33							2,67	0,04	0,11

¹² Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. [annexe 01](#).



Pom	<i>Amphiprion perideraion</i>				2	0,03	0,06				0,67	0,01	0,02
Pom	<i>Chromis fumea</i>				30	0,38	0,48	30	0,38	0,94	20,00	0,25	0,47
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>				6	0,08	0,04				2,00	0,03	0,01
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>	15	0,25	0,32	10	0,13	0,07	10	0,17	0,21	11,67	0,18	0,20
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	30	0,50	0,27	25	0,31	0,17	20	0,25	0,32	25,00	0,35	0,25
Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>				10	0,13	0,31	10	0,17	0,42	6,67	0,10	0,24
Pom	<i>Neopomacentrus azyrson</i>				25	0,31	0,17				8,33	0,10	0,06
Sca	<i>Chlorurus microrhinos</i>							3	0,03	37,04	1,00	0,01	12,35
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>	4	0,07	1,33	5	0,06	1,66				3,00	0,04	1,00
Sca	<i>Scarus dimidiatus</i>	1	0,02	1,13							0,33	0,01	0,38
Sca	<i>Scarus forsteni</i>	1	0,02	0,91	2	0,03	0,86				1,00	0,01	0,59
Sca	<i>Scarus ghobban</i>				1	0,01	2,66				0,33	0,00	0,89
Sca	<i>Scarus schlegeli</i>				1	0,01	1,46				0,33	0,00	0,49
Sca	<i>Scarus spinus</i>	1	0,02	0,58	2	0,03	1,37				1,00	0,01	0,65
Sig	<i>Siganus fuscescens</i>							7	0,12	9,56	2,33	0,04	3,19
Sig	<i>Siganus punctatus</i>	2	0,03	2,25							0,67	0,01	0,75
Total		166	2,77	57,26	194	2,43	34,15	163	2,06	101,99	174,33	2,42	64,47
Biodiversité		37			34			23			64		
Indice de Shannon =		4,950											
Equitabilité =		0,825											

Sur l'ensemble des transects de la station, 523 individus appartenant à 64 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 2.42 poissons/m² pour une biomasse de 64.47 g/m².

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

Tableau n°84 : Liste des espèces complémentaires (ST09)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	Cir	<i>Paracirrhites arcatus</i>	Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>	Cir	<i>Paracirrhites forsteri</i>	Poc	<i>Centropyge flavissima</i>
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	Epi	<i>Cephalopholis argus</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>
Aca	<i>Acanthurus nigricans</i>	Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	Poc	<i>Pomacanthus imperator</i>
Aca	<i>Acanthurus olivaceus</i>	Epi	<i>Cephalopholis urodeta</i>	Poc	<i>Pomacanthus semicircularatus</i>
Aca	<i>Acanthurus pyroferus</i>	Epi	<i>Epinephelus fasciatus</i>	Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>
Aca	<i>Acanthurus xanthopterus</i>	Epi	<i>Epinephelus merra</i>	Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>
Aca	<i>Ctenochaetus binotatus</i>	Epi	<i>Plectropomus laevis</i>	Pom	<i>Amphiprion perideraion</i>
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Pom	<i>Chromis fumea</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Epi	<i>Variola louti</i>	Pom	<i>Chromis iomelas</i>
Aca	<i>Naso brachycentron</i>	Hae	<i>Plectorhinchus chaetodonoides</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Hae	<i>Plectorhinchus lessonii</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Aca	<i>Prionurus maculatus</i>	Hol	<i>Sargocentron ensifer</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Bodianus axillaris</i>	Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Bodianus perditio</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Ant	<i>Pseudanthias dispar</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Neopomacentrus azyrson</i>
Ant	<i>Pseudanthias hypselosoma</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Neopomacentrus azyrson</i>
Ant	<i>Pseudanthias pictilis</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>
Ant	<i>Pseudanthias pleurotaenia</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Pomacentrus chrysurus</i>
Ant	<i>Pseudanthias squamipinnis</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Pomacentrus coelestis</i>
Apo	<i>Cheilodipterus macrodon</i>	Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Apo	<i>Cheilodipterus quinquelineatus</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopion</i>	Pom	<i>Pomacentrus nigromarginatus</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Pomacentrus philippinus</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus simsiang</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Lab	<i>Oxycheilinus diagrammus</i>	Pom	<i>Stegastes albifasciatus</i>



Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Sca	<i>Cetoscarus ocellatus</i>
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Sca	<i>Chlorurus microrhinos</i>
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	Lab	<i>Thalassoma nigrofasciatum</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon lineolatus</i>	Mic	<i>Gunnellichthys curiosus</i>	Sca	<i>Scarus dimidiatus</i>
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	Mic	<i>Gunnellichthys viridescens</i>	Sca	<i>Scarus forsteni</i>
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>	Mic	<i>Pervagor aspricaudus</i>	Sca	<i>Scarus forsteni</i>
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Mul	<i>Parupeneus cyclostomus</i>	Sca	<i>Scarus rubroviolaceus</i>
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Mul	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Cha	<i>Chaetodon unimaculatus</i>	Nem	<i>Pentapodus aureofasciatus</i>	Sca	<i>Scarus spinus</i>
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Sig	<i>Siganus fuscescens</i>
Cha	<i>Heniochus varius</i>	Pin	<i>Parapercis hexophthalma</i>	Sig	<i>Siganus punctatus</i>
Cir	<i>Cirrhitichthys falco</i>	Poc	<i>Apolemichthys trimaculatus</i>	Syn	<i>Saurida gracilis</i>
Cir	<i>Cyprinocirrhites polyactis</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>		

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le [tableau 85](#) et spécifiquement pour cette campagne sur la [figure 61](#).

Tableau n°85 : Nombre d'espèces par famille ichthyologique (ST09)

Familles	Nb d'espèces		Moyenne depuis 2007	±
	2017 a	2017 b		
Acanthuridae	3	9	5,68	1,32
Anthiinae	5	5	3,84	0,62
Bleniidae	1	1	0,37	0,23
Caesionidae	0	0	0,21	0,25
Canthigasteridae	0	0	0,58	0,28
Carangidae	0	0	0,11	0,14
Carcharhinidae	0	0	0,05	0,11
Chaetodontidae	9	11	7,32	1,05
Epinephelinae	3	3	2,74	0,61
Haemulidae	0	1	0,05	0,11
Labridae	7	8	7,89	0,88
Lethrinidae	0	0	0,05	0,11
Lutjanidae	0	0	0,32	0,27
Mullidae	1	1	1,26	0,21
Nemipteridae	1	1	0,74	0,21
Pomacanthidae	6	6	4,32	0,46
Pomacentridae	9	9	5,11	0,99
Pseudochromidae	0	0	0,05	0,11
Scaridae	6	7	3,00	0,92
Siganidae	1	2	0,63	0,35
Total espèces	52	64	44,32	4,41
Total familles	12	13	11,74	0,61

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 – à cette campagne est effectuée (cf. [tableau 86](#)), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires.





Tableau n°86 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST09)

L'hypothèse nulle Ho :	Test	χ^2 obs	ddl	χ^2 à 0,95	nb de familles
« Les colonnes sont elles identiques ? »	χ^2	249	342	415	13/20

Le récapitulatif des résultats en terme 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 sont présentés dans le [tableau 87](#) et la [figure 62](#).

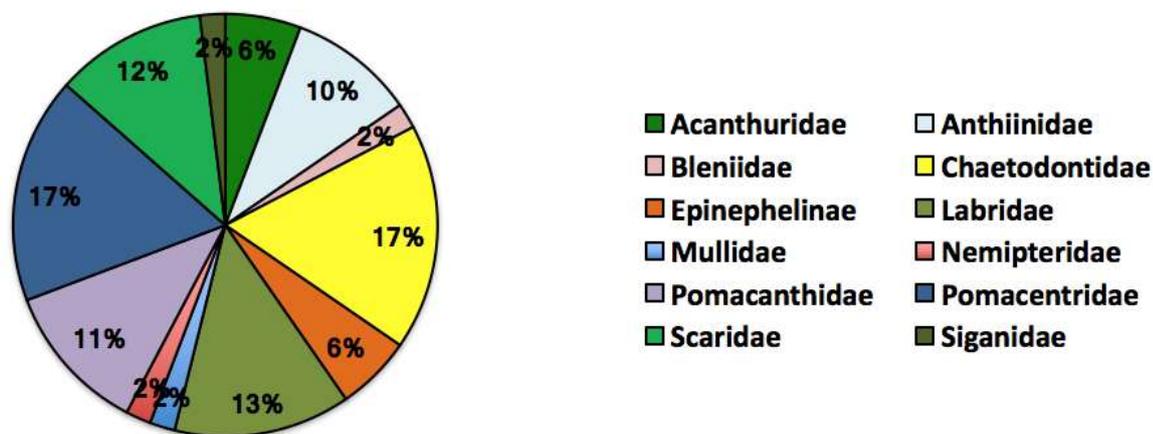


Figure n°61 : Richesse spécifique (%) par famille de poissons, pour cette mission (ST09)

Tableau n°87 : *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	
2017 b	Transect A	166	2,77	57,26	37			
	Transect B	194	2,43	34,15	34			
	Transect C	163	2,06	101,99	23			
	Moy. ABC	174,33	2,42	64,47	64	86	116	
2017 a	Moy. ABC	188	2,35	39,59	52	77	114	
2016 b	Moy. ABC	212,00	2,65	29,76	46	83	119	
2016 a	Moy. ABC	209,00	2,64	75,42	49	82	117	
2015 b	Moy. ABC	183,33	1,95	149,23	50	84	113	
2015 a	Moy. ABC	230,67	1,65	158,28	62	81	118	
2014 b	Moy. ABC	208,00	3,20	376,55	52	72	117	
2014 a	Moy. ABC	115,33	1,44	108,69	39	68	113	
2013 b	Moy. ABC	161,33	1,71	79,14	47	70	98	
2013 a	Moy. ABC	244,00	3,04	40,63	43	82	98	
2012 b	Moy. ABC	157,67	1,96	99,48	37	66	95	
2012 a	Moy. ABC	176,67	2,18	96,25	45	75	100	
2011 b	Moy. ABC	117,00	1,42	118,86	48	66	91	
2011 a	Moy. ABC	154,00	1,81	593,06	43	58	89	
2010 b	Moy. ABC	133	1,35	10,62	28	53	75	
2010 a	Moy. ABC	61,33	1,66	303,36	34	43	66	
2009	Moy. ABC	22	4,01	62,69	35	58	60	
2008	Moy. ABC	208,67	4,21	273,92	32	50	62	
2007	Moy. ABC	145,33	4,13	607,71	36	48	55	

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i - X_m) / X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. [tableau 88](#) et représentation [figure 63](#).

Tableau n°88 : *Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09)*

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	3 284,5	0,9	3 1871,2	94,5	187,9	489,7
Ecart type	57,3	0,9	178,5	9,7	13,7	22,1
Moyenne	163,0	2,4	172,9	44,4	68,7	95,4
Coef. de Var.	0,4	0,4	1,0	0,2	0,2	0,2

Commentaires :

- La densité présente une valeur moyenne.
- La biomasse est toujours plus faible que la moyenne.
- La biodiversité sur les transects (biodiversité 1) est très forte.

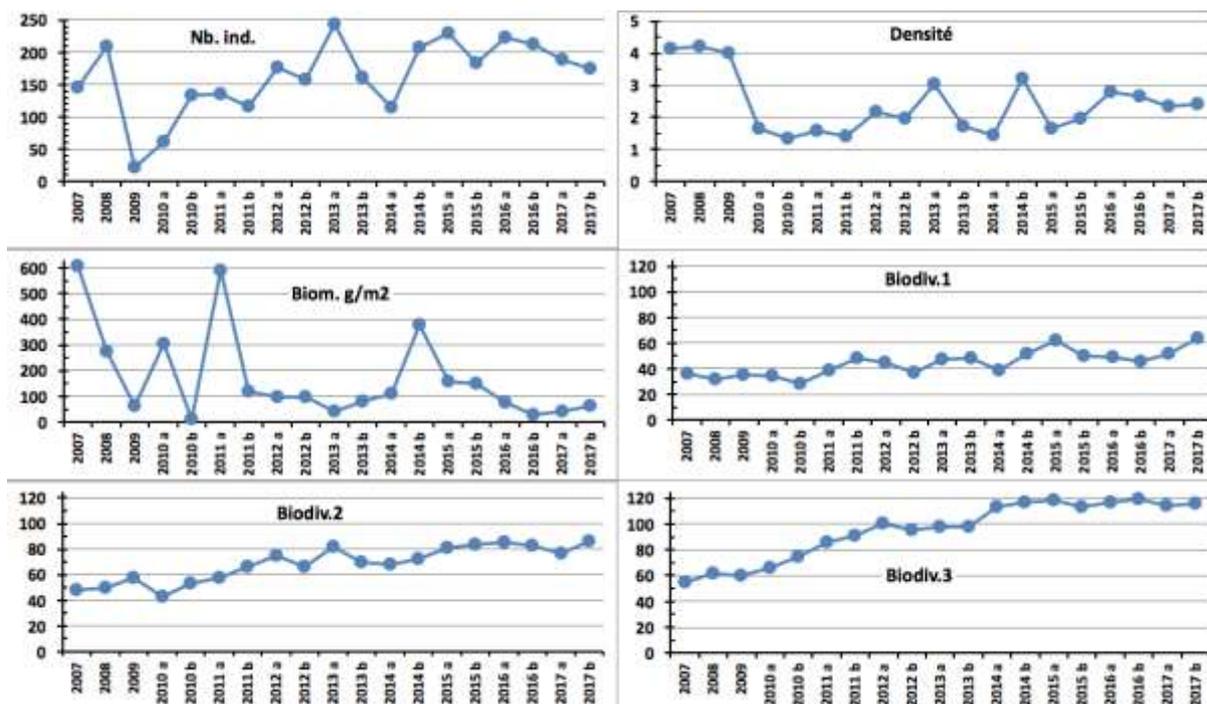


Figure n°62 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09)

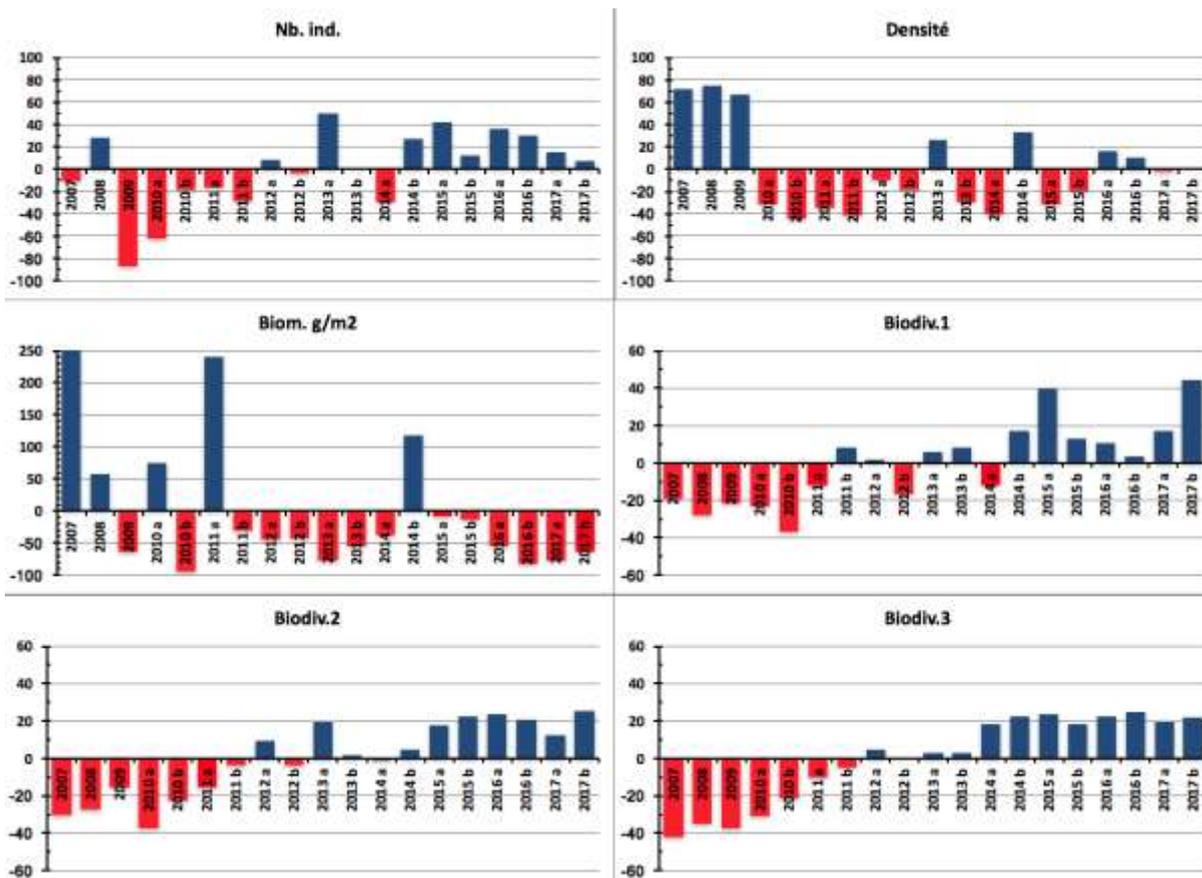


Figure n°63 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09)



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 26).
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.
	<p>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.</p> <p>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.</p> <p>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).</p>

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 les cyclones 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 scléactiniaires développent des morphologies robustes
- ↪ La richesse spécifique des coraux est relativement élevée pour les niveaux bathymétriques supérieurs et plus importante au transect B que en A (dégradation en sommet de récif par les agents hydrodynamiques intenses)
- ↪ Saisonnalité des macrophytes et caractère envahissant : 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*)
- ↪ Les alcyonaires ont un recouvrement relativement élevé
- ↪ Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques

Variations entre avril et septembre 2017

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 47% au transect A (plus fort recouvrement de tous les transects), 35% en B et 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%*

- Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche

- Dégradations mécaniques (Winston 2016, Cook et Donna 2017) : remobilisation en B. De nombreuses colonies ne sont plus fixées sur le substrat (remobilisation des débris, blocs, colonies coralliennes et sable carbonaté par la houle et le ressac, particulièrement en A & B pour s'accumuler en C)

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : recouvrement stable aux 3 transects (niveau 0/2/0). Elles colonisent quelques colonies coralliennes mortes en place (surtout *Acropora*) et les débris coralliens

- Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens particulièrement en B & C

- Algues brunes *Lobophora* : absente (stable)

- Algues rouges *Asparagopsis taxiformis* : le recouvrement est en augmentation aux 3 transects (niveau 0 à 2)

- *Cliona orientalis* : diminution en A (niveau 3 à 2)

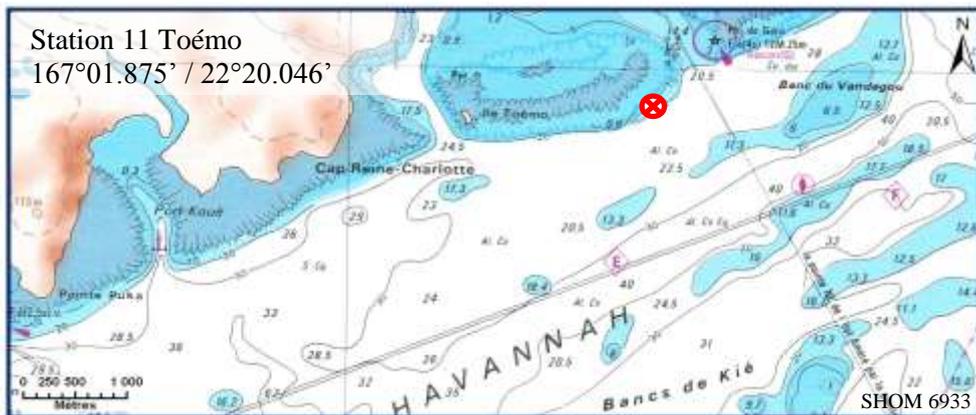
- *Cliona julliinei* : stable

Les corallivores :

- Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*

- Absence de *Drupella cornus*

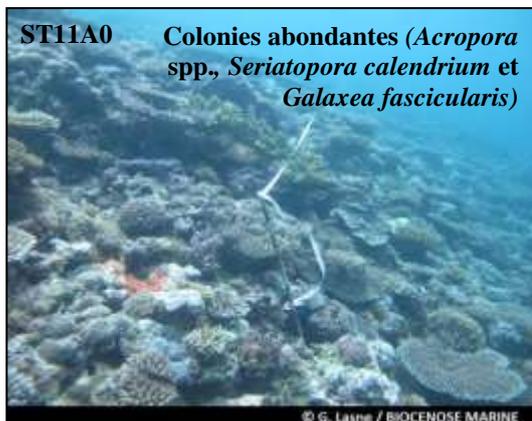




Carte n°12 : Localisation de la station 11 (Toémo)



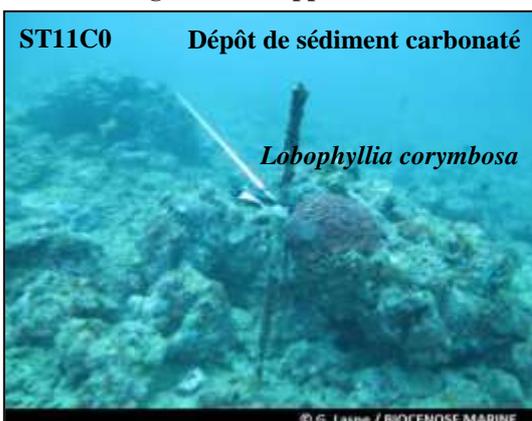
Photo n°26 : Position en surface par rapport à la côte (ST11)



Les parties hautes et médiane du récif sont très diversifiées et composées de colonies coralliennes robustes



Le turf algal se développe sur les nombreux débris et des nécroses de colonies coralliennes



Accumulation de débris coralliens en bas de pente récifale, dépôt et cuvettes sableuses carbonatées

Photo n°27 : Vue d'ensemble des transects (ST011)

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.

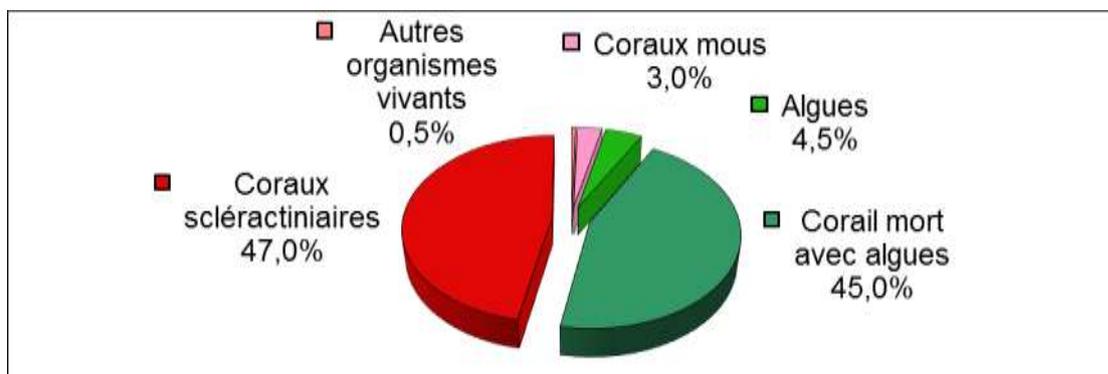


Figure n°64 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11A*

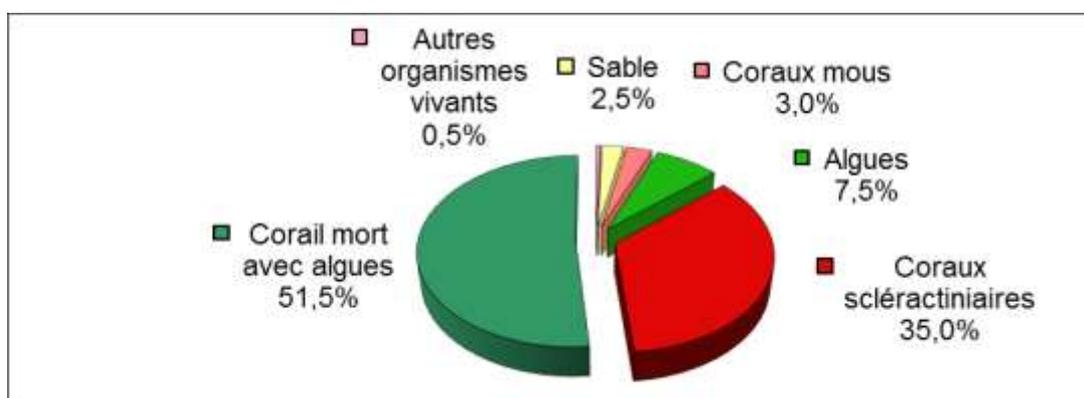


Figure n°65 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11B*

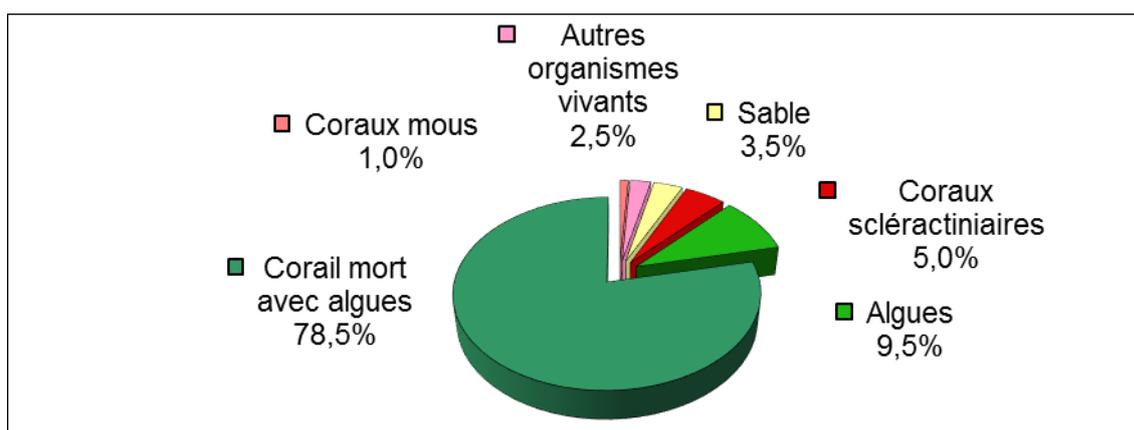


Figure n°66 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C*

Cette station possède, parmi les plus forts recouvrements biotiques : 100%, 97.5% et 96.5% 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 avec une légère hausse par rapport à la mission précédente (47% vs 35% et 35% vs 29.5%), résultats parmi les plus élevés de toutes les stations (1^{er} rang pour cette mission).

A noter : Pour cette mission, maintien de l'absence de blanchissement mais retour **des cyanobactéries (0.5% en B et C)**.

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 04.

En septembre 2017, la richesse spécifique de la station Récif Toémo (ST11) est composée de :

- **44 espèces d'invertébrés** dont 9 espèces de mollusques ; 11 espèces de cnidaires : alcyonaires (7 taxons), actiniaires (2 taxons), 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) ; 8 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- **6 espèces de macrophytes** : algues rouges (3 taxons), algues vertes (2 taxons), algues brunes (1 taxon)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

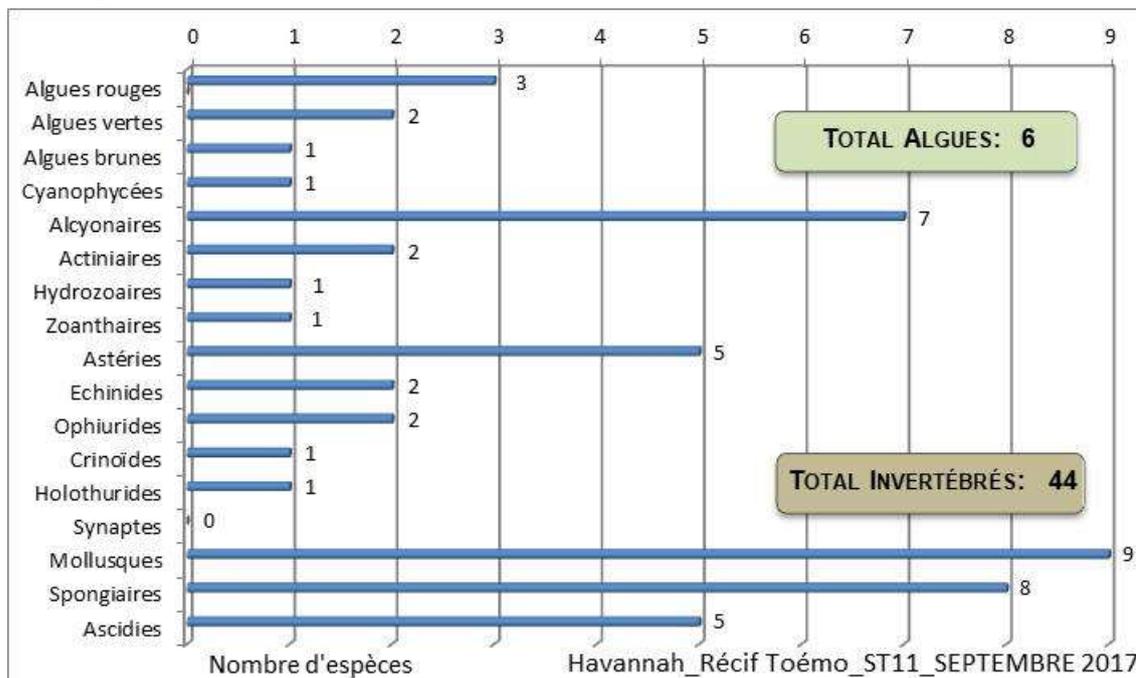


Figure n°67 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST11)

4.10.2.1 Benthos Transect 11 A

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST11A est composée de :

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

Tableau n°89 : Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST11A)

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> (A2) Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cnidaires	
4 nouvelles espèces de cnidaires recensées :	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance :

<ul style="list-style-type: none"> ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : •<i>Sarcophyton</i> sp. (A2) ; ➤ pour les actiniaires (1 espèce) : •<i>Discosoma rhodostoma</i> (A2) ; ➤ pour les hydrozoaires (1 espèce) : •Hydrozoaires ind. (A3) ; ➤ pour les zoanthaires (1 espèce) : •<i>Palythoa tuberculosa</i> (A2). 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : •<i>Lobophytum</i> sp. (A2/- 1).
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➤ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Linckia multifora</i> (A1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➤ pour les ophiurides (1 espèce) : • <i>Ophiomastix caryophyllata</i> (A2/+ 1).
Mollusques	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Eponges	
<input checked="" type="checkbox"/>	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : • <i>Cliona orientalis</i> (A2/- 1).
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A2).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : • <i>Polycarpa aurita</i> (A3/+ 1).
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

4.10.2.2 Benthos Transect 11 B

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST11B est composée de :

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

Tableau n°90 : Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST11B)

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> (A2). Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cnidaires	
4 nouvelles espèces de cnidaires recensées : ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Sarcophyton</i> sp. (A2) ; ➤ pour les actiniaires (1 espèce) : • <i>Discosoma rhodostoma</i> (A2) ; ➤ pour les hydrozoaires (1 espèce) : •Hydrozoaires ind. (A3) ; ➤ pour les zoanthaires (1 espèce) : • <i>Palythoa tuberculosa</i> (A2).	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Lobophytum</i> sp. (A2/- 1).
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➤ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Linckia multifora</i> (A1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➤ pour les ophiurides (1 espèce) : • <i>Ophiomastix caryophyllata</i> (A2/+ 1).
Mollusques	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Eponges	
<input checked="" type="checkbox"/>	1 sp diminue d'abondance : • <i>Cliona orientalis</i> (A2/- 1).
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A2).	Une sp augmente d'abondance : • <i>Polycarpa aurita</i> (A3/+ 1).
Bryozoaires	

4.10.2.3 Benthos Transect 11 C

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST11C est composée de :

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

Tableau n°91 : Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST11C)

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). 1 sp d'algue disparue, l'algue verte : • <i>Codium spongiosum</i> (A0/-1)	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Cnidaires	
2 espèces de cnidaires disparues : ➢ pour les alcyonaires (-2 espèce) : • <i>Lobophytum</i> sp. (A0/-2), • <i>Chironephthya</i> sp. (A0/-1).	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➢ pour les hydrozoaires (1 espèce) : •Hydrozoaires ind. (A3/+ 1).
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➢ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Gomophia</i> sp. (A2). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Gomophia egyptiaca</i> (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-1 espèce) : • <i>Thelenota ananas</i> (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➢ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria edulis</i> (A2/+ 1).
Mollusques	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : • <i>Cymbastella cantharella</i> (A2). 3 espèces d'éponges disparues : • <i>Dactylia delicata</i> (A0/-1), • <i>Dysidea herbacea</i> (A0/-1), • <i>Clathria rugosa</i> (A0/-2).	<input checked="" type="checkbox"/>
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : • <i>Didemnum molle</i> (A2), • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A2).	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : • <i>Polycarpa clavata</i> (A2/+ 1), • <i>Polycarpa nigricans</i> (A3/+ 1).
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

4.10.3 Les poissons (ST11)

La liste des espèces observées¹³ sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 92](#).

Tableau n°92 : 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 lineatus</i>	10	0,10	3,46							3,33	0,03	1,15
Aca	<i>Acanthurus nigricans</i>	1	0,01	0,55							0,33	0,00	0,18
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	5	0,05	1,00							1,67	0,02	0,33
Aca	<i>Naso brachycentron</i>	15	0,15	81,00							5,00	0,05	27,00
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>				4	0,10	0,69				1,33	0,03	0,23
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	2	0,02	0,40							0,67	0,01	0,13
Ant	<i>Pseudanthias hypselosoma</i>				20	0,50	2,16				6,67	0,17	0,72
Ant	<i>Pseudanthias squamipinnis</i>				15	0,38	1,62				5,00	0,13	0,54
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	2	0,02	0,01							0,67	0,01	0,00
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	2	0,02	0,20	2	0,05	0,22				1,33	0,02	0,14
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	5	0,05	0,22							1,67	0,02	0,07
Cha	<i>Chaetodon ephippium</i>	3	0,03	0,60							1,00	0,01	0,20
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	3	0,03	0,08							1,00	0,01	0,03
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	2	0,02	0,09							0,67	0,01	0,03
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>							1	0,01	0,05	0,33	0,00	0,02
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>	3	0,03	0,04	3	0,08	0,32				2,00	0,04	0,12
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	5	0,05	0,13							1,67	0,02	0,04
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	2	0,02	0,14	2	0,05	0,51				1,33	0,02	0,22
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	3	0,03	0,08							1,00	0,01	0,03
Cha	<i>Forcipiger flavissimus</i>	3	0,03	0,31							1,00	0,01	0,10
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>							1	0,01	0,43	0,33	0,00	0,14
Epi	<i>Epinephelus fasciatus</i>							2	0,03	1,69	0,67	0,01	0,56
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>				1	0,03	21,44				0,33	0,01	7,15
Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>				1	0,03	1,10				0,33	0,01	0,37
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	2	0,02	1,35	1	0,03	1,69				1,00	0,02	1,01
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>				2	0,05	0,03				0,67	0,02	0,01
Lab	<i>Thalassoma amblycephalum</i>	50	0,50	3,43							16,67	0,17	1,14
Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	20	0,20	1,37							6,67	0,07	0,46
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	10	0,10	0,43				3	0,04	0,26	4,33	0,05	0,23
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	15	0,15	1,03	7	0,18	0,44	4	0,05	0,34	8,67	0,13	0,60
Mic	<i>Ptereleotris evides</i>				4	0,10	0,43	4	0,05	0,13	2,67	0,05	0,19
Mul	<i>Parupeneus cyclostomus</i>				3	0,08	3,30				1,00	0,03	1,10
Mul	<i>Parupeneus indicus</i>				2	0,05	2,20				0,67	0,02	0,73
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>				6	0,15	3,00				2,00	0,05	1,00
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	6	0,06	0,15	4	0,10	0,13	4	0,05	0,13	4,67	0,07	0,13
Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	4	0,04	0,05	3	0,08	0,04				2,33	0,04	0,03
Poc	<i>Centropyge flavissima</i>	4	0,04	0,10	4	0,10	0,13				2,67	0,05	0,08
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	3	0,03	0,04	4	0,10	0,05				2,33	0,04	0,03
Pom	<i>Abudefduf whiteleyi</i>	10	0,10	0,25	7	0,18	0,44				5,67	0,09	0,23
Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>				5	0,13	0,31				1,67	0,04	0,10
Pom	<i>Chromis fumea</i>	25	0,25	0,32	15	0,38	0,20	10	0,13	0,07	16,67	0,25	0,20
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	4	0,04	0,02	5	0,13	0,07	4	0,05	0,01	4,33	0,07	0,03
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>							10	0,13	0,07	3,33	0,04	0,02
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	30	0,30	0,16	10	0,25	0,14	7	0,09	0,01	15,67	0,21	0,10
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	4	0,04	0,05	2	0,05	0,06	3	0,04	0,05	3,00	0,04	0,05
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>				5	0,13	2,50	2	0,03	0,50	2,33	0,05	1,00
Sca	<i>Scarus niger</i>				1	0,03	2,92				0,33	0,01	0,97
Sca	<i>Scarus rubroviolaceus</i>							1	0,01	0,55	0,33	0,00	0,18
Sca	<i>Scarus schlegeli</i>				1	0,03	4,00				0,33	0,01	1,33

¹³ Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. [annexe 01](#).



Sig	<i>Siganus doliatus</i>				2	0,05	1,33				0,67	0,02	0,44
Zan	<i>Zanclus cornutus</i>	2	0,02	0,29							0,67	0,01	0,10
Total		255	2,55	97,33	141	3,53	51,45	56	0,70	4,28	150,67	2,26	51,02
Biodiversité		31			29			14			51		
Indice de Shannon =		4,828											
Equitabilité =		0,851											

Sur l'ensemble des transects de la station, 452 individus appartenant à 51 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 2.26 poissons/m² pour une biomasse de 51.02 g/m².

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

Tableau n°93 : Liste des espèces complémentaires (ST11)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	Epi	<i>Cephalopholis urodeta</i>	Ost	<i>Ostracion cubicus</i>
Aca	<i>Acanthurus lineatus</i>	Epi	<i>Epinephelus fasciatus</i>	Pin	<i>Parapercis hexophtalma</i>
Aca	<i>Acanthurus nigricans</i>	Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Ple	<i>Assessor macneilli</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Gob	<i>Valenciennea strigata</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>
Aca	<i>Naso brachycentron</i>	Hae	<i>Plectorhinchus chaetodonoides</i>	Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>
Aca	<i>Naso lituratus</i>	Hae	<i>Plectorhinchus flavomaculatus</i>	Poc	<i>Centropyge flavissima</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Hae	<i>Plectorhinchus lessonii</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Hol	<i>Myripristis vittata</i>	Poc	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Hol	<i>Sargocentron ensiferum</i>	Poc	<i>Pygoplites diacanthus</i>
Ant	<i>Pseudanthias hypselosoma</i>	Lab	<i>Anampses neoguinaicus</i>	Pom	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>
Ant	<i>Pseudanthias squamipinnis</i>	Lab	<i>Bodianus axillaris</i>	Pom	<i>Abudefduf whiteleyi</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Bodianus perditio</i>	Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Chromis atripes</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Chromis fumea</i>
Cae	<i>Pterocaesio pisang</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Pom	<i>Chromis margaritifer</i>
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Chromis xanthura</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	Lab	<i>Labroides bicolor</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Cha	<i>Chaetodon ephippium</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon dickii</i>
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>	Lab	<i>Macropharyngodon meleagris</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon johnstonianus</i>
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	Lab	<i>Oxycheilinus diagrammus</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	Lab	<i>Stethojulis bandanensis</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>	Lab	<i>Thalassoma amblycephalum</i>	Pom	<i>Pomacentrus simsiang</i>
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>	Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Sca	<i>Scarus niger</i>
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Lab	<i>Thalassoma nigrofasciatum</i>	Sca	<i>Scarus rivulatus</i>
Cha	<i>Forcipiger flavissimus</i>	Mic	<i>Gunnellichthys curiosus</i>	Sca	<i>Scarus rubroviolaceus</i>
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>	Mic	<i>Ptereleotris evides</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Cha	<i>Heniochus chrysostomus</i>	Mic	<i>Ptereleotris microlepis</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Cha	<i>Heniochus monoceros</i>	Mon	<i>Oxymonacanthus longirostris</i>	Sig	<i>Siganus fuscescens</i>
Cir	<i>Cirrhitichthys falco</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>	Sig	<i>Siganus punctatus</i>
Cir	<i>Paracirrhites arcatus</i>	Mul	<i>Parupeneus cyclostomus</i>	Syn	<i>Synodus variegatus</i>
Cir	<i>Paracirrhites forsteri</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	Zan	<i>Zanclus cornutus</i>



Ech	<i>Echeneis naucrates</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</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 68](#).

Tableau n°94 : Nombre d'espèces par famille ichthyologique (ST11)

Familles	Nb d'espèces		Moyenne depuis 2007	±
	2017 a	2017 b		
Acanthuridae	8	6	5,89	1,07
Anthiinae	2	2	1,00	0,40
Blenniidae	0	0	0,53	0,32
Caesionidae	1	0	0,42	0,23
Canthigasteridae	1	1	0,63	0,23
Chaetodontidae	11	12	9,11	1,19
Epinephelinae	2	2	1,89	0,50
Labridae	7	7	8,84	1,06
Lutjanidae	0	0	0,05	0,11
Microdesmidae	1	1	0,47	0,24
Monacanthidae	1	0	0,05	0,11
Mullidae	2	2	1,68	0,27
Nemipteridae	1	1	1,00	0,15
Pomacanthidae	4	4	3,79	0,50
Pomacentridae	7	7	5,53	0,54
Pseudochromidae	0	0	0,42	0,74
Scaridae	3	4	4,21	0,95
Siganidae	2	1	0,37	0,31
Zanclidae	0	1	0,47	0,24
Total espèces	53	51	46,37	4,39
Total familles	15	14	12,37	0,75

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2007 – à cette campagne est effectuée (cf. [tableau 95](#)), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires.

Tableau n°95 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST11)

L'hypothèse nulle Ho :	Test	χ^2 obs	ddl	χ^2 à 0,95	nb de familles
« Les colonnes sont elles identiques ? »	χ^2	283	324	394	14/19

Le récapitulatif des résultats en terme 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 sont présentés dans le [tableau 96](#) et la [figure 69](#).

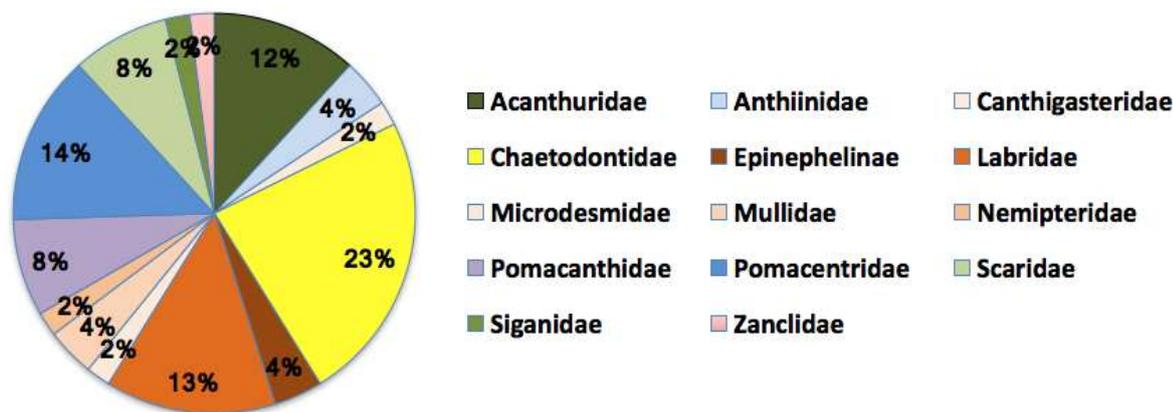


Figure n°68 : Richesse spécifique (%) par famille de poissons, pour cette mission (ST11)

Tableau n°96 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST11)

Récif Toémo ST11		Liste DENV					Toutes espèces	
		Transect TLV				Station	Station	
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m ²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3	
2017 b	Transect A	255	2,55	97,33	31			
	Transect B	141	3,53	51,45	29			
	Transect C	56	0,70	4,28	14			
	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 ¹⁴	Moy. ABC	123,67	1,64	174,47	28	37	53	

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i - X_m) / X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. [tableau 97](#) et représentation [figure 70](#).

¹⁴ 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.



Tableau n°97 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	1 642,41	0,27	2 178,38	87,51	191,99	313,92
Ecart type	40,53	0,52	46,67	9,35	13,86	17,72
Moyenne	131,91	1,69	82,25	46,79	68,89	99,42
Coef. de Var.	0,31	0,31	0,57	0,20	0,20	0,18

Commentaires :

- La densité est nettement remontée.
- La biomasse est faible.
- La biodiversité est plutôt élevée avec des valeurs au-dessus de la moyenne.
- Rapellons que c'est la seule station où l'on trouve *Acanthurus lineatus* qui est un Acanthuridae de la côte Est et classiquement absent de la côte Ouest.

NB : Les données d'abondances recueillies sur cette station côtière, notamment sur le transect A, dépendent en grande partie de l'heure de la visite par rapport à la marée et de l'incidence et importance des houles et des vagues :

- plus la marée est haute plus la ligne de déferlement s'éloigne du transect et
- plus les houles ou les vagues sont fortes et d'incidence oblique et plus le courant littoral est fort.

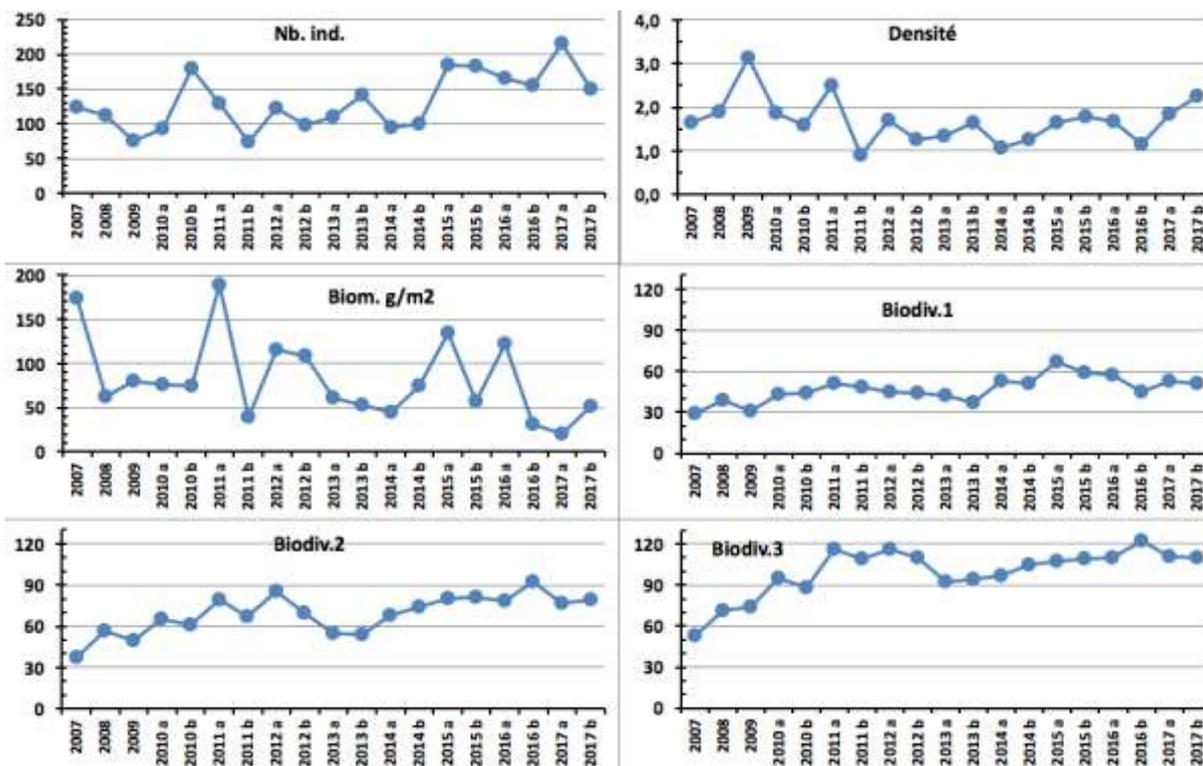


Figure n°69 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11)

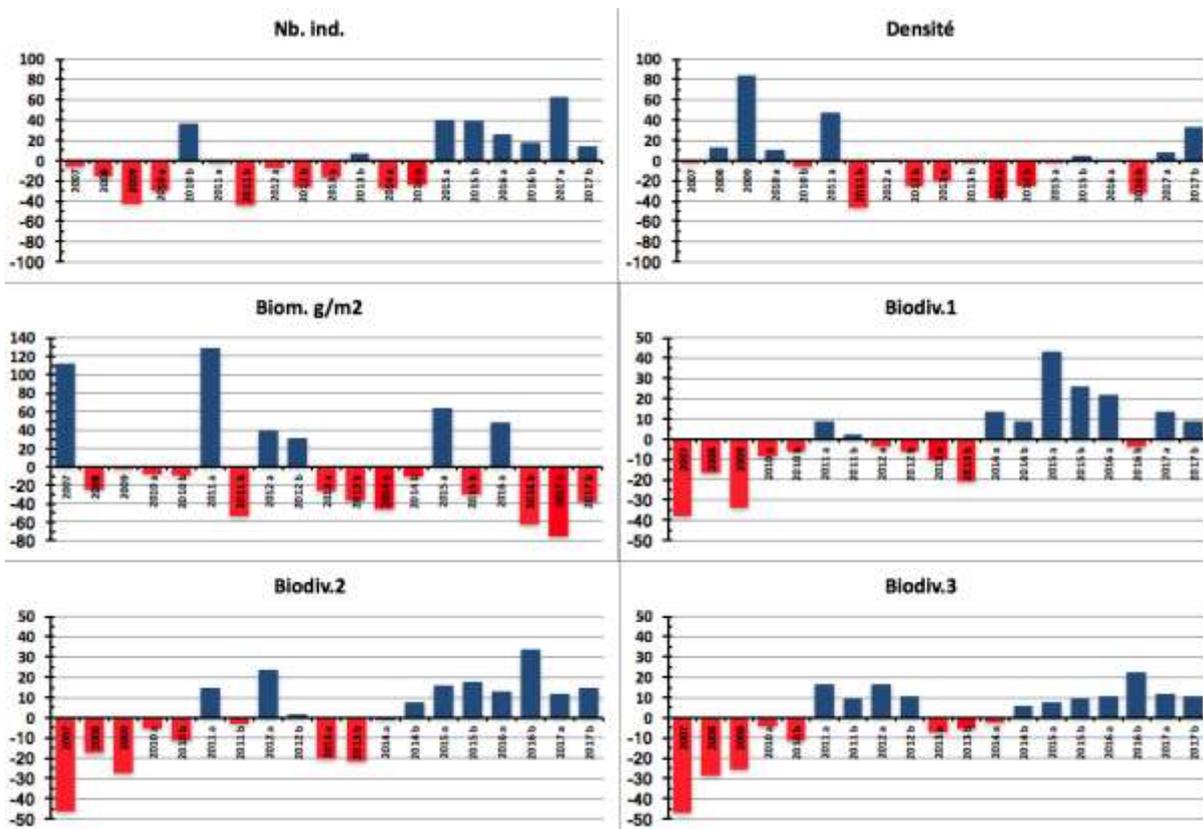


Figure n°70 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11)



4.11 Station 12 = Ilot Ugo

Localisation géographique	Partie nord de la façade ouest du récif frangeant sous le vent de l'îlot Ugo (photographie 28).
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.
	<p>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>Thelelenota 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).</p> <p>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.</p> <p>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.</p> <p>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.</p>

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 scléactiniaires 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 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 d'*Alveopora* sp, *Goniopora* sp. et *Acropora* spp.
- ↗ Le reste des colonies coralliennes sont de taille décimétrique (turn over important)
- ↗ Grande diversité et abondance des coraux libre (famille Fungiidae) qui affectionnent particulièrement ce substrat détritique
- ↗ Accumulation de débris importante sous le transect et en périphérie de la station (grands couloirs d'effondrement qui deviennent de plus en plus large)
- ↗ Mortalité corallienne, couloir d'effondrement et nombreux débris (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 coralliens vivants et les blocs coralliens





Variations entre avril et septembre 2017

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 31.5% au transect A et 24% 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%*

- Lésions coralliennes : maladie de la bande blanche en A & B (respectivement 0.5 m² pour 1 colonie et 0.4 m² pour 1 colonie). L'espèce concernée est *Acropora tabulaire*.

Il y a également quelques anomalies de croissance sur des colonies de *Porites* en A

- Dégradations mécaniques (Winston 2016, Cook et Donna 2017) : remobilisation en A & B. Les débris du couloir d'effondrement sont régulièrement remobilisés par la houle

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : recouvrement en augmentation aux 2 transects (niveau 2). Elles se développent sur les débris coralliens remobilisés dans les couloirs d'effondrements

- Le turf algal se développe abondamment sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place au fur et à mesure de leur dégradation

- Algue brune *Lobophora* : le recouvrement est en augmentation aux 2 transects (niveau 0 à 2/3)

- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente (stable)

- *Cliona orientalis* : stable

- *Cliona jullienei* : augmentation en B (niveau 2 à 3)

Les corallivores :

- *Acanthaster planci* : traces récentes mais absence de spécimen

- Absence de *Culcita novaeguineae*

- *Drupella cornus* : augmentation d'abondance en A (niveau 0 à 2) et absence en B





Carte n°13 : Localisation de la station 12 (Ilot Ugo)



Photo n°28 : Position en surface par rapport à la côte (ST12)

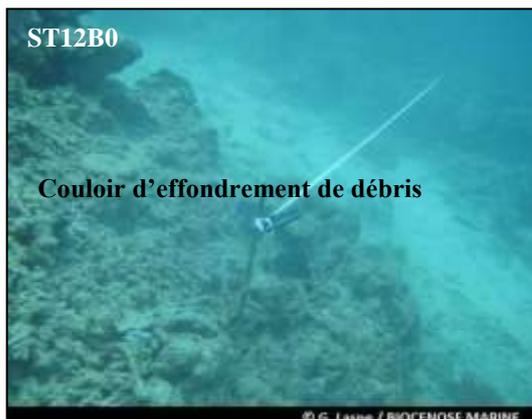


Photo n°29 : Vue d'ensemble des transects (ST12)

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.

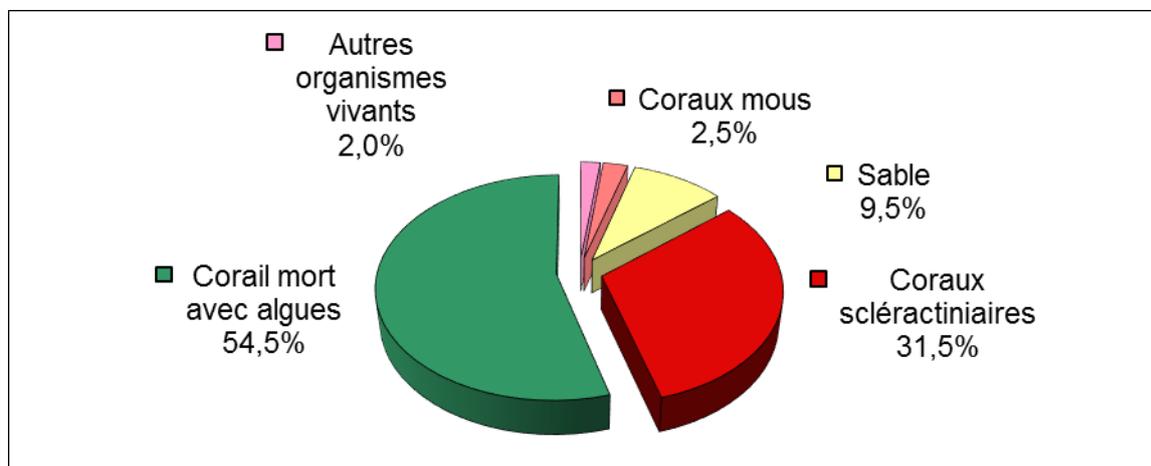


Figure n°71 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12A*

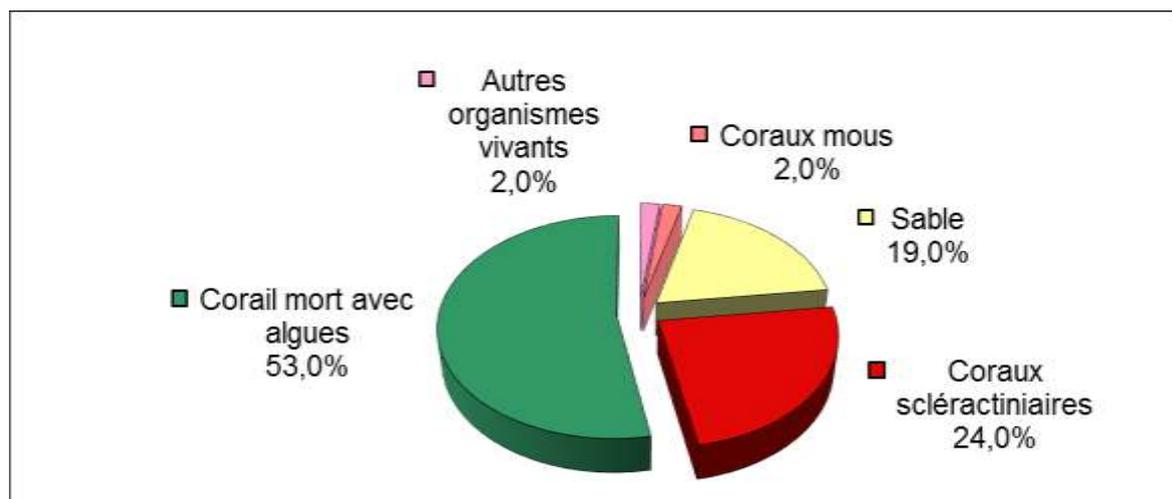


Figure n°72 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12B*

Les deux transects présentent des taux en coraux scléactiniaires vivants corrects, avec 31.5% (avec une légère hausse rattrapant la baisse de la mission d'avril) et 24% respectivement chacun.

Le reste du substrat fait une large part aux coraux morts recouverts d'algues (54.5% et 53%).

Le recouvrement est majoritairement biotique pour chaque transect (89% et 86%).

A noter : absence des cyanobactéries et des coraux blancs aux 2 transects depuis 4 missions.

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 04.

En septembre 2017, la richesse spécifique de la station Ugo (ST12) est composée de :

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

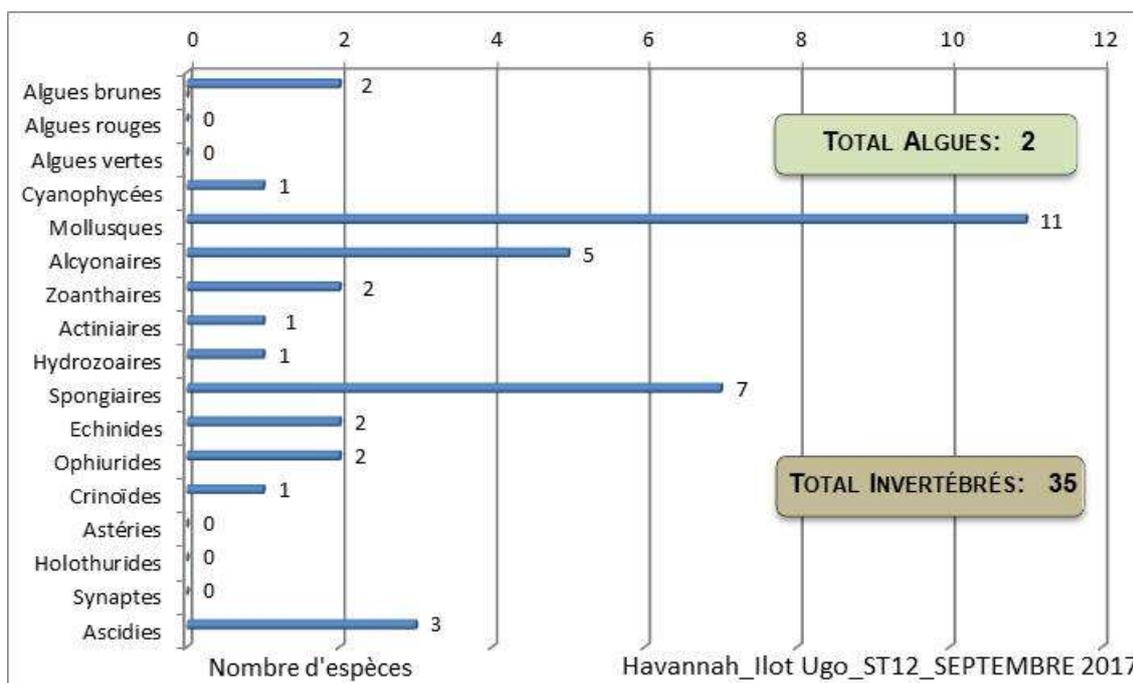


Figure n°73 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST12)

4.11.2.1 Benthos Transect 12 A

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST12A est composée de :

- 30 espèces d'invertébrés dont 10 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), zoanthaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon) ; 5 espèces d'échinodermes : échinides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 5 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies
- 2 espèces de macrophytes : algues brunes (2 taxons)
- 1 espèce de cyanobactéries. Tous les groupes sont représentés.

Tableau n°98 : Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST012A)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue brune : • <i>Lobophora variegata</i> (A2). 3 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : • <i>Padina</i> sp. (A0/-2) ; et 2 espèces d'algues vertes : • <i>Halimeda</i> sp. (A0/-2), • <i>Chlorodesmis fastigiata</i> (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
<input checked="" type="checkbox"/>	Une espèce de cyanobactéries augmente d'abondance : • <i>Phormidium</i> sp. (A2/+ 1).

Cnidaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➤ pour les alcyonaires : • <i>Sarcophyton</i> sp. (A3/- 2).
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➤ pour les ophiurides (1 espèce) : • <i>Ophiure</i> ind. (A2). 4 espèces d'échinodermes disparues : ➤ pour les astéries (-2 espèce) : • <i>Gomophia egyptiaca</i> (A0/-1), • <i>Nardoa gomophia</i> (A0/-1) ; ➤ pour les échinides (-1 espèce) : • <i>Diadema savignyi</i> (A0/-1) ; ➤ pour les holothurides (-1 espèce) : • <i>Holothuria edulis</i> (A0/-1).	<input checked="" type="checkbox"/>
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➤ pour les gastéropodes (1 espèce) : • <i>Drupella cornus</i> (A2).	<input checked="" type="checkbox"/>
Eponges	
2 espèces d'éponges disparues : • <i>Cymbastella cantharella</i> (A0/-2), • <i>Clathria rugosa</i> (A0/-2).	<input checked="" type="checkbox"/>
Ascidies	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Bryozoaires	
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

4.11.2.2 Benthos Transect 12 B

En septembre 2017, la richesse spécifique du transect ST12B est composée de :

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

Tableau n°99 : Variations entre avril et septembre 2017 : Les biocénoses* (ST012B)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue brune : • <i>Lobophora variegata</i> (A3). Une espèce d'algue disparue, l'algue verte : • <i>Codium</i> sp. (A0/-1).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : • <i>Phormidium</i> sp. (A2).	<input checked="" type="checkbox"/>
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Lobophytum</i> sp. (A2). Une espèce de cnidaires disparue : ➤ pour les actiniaires (-1 sp) : • <i>Discosoma rhodostoma</i> (A0/-2).	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Nephthea</i> sp. (A3/+ 1).
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➤ pour les échinides (1 espèce) : • <i>Echinostrephus aciculatus</i> (A1). 4 espèces d'échinodermes disparues : ➤ pour les astéries (-2 espèce) : • <i>Fromia indica</i> (A0/-1), • <i>Gomophia egyptiaca</i> (A0/-1) ; ➤ pour les holothurides (-2 espèce) : • <i>Holothuria edulis</i> (A0/-2), • <i>Holothuria fuscopunctata</i> (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➤ pour les ophiurides (1 espèce) : • <i>Ophiure</i> ind. (A2/+ 1).
Mollusques	





Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➤ pour les gastéropodes (1 espèce) : • <i>Trochus niloticus</i> (A1). 3 espèces de mollusques disparues : ➤ pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Septifer bilocularis</i> (A0/-2) ; ➤ pour les gastéropodes (-2 espèce) : • <i>Coralliophila violacea</i> (A0/-2), • <i>Astraea rhodostoma</i> (A0/-1).		Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➤ pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Hyotissa hyotis</i> (A1/- 1).
Eponges		
<input checked="" type="checkbox"/>	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : • <i>Cliona jullienei</i> (A3/+ 1).	
Ascidies		
3 espèces d'ascidies disparues : • <i>Polycarpa aurita</i> (A0/-2), • <i>Polycarpa nigricans</i> (A0/-2), • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A0/-1).		<input checked="" type="checkbox"/>
Bryozoaires		
<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

4.11.3 Les poissons (ST12)

La liste des espèces observées¹⁵ sur les transects et les résultats bruts sont fournis dans le [tableau 100](#).

Tableau n°100 : *Données sur les poissons (ST12)*

Ugo ST12		Transect			Transect			Station		
Fam	Espèces	A			B			Moyenne		
		Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	1	0,01	0,13				0,50	0,01	0,06
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>				1	0,03	0,26	0,50	0,01	0,13
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	1	0,01	0,13				0,50	0,01	0,06
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>				1	0,02	0,01	0,50	0,01	0,01
Cae	<i>Pterocaesio marri</i>	20	0,25	8,64				10,00	0,13	4,32
Can	<i>Canthigaster valentini</i>				1	0,02	0,03	0,50	0,01	0,01
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>				1	0,02	0,20	0,50	0,01	0,10
Cha	<i>Chaetodon ephippium</i>				2	0,04	0,80	1,00	0,02	0,40
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	2	0,03	0,26				1,00	0,01	0,13
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>				2	0,04	0,17	1,00	0,02	0,09
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	1	0,01	0,05				0,50	0,01	0,03
Epi	<i>Epinephelus ongus</i>				1	0,02	0,29	0,50	0,01	0,15
Lab	<i>Bodianus perditio</i>				1	0,02	0,40	0,50	0,01	0,20
Lab	<i>Cheilinus trilobatus</i>				1	0,02	0,53	0,50	0,01	0,27
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	1	0,01	0,18				0,50	0,01	0,09
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	2	0,03	0,11				1,00	0,01	0,05
Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>	3	0,04	0,75				1,50	0,02	0,38
Mul	<i>Parupeneus spilurus</i>				3	0,06	0,61	1,50	0,03	0,31
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	2	0,03	0,50				1,00	0,01	0,25
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	2	0,03	0,03				1,00	0,01	0,02
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	1	0,01	0,02				0,50	0,01	0,01
Poc	<i>Pygoplites diacanthus</i>				1	0,02	0,40	0,50	0,01	0,20
Pom	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>	5	0,06	0,43	5	0,10	0,25	5,00	0,08	0,34
Pom	<i>Abudefduf whiteleyi</i>	5	0,06	0,27	8	0,16	0,40	6,50	0,11	0,34
Pom	<i>Chromis fumea</i>	10	0,13	0,16	10	0,20	0,26	10,00	0,16	0,21
Pom	<i>Chromis viridis</i>	15	0,19	0,24	15	0,30	0,16	15,00	0,24	0,20
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	4	0,05	0,06	3	0,06	0,03	3,50	0,06	0,05
Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>	7	0,09	0,05	8	0,16	0,09	7,50	0,12	0,07
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	10	0,13	0,07	5	0,13	0,07	7,50	0,13	0,07
Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>	15	0,19	0,10				7,50	0,09	0,05
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	3	0,04	0,05	2	0,04	0,05	2,50	0,04	0,05
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>	2	0,03	0,50				1,00	0,01	0,25
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>	2	0,03	0,86				1,00	0,01	0,43
Sca	<i>Scarus niger</i>	1	0,01	0,84				0,50	0,01	0,42
Sca	<i>Scarus rivulatus</i>	1	0,01	0,84				0,50	0,01	0,42
Sca	<i>Scarus rubroviolaceus</i>	1	0,01	0,18				0,50	0,01	0,09
Sig	<i>Siganus doliatus</i>				2	0,04	0,41	1,00	0,02	0,20
Sig	<i>Siganus vulpinus</i>				2	0,05	0,51	1,00	0,03	0,26
Total		117	1,46	15,45	75	1,54	5,94	96,00	1,50	10,70

¹⁵ Données par rapport à la liste restreinte du cahier des charges, cf. [annexe 01](#).

Biodiversité	25	21	38
Indice de Shannon =	4,262		
Equitabilité =	0,812		

Sur l'ensemble des transects de la station, 192 individus appartenant à 38 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.50 poissons/m² pour une biomasse de 10.70 g/m².

82 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. [tableau 101](#)).

Tableau n°101 : Liste des espèces complémentaires (ST12)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	Lab	<i>Cirrhilabrus punctatus</i>	Pom	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Pom	<i>Abudefduf whiteleyi</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Chromis amboinensis</i>
Apo	<i>Apogon doederleini</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopoeion</i>	Pom	<i>Chromis analis</i>
Apo	<i>Cheilodipterus artus</i>	Lab	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Pom	<i>Chromis atripectoralis</i>
Apo	<i>Cheilodipterus macrodon</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Chromis atripes</i>
Apo	<i>Cheilodipterus quinquelineatus</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Chromis fumea</i>
Apo	<i>Ostorhinchus aureus</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Pom	<i>Chromis viridis</i>
Apo	<i>Ostorhinchus capricornis</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Apo	<i>Ostorhinchus compressus</i>	Let	<i>Lethrinus atkinsoni</i>	Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lut	<i>Lutjanus bohar</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Ble	<i>Ecsenius bicolor</i>	Lut	<i>Lutjanus fulvus</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Mic	<i>Gunnellichthys curiosus</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon dickii</i>
Cae	<i>Pterocaesio marri</i>	Mon	<i>Oxymonacanthus longirostris</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>	Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Mul	<i>Parupeneus crassilabris</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon ephippium</i>	Mul	<i>Parupeneus spilurus</i>	Pom	<i>Pomacentrus simsiang</i>
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Sca	<i>Chlorurus bleekeri</i>
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	Ost	<i>Ostracion cubicus</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Pin	<i>Parapercis xanthozona</i>	Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>
Cir	<i>Paracirrhites arcatus</i>	Ple	<i>Assessor macneilli</i>	Sca	<i>Scarus niger</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>	Sca	<i>Scarus rubroviolaceus</i>
Epi	<i>Epinephelus ongus</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Lab	<i>Bodianus perditio</i>	Poc	<i>Pygoplites diacanthus</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Lab	<i>Cheilinus trilobatus</i>				

Le nombre d'espèces présentes pour chaque famille (observée depuis 2007) est donné dans le [tableau 103](#) et spécifiquement pour cette campagne sur la [figure 74](#).

Si la comparaison du nombre d'espèces par famille entre les années 2009 – à cette campagne est effectuée (cf. [tableau 102](#)), sous l'angle de vue de ce critère toutes les campagnes sont similaires.

Tableau n°102 : Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2009 (ST12)

L'hypothèse nulle Ho :	Test	χ^2 obs	ddl	χ^2 à 0,95	nb de familles
« Les colonnes sont elles identiques ? »	χ^2	220	336	408	13/22

Tableau n°103 : *Nombre d'espèces par famille ichthyologique (ST12)*

Familles	Nb d'espèces		Moyenne depuis 2007	±
	2017 a	2017 b		
Acanthuridae	1	3	2,47	0,42
Anthiidae	0	0	0,12	0,16
Blenniidae	1	1	1,24	0,32
Caesionidae	1	1	1,12	0,38
Canthigasteridae	0	1	0,47	0,25
Carangidae	0	0	0,06	0,12
Chaetodontidae	5	4	3,18	0,97
Epinephelinae	2	2	2,18	0,46
Gobiidae	0	0	0,06	0,12
Haemulidae	0	0	0,12	0,16
Labridae	4	4	3,65	0,48
Lethrinidae	0	0	0,06	0,12
Lutjanidae	0	0	0,12	0,24
Microdesmidae	0	0	0,06	0,12
Mullidae	1	2	0,76	0,27
Nemipteridae	1	1	1,00	0,00
Pomacanthidae	3	3	3,29	0,29
Pomacentridae	9	9	7,12	0,68
Pseudochromidae	0	0	0,18	0,19
Scaridae	2	5	2,53	0,64
Scorpaenidae	0	0	0,06	0,12
Siganidae	1	2	0,65	0,42
Total espèces	31	38	30,47	2,83
Total familles	12	13	11,88	0,82

Le récapitulatif des résultats en terme 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 sont présentés dans le [tableau 104](#) et la [figure 75](#).

L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i - X_m) / X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. [tableau 105](#) et représentation [figure 76](#).

Tableau n°104 : *Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST12)*

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	10 255,7	0,9	7 273,5	31,4	62,2	93,5
Ecart type	101,27	0,94	85,28	5,61	7,88	9,67
Moyenne	144,38	2,08	74,67	30,71	50,94	81,94
Coef. de Var.	0,70	0,45	1,14	0,18	0,15	0,12

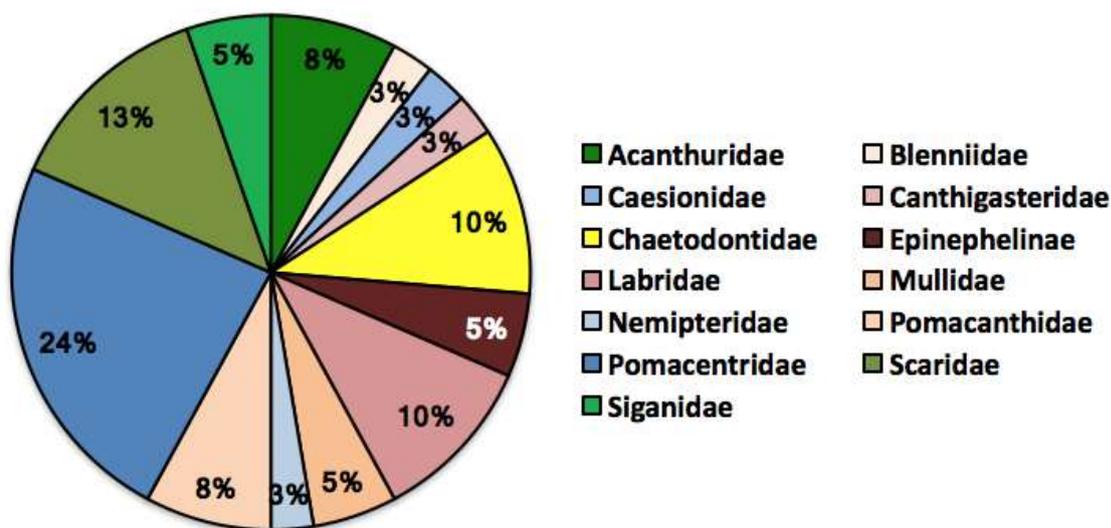


Figure n°74 : Richesse spécifique (%) par famille de poissons, pour cette mission (ST12)

Tableau n°105 : Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST12)

Ugo ST12		Liste DENV					Toutes espèces
		Transect TLV				Station	
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m ²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2017 b	Transect A	117	1,46	15,45	25		
	Transect B	75	1,54	5,94	21		
	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	Pas d'échantillonnage					
2007	Moy. ABC	Pas d'échantillonnage					

Commentaires : Il n'y a rien à signaler de particulier sur cette station :

- La densité plutôt faible est toutefois proche d'une valeur moyenne.
- La biomasse est très faible. Les Caesio ne sont pas sur les transects.
- La biodiversité sur les transects est plutôt bonne et toujours stable depuis 11 ans.
- L'ichtyofaune de cette station est toujours la plus pauvre des stations du canal de la Havannah et n'a aucune heuristique.



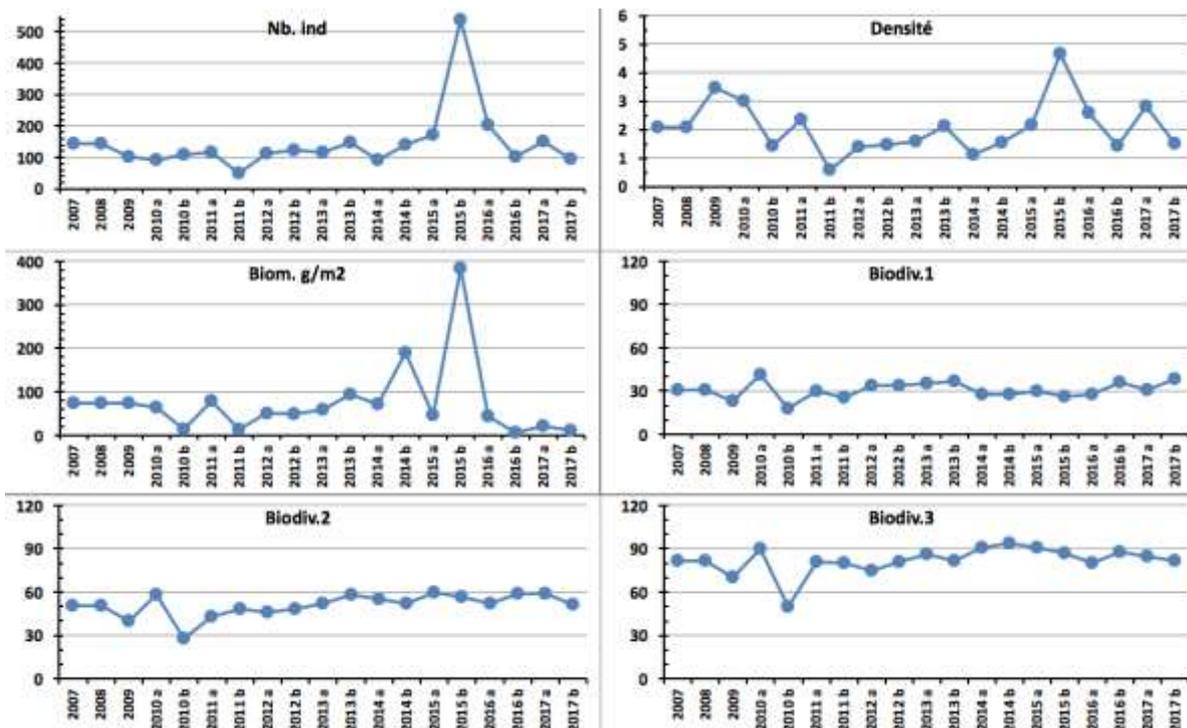


Figure n°75 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12)

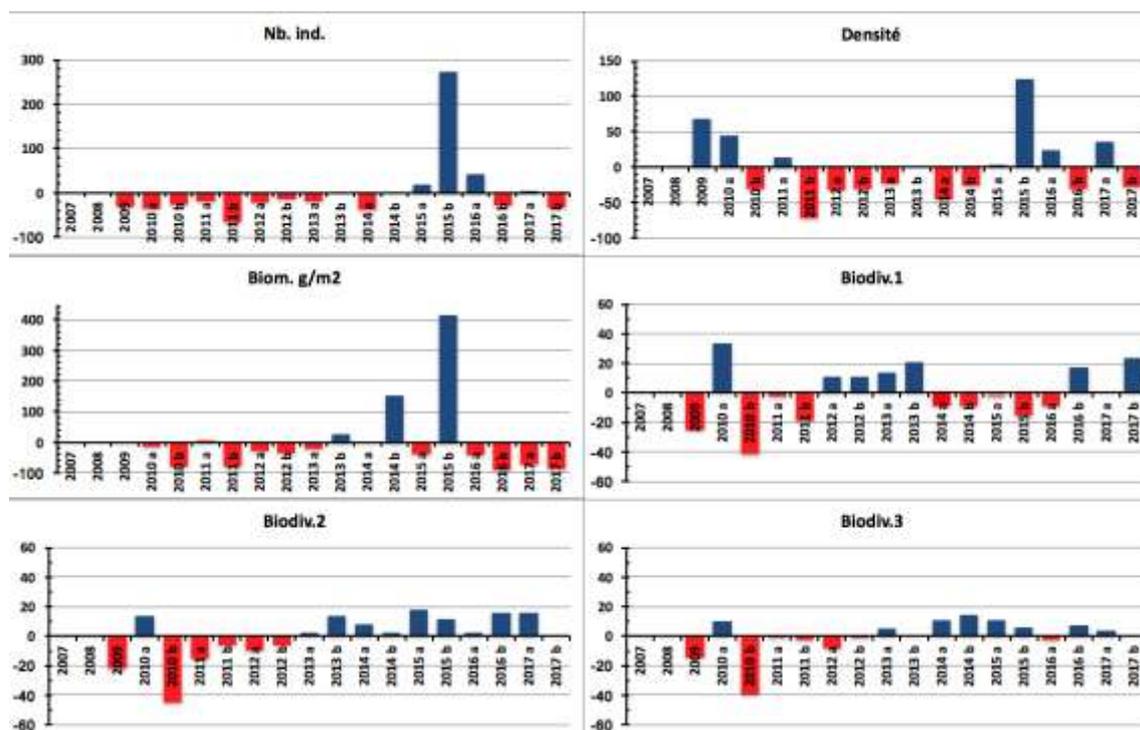


Figure n°76 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12)

5 Résultats généraux / Synthèse

Les cartes 14 et 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 ichtyologique : la diversité spécifique (nombre d'espèces observées, liste restreinte), la densité (nb. individus/m²) et la biomasse (g/m²).

Les résultats bruts de chaque thème sont détaillés par ailleurs ci-dessous.

5.1 Substrat

Les pourcentages de recouvrement du substrat, pour toutes les catégories, sont présentés dans le [tableau a](#) en [annexe 03](#) (résultats par transect pour toutes les stations).

Le [tableau b](#) en [annexe 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 scléactiniaires et le reste (c'est-à-dire, les macrophytes, invertébrés, autres coraux, etc. regroupés sous « macrophytes & invertébrés »),
- ↳ la partie abiotique.

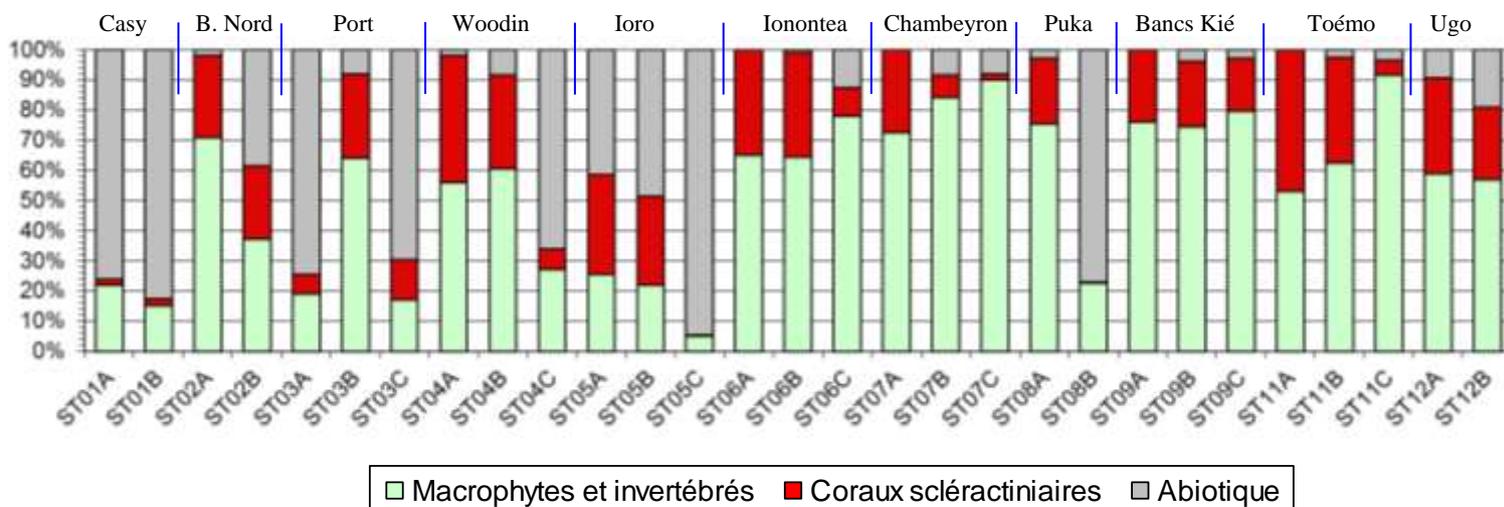


Figure n°77 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat partie biotique/abiotique

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 près de 68%).

La résilience observée après les dégradations du début d'année 2016 se poursuit et le taux de recouvrement corallien est toujours en légère hausse pour cette mission (18.4%).

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 17.7% en moyenne du recouvrement. La moyenne du taux de recouvrement corallien dans le canal de la Havannah augmente légèrement à 21.4%.

Analyse par station :

C'est le transect A de la station ST11 (Toémo) qui présente pour cette mission le plus fort taux de recouvrement

corallien scléactiniaire (47%). La moyenne sur la station est de 29% pour les 3 transects et de 41% en ne prenant en compte que les 2 transects supérieurs. Le 2^{ème} rang est tenu par la ST04 (Woodin) avec 27% pour les 3 transects et 36.5% pour les 2 du haut.

La station la plus pauvre est la ST01 (Casy) avec seulement 2% et 2.5% de scléactiniaires sur ces 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).

Attention cependant à la ST01 (Casy) qui est l'objet d'une invasion d'*Acanthaster planci* qui provoquent le blanchissement et la mort des coraux branchus présents.

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 04](#) (résultats par transect pour toutes les stations).

5.2.1 Biodiversité du benthos : généralités

5.2.1.1 Les contraintes en termes de potentiel « indicateur » et « réactivité »

Afin d'évaluer les dégradations éventuelles de la zone sous l'influence potentielle du projet Vale Nouvelle-Calédonie, une étude sur la biodiversité et l'abondance des biocénoses benthiques est réalisée sur 11 à 12 stations réparties en baie de Prony, canal Woodin et canal de la Havannah.

Cette étude doit permettre :

- 1) D'évaluer la variabilité naturelle et la vulnérabilité : la diversité et l'abondance renseignent sur la vulnérabilité du site et l'adaptation des espèces aux différents biotopes. L'ensemble des espèces benthiques est suivi car tous les taxons peuvent selon le contexte devenir une espèce invasive ;
- 2) D'effectuer une synthèse comparative de l'état des stations et de leur évolution dans le temps et l'espace : la comparaison des données dans le temps, permet d'évaluer la variabilité naturelle (saisonnalité, turn over, évènements exceptionnels) et d'appréhender de potentielles perturbations anthropiques ;
- 3) De suivre dans le temps les effets potentiels des activités industrielles de Vale Nouvelle-Calédonie : l'objectif principal est d'évaluer les effets potentiels des activités industrielles de Vale Nouvelle-Calédonie et de tirer une sonnette d'alarme, le plus rapidement possible dans le cas de perturbations anthropiques.

Pour ce faire, l'ensemble des biocénoses benthiques (fixes et mobiles) sont inventoriées depuis 2007 et plusieurs **indicateurs** particulièrement suivis :

Certaines espèces dites « **espèces cibles** » permettent selon leur variation abondance d'évaluer l'état de santé du milieu. En effet, la présence des invertébrés mobiles (astéries, échinides, holothuries, mollusques...), est un indicateur du fonctionnement de l'écosystème. Cependant, l'absence ou la diminution d'abondance des invertébrés mobiles d'une mission à une autre n'est pas un indicateur de dégradation environnementale. Leur absence peut être momentanée et n'est pas synonyme de dégradation ou de mortalité car leur mobilité leur permet de migrer du couloir d'inventaire pour rechercher de la nourriture ou un abri ...

Les observations **d'organismes morts** permettent de donner une alerte mais elles sont peu fréquentes car ils sont rapidement consommés dans la 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, clones et plus particulièrement les coraux scléactiniaires.

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 pour 2017, il n'a été appliqué que les demandes réglementaires : les coraux n'ont donc pas été inventoriés pour cette mission ainsi que la précédente.

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 scléactiniaires 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 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 scléactiniaires
- ↗ 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.

Pour cette mission, seuls les 2 groupes suivants feront l'objet de cette étude :

- ↗ les invertébrés (hors coraux durs)
- ↗ les macrophytes.

La richesse spécifique des invertébrés est comprise entre 16 à 58 taxa par transect pour l'ensemble de la zone



(avec une moyenne de 29 taxa par transect vs 30 et 35.6 pour les 2 missions précédentes : légère baisse).

La richesse spécifique des macrophytes est comprise entre 0 à 21 taxa par transect pour l'ensemble de la zone (avec une moyenne de 4.7 taxa par transect vs 5.3 et 6.3 pour les 2 missions précédentes : légère baisse).

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 scléactiniaires hermatypiques et les macrophytes qui représentent les habitats principaux de la faune récifale.

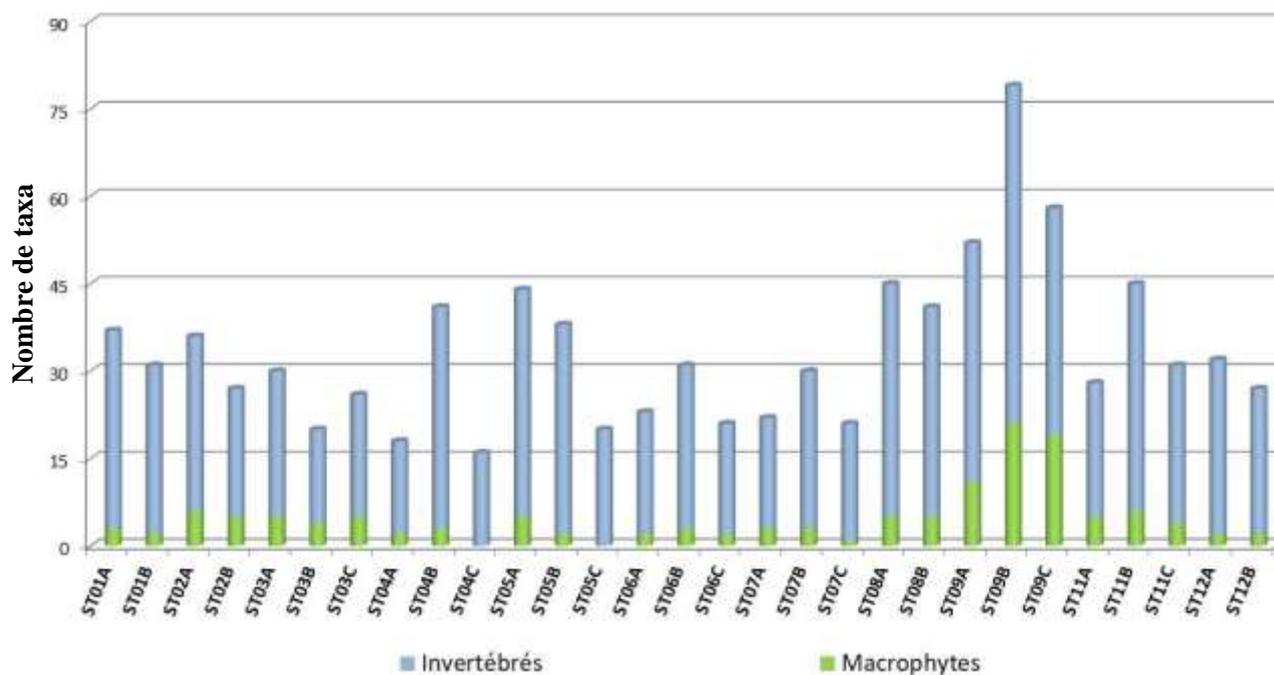


Figure n°78 : Richesse taxonomique du benthos dans 2 groupes clés

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 scléactiniaires 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 septembre 2017, la richesse spécifique du site Havannah est composée de :

- **99 espèces d'invertébrés** dont 27 espèces de mollusques ; 21 espèces de cnidaires : alcyonaires (11 taxons), actiniaires (7 taxons), zoanthaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon) ; 27 espèces

d'échinodermes : astéries (10 taxons), holothurides (9 taxons), échinides (5 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 12 espèces d'éponges ; 12 espèces d'ascidies

- **24 espèces de macrophytes** : algues vertes (14 taxons), algues rouges (7 taxons), algues brunes (3 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

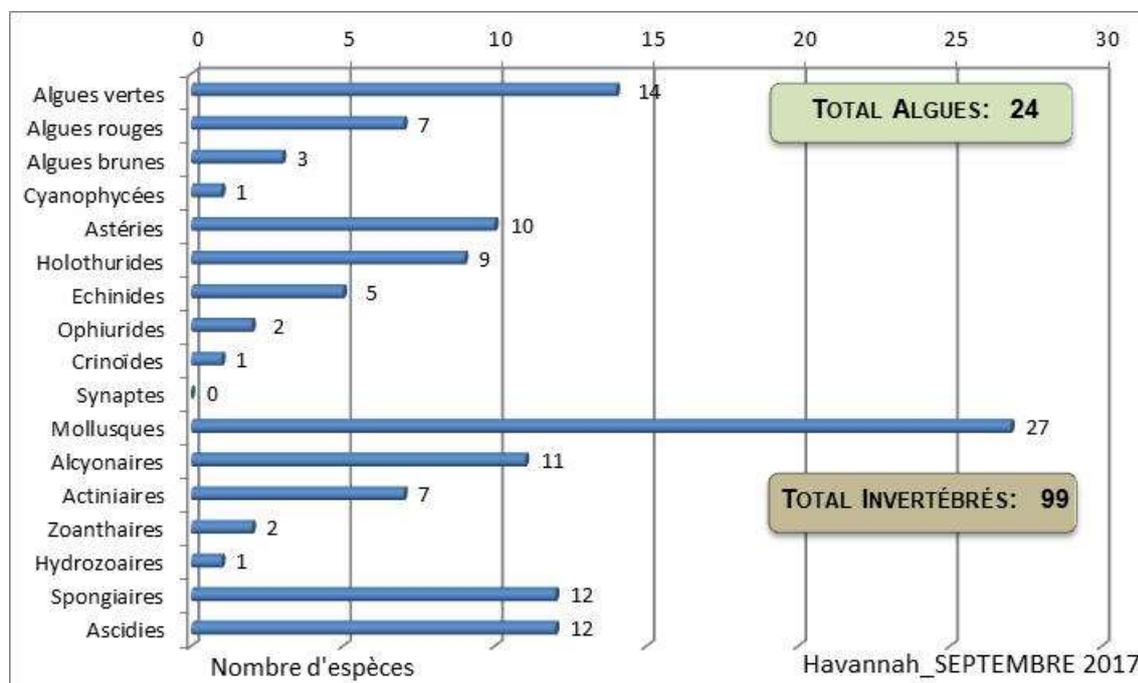


Figure n°79 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal de la Havannah

5.2.3.2 Assemblage spécifique du benthos dans le canal Woodin

En septembre 2017, la richesse spécifique du site Woodin est composée de :

- **40 espèces d'invertébrés** dont 10 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), zoanthaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon) ; 9 espèces d'échinodermes : échinides (3 taxons), astéries (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 6 espèces d'ascidies
- **4 espèces de macrophytes** : algues brunes (2 taxons), algues vertes (2 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

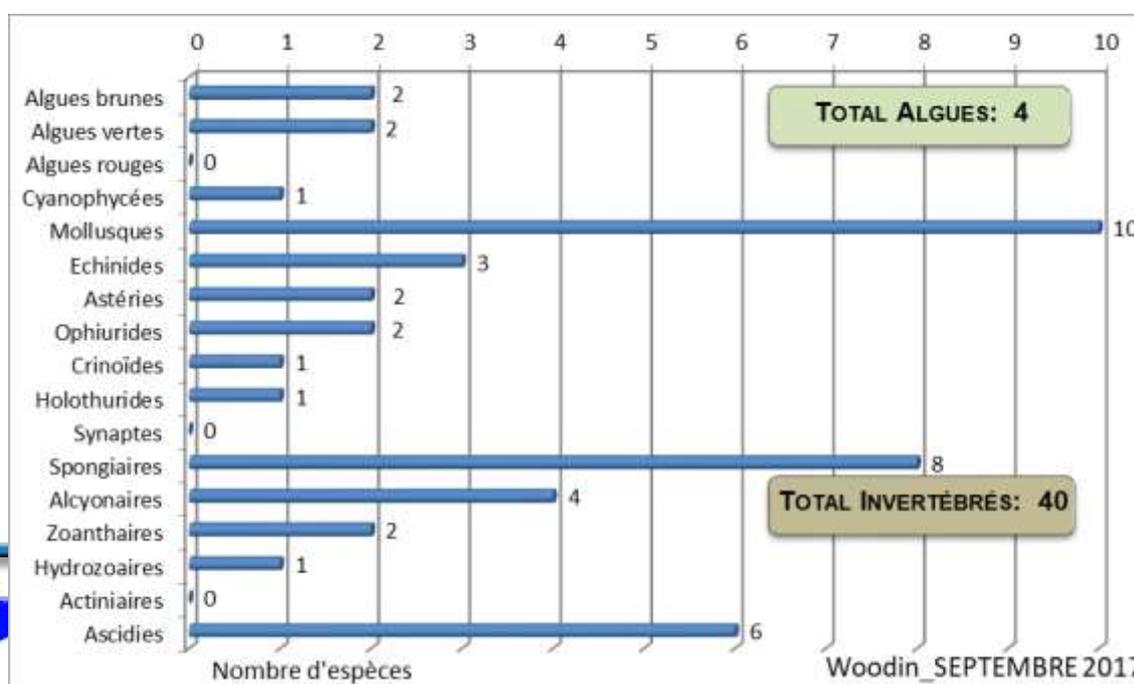


Figure n°80 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal Woodin

5.2.3.3 Assemblage spécifique du benthos dans la baie de Prony

En septembre 2017, la richesse spécifique du site Prony est composée de :

- **54 espèces d'invertébrés** dont 14 espèces de mollusques ; 11 espèces de cnidaires : alcyonaires (8 taxons), zoanthaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon) ; 19 espèces d'échinodermes : astéries (6 taxons), échinides (6 taxons), holothurides (4 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- **8 espèces de macrophytes** : algues vertes (4 taxons), algues brunes (3 taxons), algues rouges (1 taxon)
- **1 espèce de cyanobactéries.**

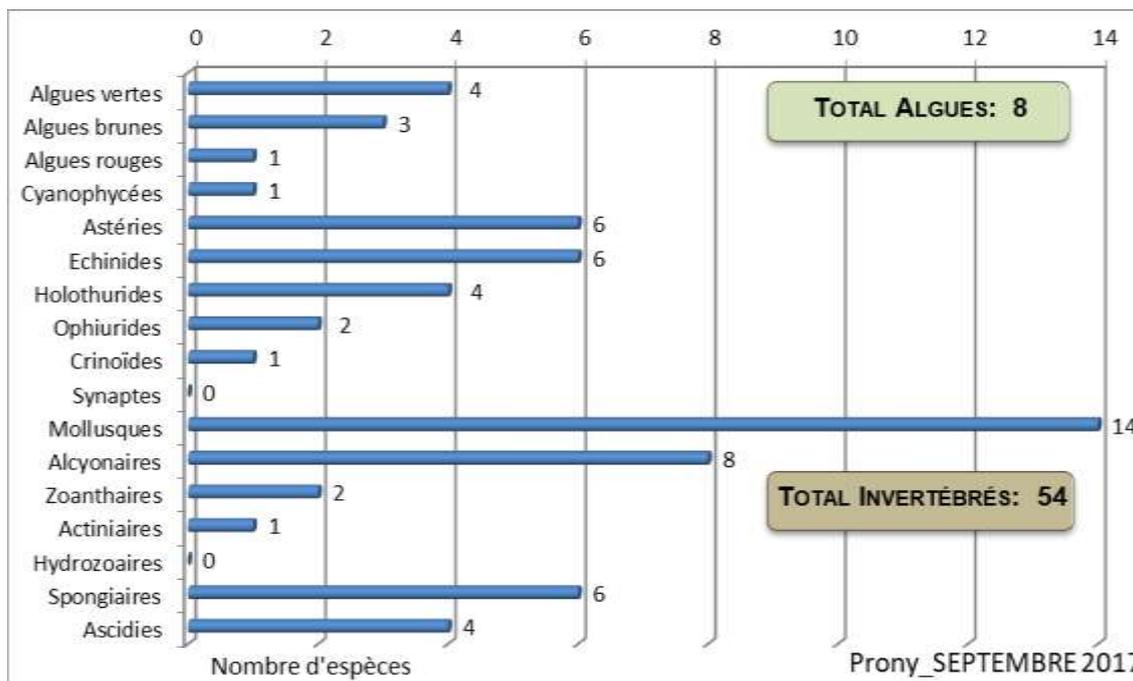


Figure n°81 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour la baie de Prony



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, synaptés), 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 : 99 taxons, Prony : 54 taxons et Woodin : 40.

Selon les stations : 34 à 66 espèces ont été dénombrées (respectivement ST02 = ST03 et St09).

Selon les transects : 16 à 58 espèces ont été dénombrées (respectivement ST03B = ST04B = 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 **28.76 (+/- 9.88) taxons**.

La station ST09 a une richesse spécifique importante pour les invertébrés (avec 41, 58 et 39 espèces respectivement pour les transects A, B et C soit 66 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 : 24 taxons, Prony : 8 taxons et Woodin : 4 taxons.

Selon les stations : 2 à 22 espèces ont été dénombrées (respectivement ST12 et ST09).

Selon les transects : 0 à 21 espèces ont été dénombrées (respectivement ST04C = ST05C 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 **4.69 (+/-4.77) taxons**.

Aucune espèce de macrophytes identifiable *in situ* n'a été comptabilisée pour les transects ST04C et ST05C.

La station ST09 a une richesse spécifique importante pour les macrophytes (avec 11, 21 et 19 espèces respectivement pour les transects A, B et C soit 22 espèces au total pour la station).



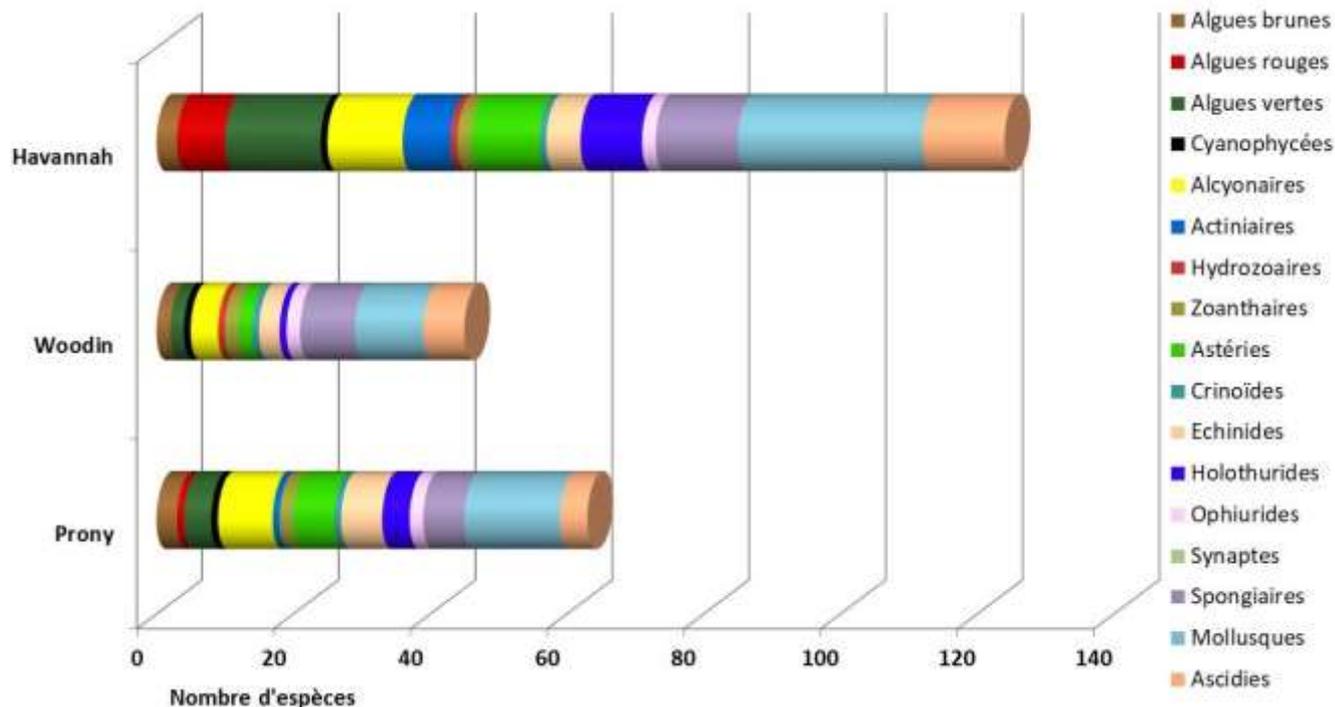


Figure n°82 : Assemblage des invertébrés (hors coraux durs) et des macrophytes par groupe pour les trois sites

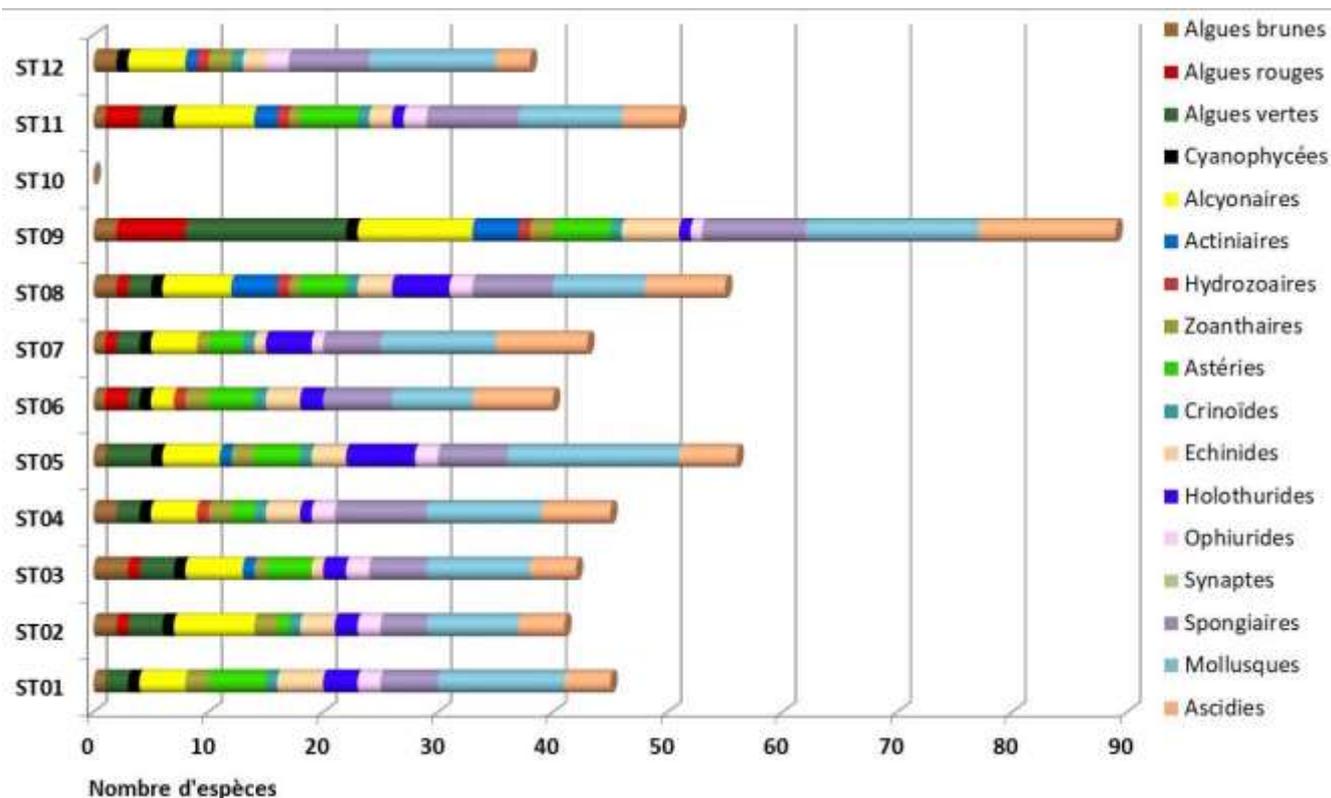


Figure n°83 : Richesse spécifique des biocénoses* benthiques selon les groupes par station

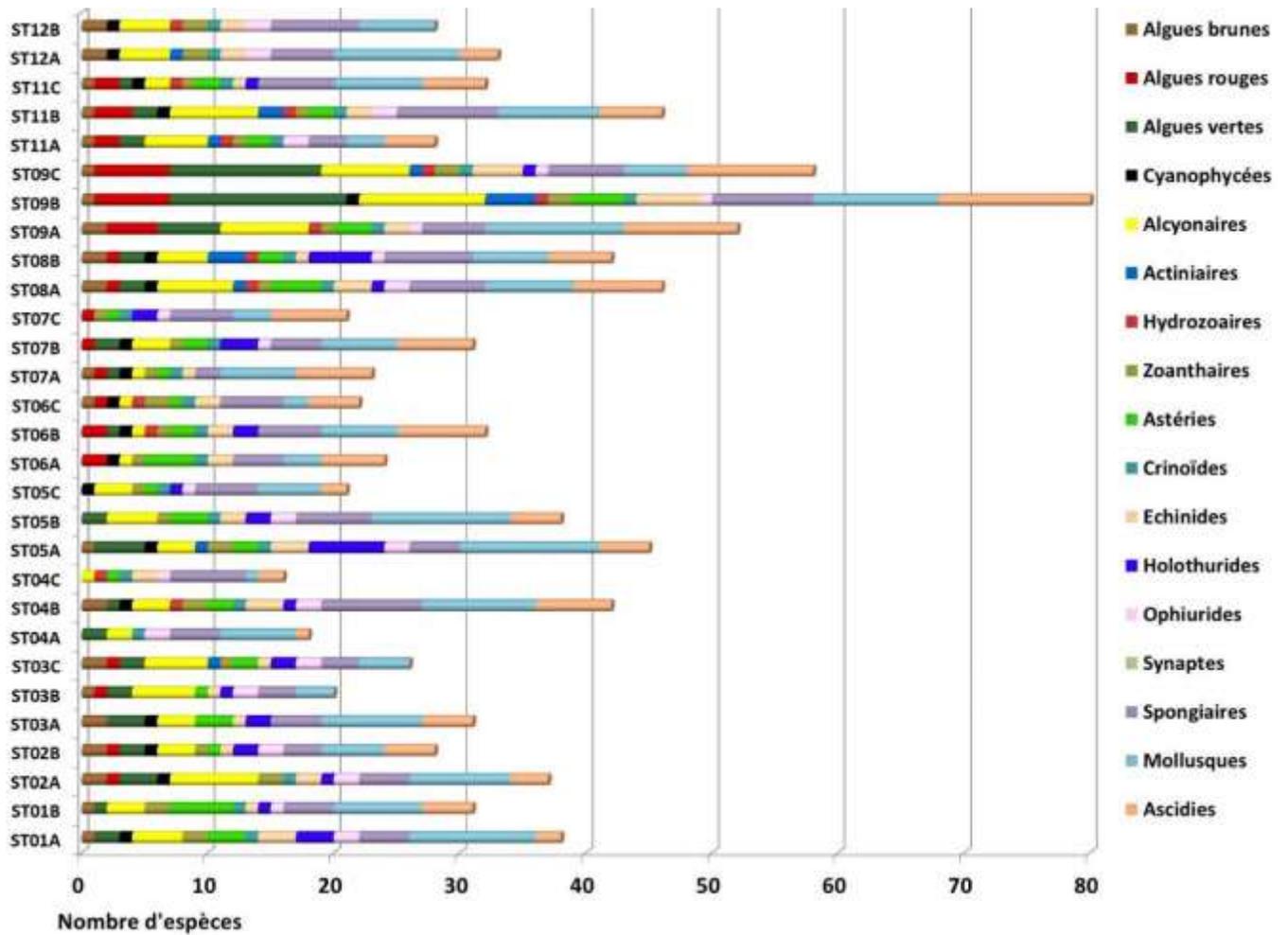


Figure n°84 : Richesse spécifique des biocénoses* benthiques selon les groupes par transect

5.3 Ichtyologie

Les paramètres biologiques globaux concernant les stations sont présentés dans le [tableau 106](#) et les [figures 85 à 87](#) (rappel : liste restreinte, cf. § 6.3).

Tableau n°106 : *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	115,50	1,28	30	31	46	82	3,835	0,774	
	ST02 CREEK BAIE NORD	51,50	0,43	4	14	44	72	3,339	0,877	
	ST03 PORT	50,33	0,82	1	16	46	69	3,080	0,770	
	Variances (σ^2)	1 390,68	0,18	247,00	86,33	1,33	46,33	0,15	0,00	
	Ecart types (σ)	37,29	0,43	15,72	9,29	1,15	6,81	0,38	0,06	
	Moyennes (μ)	72,44	0,84	11,84	20,33	45,33	74,33	3,42	0,81	
	Coef. de Var(σ/μ)	0,51	0,50	1,33	0,46	0,03	0,09	0,11	0,08	
	Int. de Conf. 95%	43,06	0,49	18,15	10,73	1,33	7,86	0,44	0,07	
Canal de la HAVANNAH	ST04 WOODIN	367,67	7,68	196	77	103	145	5,198	0,829	
	ST05 IORO	111,00	1,20	24	50	74	109	4,577	0,811	
	ST06 IONONTEA	238,00	4,47	667	66	88	132	4,368	0,723	
	ST07 B. CHAMBEYRON	175,33	2,00	181	68	87	121	4,983	0,819	
	ST08 PUKA	40,00	0,78	10	31	74	104	4,659	0,940	
	ST09 BANCS KIE	174,33	2,42	64	64	86	116	4,950	0,825	
	ST11 TOEMO	150,67	2,26	51	51	79	110	4,828	0,851	
	ST12 UGO	96,00	1,50	11	38	51	82	4,262	0,812	
		Variances (σ^2)	9 995,43	5,14	48 997	251,13	227,36	356,70	0,103	0,004
		Ecart types (σ)	99,98	2,27	221	15,85	15,08	18,89	0,321	0,060
		Moyennes (μ)	169,13	2,79	151	55,63	80,25	114,88	4,728	0,826
		Coef. de Var(σ/μ)	0,59	0,81	1	0,28	0,19	0,16	0,068	0,072
	Int. de Conf. 95%	70,69	1,60	157	11,21	10,66	13,35	0,227	0,042	

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 $\alpha = 0,025$.

C'est la station ST02 (Creek baie nord) qui présente les plus faibles chiffres pour la richesse spécifique et la densité et la station ST03 (Port) pour la biomasse et l'indice de Shannon.

La ST08 présente la plus faible abondance, mais possède toujours l'indice d'équitabilité le plus élevé : c'est donc une station avec une structure des populations très homogène. Mais c'est aussi le cas de la plupart des stations (tous les indices sont > 0.6).

Pour cette mission c'est la station ST04 qui est particulièrement riche en abondance, richesse spécifique et densité et c'est la ST06 qui se distingue à nouveau pour la biomasse, avec par contre l'équitabilité la plus basse.

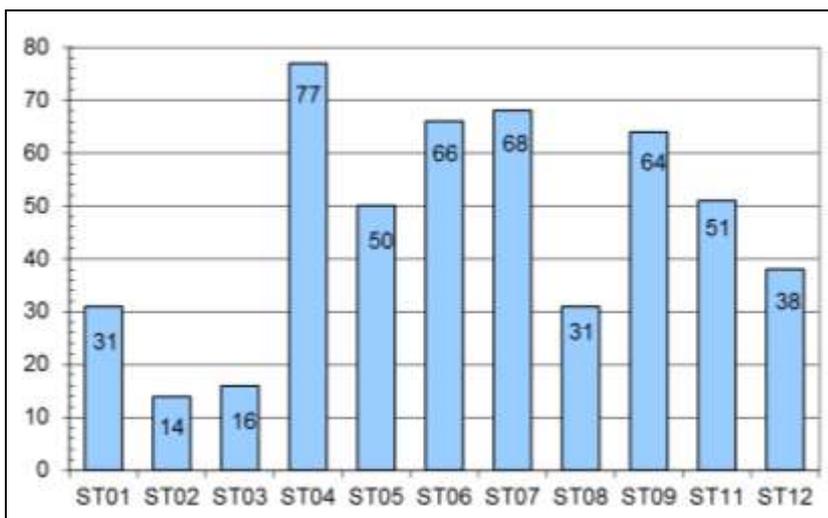
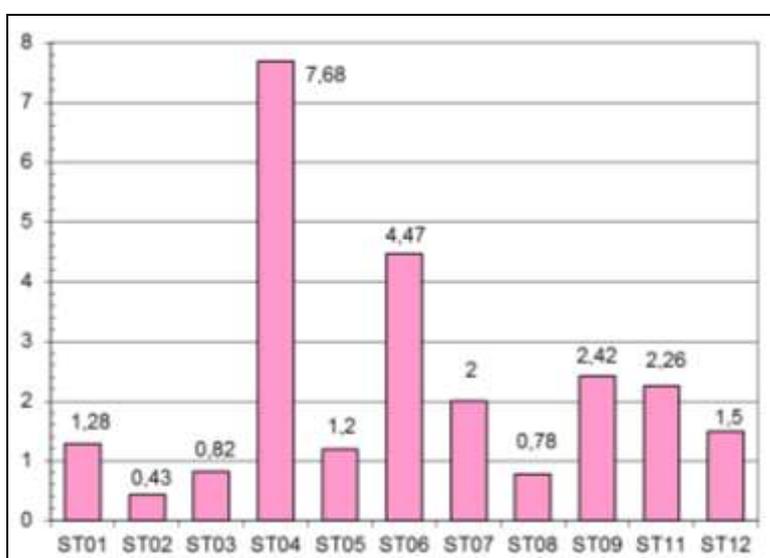


Figure n°85 : Richesse spécifique de l'ichtyofaune par station



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

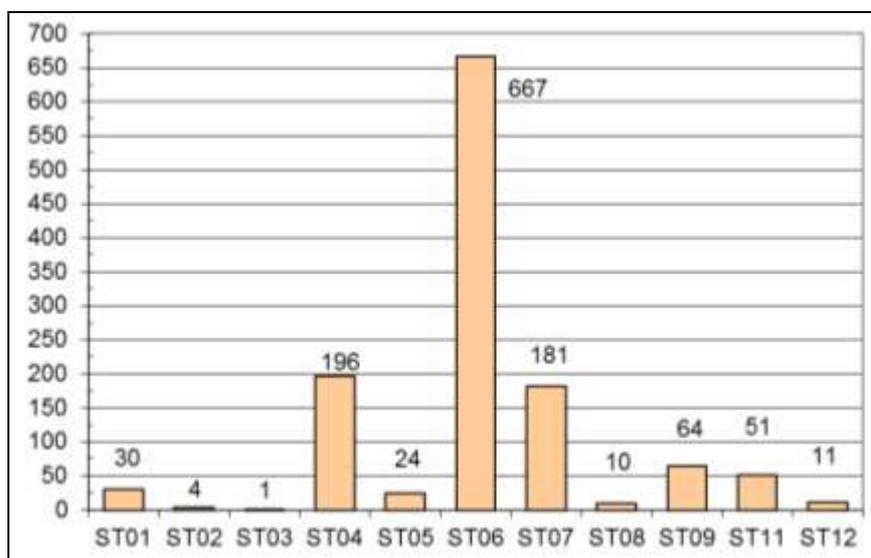


Figure n°87 : Biomasse (g/m²) de l'ichtyofaune par station



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

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.



5.4.3 Espèces invasives

Il n'y a pas, au vu de la taille de notre échantillon, de phénomène d'invasion actuellement.

5.4.4 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 (quadras) afin d'évaluer leur potentielle nuisance sur l'environnement ainsi que leur développement dans le temps et dans l'espace.
- **Par ailleurs, pour la première fois depuis le début du suivi, une prolifération d'*Acanthaster planci* est constatée pour deux missions successives sur une station (ST01, Casy). Le transect A présente une prolifération d'*Acanthaster planci* en avril et septembre 2017 (12 et 13 spécimens / 100m²). Lors du suivi de novembre 2016 un seul spécimen avait été observé.**

Les proliférations de macro-algues dans les écosystèmes littoraux des zones tropicales et subtropicales sont une menace sérieuse pour la diversité biologique de ces milieux. Typiquement, une croissance excessive des algues est le résultat d'une variété insuffisante d'animaux consommateurs d'algues et/ou de nutriments excessifs. L'apport important de matière en suspension peut être un facteur de perturbation.

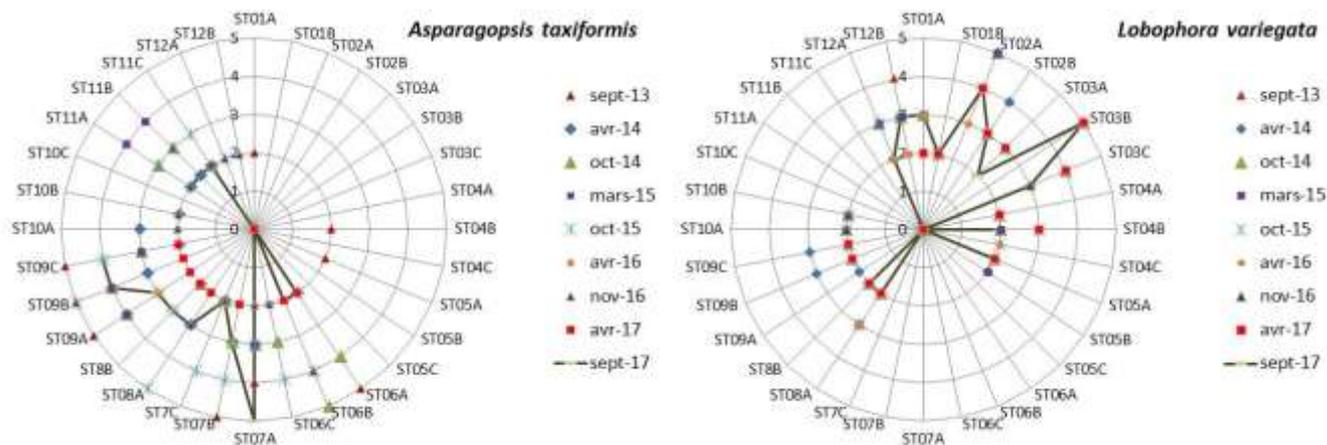


Figure n°88 : Abondance semi quantitative (1 à 5) d'*Asparagopsis taxiformis* et de *Lobophora variegata* entre septembre 2013 et septembre 2017

5.4.4.1 *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 Iononlea (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 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).

5.4.4.2 *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) et la mission d'avril 2014 pour le banc Kié (ST09). 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. Cette algue est 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 de Pam (cyclone) en mars 2015. De fait, il y a depuis un développement modéré et pérenne de l'algue *Lobophora* sur les débris (particulièrement en ST04B).

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).

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*).

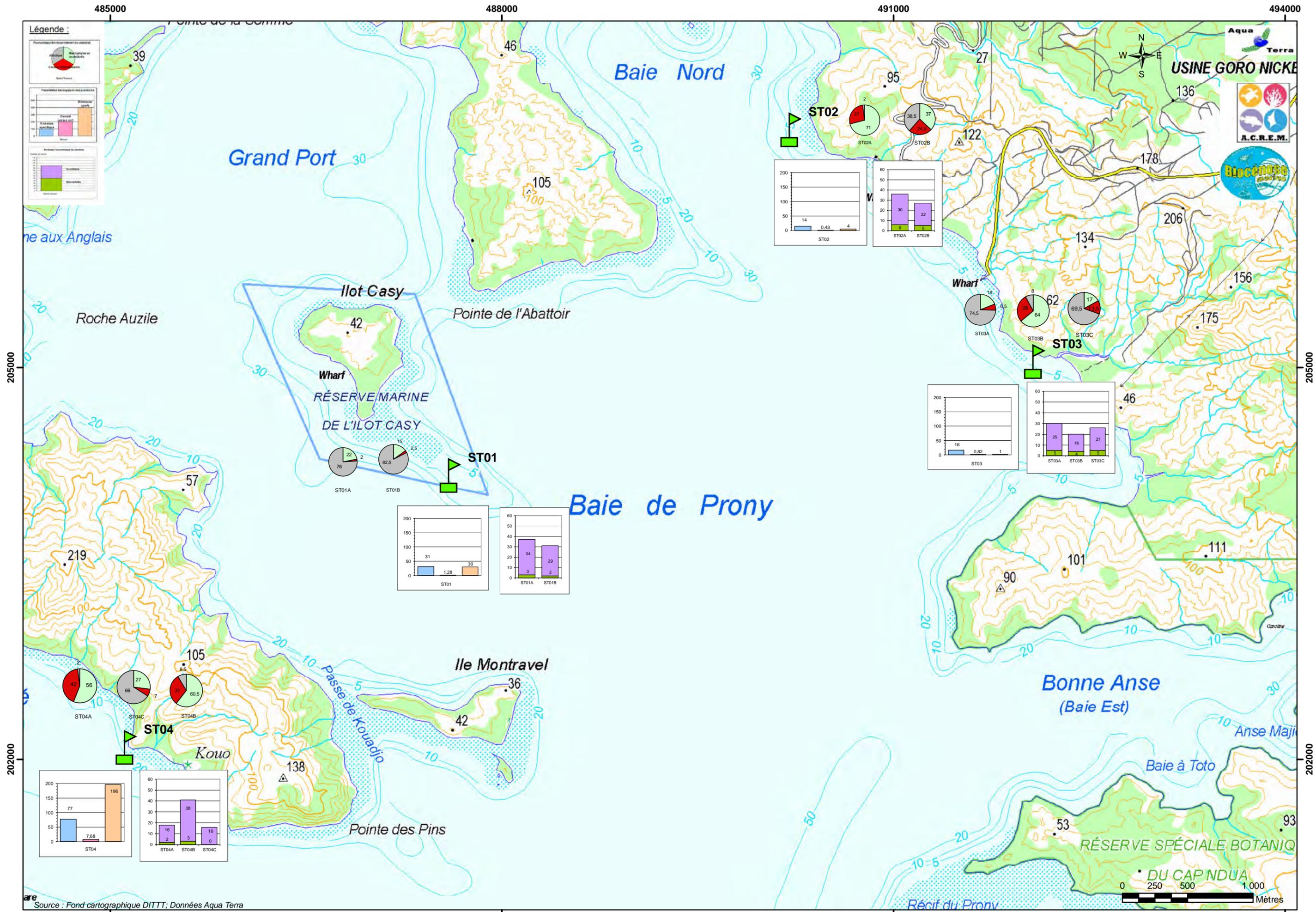
→ Cette constatation caractérise un bon état de santé du récif, les paramètres environnementaux sont favorables à une croissance importante des coraux.

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

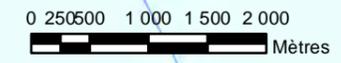
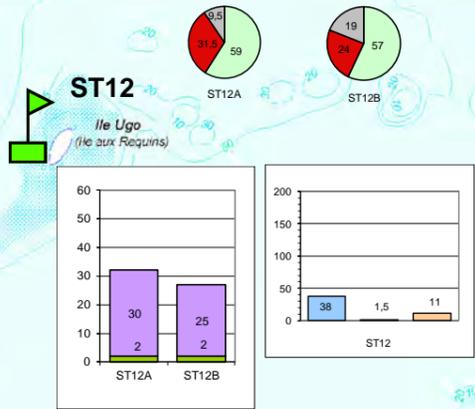
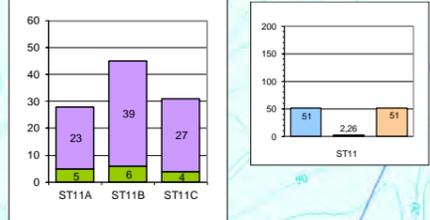
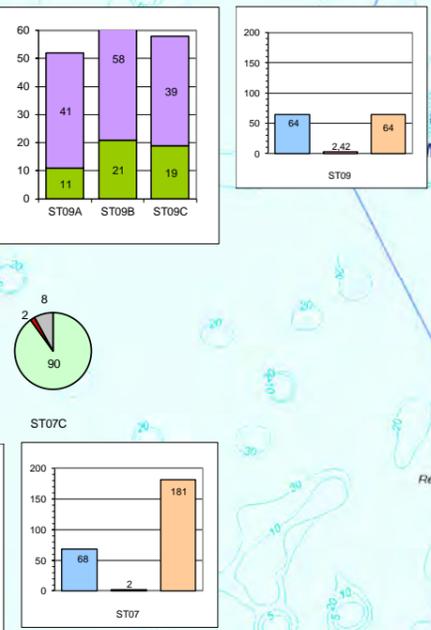
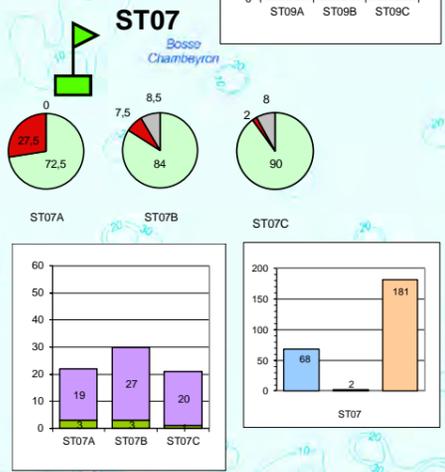
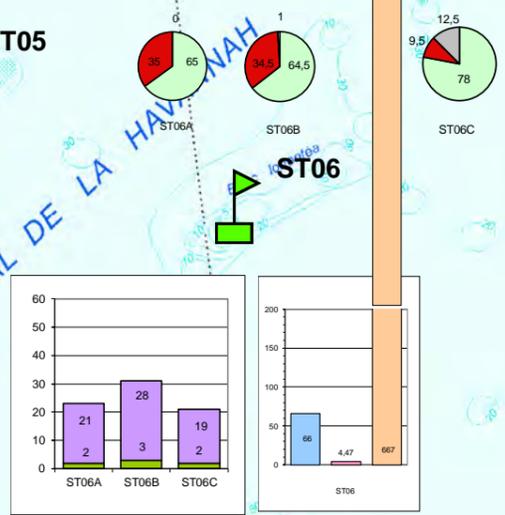
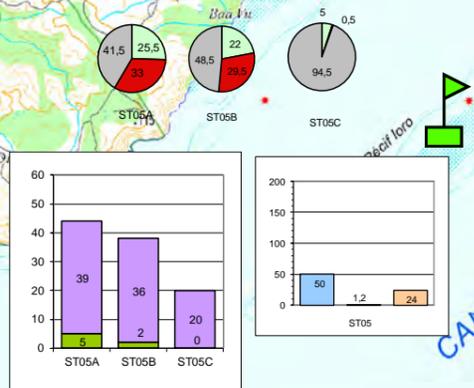
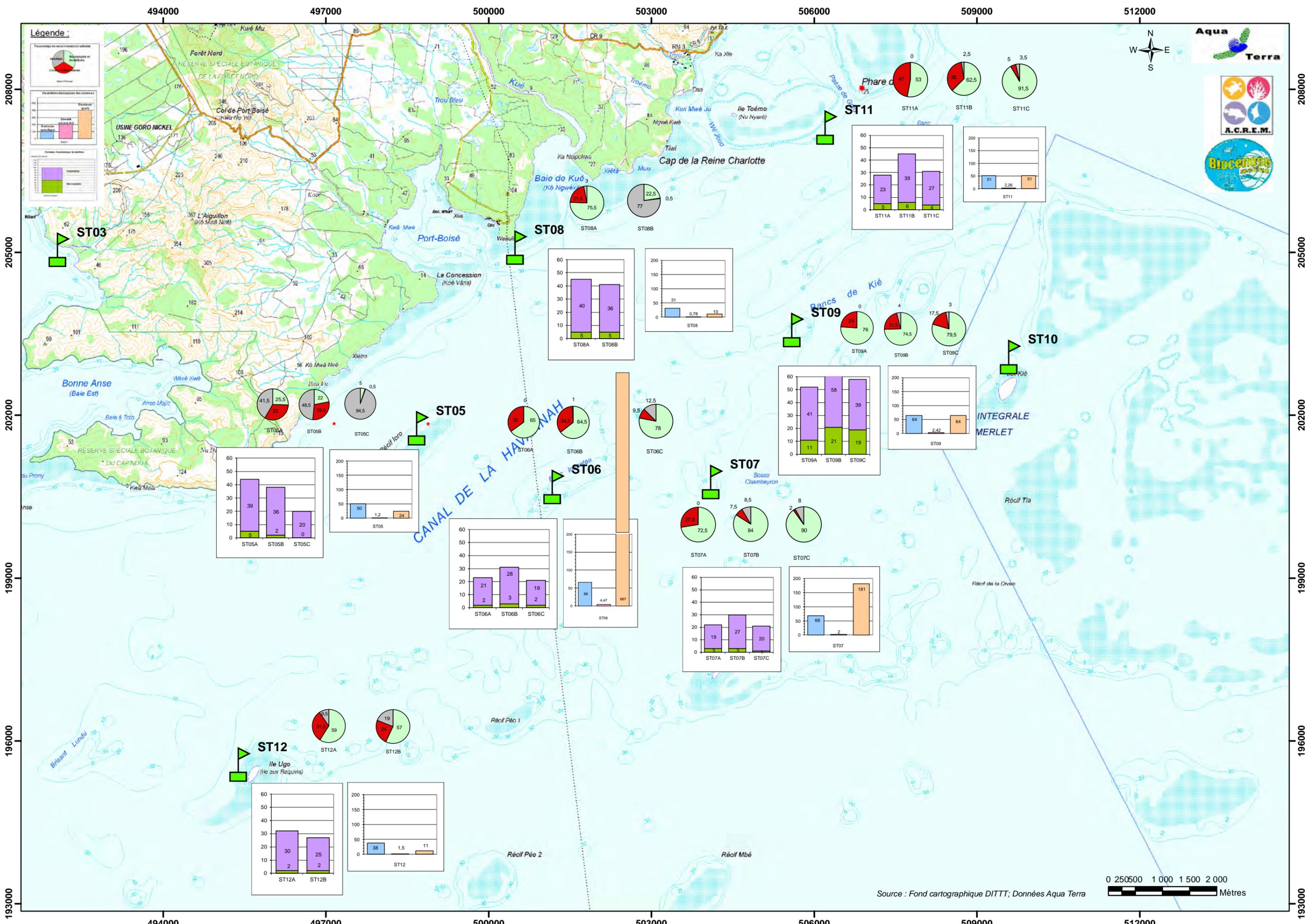
La compétition spatiale est soutenue entre les coraux et les algues brunes (surtout en ST03B)

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

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



Carte n°15 : Résultats généraux - Septembre 2017 : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station de la baie de Prony – canal Woodin



Source : Fond cartographique DITTT; Données Aqua Terra

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 scléactiniaires 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.

Selon plusieurs études [14, 15], 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 » [16].

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 scléactiniaires 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 scléactiniaires, 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 dû 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 scléactiniaires, les 2 stations touchées 1 an auparavant, voyaient l'enregistrement d'une bonne croissance globalement. Ainsi, la moyenne des variations du recouvrement en scléactiniaires 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.

Résultats pour cette mission en comparaison avec avril 2017 : (cf. [tableau 117](#))

Globalement les stations sont stables : il n'y a même (1^{ère} fois depuis le début du suivi) aucune variation significative ($\geq 20\%$).

Pour ce qui est du **recouvrement en scléactiniaires**, les variations se situent 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 est enregistré (+1.86%).

Résultats pour cette mission en comparaison avec octobre 2015 : (cf. [tableau 118](#))

Cette analyse est intéressante puisque les dernières grandes dégradations enregistrées l'ont 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 a pas de différence significative ($> 20\%$). Ainsi les taux de cette mission rejoignent bien les moyennes observées avant les dégradations enregistrées en 2016 (**résilience globale du récif**).

Cependant, il faut noter que 2 transects ont des taux de recouvrement en scléactiniaires beaucoup plus bas :

- En ST02A (-20% en septembre 2017 vs octobre 2015) : ce transect ne s'est pas « remis » du



blanchissement de début 2016 et les coraux atteints sont morts.

- En ST01A (-11.5% en septembre 2017 vs octobre 2015) : cette dégradation a une autre cause. Elle est récente (de l'année 2017) et est due à une attaque massive (prolifération) des *Acanthaster planci* sur la station.

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 (H₀) du test est de s'assurer que les variations observées d'année en année au niveau de chacune des stations sont bien aléatoires et donc pour chacune, le fruit du hasard et non qu'il existerait au cours du temps, une tendance globale à la hausse ou à la baisse des valeurs des paramètres choisis pour caractériser ces stations.

Il n'est pas concevable de prendre les différents niveaux bathymétriques comme réplicats pour une station du fait de leur grande hétérogénéité liée à la profondeur justement. Les données quantitatives par transect sont donc obtenues sans réplicat : il n'y a donc pas d'intervalle de confiance pour les niveaux bathymétriques.

→ Les stations ne peuvent être comparées individuellement, ni entre elles, ni d'une année sur l'autre.

Seule la considération de l'ensemble des transects de la zone comme une série statistique permet le calcul d'un intervalle de confiance. Avec ce subterfuge la comparaison temporelle de la zone (et uniquement temporelle) peut alors être faite. Toutefois, la puissance de cette analyse est lourdement entravée par l'hétérogénéité des stations et les fortes variances que cette hétérogénéité entraîne.

Nota Bene :

- La **station Ugo** (ST12) n'a pas été échantillonnée pour les missions de 2007 et 2008. Lorsque les résultats de Biodiversité α des missions de 2007 et 2008 sont introduits dans les tests, ces valeurs correspondent à la moyenne des missions suivantes.
- 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 (scléactiniaires 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 septembre 2011 avec l'inventaire plus détaillé des mollusques (gastéropodes, bivalves et nudibranches) et des ophiures (présence/absence). Le protocole d'échantillonnage est inchangé depuis le suivi d'octobre 2011.
- 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 scléactiniaires (indicateur le plus performant). De plus, contrairement aux coraux, les mêmes individus sont très rarement observés d'une mission à l'autre (grande mobilité et turn over des invertébrés).

En effet, les variations de mobilités des invertébrés (particulièrement : échinides, astéries, holothuries, gastéropodes et nudibranches) sont très importantes naturellement. Les espèces mobiles sont constamment à la recherche de nourriture et lorsque les conditions environnementales sont défavorables, elles ont la capacité de se déplacer vers un milieu moins perturbé. Leur absence n'est pas forcément un indicateur de perturbation et leur abondance ou présence n'est pas non plus un indicateur de bon état de santé. Il faut généralement que les perturbations soient majeures pour que le signal soit perceptible ou alors retrouver des individus ou des tests morts pour déterminer une perturbation.

Les évènements hydrodynamiques (cyclone, dépression, tempête) et climatiques (Enso), la prédation, la disponibilité en nourriture et la grande mobilité des organismes benthiques sont principalement à l'origine de variation de diversité et d'abondance d'une mission à l'autre, surtout lorsque ces évènements deviennent extrêmes.

Lors des évènements dépressionnaires, les invertébrés sont balayés, arrachés du substrat et/ou ils se déplacent vers des zones moins perturbées (plus en profondeur). Ces perturbations subies par les récifs génèrent aussi une remobilisation du matériel corallien et sédimentaire (colonies, débris, sédiments) et par la suite le développement de cyanobactéries et de turf algal. Ces éléments remobilisés et mis à disposition sont une source de nourriture non négligeable pour les invertébrés.

D'autre part, il 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 clones, 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.

D'avril à septembre 2017, la richesse spécifique absolue des invertébrés a évolué de -13 à +8 espèces selon les transects. Cette évolution est majoritairement négative sur l'ensemble des niveaux bathymétriques médians et



inférieurs (les colonies, blocs et débris déstabilisés lors des évènements dépressionnaires ont dévalé la pente récifale et perturbé les organismes sur leur passage).

- Les transects présentant la plus grande **baisse de diversité absolue** (comprise entre -13 et -4 espèces) sont ST01A, ST03B, ST05B, ST04A B C, ST06C, ST07B C et ST12A B.

- Les transects présentant la plus grande **augmentation de diversité absolue** (comprise entre +3 et +8 espèces) sont ST05C, ST06A, ST08A B, ST09A B et ST11A.

6.2.1.3 Pour les invertébrés, depuis le début

Les valeurs des biodiversités α des invertébrés selon les différents transects pour toutes les missions sont résumées dans le [tableau 107](#).

Tableau n°107 : *Valeur de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2010*

Biodiversité α	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	34	38	44	44	51	44	47	48	48	39	42	32	27	24	23	23
ST01B	29	32	39	35	42	46	39	37	41	29	33	28	23	18	17	18
ST02A	30	33	38	34	40	40	38	38	37	33	27	25	21	20	15	17
ST02B	22	22	27	30	32	29	28	31	28	26	30	26	24	19	17	19
ST03A	25	25	30	34	32	33	35	38	31	25	32	20	20	16	17	15
ST03B	16	21	27	30	35	29	28	35	33	26	26	22	15	9	7	5
ST03C	21	21	25	29	25	22	24	28	24	18	30	23	19	17	15	13
ST04A	16	25	24	19	30	23	28	31	24	19	22	21	22	16	18	17
ST04B	38	42	42	40	44	44	43	47	45	35	32	28	26	20	21	20
ST04C	16	23	22	23	28	24	22	28	20	18	20	24	26	24	21	19
ST05A	39	38	40	39	45	42	39	42	42	27	28	24	23	15	17	16
ST05B	36	37	42	30	32	36	34	35	40	30	33	30	31	23	22	23
ST05C	20	14	16	16	16	20	20	21	21	20	19	20	21	21	19	20
ST06A	21	18	16	17	17	13	20	26	15	19	16	20	20	7	11	15
ST06B	28	26	33	36	42	39	45	38	41	36	34	26	28	16	14	17
ST06C	19	23	32	31	28	21	28	29	38	27	26	25	25	13	14	16
ST07A	19	20	25	29	20	25	20	18	15	26	14	17	14	8	17	17
ST07B	27	36	35	39	44	36	40	38	39	31	25	27	27	20	19	19
ST07C	20	33	35	40	33	28	31	27	32	24	18	25	28	18	19	21
ST08A	40	37	41	36	39	42	42	39	34	35	50	39	34	23	24	26
ST08B	36	28	43	36	31	36	34	36	29	23	29	30	27	24	24	27
ST09A	41	36	43	39	37	44	49	46	43	39	34	32	31	20	22	26
ST09B	58	56	67	60	66	71	78	80	64	63	49	44	38	25	26	26
ST09C	39	35	40	40	47	56	57	53	54	45	44	37	36	24	25	26
ST11A	23	17	18	18	29	23	31	30	33	27	30	42	43	18	15	19
ST11B	39	37	49	41	47	53	53	50	48	45	37	45	39	22	20	24
ST11C	27	30	35	36	38	38	39	39	29	35	31	35	34	24	25	25
ST12A	30	34	44	37	46	53	41	39	40	37	38	30	20	14	19	19
ST12B	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 108](#).

L'analyse des variances de la richesse spécifique des invertébrés pour les 16 dernières campagnes ne montre pas de similarité, même pour une valeur de F à 99%. Le rejet est total et l'ANOVAR n'accrédite pas l'hypothèse d'identité Ho. Toutes les séries ont des variances différentes.

Tableau n°108 : *Analyse de la Variance de la biodiversité α des invertébrés (hors coraux durs), depuis 2010*

k1=p-1	15	F obs.	13.7
K2=n-p	448	F95%	1.69
		F99%	2.08

Tableau n°109 : *Analyse de la Variance de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2010*

	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	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	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)	3,67	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	0,34	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

Les récifs ont subi des dégradations induites par les événements dépressionnaires Vania et Zelia (début d'année 2011), Fréda (début d'année 2013), Pam (début d'année 2015), Winston (début d'année 2016), Cook et Donna (début d'année 2017) et climatiques (ENSO 2015/2016). 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 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).

Ainsi, les assemblages d'espèces par transect au sein des différents groupes d'invertébrés peuvent être très fluctuants.

Malgré ces contraintes il peut être constaté que :

- Entre juin 2009 et mars 2011, la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) paraît stable.
- Puis la diversité augmente de manière très importante pour la mission de septembre 2011, 2013 et 2016 car les invertébrés recolonisent les récifs suite aux événements dépressionnaires de ces débuts d'années. Il faut noter que cette augmentation est accentuée également par l'amélioration du protocole en 2011 avec l'inventaire plus détaillé des mollusques.
- Entre septembre 2013 et octobre 2015, la diversité absolue des invertébrés reste +/- stable.
- En avril 2016, la diversité absolue des invertébrés tend vers une légère diminution (cyclone Winston).
- En novembre 2016, la diversité absolue des invertébrés tend vers une légère hausse. Par contre, les assemblages d'espèce subissent des changements (grande mobilité des échinodermes et des gastéropodes).
- En avril 2017, la diversité absolue des invertébrés tend vers une diminution (cyclone Cook). Les perturbations ne sont pas les mêmes selon la géolocalisation mais l'ensemble du réseau de suivi est perturbé.

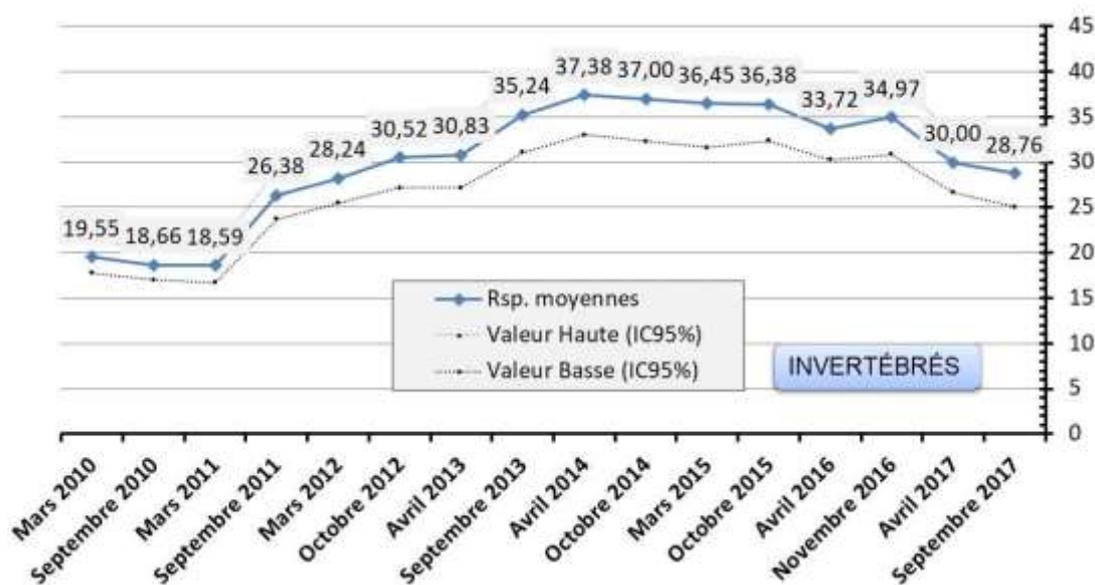


Figure n°89 : *Valeur de la richesse spécifique moyenne des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010*

Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance

En septembre 2017, la diversité absolue des invertébrés tend encore vers une légère diminution (cyclone Donna). Les perturbations ne sont pas les mêmes selon la géolocalisation : dans la baie de Prony et le canal Woodin, les groupes biotiques présentant une diminution spécifique sont plutôt les macroalgues, ascidies, éponges, échinides, holothuries et les mollusques alors que dans le canal de la Havannah ces groupes sont plutôt les astéries, échinides et gastéropodes.

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 110](#) est considéré en classant les valeurs en ligne (de 1 à 16).

Tableau n°110 : *Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010*

KHI 2 obs.	245.1			
Ddl = 14	Chi ² 95%	Chi ² 97,5%	Chi ² 99%	Chi ² 99,5%
Valeur Khi²	24,996	27,488	30,578	32,801

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.

L'ordonnement des séries de données marque des ruptures à chaque période dépressionnaire. Une augmentation peut également être observée en septembre 2011 (élargissement de la liste d'échantillonnage des espèces) puis toujours une tendance à l'augmentation jusqu'en octobre 2015 (résilience du récif). Et enfin, depuis avril 2016, il y a une tendance à la régression de l'ordonnement qui pourrait être liée (en partie) à la fréquence de plus en plus importante des événements dépressionnaires et climatiques.

Tableau n°111 : *Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010*

Rang Invertébrés	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	6	7	11	11	16	11	14	14	14	8	9	5	2,5	2,5	2,5	2,5
ST01B	6	8	12,5	10	15	16	12,5	11	14	6	9	6	4	2	2	2
ST02A	7	8,5	13	10	15,5	15,5	13	13	11	8,5	6	5	4	3	1	2
ST02B	4,5	4,5	8	14	16	12	10,5	14	10,5	8	14	8	6	2	2	2
ST03A	7	7	11	14	11	11	15	16	11	7	11	4,5	4,5	1,5	3	1,5
ST03B	4,5	6	11,5	11,5	15,5	11,5	11,5	15,5	14	8,5	8,5	7	4,5	2	2	2
ST03C	6,5	6,5	11,5	15	11,5	8,5	11,5	15	11,5	4	15	8,5	5	3	2	1
ST04A	1,5	13	10	5,5	15	10	14	16	10	5,5	10	7	10	1,5	3,5	3,5
ST04B	8	10	10	10	13	13	13	16	15	7	6	5	4	2	2	2
ST04C	1	9,5	7,5	9,5	15,5	12	7,5	15,5	4,5	2,5	4,5	12	14	12	6	2,5
ST05A	9,5	9,5	13,5	9,5	16	13,5	9,5	13,5	13,5	5,5	5,5	5,5	5,5	2	2	2
ST05B	13	13	15,5	6	6	13	10	11	15,5	6	9	6	6	2	2	2
ST05C	10,5	1	3	3	3	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5	10,5
ST06A	13,5	10	5,5	8,5	8,5	3	13,5	16	5,5	11	5,5	13,5	13,5	1	2	5,5
ST06B	5,5	5,5	8,5	10,5	14,5	13	16	12	14,5	10,5	8,5	5,5	5,5	2	2	2
ST06C	4	6	15	14	11	5	11	13	16	11	8	8	8	1,5	1,5	3
ST07A	10	10	14	16	10	14	10	10	4	14	2,5	6	2,5	1	6	6
ST07B	5,5	10,5	9	13	16	10,5	15	13	13	8	5,5	5,5	5,5	2	2	2
ST07C	2,5	13,5	13,5	16	13,5	9,5	11	7,5	13,5	6	2,5	7,5	9,5	2,5	2,5	5
ST08A	13,5	7,5	13,5	7,5	10	13,5	13,5	10	5	5	16	10	5	2	2	2
ST08B	13	5	16	13	10	13	13	13	8	2	8	8	5	2	2	5
ST09A	11	7	12,5	9,5	8	14	16	15	12,5	9,5	6	5	4	1	2	3
ST09B	8	7	13	9	12	14	15	16	10,5	10,5	6	5	4	2	2	2
ST09C	7	5	8,5	8,5	12	14,5	14,5	14,5	14,5	10,5	10,5	5	5	2	2	2
ST11A	7,5	3	3	3	11,5	7,5	11,5	11,5	14	9	11,5	15,5	15,5	3	3	6
ST11B	5,5	5,5	13	8	11	15,5	15,5	13	13	9,5	5,5	9,5	5,5	2	2	2
ST11C	4	6,5	9,5	12	13,5	13,5	15,5	15,5	5	9,5	6,5	9,5	9,5	2	2	2
ST12A	5,5	7	14	9	15	16	13	11,5	11,5	9	9	5,5	4	1	2,5	2,5
ST12B	6	7,5	15	13	13	16	13	10	7,5	10	10	3	5	3	1	3
ΣRg	207	220	321,5	299,5	358,5	350	369,5	382,5	323	232	239,5	212	187,5	76	77	88,5
Ordre	5*	7*	11	10*	14	13*	15	16	12	8*	9	6	4	1*	2	3

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



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 *Trichogloea*) mais disparaissent quasiment durant la période hivernale. *Asparagopsis taxiformis* montrent les plus grandes variations saisonnières de diversité et de recouvrement. Cette espèce aurait un caractère envahissant (cf. § 5.4) 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).
- 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) si les conditions environnementales venaient à affaiblir les coraux.
- Les **algues vertes** sont présentes toutes l'année avec cependant une majorité durant la période estivale (développement des genres *Halimeda*, *Caulerpa*, *Codium*).

La transition entre les saisons n'est pas toujours évidente à déterminer en Nouvelle-Calédonie car les saisons chaudes et fraîche vs les saisons humide et sèche se recourent.

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) 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 112](#).

Tableau n°112 : *Valeur de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2010*

Biodiversité α Macrophytes	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	3	4	8	5	6	7	8	6	8	5	9	7	8	7	7	6



ST01B	2	3	5	5	6	7	8	7	8	7	8	7	9	7	8	6
ST02A	6	6	5	6	6	7	6	5	5	6	8	5	5	5	5	5
ST02B	5	5	5	5	6	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5
ST03A	5	6	5	7	8	7	6	6	6	8	10	8	7	6	8	8
ST03B	4	5	8	6	8	5	5	6	5	6	6	6	5	5	5	5
ST03C	5	8	5	6	6	5	4	4	3	4	5	5	5	5	5	5
ST04A	2	6	5	4	4	5	5	5	7	4	8	7	5	4	4	5
ST04B	3	4	4	4	6	5	4	6	7	4	5	4	3	3	3	3
ST04C	0	0	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
ST05A	5	5	6	5	7	5	7	7	9	6	8	6	4	4	5	5
ST05B	2	1	2	2	2	4	5	5	5	3	4	3	2	2	1	4
ST05C	0	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1	1	1	2	2	2
ST06A	2	3	2	1	3	3	4	2	2	2	5	3	5	2	6	6
ST06B	3	7	5	6	7	8	8	7	7	4	8	5	7	4	7	5
ST06C	2	2	4	5	4	7	6	6	5	3	7	5	7	3	4	3
ST07A	3	1	2	3	4	4	4	3	3	1	3	4	3	2	4	7
ST07B	3	5	3	4	6	5	8	7	5	3	6	4	2	0	2	4
ST07C	1	0	2	3	4	4	6	6	2	2	4	3	4	0	0	0
ST08A	5	7	11	8	8	9	8	10	8	6	13	8	9	6	5	5
ST08B	5	5	5	4	5	6	6	7	4	4	8	6	10	4	4	4
ST09A	11	13	14	10	11	12	17	18	11	10	13	10	7	5	4	6
ST09B	21	21	22	17	21	22	24	20	14	15	16	13	9	8	9	9
ST09C	19	20	21	17	19	19	20	17	12	9	16	12	9	9	7	11
ST11A	5	3	5	1	9	4	9	6	8	4	6	6	7	3	3	7
ST11B	6	5	10	6	9	8	11	7	7	8	9	9	8	6	6	4
ST11C	4	4	6	6	5	4	4	4	4	7	8	3	6	3	1	2
ST12A	2	4	8	4	10	9	9	6	5	3	7	4	3	4	4	3
ST12B	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 113](#).

L'analyse des variances de la richesse spécifique des macrophytes pour les 16 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 n°113 : *Analyse de la Variance de la biodiversité α des macrophytes depuis 2010*

k1=p-1	15	F obs.	2.13
K2=n-p	448	F95%	1.69
		F99%	2.08

Tableau n°114 : *Analyse de la Variance de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2010*

	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	4,69	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	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)	1,74	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	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.



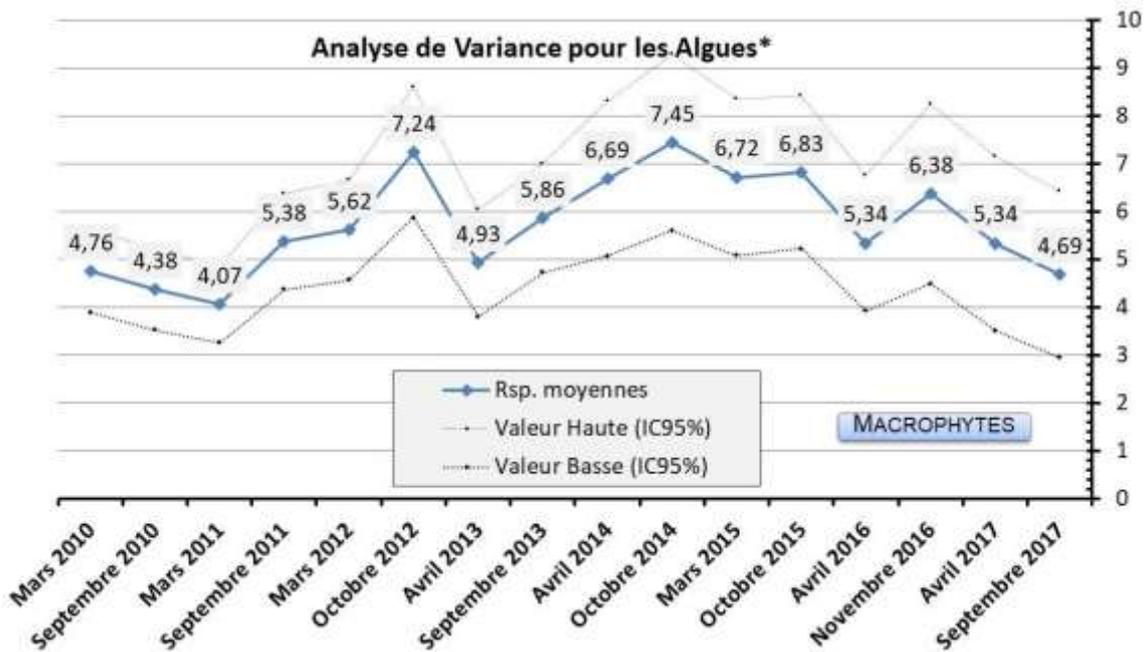


Figure n°90 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des macrophytes depuis 2010
Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance

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 115](#) sera considéré en classant les valeurs en ligne (de 1 à 16).

Tableau n°115 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2010

KHI 2 obs.	102,7			
Ddl = 14	Khi² 95%	Khi² 97,5%	Khi² 99%	Khi² 99,5%
Valeur Khi²	24,996	27,488	30,578	32,801

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

Le test de Friedman permet de classer les années les unes par rapport aux autres et il apparait que ces résultats confirment que :

- Le classement des missions n'est pas chronologique et il s'apparenterait plus ou moins à une saisonnalité.
 - Les valeurs de biodiversité des macrophytes sont faibles durant la saison hivernale en août 2007 (saison fraîche et sèche) et mars ou avril 2010, 2011, 2013, 2016 et 2017 (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.
 - Les valeurs les plus basses de diversité coïncident avec les phases dépressionnaires (mars 2011, avril 2013, avril 2016 et septembre 2017). Les algues sont balayées des récifs exposés, particulièrement pour les niveaux supérieurs et médians, durant les évènements hydrodynamiques intenses.
 - Les valeurs de biodiversité sont les plus fortes en saison estivale (septembre ou octobre) 2008, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 et 2016. Les algues rouges se développent durant cette période.
- **La diversité dépend des paramètres environnementaux et elle est contrainte par la saisonnalité et les évènements exceptionnels (naturels ou anthropiques).**

Tableau n°116 : *Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2010*

Rang Macrophytes	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	1	2	13,5	3,5	6	9,5	13,5	6	13,5	3,5	16	9,5	13,5	9,5	9,5	6
ST01B	1	2	3,5	3,5	5,5	9	13,5	9	13,5	9	13,5	9	16	9	13,5	5,5
ST02A	11,5	11,5	4,5	11,5	11,5	15	11,5	4,5	4,5	11,5	16	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
ST02B	9	9	9	9	16	9	9	1,5	1,5	9	9	9	9	9	9	9
ST03A	1,5	5	1,5	9	13	9	5	5	5	13	16	13	9	5	13	13
ST03B	1	5,5	15,5	12	15,5	5,5	5,5	12	5,5	12	12	12	5,5	5,5	5,5	5,5
ST03C	9	16	9	14,5	14,5	9	3	3	1	3	9	9	9	9	9	9
ST04A	1	13	9,5	4	4	9,5	9,5	9,5	14,5	4	16	14,5	9,5	4	4	9,5
ST04B	3	8,5	8,5	8,5	14,5	12,5	8,5	14,5	16	8,5	12,5	8,5	3	3	3	3
ST04C	1,5	1,5	8	15	15	8	8	15	8	8	8	8	8	8	8	8
ST05A	5,5	5,5	10	5,5	13	5,5	13	13	16	10	15	10	1,5	1,5	5,5	5,5
ST05B	5,5	1,5	5,5	5,5	5,5	12	15	15	15	9,5	12	9,5	5,5	5,5	1,5	12
ST05C	3	3	3	3	3	9	9	9	16	9	9	9	9	14	14	14
ST06A	4,5	9,5	4,5	1	9,5	9,5	12	4,5	4,5	4,5	13,5	9,5	13,5	4,5	15,5	15,5
ST06B	1	10,5	5	7	10,5	15	15	10,5	10,5	2,5	15	5	10,5	2,5	10,5	5
ST06C	1,5	1,5	7	10	7	15	12,5	12,5	10	4	15	10	15	4	7	4
ST07A	7,5	1,5	3,5	7,5	13	13	13	7,5	7,5	1,5	7,5	13	7,5	3,5	13	16
ST07B	5	11	5	8	13,5	11	16	15	11	5	13,5	8	2,5	1	2,5	8
ST07C	5	2,5	7	9,5	12,5	12,5	15,5	15,5	7	7	12,5	9,5	12,5	2,5	2,5	2,5
ST08A	2	6	15	9	9	12,5	9	14	9	4,5	16	9	12,5	4,5	2	2
ST08B	8,5	8,5	8,5	3,5	8,5	12	12	14	3,5	3,5	15	12	16	3,5	3,5	3,5
ST09A	7,5	13	13	7,5	7,5	11	15,5	15,5	7,5	7,5	13	7,5	4	1,5	1,5	3
ST09B	11,5	11,5	14,5	8,5	11,5	14,5	16	11,5	6,5	6,5	8,5	5	2,5	2,5	2,5	2,5
ST09C	12	15	15	9,5	12	12	15	9,5	6,5	2,5	8	6,5	2,5	2,5	2,5	5
ST11A	7,5	3	7,5	1	15,5	5,5	15,5	10	14	5,5	10	10	12,5	3	3	12,5
ST11B	4,5	2	15	4,5	13	10	16	7,5	7,5	10	13	13	10	4,5	4,5	1
ST11C	7,5	7,5	13	13	11	7,5	7,5	7,5	7,5	15	16	3,5	13	3,5	1	2
ST12A	2,5	7,5	13	7,5	15	15	15	11	7,5	2,5	12	7,5	2,5	7,5	7,5	2,5
ST12B	4,5	4,5	14,5	10	14,5	14,5	14,5	10	4,5	4,5	10	10	1	10	4,5	4,5
ΣRg	146	199	262	221,5	320,5	313	344	293	254,5	196,5	362,5	264,5	241	148,5	183,5	194
Ordre	1*	6*	10	7*	14	13*	15	12	9	5*	16	11	8	2*	3	4

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

L'ordonnement des séries de données marque des ruptures à chaque période dépressionnaire, avec également une saisonnalité et un maximum de diversité durant la saison estivale (2nde mission semestrielle : septembre - octobre).



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 (figures 92 à 94) :

- 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, prédatons). Chacune de ces perturbations à des caractéristiques propres sur le terrain qui sont observées par les spécialistes.

L'augmentation de l'intensité lumineuse ou de la température entraîne une augmentation de la photosynthèse des algues symbiotiques qui se mettent à produire de nombreuses molécules oxygénées toxiques. Ce sont ces molécules qui seraient à l'origine de l'expulsion et de la mort des zooxanthelles. Cela se traduit par le blanchissement des colonies coralliennes (avec maintien des polypes).

Bien sûr si les colonies sont dépourvues de polypes (maladie de la bande blanche, étouffement par les dépôts sédimentaire et/ou prédation), elles meurent en place.

D'autre part, 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.

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 [10]).

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 est relativement faible et il est réparti de manière hétérogène. Ainsi certains transects ne présentent pas du tout de blanchissement et d'autres ont des dégradations ponctuelles. Les perturbations ont différentes origines selon les habitats (prédation, maladie de la bande blanche, hydrodynamisme). L'ensemble de ces colonies blanchies sont sans polype donc elles sont mortes très récemment.

→ Les couvertures de coraux blanchis les plus importantes se situent 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 présentent une ou deux colonies avec cette maladie. Le recouvrement blanchi induit le plus important est localisé en ST04B (0,5 m²), ST06A (0.5 m²), ST07A (1 m²), ST08A B (respectivement 1,5 m² et 0,8 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 [17, 18].



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.

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* perdure en ST01 et s'étend au transect B (respectivement 13 et 3 spécimens). L'ensemble de la station est perturbé : les colonies coralliennes blanches et mortes en place sans polype représentent respectivement 3 m² (transect A) et 2 m² (en B).

En ST12, 9 spécimens de *Drupella cornus* ont été identifiés sur une colonie d'*Acropora* tabulaire. De plus, de nombreuses colonies (*Acropora* spp. branchus et tabulaires, *Montipora* spp., *Merulina ampliata*) ont des stigmates de passage d'*Acanthaster planci*.

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 présentent une ou deux colonies avec la maladie de la bande blanche (sauf ST05 et ST11A). Le recouvrement blanchi le plus important





pour cette maladie est 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).

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 **septembre 2017**, les transects présentant le plus de dégradations liées à la sédimentation sont ST02B, ST03A B C et ST08A. De nombreuses colonies sont partiellement mortes en place et même les espèces normalement résistantes à la sédimentation sont perturbées (ex : *Porites*). L'apport sédimentaire paraît être important pour ces stations.

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 (banc 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 **septembre 2017**, les transects présentant le plus de dégradations mécaniques sont ST06B C, ST07B C, ST09B C, ST11B C et ST12A B (remobilisation de petits blocs, débris et sable carbonaté générés lors des cyclones Cook et Donna d'avril - mai 2017).

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).

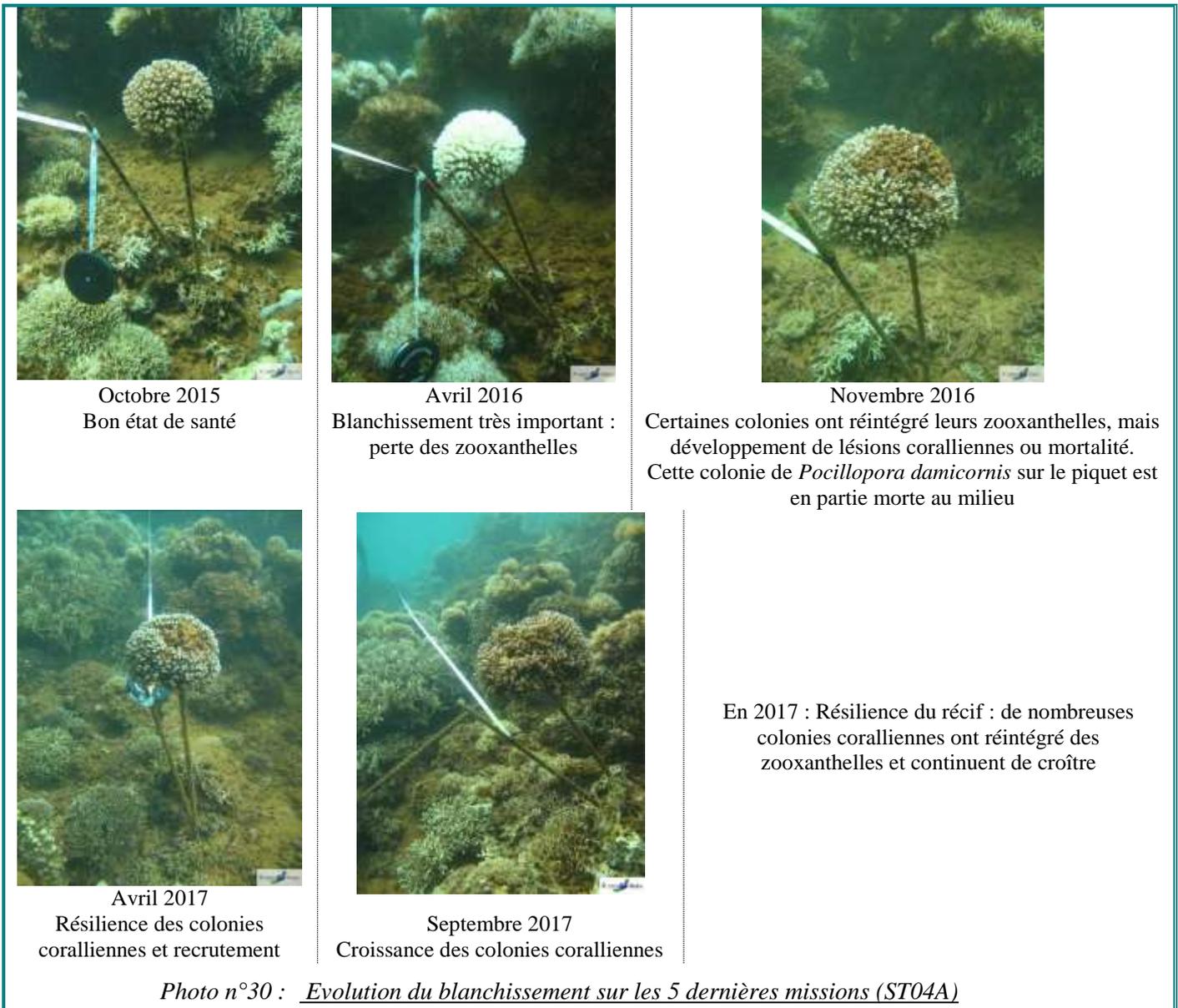
Elles étaient les plus fréquemment rencontrées lors de la mission d'**avril 2016**. De nombreuses colonies coralliennes avaient expulsé leurs zooxanthelles mais pour la majorité des colonies les polypes étaient toujours vivants.

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 est importante dans le canal Woodin (ST04) et est mesurable par la croissance des colonies coralliennes. Par contre, la station du port (ST03A) enregistre une mortalité corallienne localisée sur le niveau bathymétrique supérieur (le plus perturbé en avril 2016).



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 serait de plus en plus influencée par l'apport sédimentaire de la baie Kwé).

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.

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.

→ Cette lésion n'a pas été recensée lors des 5 dernières missions.

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 l'installation d'*Acanthaster planci* en ST01 (Casy) pour cette année 2017.

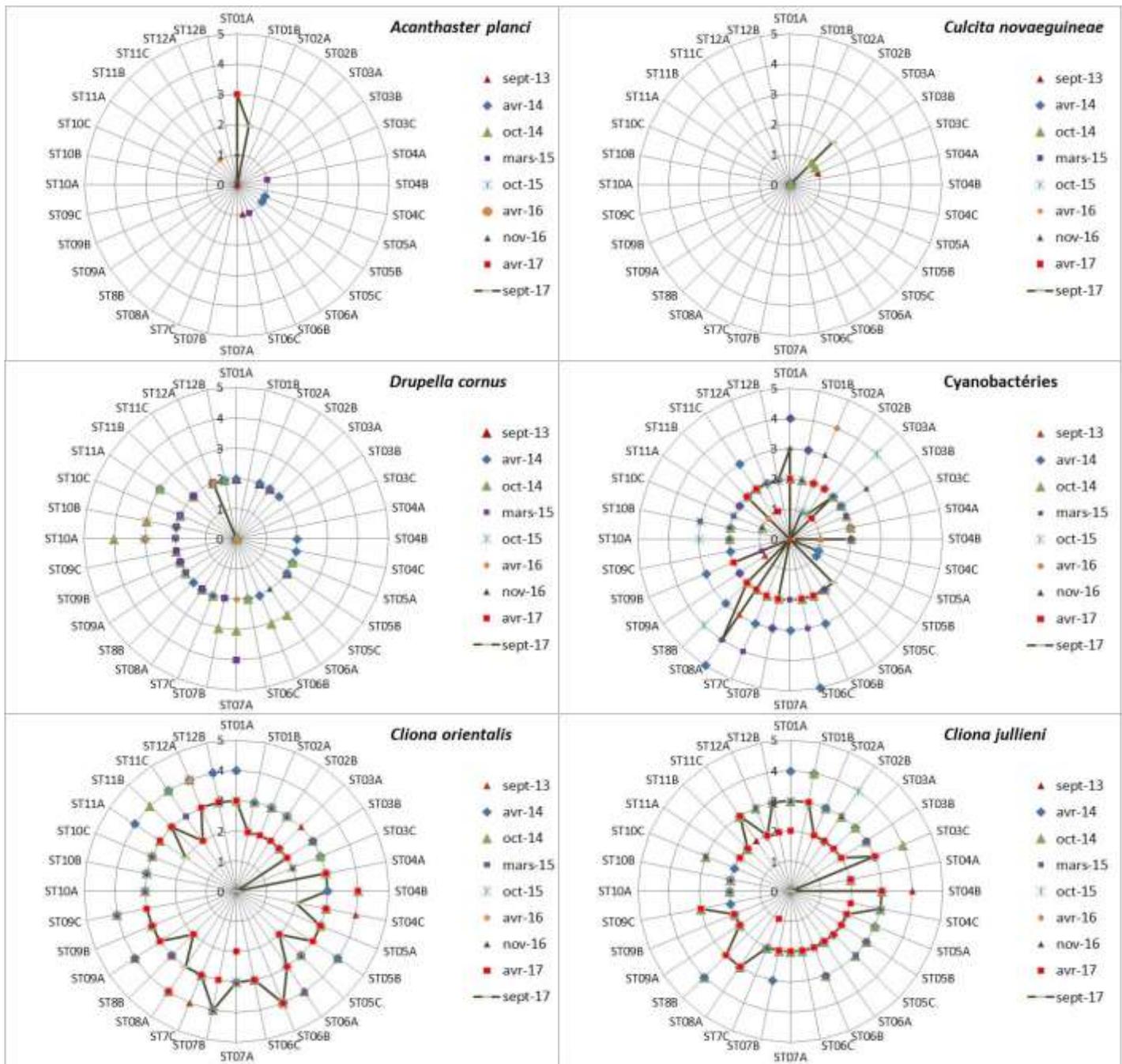


Figure n°91 : Abondance semi-quantitative (1 à 5) des principales espèces cibles depuis septembre 2013

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).

Depuis la dépression Fréda, les cyanobactéries sont principalement observées sur les stations ST01, ST03, ST06, ST07 et ST08, ayant subi de grandes perturbations en début d'année 2013.

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, 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 est important pour les transects ST08A (niveau 4) et ST01A (niveau 3). Elles se développent 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 montrent : 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).

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 **une prolifération d'*Acanthaster planci* est constatée depuis avril 2017 en ST01.**

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 sont 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**) présente **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) présente 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 sont dévorées depuis le début de cette prolifération.

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).

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 et 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 est concerné par la présence de *Drupella cornus* (9 individus ont été recensés sur une colonie d'*Acropora* tabulaire).

Les éponges encroûtantes

Les éponges incrustantes *Cliona orientalis* et *Cliona jullienei* 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 scléactiniaires 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. jullienei* a un développement plus en profondeur (influence possible de la pénétration de la lumière).

Ces éponges sont abondantes dans toute la zone d'étude. Leur développement reste relativement stable mais il peut légèrement varier suite à des perturbations (mécanique ou sédimentaire).

Comme les coraux, suite aux évènements dépressionnaires, le recouvrement diminue légèrement dans les zones très exposées et turbides.

En octobre 2014, leur développement varie peu par rapport aux missions précédentes. Cependant, quelques plaques décimétriques supplémentaires de *Cliona jullienei* ont 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 tend à une légère diminution par rapport aux missions précédentes.

- *Cliona jullienei* : 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 tend à se stabiliser, avec une légère diminution.

- *Cliona orientalis* : le recouvrement tend à se stabiliser, avec une légère diminution pour les niveaux bathymétriques supérieurs et médians (ST03B, ST05C, ST06A, ST08B, ST09A). Seule la station ST11C a augmenté d'abondance.



- *Cliona jullieneri* : le recouvrement se stabilise également, avec une légèrement diminution pour les niveaux bathymétriques médians (ST03B, ST05B, ST06B). Seule la station ST02B a augmenté d'abondance.

En avril 2016, le recouvrement des Cliones est relativement stable sur l'ensemble du réseau de suivi.

- *Cliona orientalis* : diminue d'abondance pour ST05B et surtout ST11C et augmente d'abondance pour ST05C.

- *Cliona jullieneri* : diminue d'abondance pour ST02A, ST02B, ST05C et ST08B.

En novembre 2016, le recouvrement des Cliones est stable sur l'ensemble du réseau de suivi.

En avril 2017, le recouvrement des Cliones tend vers une diminution sur l'ensemble du réseau de suivi.

- *Cliona jullieneri* : 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 est +/- stable sur l'ensemble du réseau de suivi.

- *Cliona jullieneri* : 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.

6.2.3 Evolution globale des stations par rapport à avril 2017

Les particularités de chaque station de suivi environnemental et les variations entre la mission de avril 2017 et celle-ci (septembre 2017) sont présentées dans le [tableau 120](#).

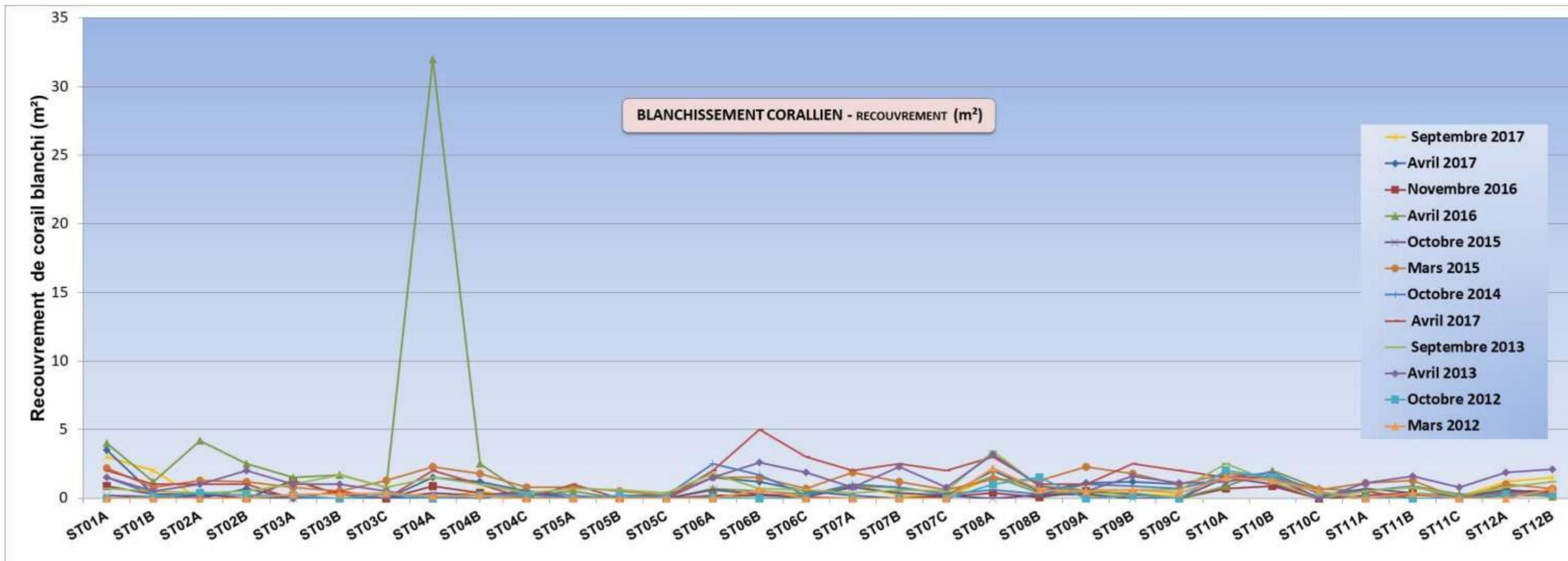


Figure n°92 : Comparaison du recouvrement de corail blanchi, par transect, depuis 2012
 NB : Le protocole n'a jamais fois évolué depuis (cf. § 6.2.1).

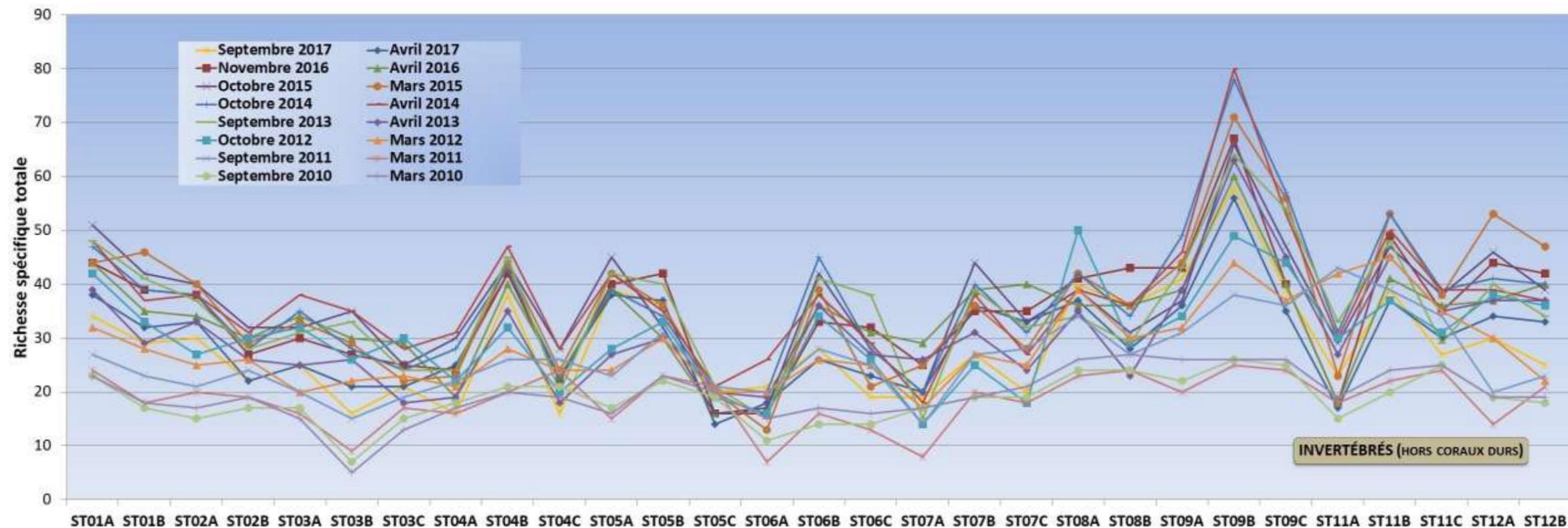


Figure n°93 : Comparaison des richesses spécifiques (invertébrés, hors coraux durs), par transect, depuis 2010
 NB : Le protocole a plusieurs fois évolué depuis mars 2010 (cf. § 6.2.1).

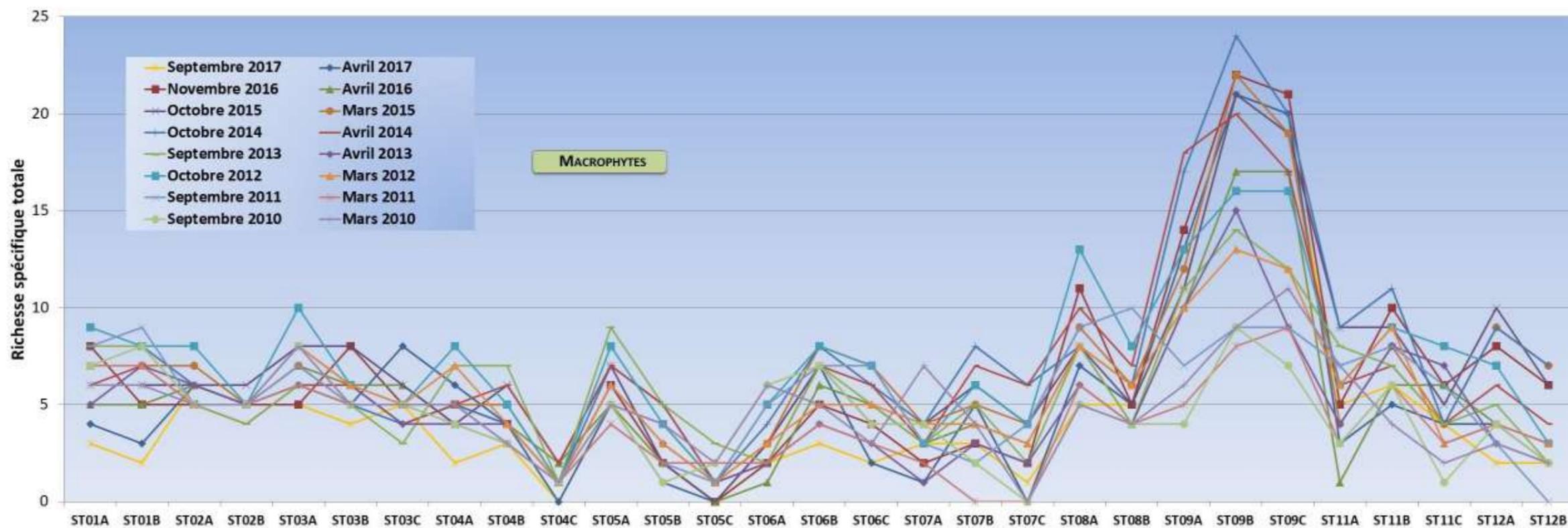


Figure n°94 : Comparaison des richesses spécifiques (macrophytes), par transect, depuis 2010
 NB : Le protocole n'a jamais évolué depuis (cf. § 6.2.1).

Tableau n°117 : Evolution du taux de recouvrement du substrat entre avril et septembre 2017 (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	3	1,5	0	-5	4,5	0,5	8,5	-1	-3,5	-0,5	1	1	3,5	-8	-3	-2,5	-6	1	2	-5,5	-7,5	-3	2	-2	-12	-6	-2,5	-3,5	-5
Coraux scléactiniaires	-7	-2	-1	2,5	0,5	2	1,5	1,5	5,5	0	-0,5	-1	0	8	4	0,5	6	-1,5	0	3	-1,5	4	1	4	12	5,5	2	5	0
Abiotique	4	0,5	1	2,5	-5	-2,5	-10	-0,5	-2	0,5	-0,5	0	-3,5	0	-1	2	0	0,5	-2	2,5	9	-1	-3	-2	0	0,5	0,5	-1,5	5

Code couleur :

	Le taux de recouvrement a augmenté en septembre 2017 par rapport à avril 2017	Le taux de recouvrement a augmenté en septembre 2017 par rapport à octobre 2015
	Le taux de recouvrement est équivalent (à +/- 20%) entre avril et septembre 2017	Le taux de recouvrement est équivalent (à +/- 20%) octobre 2015 et septembre 2017
	Le taux de recouvrement a diminué en septembre 2017 par rapport à avril 2017	Le taux de recouvrement a diminué en septembre 2017 par rapport à octobre 2015

Tableau n°118 : Evolution du taux de recouvrement du substrat entre octobre 2015 et septembre 2017 (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	0,5	-2,5	19,5	6	-9,5	1,5	5,5	-0,5	-2	-44,5	-13	5	0	-5,5	-2	-3	-10,5	1	0,5	1,5	-58	-4	-10,5	-8	-12,5	-1	7,5	1	-7,5
Coraux scléactiniaires	-11,5	-2	-20	0	0,5	-0,5	0,5	1	6	-2	11	4	0	5,5	3,5	0	10,5	-3	0,5	-4,5	-3	4	7,5	7	12,5	5	0	1	3
Abiotique	11	4,5	0,5	-6	9	-1	-6	-0,5	-4	46,5	2	-9	0	0	-1,5	3	0	2	-1	3	61	0	3	1	0	-4	-7,5	-2	4,5

Tableau n°119 : Evolution de la richesse spécifique du benthos (hors coraux durs) entre avril et septembre 2017 (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	-1	-1	0	0	-1	-1	-3	-4	-1	0	0	1	0	-1	-4	0	2	-2	1	-2	0	-2	0	-1	2	1	0	-2	0
Cyanobactéries	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	-1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Invertébrés	-4	-3	-3	0	0	-5	0	-9	-4	-7	1	-1	6	3	2	-4	-1	-9	-13	3	8	5	2	4	6	2	-3	-4	-8
Richesse taxonomique totale	-5	-4	-3	0	-1	-6	-3	-13	-4	-7	2	0	7	3	-2	-4	2	-11	-13	1	8	3	2	3	8	3	-3	-6	-7

Code couleur :

	La richesse taxonomique a augmenté en septembre 2017 par rapport à avril 2017
	La richesse taxonomique est équivalente (à +/-2 taxa prêt) entre avril et septembre 2017
	La richesse taxonomique a diminué en septembre 2017 par rapport à avril 2017

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 n°120 : Particularités de chaque station et évolution entre avril et septembre 2017

Localisation	Station	Particularités des stations	Variations des biocénoses entre avril et septembre 2017	
Baie de Prony	ST01	Casy	<p>↖ Etude de croissance de 7 colonies de <i>Pocillopora damicornis</i> colonisant les piquets du transect A depuis octobre 2008. En septembre 2017, il reste 5 colonies (colonies B et G mortes suite aux anomalies de températures dues à el Niño du début d'année 2016). 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</p> <p>↖ Régression de la maladie de la bande blanche qui affectait de nombreuses colonies d'<i>Acropora</i> tabulaires au transect A</p> <p>↖ Recouvrement corallien faible au transect B</p> <p>↖ Hyper sédimentation (la faune et flore sont adaptées à cette contrainte)</p> <p>↖ Les colonies coralliennes sont majoritairement de petites tailles (hyper sédimentation et turn over important)</p> <p>↖ Recouvrement des alcyonaires très important (particulièrement le genre <i>Sarcophyton</i>)</p> <p>↖ Compétition spatiale entre les alcyonaires, les éponges encroûtantes et les coraux</p> <p>↖ Recouvrement modéré des éponges encroûtantes (<i>Cliona</i>)</p> <p>↖ Richesse spécifique importante des macrophytes et des alcyonaires</p> <p>↖ Présence des algues brunes <i>Sargassum</i> spp. (selon les saisons)</p> <p>↖ Prolifération d'<i>Acanthaster planci</i> en 2017</p>	<p>Indicateur Corail :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le recouvrement corallien est de 2% au transect A et 2.5% en B - 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%</i> (lié à <i>Acanthaster planci</i>) <p>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)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Lésions coralliennes : les colonies blanchies (en A : 3m² et en B : 2m²) sont mortes en place et sans polype. Elles ont été dévorées par les <i>Acanthaster planci</i> (respectivement 12 et 3 spécimens) <p>Absence de la maladie de la bande blanche.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perturbations sédimentaires : RAS pour cette mission, absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes <p>Autres indicateurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cyanobactéries : recouvrement en hausse en A (niveau 2 et 3). 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> : le recouvrement est en augmentation en A (niveau 2 à 3) et stable en B (niveau 2) - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : absente - <i>Cliona orientalis</i> : stable - <i>Cliona jullienei</i> : augmentation en A (niveau 2 à 3) <p>Les corallivores :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Absence de <i>Culcita novaeguineae</i> - Prolifération d'<i>Acanthaster planci</i> : présence 13 et 3 spécimens en A & B en septembre 2017 (12 spécimens en A en avril 2017 ; 1 seul spécimen en A en novembre 2016) - Absence de <i>Drupella cornus</i>
	ST02	Creek baie nord	<p>↖ Richesse spécifique importante des coraux (la plus importante de toutes les stations de suivi environnemental de la baie de Prony)</p> <p>↖ Le recouvrement corallien du transect A est particulièrement représenté par des grands massifs de coraux branchus et celui du transect B est plutôt constitué de petites colonies éparpillées sur les blocs coralliens</p> <p>↖ Les colonies d'<i>Acropora</i> et <i>Anacropora</i> au transect A forment de grands massifs plurimétriques de plus en plus denses (croissance importante)</p> <p>↖ Recouvrement important des alcyonaires sur l'ensemble de la zone (<i>Sarcophyton</i>)</p> <p>↖ Hyper sédimentation : les petites colonies coralliennes ont tendance à s'envaser mais les espèces sont adaptées à ce milieu</p> <p>↖ 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</p> <p>↖ Compétition spatiale importante entre les alcyonaires, les algues vertes/brunes et les coraux</p>	<p>Indicateur Corail :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le recouvrement corallien est de 27% au transect A et 24,5% en B - 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 %</i> - Lésions coralliennes : quelques tâches noires (hypermycose endolithique) induites par la sédimentation, 1 perte de tissu (1 colonie de <i>Porites</i>) et quelques colonies sont dégradées partiellement par la sédimentation en B - Perturbations sédimentaires : fine couche sédimentaire sur les colonies coralliennes dégradées partiellement en B (<i>Acropora</i> spp. (branchu), <i>Merulina ampliata</i>, <i>Porites</i> et <i>Coscinaraea columna</i>) <p>Autres indicateurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cyanobactéries : recouvrement en diminution pour A & B (niveau 2 à 1). Elles se développent sur les algues vertes <i>Halimeda</i> qui sont entremêlées dans les colonies d'<i>Acropora</i> branchus - Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens - Algue brune <i>Lobophora</i> : le recouvrement est stable : il est important en A (niveau 4) et modéré en B (niveau 3) → caractère envahissant potentiel - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : absente - <i>Cliona orientalis</i> : stable - <i>Cliona jullienei</i> : stable <p>Les corallivores :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Absence des <i>Acanthaster planci</i> et des <i>Culcita novaeguineae</i> - Absence de <i>Drupella cornus</i>
	ST03	Port	<p>↖ Originalité des espèces coralliennes adaptées à un milieu turbide</p> <p>- Présence de <i>Heliofungia actiniformis</i> aux transects A & B</p>	<p>Indicateur Corail :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le recouvrement corallien est de 6,5% au transect A, 28% en B et 13,5% en C

Localisation	Station	Particularités des stations	Variations des biocénoses entre avril et septembre 2017
		<ul style="list-style-type: none"> - Présence d'une colonie métrique de <i>Blastomussa merleti</i> au transect C (rare) ☞ La mortalité corallienne est induite par l'apport d'eau douce au niveau bathymétrique supérieur et par l'hyper sédimentation en profondeur ☞ Le turn over corallien est conséquent (surtout en C). Malgré les conditions turbides importantes, les colonies juvéniles remplacent progressivement les colonies envasées ☞ Présence en grand nombre d'espèces à longs polypes <i>Alveopora</i> spp., <i>Alveopora catalai</i>, <i>Goniopora</i> spp. et d'espèces à croissance rapide <i>Acropora</i> spp. à mi pente ☞ Le recouvrement en algues brunes (<i>Lobophora variegata</i>) est toujours aussi important et en constante augmentation pour les transects B&C ☞ Les alcyonaires (<i>Sarcophyton</i>) sont nombreux ☞ Le <i>Tridacna squamosa</i> au transect A est mort en octobre 2014 ☞ Présence occasionnelle de <i>Culcita novaeguineae</i> ☞ Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, de nombreuses colonies d'<i>Acropora</i> tabulaires et branchues sont mortes en place dans les pourtours du transect A 	<ul style="list-style-type: none"> - Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>Octobre 2015 : 0% ; Avril 2016 : 1.33% ; Novembre 2016 : 0.53% ; Avril 2017 : 0% ; Septembre 2017 : 0%</i> - Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche. Par contre, la sédimentation et le développement très important des algues brunes (<i>Lobophora</i>), entraînent des lésions irréversibles sur de nombreuses colonies coralliennes (surtout en B&C) - Perturbations sédimentaires : légers dépôts sédimentaires sur des colonies coralliennes aux 3 transects <p>Autres indicateurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cyanobactéries : recouvrement en augmentation en A (niveau 1 et 2). Elles se développent sur les débris coralliens et le substrat d'origine terrigène - Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens et les colonies mortes en place - Algues brunes <i>Lobophora</i> : le recouvrement est en diminution en A&C (respectivement niveau 3/4 à 2/3) et important en B (niveau 5) → caractère envahissant potentiel - Algues rouges <i>Asparagopsis taxiformis</i> : absente - <i>Cliona orientalis</i> : stable - <i>Cliona julliinei</i> : stable <p>Les corallivores :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Absence des <i>Acanthaster planci</i> et <i>Culcita novaeguineae</i> - <i>Drupella cornus</i> : augmentation d'abondance en A (niveau 0 à 2) et absence en B & C
Canal Woodin	ST04 Woodin	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Le recouvrement corallien au transect 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 (<i>Seriatopora hystrix</i> et <i>Pocillopora damicornis</i>, <i>Stylophora pistillata</i>) ☞ Présence en grand nombre de <i>Millepora</i> et <i>Tubastraea micrantha</i> (taille plurimétrique). Les autres espèces sont de taille décimétrique ☞ La richesse spécifique des coraux diminue nettement avec la profondeur ☞ Originalité des espèces benthiques adaptées à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée) avec une turbidité soutenue ☞ Mortalité corallienne et nombreux débris (hydrodynamisme important) ☞ Recouvrement important en B des éponges encroûtantes (<i>Cliona</i>) ☞ Les macrophytes ont une faible couverture ☞ Les crinoïdes sont nombreuses et installées sur les promontoires ou les colonies de <i>Tubastraea</i> exposées aux courants de marée ☞ Dégradations mécaniques depuis mars 2015 (cyclone Pam) : formation d'un petit couloir d'effondrement aux transects A & B et quelques grandes colonies de <i>Tubastraea micrantha</i> se sont effondrées au 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 des <i>Acropora</i> spp. ☞ Selon les précipitations un petit creek se déverse sur le platier au-dessus de la station. Les transects A & B peuvent être perturbés par les particules sédimentaires (colonies mortes en place ou nécrosées) 	<p>Indicateur Corail :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le recouvrement corallien est de 42% au transect A, 31% en B et 7% en C La reprise au transect A est confirmée - 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 %</i> - Lésions coralliennes : la maladie de la bande blanche affecte deux colonies coralliennes (<i>Acropora</i> tabulaires). Les colonies anciennement affectées sont mortes en place - Perturbations sédimentaires : RAS pour cette mission, absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes <p>Autres indicateurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cyanobactéries : recouvrement en augmentation pour B (niveau 0 à 2). Elles se développent sur les colonies coralliennes mortes en place - Le turf algal se développe en A & B sur les colonies anciennement blanchies (<i>Seriatopora hystrix</i>, <i>Pocillopora damicornis</i>, <i>Stylophora pistillata</i> ...) et les colonies coralliennes mortes en place. Son développement est modéré sur les débris coralliens - Algues brunes <i>Lobophora</i> : le recouvrement est en diminution en A & B (respectivement niveau 2 à 0 et 3 à 2) et stable en C (absent) - Algues rouges <i>Asparagopsis taxiformis</i> : absente - <i>Cliona orientalis</i> : diminution en B&C (respectivement niveau 4/3 à 3/2) - <i>Cliona julliinei</i> : diminution en A (niveau 2 à 0) et augmentation en C (niveau 2 à 3) <p>Les corallivores :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Absence des <i>Acanthaster planci</i> et des <i>Culcita novaeguineae</i> - Absence de <i>Drupella cornus</i>
Canal Havannah	ST05 Ioro	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée et relativement protégé de la houle et du ressac) ☞ 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 heliopera</i> ☞ Mortalité corallienne (colonies en place) et nombreux débris ☞ Les spongiaires (<i>Cliona julliinei</i> et <i>C. orientalis</i>) sont relativement bien développées et colonisent les massifs coralliens vivants et les blocs coralliens ☞ Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques 	<p>Indicateur Corail :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le recouvrement corallien est de 33% au transect A, 29.5% en B et 0.5% en C - Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>Octobre 2015 : 0% ; Avril 2016 : 0.17% ; Novembre 2016 : 0% ; Avril 2017 : 0.13% ; Septembre 2017 : 0 %</i>. - Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche. Les colonies anciennement affectées sont mortes en place. Très nombreuses anomalies de croissance sur la grande colonie de <i>Diploastrea heliopera</i> (transect B) - Perturbations mécaniques et sédimentaires : RAS pour cette mission <p>Autres indicateurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cyanobactéries : recouvrement en augmentation pour A & B (niveau 0 à 1). Elles se développent sur les

Localisation	Station	Particularités des stations	Variations des biocénoses entre avril et septembre 2017
		<ul style="list-style-type: none"> ☞ Présence occasionnelle d'<i>Acanthaster planci</i> 	<p>débris coralliens</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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> : le recouvrement reste stable pour les 3 transects (niveau 2/0/0) - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : absente - <i>Cliona orientalis</i> : stable - <i>Cliona jullienei</i> : stable <p>Les corallivores :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Absence d'<i>Acanthaster planci</i> et de <i>Culcita novaeguineae</i> - Absence de <i>Drupella cornus</i>
	ST06 Ionontea	<ul style="list-style-type: none"> ☞ 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 (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 (transect B) ☞ Les spongiaires (<i>Cliona jullienei</i> et <i>C. orientalis</i>) se développent relativement bien et colonisent les blocs coralliens et les massifs coralliens vivants ☞ Fortes compétition spatiale entre les coraux, les alcyonaires et les spongiaires ☞ Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques ☞ Absence de l'algue brune <i>Lobophora variegata</i> ☞ Présence de <i>Blastomussa wellsi</i> en C ☞ Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A 	<p>Indicateur Corail :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le recouvrement corallien est de 35% au transect A, 34.5% en B et 9,5% en C - Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>Octobre 2015</i> : 0.33% ; <i>Avril 2016</i> : 0.5% ; <i>Novembre 2016</i> : 0.15% ; <i>Avril 2017</i> : 1.07% ; <i>Septembre 2017</i> : 0.17% - Lésions coralliennes : maladie de la bande blanche en A & B (respectivement 0.5 m² pour 2 colonies et 0.2 m² pour 1 colonie). Les espèces concernées sont <i>Acropora</i> tabulaire et branchu et <i>Seriatopora hystrix</i> - Dégradations mécaniques (Winston 2016, Cook et Donna 2017) : remobilisation aux 3 transects. De nombreuses colonies ne sont plus fixées sur le substrat (remobilisation de débris, blocs, colonies coralliennes et de sable carbonaté par la houle et le ressac) <p>Autres indicateurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cyanobactéries : recouvrement en augmentation pour A (niveau 0 à 2). Elles se développent sur les colonies mortes en place (surtout <i>Acropora</i>) - 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 - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : le recouvrement reste stable aux 3 transects (niveau 2/0/0) - <i>Cliona orientalis</i> : stable - <i>Cliona jullienei</i> : stable <p>Les corallivores :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Absence des <i>Acanthaster planci</i> et des <i>Culcita novaeguineae</i> - Absence de <i>Drupella cornus</i>
	ST07 Basse Chambeyron	<ul style="list-style-type: none"> ☞ Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme très important (courant de marée, houle et ressac) et taille relativement petite des colonies ☞ 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 & 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 et en bas de pente récifale (mortalité corallienne importante) ☞ Les spongiaires (<i>Cliona jullienei</i> et <i>C. orientalis</i>) sont relativement bien développées et colonisent les blocs coralliens et les massifs coralliens vivants ☞ Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (diversité et abondance variables selon les missions) ☞ Les crinoïdes privilégient également ce type de biotope balayé par les courants de marée ☞ Richesse spécifique et abondance des macrophytes qui varient selon les saisons ☞ Absence de l'algue brune <i>Lobophora variegata</i> ☞ Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A 	<p>Indicateur Corail :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le recouvrement corallien est de 27.5% au transect A, 7,5% en B et 2% en C - Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>Octobre 2015</i> : 0.47% ; <i>Avril 2016</i> : 0.67% ; <i>Novembre 2016</i> : 0.03% ; <i>Avril 2017</i> : 0.13% ; <i>Septembre 2017</i> : 0.43% - Lésions coralliennes : maladie de la bande blanche en A & B (respectivement 1 m² pour 3 colonies et 0.2 m² pour 1 colonie). L'espèce concernée est <i>Acropora</i> tabulaire - Dégradations mécaniques (Winston 2016, Cook et Donna 2017) avec remobilisation en B & C. De nombreuses colonies ne sont plus fixées sur le substrat (remobilisation des débris et colonies par la houle et le ressac) <p>Autres indicateurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cyanobactéries : recouvrement en augmentation en A (niveau 0 à 2) et en baisse en C (niveau 2 à 0). Elles se développent sur les colonies mortes en place (surtout <i>Acropora</i>) - 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 - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : le recouvrement est en forte augmentation aux 3 transects (respectivement 0/2/0 à 5/3/3) - <i>Cliona orientalis</i> : augmentation en A & B (respectivement niveau 2/3 à 3/4) - <i>Cliona jullienei</i> : augmentation en C (niveau 1 à 2) <p>Les corallivores :</p>

Localisation	Station	Particularités des stations	Variations des biocénoses entre avril et septembre 2017
			<ul style="list-style-type: none"> - Absence des <i>Acanthaster planci</i> et des <i>Culcita novaeguineae</i> - Absence de <i>Drupella cornus</i>
ST08	Puka	<ul style="list-style-type: none"> ↻ Cette station est située en bordure du récif frangeant du canal de la Havannah entre les baies de Port Boisée et de Kwé. Ainsi l'influence terrigène est très importante (dépôts de particule fines) mais l'hydrodynamisme peut être également soutenu (houle et ressac) ↻ Croissance de grandes colonies de <i>Porites lobata</i> (avec des tumeurs en B) ↻ Présence de <i>Tubipora musica</i> en B ↻ Les spongiaires (<i>Cliona orientalis</i> et <i>Cliona jullieni</i>) sont relativement bien développées et colonisent les débris coralliens et les colonies coralliennes vivantes ↻ Dégradations importantes depuis la mission de mars 2011 : → accentuées par les tempêtes tropicales (Vania, Zelia, Fréda, Pam) <ul style="list-style-type: none"> - 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 <p>Les colonies coralliennes malades sont pour la plupart mortes en place en octobre 2014 (maladie de la bande blanche et perte de tissu)</p> <ul style="list-style-type: none"> → Désormais 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) <ul style="list-style-type: none"> ↻ Suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place ou nécrosées en A & B 	<p>Indicateur Corail :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le recouvrement corallien est de 21.5% au transect A et 0,5% 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%</i> - Lésions coralliennes : maladie de la bande blanche en A & B (respectivement 1.5 m² pour 4 colonies et 0.8 m² pour 3 colonies). L'espèce concernée est <i>Acropora</i> tabulaire. <p>La maladie de la tâche noire (hypermycose endolithique) ne parait pas être une cause de mortalité. Cette lésion persiste sur les colonies massives et encroûtantes (A > B). Les nécroses sur les colonies coralliennes en A sont induites par les dépôts sédimentaires successifs. En B, les anomalies de croissance de la colonie de <i>Porites</i> plurimétrique sont toujours importantes mais elles évoluent peu. Enfin, suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place</p> <ul style="list-style-type: none"> - Perturbations sédimentaires : fine couche sédimentaire en A. Des nécroses sont observées sur des colonies coralliennes <p>Autres indicateurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cyanobactéries : recouvrement en forte augmentation en A (niveau 2 à 4). Elles colonisent principalement les colonies coralliennes mortes en place et les débris coralliens recouvert de sédiment terrigène - Le turf algal se développe abondamment sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place - Algue brune <i>Lobophora</i> : le recouvrement est stable en A & B (niveau 2) - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : le recouvrement est en augmentation en A & B (niveau 2 à 3) - <i>Cliona orientalis</i> : diminution en A (niveau 4 à 3) - <i>Cliona jullieni</i> : stable <p>Les corallivores :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Absence des <i>Acanthaster planci</i> et des <i>Culcita novaeguineae</i> - Absence de <i>Drupella cornus</i>
ST09	Bancs Kié	<ul style="list-style-type: none"> ↻ Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme important (courant de marée, houle et ressac) et taille majoritairement petite des colonies. Cependant présence d'une colonie de taille métrique de <i>Turbinaria stellulata</i> au transect B ↻ Un grand nombre de gorgones s'est développé aux pourtours de la station depuis avril 2016 ↻ Le développement des coraux est restreint par la contrainte hydrodynamique ↻ La pente récifale est abrupte et la dalle est arasée par les courants de marée et la houle ↻ 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 (mars 2015). Ces colonies désolidarisées de leur substrat dévalent progressivement la pente récifale ↻ Abondance des alcyonaires, macrophytes et ascidies sur le sommet du récif : <ul style="list-style-type: none"> - Les alcyonaires ont un recouvrement important (<i>Lobophytum</i>) et une richesse spécifique élevée - Les macrophytes ont un recouvrement et une richesse spécifique élevés → Saisonnalité des algues rouges (<i>Trichogloea requienii</i> et d'<i>Asparagopsis taxiformis</i>) - La richesse spécifique des ascidies est élevée ↻ Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques (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 	<p>Indicateur Corail :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le recouvrement corallien est de 24% au transect A, 21,5% en B et 17.5 % 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%</i> - Lésions coralliennes : absence de la bande blanche - Dégradations mécaniques (Winston 2016, Cook et Donna 2017) : remobilisation aux 3 transects. De nombreuses colonies ne sont plus fixées sur le substrat (remobilisation des débris, blocs, colonies coralliennes et sable carbonaté par la houle et le ressac, particulièrement en A & B aux extrémités de transect) <p>Autres indicateurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cyanobactéries : recouvrement stable aux 3 transects (respectivement niveau 0/2/0). Elles colonisent quelques colonies coralliennes mortes en place (surtout <i>Acropora</i>) et les débris coralliens - Le turf algal se développe abondamment sur les débris coralliens et la dalle - Algue brune <i>Lobophora</i> : absente sur la station, le recouvrement est donc en diminution en B & C (respectivement 2 à 0) - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : le recouvrement est en augmentation aux 3 transects (niveau 2 à 3/4/4) - <i>Cliona orientalis</i> : stable - <i>Cliona jullieni</i> : stable <p>Les corallivores :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Absence des <i>Acanthaster planci</i> et des <i>Culcita novaeguineae</i> - Absence de <i>Drupella cornus</i>
ST11	Toémo	<ul style="list-style-type: none"> ↻ Les conditions hydrodynamiques sont soutenues durant toute l'année (courant, ressac, houle) 	<p>Indicateur Corail :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le recouvrement corallien est de 47% au transect A (plus fort recouvrement de tous les transects), 35% en B

Localisation	Station	Particularités des stations	Variations des biocénoses entre avril et septembre 2017
		<ul style="list-style-type: none"> ↗ 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 les cyclones 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 scléactiniaires développent des morphologies robustes ↗ La richesse spécifique des coraux est relativement élevée pour les niveaux bathymétriques supérieurs et plus importante au transect B que en A (dégradation en sommet de récif par les agents hydrodynamiques intenses) ↗ Saisonnalité des macrophytes et caractère envahissant : 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>) ↗ Les alcyonaires ont un recouvrement relativement élevé ↗ Mobilité bathymétrique des échinodermes (astéries, holothuries, échinides) et des mollusques 	<p>et 5% en C</p> <ul style="list-style-type: none"> - 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%</i> - Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche - Dégradations mécaniques (Winston 2016, Cook et Donna 2017) : remobilisation en B. De nombreuses colonies ne sont plus fixées sur le substrat (remobilisation des débris, blocs, colonies coralliennes et sable carbonaté par la houle et le ressac, particulièrement en A & B pour s'accumuler en C) <p>Autres indicateurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cyanobactéries : recouvrement stable aux 3 transects (niveau 0/2/0). Elles colonisent quelques colonies coralliennes mortes en place (surtout <i>Acropora</i>) et les débris coralliens - Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens particulièrement en B & C - Algue brune <i>Lobophora</i> : absente (stable) - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : le recouvrement est en augmentation aux 3 transects (niveau 0 à 2) - <i>Cliona orientalis</i> : diminution en A (niveau 3 à 2) - <i>Cliona julliinei</i> : stable <p>Les corallivores :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Absence des <i>Acanthaster planci</i> et des <i>Culcita novaeguineae</i> - Absence de <i>Drupella cornus</i>
	ST12 Ugo	<ul style="list-style-type: none"> ↗ Croissance de grandes colonies de <i>Porites</i> sp., <i>Lobophyllia corymbosa</i> et de grands massifs d'<i>Alveopora</i> sp, <i>Goniopora</i> sp. et <i>Acropora</i> spp. ↗ Le reste des colonies coralliennes sont de taille décimétrique (turn over important) ↗ Grande diversité et abondance des coraux libre (famille Fungiidae) qui affectionnent particulièrement ce substrat détritique ↗ Accumulation de débris importante sous le transect et en périphérie de la station (grands couloirs d'effondrement qui deviennent de plus en plus large) ↗ Mortalité corallienne, couloir d'effondrement et nombreux débris (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 julliinei</i> et <i>C. orientalis</i>) sont relativement bien développées et colonisent les massifs coralliens vivants et les blocs coralliens 	<p>Indicateur Corail :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Le recouvrement corallien est de 31.5% au transect A et 24% 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%</i> - Lésions coralliennes : maladie de la bande blanche en A & B (respectivement 0.5 m² pour 1 colonie et 0.4 m² pour 1 colonie). L'espèce concernée est <i>Acropora</i> tabulaire. <p>Il y a également quelques anomalies de croissance sur des colonies de <i>Porites</i> en A</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dégradations mécaniques (Winston 2016, Cook et Donna 2017) : remobilisation en A & B. Les débris du couloir d'effondrement sont régulièrement remobilisés par la houle <p>Autres indicateurs :</p> <ul style="list-style-type: none"> - Cyanobactéries : recouvrement en augmentation aux 2 transects (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> : le recouvrement est en augmentation aux 2 transects (niveau 0 à 2/3) - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : absente (stable) - <i>Cliona orientalis</i> : stable - <i>Cliona julliinei</i> : augmentation en B (niveau 2 à 3) <p>Les corallivores :</p> <ul style="list-style-type: none"> - <i>Acanthaster planci</i> : traces récentes mais absence de spécimen - Absence de <i>Culcita novaeguineae</i> - <i>Drupella cornus</i> : augmentation d'abondance en A (niveau 0 à 2) et absence en B

6.3 Ichtyologie

Ce chapitre présente les résultats obtenus en septembre 2017 sur le peuplement de poissons et les compare aux résultats des missions précédentes qui lui sont comparables à savoir celles de 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016 et début 2017.

Les données 2005 ne sont pas reprises ici, mais elles sont disponibles toutefois dans un des rapports précédents (de 2008 [19]).

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 b annexe 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 CdC et présentes sur les transects (ce qui est demandé)
- Biodiversité 2 : ne prend en compte que les espèces de la liste du CdC, mais sur toute la station
- Biodiversité 3 : considère toutes les espèces sur toute la station (c'est la vraie $B\alpha$).

Dans tous les § 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 normales¹⁶ et si la prise de données est conforme aux règles d'homoscédasticité¹⁷. 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 [20 à 26]. 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 [10].

6.3.1.1 Comparaison entre années

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 ?

Les données brutes pour chaque paramètre (densité, biomasse, biodiversité 1 et 3) sont données dans les tableaux 125 à 128.

6.3.1.1.1 La densité

L'analyse des variances de la densité pour les différentes campagnes (cf. tableau 121) montre une **homogénéité** pour les 3 stations de la **baie de Prony** et une **hétérogénéité** pour les 8 stations du **canal de la Havannah** à F0.95 mais une **homogénéité** à F0.975.

Tableau n°121 : Analyse de la Variance des densités ichtyologiques

ANOVA	k1	k2	F _{obs}	F _{0,95}	F _{0,975}	Ho
Prony	18	38	1,66	1,93		A α=0,0250
Havannah.	18	152	1,82	1,66	1,83	A α=0,0125

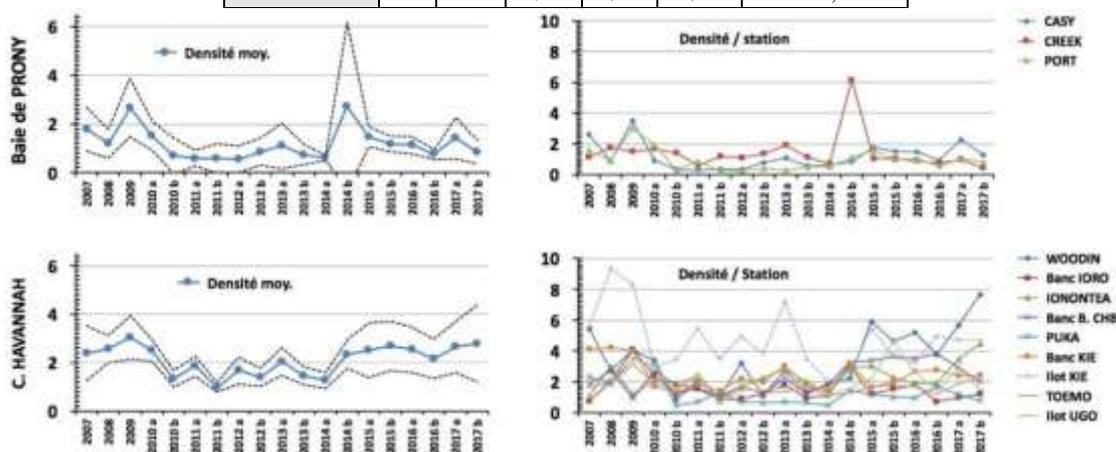


Figure n°95 : Evolution des densités ichtyologiques moyennes depuis 2007, par campagne

¹⁶ Distribuées selon une loi de Gauss, dite « normale »

¹⁷ Homoscédasticité : qui a une dispersion identique. (i.e. les variances sur les erreurs pour chaque collecte de données doivent être identiques)

6.3.1.1.2 La biomasse

L'analyse des variances de la biomasse pour les différentes campagnes (cf. [tableau 122](#)) montre une **homogénéité** pour les 3 stations de la **baie de Prony** et une **hétérogénéité** pour les 8 stations du **canal de la Havannah**.

Tableau n°122 : *Analyse de la Variance des biomasses ichthyologiques*

ANOVA	k1	k2	F _{obs}	F _{0,95}	F _{0,975}	Ho
Prony	18	38	1,31	1,93		A $\alpha=0,0250$
Havannah.	18	152	3,17	1,66	1,83	R $\alpha=0,0125$

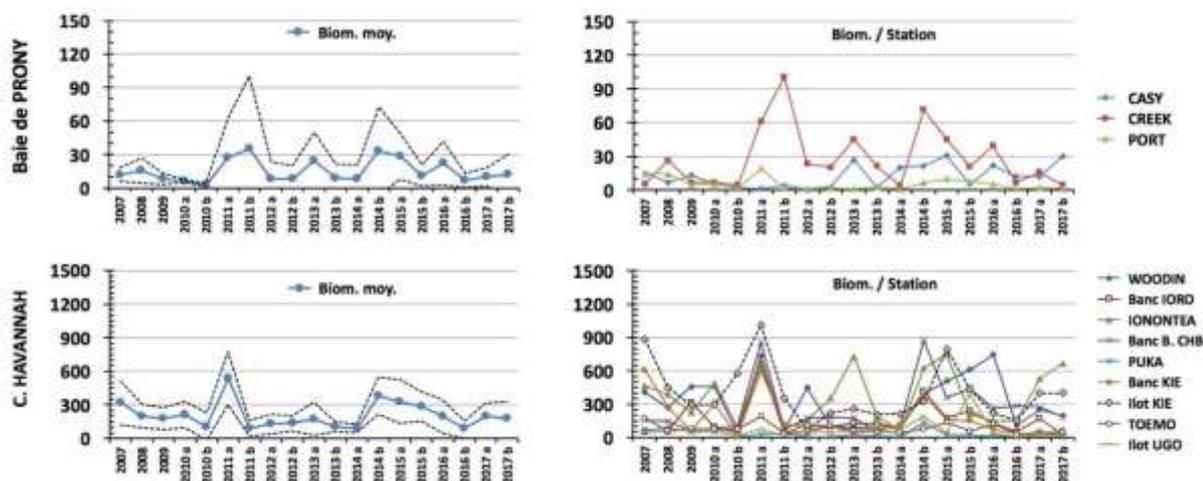


Figure n°96 : *Evolution des biomasses ichthyologiques moyennes depuis 2007, par campagne*

6.3.1.1.3 La biodiversité

Rappel : Nous ne considérons ici toujours que les espèces repérées figurant dans la liste restrictive du cahier des charges. La portée informative de cette liste volontairement tronquée est bien sûr très limitée et ne représente pas une réelle biodiversité (d'où son appellation de biodiversité 1). Cependant, pour une vision globale, les calculs sont ensuite refaits dans un 2^{ème} temps sur la biodiversité 3.

6.3.1.1.3.1 La biodiversité 1

La biodiversité 1 correspond aux espèces de la liste restreinte rencontrées sur les transects.

L'analyse des variances de la biodiversité 1 pour les différentes campagnes (cf. [tableau 123](#)) montre une **hétérogénéité pour toutes les stations**.

Tableau n°123 : *Analyse de la Variance des biodiversités 1 ichthyologiques*

ANOVA	k1	k2	F _{obs}	F _{0,95}	F _{0,975}	Ho
Prony	18	38	4,13	1,93	2,17	R $\alpha=0,0125$
Havannah.	18	152	3,54	1,66	1,83	R $\alpha=0,0125$

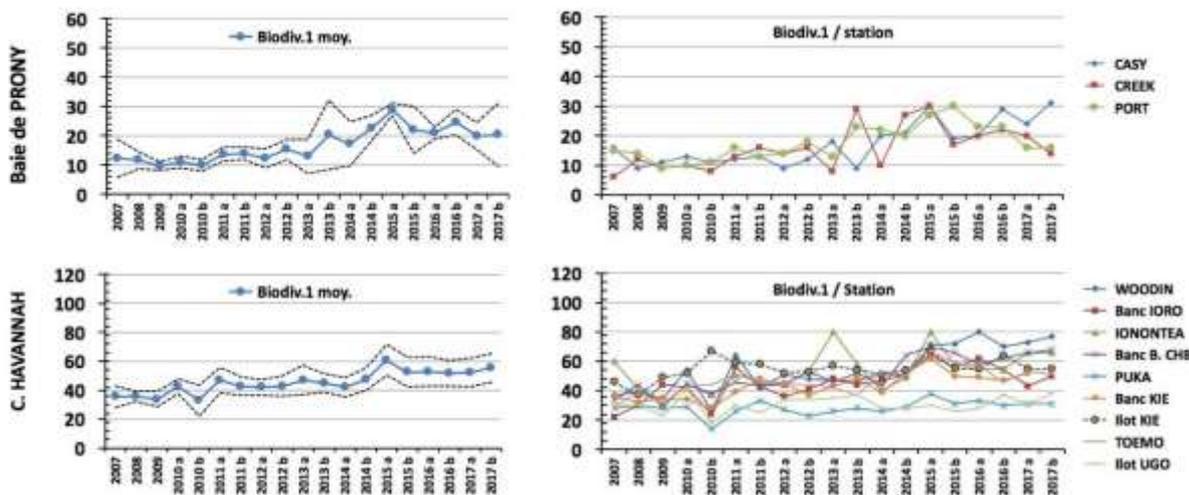


Figure n°97 : Evolution des biodiversités 1 ichthyologiques moyennes depuis 2007, par campagne

6.3.1.1.3.2 La biodiversité 3

La biodiversité 3 correspond à toutes les espèces rencontrées sur toute la station.

L'analyse des variances de la biodiversité 3 pour les différentes campagnes (cf. tableau 124) montre une hétérogénéité pour toutes les stations.

Tableau n°124 : Analyse de la Variance des biodiversités 3 ichthyologiques

ANOVA	k1	k2	F _{obs}	F _{0,95}	F _{0,975}	Ho
Prony	18	38	6,23	1,93	2,17	R α=0,0125
Havannah.	18	152	6,47	1,66	1,83	R α=0,0125

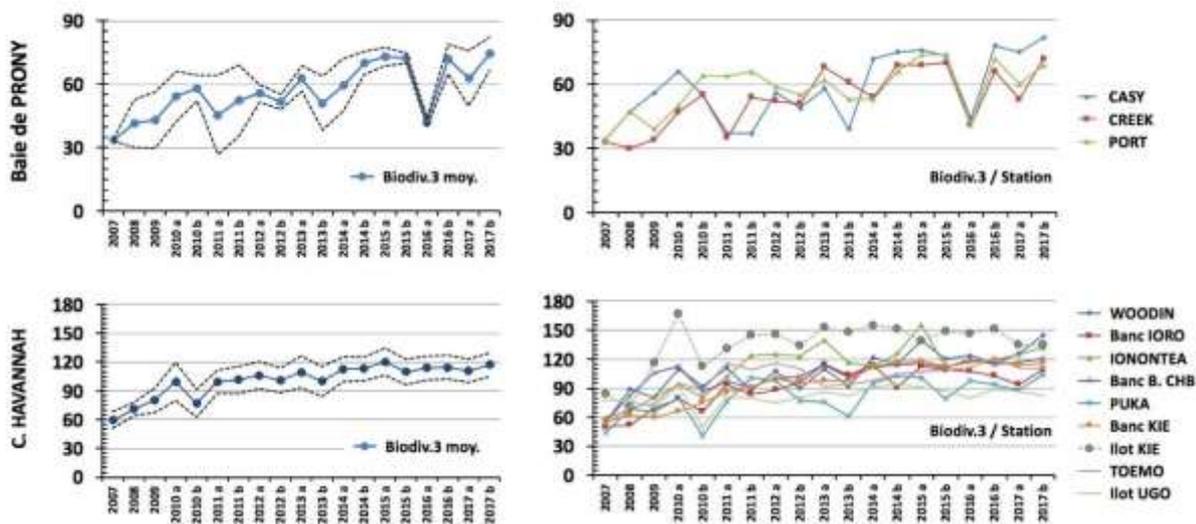


Figure n°98 : Evolution des biodiversités 3 ichthyologiques moyennes depuis 2007, par campagne

Tableau n°125 : *Densités moyennes ichtyologiques (ind./m²) par campagne*

Densité		2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	2013 a	2013 b	2014 a	2014 b	2015 a	2015 b	2016 a	2016 b	2017 a	2017 b
Prony	ST01	2,63	0,87	3,50	0,93	0,33	0,30	0,36	0,33	0,78	1,09	0,56	0,60	0,85	1,75	1,50	1,47	0,91	2,27	1,28
	ST02	1,12	1,76	1,49	1,68	1,41	0,61	1,18	1,10	1,36	1,91	1,14	0,71	6,17	1,06	1,03	0,88	0,74	0,98	0,43
	ST03	1,59	0,92	3,03	1,95	0,31	0,86	0,22	0,24	0,41	0,28	0,51	0,52	1,12	1,58	0,99	1,02	0,57	1,00	0,82
	μ	1,78	1,18	2,67	1,52	0,68	0,59	0,59	0,33	0,85	1,09	0,74	0,61	2,71	1,46	1,17	1,13	0,74	1,42	0,84
	σ	0,77	0,50	1,05	0,53	0,63	0,28	0,52	1,10	0,48	0,82	0,35	0,09	3,00	0,36	0,28	0,31	0,17	0,74	0,43
	IC ±	0,89	0,58	1,21	0,61	0,73	0,32	0,60	0,24	0,55	0,94	0,40	0,11	3,46	0,42	0,32	0,35	0,20	0,85	0,49
	CV.	0,43	0,42	0,39	0,35	0,92	0,48	0,88	0,85	0,57	0,75	0,48	0,15	1,10	0,25	0,24	0,27	0,23	0,52	0,50
Havannah	ST04	5,45	2,71	4,07	3,38	0,84	2,11	0,95	3,20	1,09	2,71	1,32	1,86	2,21	5,90	4,64	5,18	3,56	5,65	7,68
	ST05	0,73	2,02	4,09	2,37	1,23	1,56	0,81	0,87	1,22	1,80	0,94	1,12	3,00	1,19	1,53	1,80	0,72	0,96	1,20
	ST06	2,45	2,99	1,17	2,05	1,91	2,23	0,75	1,64	2,25	2,80	1,98	1,19	2,87	3,00	2,27	1,89	1,89	3,48	4,47
	ST07	1,78	2,73	0,91	2,66	1,79	1,62	1,05	1,70	1,24	2,26	1,18	1,82	3,21	3,37	3,65	3,51	3,81	2,91	2,00
	ST08	2,32	1,84	3,50	3,05	0,46	0,68	1,30	0,70	0,63	0,68	0,64	0,47	1,40	1,17	0,99	0,94	1,68	1,15	0,78
	ST09	4,13	4,21	4,01	1,66	1,35	1,81	1,42	2,18	1,96	3,04	1,71	1,44	3,20	1,65	1,95	2,64	2,75	2,35	2,42
	ST10	5,57	9,37	8,30	2,94	3,46	5,47	3,48	4,93	3,85	7,23	3,49	2,01	2,56	5,44	3,61	3,24	4,95	-	-
	ST11	1,64	1,9	3,12	1,86	1,59	2,50	0,90	1,70	1,27	1,35	1,64	1,08	1,27	1,64	1,78	1,67	1,20	1,84	2,26
	ST12	2,18	2,18	3,49	3,01	1,44	2,36	0,60	1,40	1,46	1,60	2,13	1,13	1,54	2,15	4,65	2,59	1,44	2,82	1,50
	μ	1,78	1,18	2,67	1,52	0,68	0,59	0,59	0,33	0,85	1,09	0,74	0,61	2,71	1,46	1,17	2,61	2,47	2,65	2,79
	σ	0,77	0,50	1,05	0,53	0,63	0,28	0,52	1,10	0,48	0,82	0,35	0,09	3,00	0,36	0,28	1,26	1,43	1,49	2,27
	IC ±	0,89	0,58	1,21	0,61	0,73	0,32	0,60	0,24	0,55	0,94	0,40	0,11	3,46	0,42	0,32	0,84	0,96	1,00	1,60
	CV.	0,43	0,42	0,39	0,35	0,92	0,48	0,88	0,85	0,57	0,75	0,48	0,15	1,10	0,25	0,24	0,48	0,58	0,56	0,81

μ = moyenne ; σ = écart type ; IC ± = intervalle de confiance ; CV. = coefficient de variation

Tableau n°126 : *Biomasses ichtyologiques (g/m²) moyennes par campagne*

Biomasse		2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	2013 a	2013 b	2014 a	2014 b	2015 a	2015 b	2016 a	2016 b	2017 a	2017 b
Prony	ST01	14,9	6,7	13,1	5,8	2,3	1,0	4,0	0,8	2,7	26,8	2,4	20,2	21,6	30,4	5,17	22	12	12	29,91
	ST02	5,5	26,1	6,7	6,7	4,2	61,0	100,2	23,2	20,1	45,1	21,2	3,6	71,5	45,1	20,7	39	6,6	16	4,29
	ST03	14,7	14,1	4,6	5,1	1,3	19,1	1,5	0,8	1,6	1,1	2,5	0,6	6,2	9,8	7,5	5	1,0	2	1,33
	μ	11,7	15,6	8,1	5,9	2,6	27,0	35,2	8,3	8,1	24,3	8,7	8,1	33,1	28,4	11,1	22,1	6,6	9,9	11,8
	σ	5,4	9,8	4,4	0,8	1,5	30,7	56,3	12,9	10,4	22,1	10,8	10,6	34,1	17,8	8,3	17,0	5,5	7,1	15,7
	IC ±	6,2	11,3	5,1	0,9	1,7	35,5	65,0	14,9	12,0	25,5	12,5	12,2	39,4	20,6	9,6	19,7	6,4	8,2	18,1
	CV.	0,46	0,63	0,55	0,14	0,58	1,14	1,60	1,56	1,27	0,91	1,24	1,30	1,03	0,63	0,75	0,77	0,84	0,71	1,33
a	ST04	408	268	456	461	39	731	65	447	106	87	98	86	392	510	610	747	108	250	196

ST05	48	58	316	94	38	661	41	51	100	130	126	84	416	174	241	127	52	170	24
ST06	1322	386	227	488	93	688	77	152	353	760	192	69	622	750	211	151	151	527	667
ST07	155	147	57	85	104	855	71	176	179	175	62	111	874	359	439	260	283	275	181
ST08	67	88	53	58	12	28	40	5	7	27	13	9	135	28	20	12	10	57	10
ST09	608	274	63	303	11	593	119	96	99	41	79	109	377	158	149	75	31	40	64
ST10	882	452	291	298	576	1015	357	73	220	259	1795	214	325	795	435	219	156	-	-
ST11	174	62	80	75	75	188	39	111	108	61	52	45	74	135	57	122	31	19	51
ST12	50	50	73	64	14	80	14	52	49	58	95	72	189	46	383	42	7	20	11
μ	413	198	180	214	107	537	91	129	136	178	279	89	378	328	283	195	92	170	178
σ	446	152	148	176	180	353	104	130	103	231	571	56	249	294	197	222	92	177	223
IC ±	297	101	99	117	120	235	69	87	69	154	380	38	166	196	131	148	61	125	149
CV.	1,08	0,77	0,83	0,82	1,68	0,66	1,14	1,01	0,76	1,3	2,05	0,64	0,66	0,89	0,70	1,14	0,99	1,04	1,25

μ = moyenne ; σ = écart type ; IC ± = intervalle de confiance ; CV. = coefficient de variation

Tableau n°127 : Biodiversités 1 ichtyologiques par campagne

Biodiversité 1		2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	2013 a	2013 b	2014 a	2014 b	2015 a	2015 b	2016 a	2016 b	2017 a	2017 b
Prony	ST01	16	9	11	13	11	12	13	9	12	18	9	20	21	30	19	20	29	24	31
	ST02	6	12	9	10	8	13	16	14	16	8	29	10	27	30	17	20	22	20	14
	ST03	15	14	9	10	11	16	13	14	18	13	23	22	20	27	30	23	23	16	16
	μ	12,3	11,7	9,7	11,0	10,0	13,7	14,0	12,3	15,3	13,0	20,3	17,3	22,7	29,0	22,0	21,0	24,7	20,0	20,3
	σ	5,5	2,52	1,15	1,73	1,73	2,08	1,73	2,89	3,06	5,00	10,26	6,4	3,8	1,7	7,0	1,7	3,8	4,0	9,3
	IC ±	6,4	2,9	1,3	2,0	2,0	2,4	2,0	3,3	3,5	5,8	11,9	7,4	4,4	2,0	8,1	2,0	4,4	4,6	10,7
	CV.	0,45	0,22	0,12	0,16	0,17	0,15	0,12	0,23	0,20	0,38	0,50	0,37	0,17	0,06	0,32	0,08	0,15	0,20	0,46
Havannah	ST04	37	39	35	54	26	64	42	51	48	47	47	52	50	71	72	80	70	73	77
	ST05	22	30	44	42	24	56	43	36	41	48	44	47	51	64	56	62	54	43	50
	ST06	45	41	31	44	37	51	46	44	53	80	58	40	49	80	58	55	55	66	66
	ST07	33	44	29	45	38	46	43	44	53	46	52	43	64	70	66	58	62	66	68
	ST08	28	30	28	29	14	26	33	27	23	26	28	26	29	38	31	33	30	31	31
	ST09	36	32	35	34	28	39	48	45	37	43	48	39	52	62	50	49	47	52	64
	ST10	46	37	49	52	67	59	58	52	53	57	54	51	54	67	55	55	64	-	-
	ST11	29	39	31	43	44	51	48	45	44	42	37	53	51	67	59	57	46	53	51
	ST12	28	28	23	41	18	30	25	34	34	35	37	28	28	30	26	28	37	31	38
	μ	33,8	35,6	33,9	42,7	32,9	46,9	42,9	42,0	42,9	47,1	45,0	42,1	47,6	61,0	52,6	53,0	51,7	51,9	55,6
	σ	8,1	5,7	8,1	7,8	16,0	12,9	9,4	8,2	10,3	15,1	9,6	9,9	11,7	16,3	15,1	15,4	13,0	16,0	14,8
	IC ±	5,37	3,79	5,41	5,21	10,69	8,63	6,28	5,44	6,86	10,05	6,37	6,64	7,8	10,8	10,1	10,3	8,7	11,3	9,9
	CV.	0,23	0,15	0,24	0,18	0,49	0,28	0,22	0,19	0,24	0,32	0,21	0,24	0,25	0,27	0,29	0,29	0,25	0,31	0,27

μ = moyenne ; σ = écart type ; IC ± = intervalle de confiance ; CV. = coefficient de variation

Tableau n°128 : Biodiversités 3 ichtyologiques par campagne

Biodiversité 3		2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b	2013 a	2013 b	2014 a	2014 b	2015 a	2015 b	2016 a	2016 b	2017 a	2017 b
Prony	ST01	34	47	56	66	55	37	37	56	49	58	39	72	75	76	73	44	78	75	82
	ST02	33	30	34	47	55	35	54	52	51	68	61	54	69	69	70	41	66	53	72
	ST03	34	47	39	50	64	64	66	59	55	62	53	53	66	74	74	41	72	60	69
	μ	34	41	43	54	58	45	52	56	52	63	51	60	70	73,0	72,3	42,0	72,0	62,7	74,3
	σ	0,9	9,8	11,5	10,2	5,2	16,2	14,6	3,5	3,1	5,0	11,1	10,7	4,6	3,6	2,1	1,7	6,0	11,2	6,8
	IC ±	0,7	11,3	13,3	11,8	6,0	18,7	16,8	4,1	3,5	5,8	12,9	12,4	5,3	4,2	2,4	2,0	6,9	13,0	7,9
	CV.	0,02	0,24	0,27	0,19	0,09	0,36	0,28	0,06	0,06	0,08	0,22	0,18	0,07	0,05	0,03	0,04	0,08	0,18	0,09
Havannah	ST04	54	89	81	110	92	111	88	108	90	110	92	122	115	140	120	124	114	126	145
	ST05	50	52	69	79	66	94	84	88	96	115	104	114	91	113	109	108	103	94	109
	ST06	60	67	81	94	81	102	124	125	123	140	117	113	126	156	112	119	119	125	132
	ST07	56	82	106	113	86	97	91	100	102	114	101	112	114	116	111	120	115	117	121
	ST08	44	68	66	80	41	76	101	98	77	76	61	95	103	101	79	98	94	88	104
	ST09	55	62	60	66	75	86	91	100	95	98	98	113	117	118	113	117	119	114	116
	ST10	84	71	116	167	113	131	145	146	134	153	148	155	152	139	149	147	152	-	-
	ST11	53	71	74	95	88	116	109	116	110	92	94	98	105	107	109	111	122	111	110
	ST12	77	77	70	92	50	81	80	75	81	86	82	91	94	91	87	80	89	87	82
	μ	59	71	80	100	77	99	101	106	101	109	100	113	113	120	110	114	114	108	117
	σ	13	11	19	29	22	18	21	21	19	25	24	19	18	21	20	18	18	16	19
	IC ±	9	7	13	20	15	12	14	14	13	17	16	13	12	14	13	12	12	11	13
	CV.	0,22	0,15	0,23	0,29	0,29	0,18	0,21	0,20	0,19	0,23	0,24	0,17	0,16	0,17	0,18	0,16	0,16	0,15	0,16

μ = moyenne ; σ = écart type ; IC ± = intervalle de confiance ; CV. = coefficient de variation



6.3.1.2 Comparaison entre 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 La densité

L'analyse des variances de la densité pour les différentes stations (cf. [tableau 129](#)) montre une **homogénéité** des campagnes pour les 3 stations de la **baie de Prony** et une **hétérogénéité** des campagnes pour les 8 stations du **canal de la Havannah**.

Tableau n°129 : *Analyse de la Variance des densités moyennes ichtyologiques (ind./m²) par station*

Années	Casy ST01	Creek ST02	Port ST03	Woodin ST04	Ioro ST05	Ionon. ST06	CHB ST07	Puka ST08	B. Kie ST09	I. Kie ST10	Toémo ST11	Ugo ST12
2007	2,63	1,12	1,59	5,45	0,73	2,45	1,78	2,32	4,13	5,57	1,64	1,92
2008	0,87	1,76	0,92	2,71	2,02	2,99	2,73	1,84	4,21	9,37	1,90	1,92
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	3,49	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	3,77	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	-	2,82	5,65
2017 b	1,28	0,43	0,82	7,68	1,20	4,47	2,00	0,78	2,42	-	2,26	1,50
μ	1,17	1,41	0,94	3,41	1,53	2,28	2,27	1,28	2,41		1,70	2,07
σ	0,86	1,22	0,70	1,9	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9		0,5	0,9
Int. de C.	0,39	0,56	0,32	0,9	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4		0,2	0,4
Coef. de Var.	0,73	0,86	0,74	0,6	0,6	0,4	0,4	0,7	0,4		0,3	0,5
ANOVA	Ho = « Egalité des moyennes en colonnes »											
	Degrés de liberté			Paramètre de Fisher-Snédecor						Ho		
Zones	k ₁ =p-1	k ₂ =n-p		F _{obs}			F _{0,95} (F _{0,975})					
PRONY	2	54		1,13			3,17 (3,96)		Acceptée			
C. HAVANNAH	7	162		15,15			2,01 (2,28)		Rejetée			

n : nombre de missions depuis 2007 ; μ : moyennes ; σ : écart type ; Int. de C. : intervalle de confiance

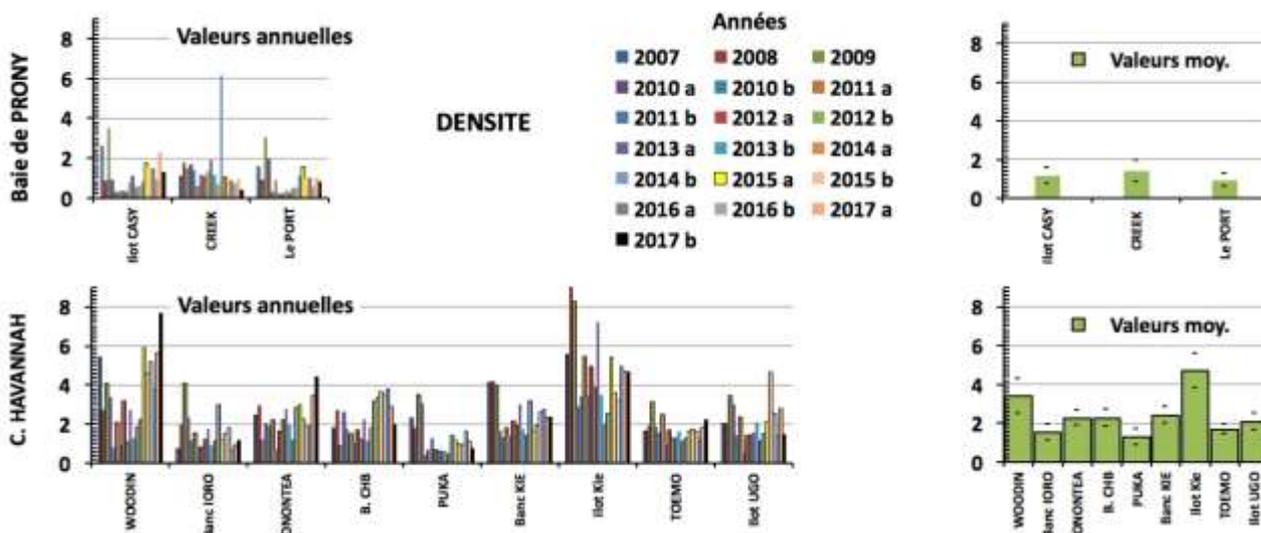


Figure n°99 : Evolution des densités ichthyologiques moyennes depuis 2007, par station

6.3.1.2.2 La biomasse

L'analyse des variances de la biomasse pour les différentes stations (cf. tableau 130) montre une hétérogénéité pour toutes les campagnes, quelque soit le site.

Tableau n°130 : Analyse de la Variance des biomasses moyennes ichthyologiques (ind./m²) par station

Années	Casy ST01	Creek ST02	Port ST03	Woodin ST04	Ioro ST05	Ionon. ST06	CHB ST07	Puka ST08	B. Kie ST09	I. Kie ST10	Toémo ST11	Ugo ST12
2007	14,9	5,5	14,7	408	48	1 322	155	67	608	882	174	49
2008	6,7	26,1	14,1	268	58	386	147	88	274	452	62	49
2009	13,1	6,7	4,6	456	316	227	57	53	63	291	80	73
2010 a	5,8	6,7	5,1	461	94	488	85	58	303	298	75	64
2010 b	2,3	4,2	1,3	39	38	93	104	12	11	576	75	14
2011 a	1,0	61,0	19,1	731	661	688	855	28	593	1 015	188	80
2011 b	4,0	100,2	1,5	65	41	77	71	40	119	357	39	14
2012 a	0,8	23,2	0,8	447	51	152	176	5	96	73	111	52
2012 b	2,7	20,1	1,6	106	100	353	179	7	99	220	108	49
2013 a	26,8	45,1	1,1	87	130	760	175	27	41	259	61	58
2013 b	2,4	21,2	2,5	98	126	192	62	13	79	1 795	52	95
2014 a	20,2	3,6	0,6	86	84	69	111	9	109	214	45	72
2014 b	21,6	71,5	6,2	392	416	622	874	135	377	325	74	189
2015 a	30,4	45,1	9,6	510	174	750	359	28	158	795	135	46
2015 b	5,2	20,7	7,5	610	241	211	439	20	149	435	57	383
2016 a	21,8	39,3	5,2	747	126	150	260	12	75	219	121	42
2016 b	12,1	6,6	1,1	108	52	151	283	10	31	156	31	7
2017 a	12,0	15,7	2,0	250	170	527	275	57	40	-	20	250
2017 b	29,9	4,3	1,3	195,95	23,51	667,45	181,46	9,98	64,47	-	51,02	10,70
μ	12,29	27,71	5,27	326,0	162,5	351,6	256,8	37,2	179,2		83,8	75,4
σ	10,10	26,70	5,46	235,1	161,0	237,2	237,4	34,3	182,3		47,2	86,8
Int. de C.	4,63	12,25	2,51	110,8	75,9	111,8	111,9	16,2	85,9		22,3	40,9
Coef. de Var.	0,82	0,96	1,04	0,7	1,0	0,7	0,9	0,9	1,0		0,6	1,2
ANOVA	Ho = « Egalité des moyennes en colonnes »											
	Degrés de liberté			Paramètre de Fisher-Snédecor						Ho		
Zones	$k_1=p-1$	$k_2=n-p$	F_{obs}			$F_{0,95}$ ($F_{0,9995}$)						
PRONY	2	54	8,90			3,17 (3,96)			Rejetée			
C. HAVANNAH	7	162	10,37			2,01 (2,28)			Rejetée			

n : nombre de missions depuis 2007 ; μ : moyennes ; σ : écart type ; Int. de C. : intervalle de confiance



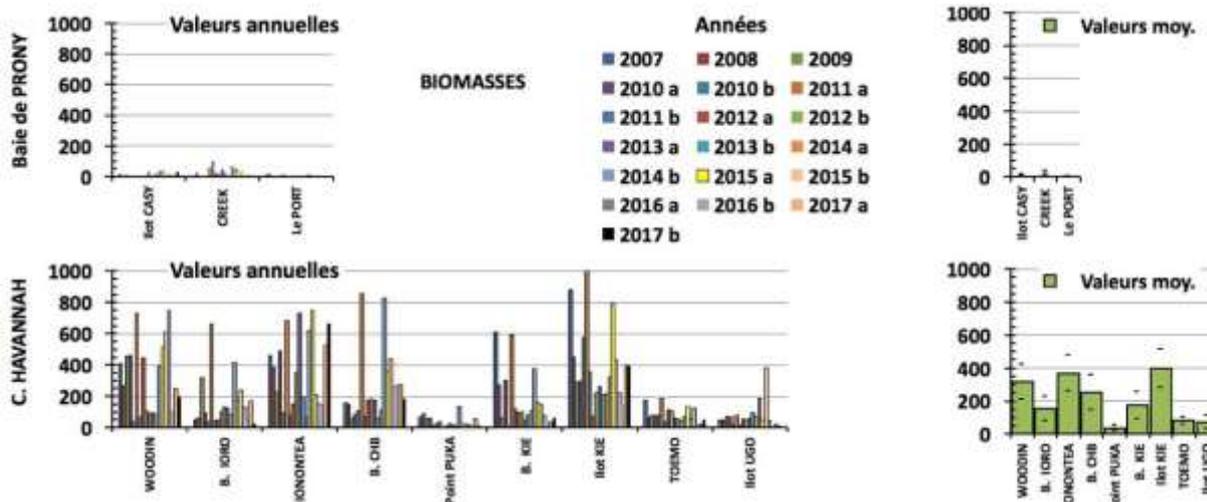


Figure n°100 : Evolution des biomasses ichtyologiques moyennes depuis 2007, par station

6.3.1.2.3 La biodiversité

Rappel : Nous ne considérons ici toujours que les espèces repérées figurant dans la liste restrictive du cahier des charges. La portée informative de cette liste volontairement tronquée est bien sûr très limitée et ne représente pas une réelle biodiversité (d'où son appellation de biodiversité 1).

Cependant, pour une vision globale, les calculs sont ensuite refaits dans un 2^{ème} temps sur la biodiversité 3.

6.3.1.2.3.1 La biodiversité 1

La biodiversité 1 correspond aux espèces de la liste restreinte rencontrées sur les transects.

L'analyse des variances de la biodiversité 1 pour les différentes stations (cf. **tableau 131**) montre une **homogénéité** des campagnes pour les 3 stations de la **baie de Prony** et une **hétérogénéité** des campagnes pour les 8 stations du **canal de la Havannah**.

Tableau n°131 : Analyse de la Variance des biodiversités 1 moyennes ichtyologiques (ind./m²) par station

Années	Casy ST01	Creek ST02	Port ST03	Woodin ST04	Ioro ST05	Ionon. ST06	CHB ST07	Puka ST08	B. Kie ST09	I. Kie ST10	Toémo ST11	Ugo ST12
2007	16	6	15	37	22	45	33	28	36	46	29	28
2008	9	12	14	39	30	41	44	30	32	37	39	28
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	-	53	31
2017 b	31	14	16	77	50	66	68	31	64	-	51	38

μ	17,2	15,8	17,5	54,5	45,1	52,6	51,1	28,5	44,2	46,8	30,7
σ	7,2	7,2	5,8	15,8	11,4	13,3	12,3	4,8	9,7	9,3	5,7
Int. de C.	3,3	3,3	2,7	7,3	5,3	6,1	5,7	2,2	4,5	4,3	2,6
Coef. de Var.	0,42	0,46	0,33	0,3	0,3	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
ANOVAR	Ho = « Egalité des moyennes en colonnes »										
	Degrés de liberté			Paramètre de Fisher-Snédecor						Ho	
Zones	$k_1=p-1$	$k_2=n-p$	F_{obs}			$F_{0,95}$ ($F_{0,995}$)					
PRONY	2	54	3,03			3,17 (3,96)			Acceptée		
C. HAVANNAH	7	162	13,97			2,01 (2,28)			Rejetée		

n : nombre de missions depuis 2007 ; μ : moyennes ; σ : écart type ; Int. de C. : intervalle de confiance

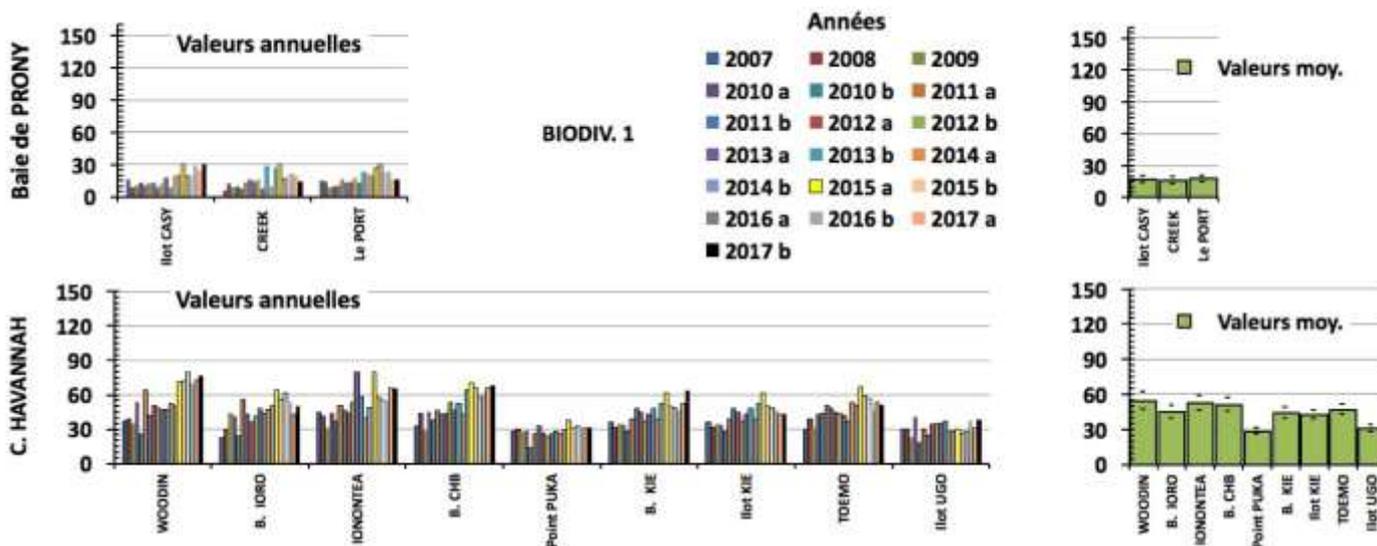


Figure n°101 : Evolution des biodiversités 1 ichtyologiques moyennes depuis 2007, par station

6.3.1.2.3.2 La biodiversité 3

La biodiversité 3 correspond à toutes les espèces rencontrées sur toute la station.

L'analyse des variances de la biodiversité 3 pour les différentes stations (cf. tableau 132) montre une homogénéité des campagnes pour les 3 stations de la baie de Prony et une hétérogénéité des campagnes pour les 8 stations du canal de la Havannah.

Tableau n°132 : Analyse de la Variance des biodiversités 3 moyennes ichtyologiques (ind./m²) par station

Années	Casy ST01	Creek ST02	Port ST03	Woodin ST04	Ioro ST05	Ionon. ST06	CHB ST07	Puka ST08	B. Kie ST09	I. Kie ST10	Toémo ST11	Ugo ST12
2007	34	33	34	54	50	60	56	44	55	84	53	76
2008	47	30	47	89	52	67	82	68	62	71	71	76
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	-	111	87
2017 b	82	72	69	145	109	132	121	104	116	-	110	82
μ	60,1	54,5	59,2	107,0	91,5	111,4	103,9	81,6	95,4		99,5	81,7
σ	16,1	13,6	11,1	21,9	20,3	24,8	16,2	19,2	22,1		17,7	10,0
Int. de C.	7,4	6,2	5,1	10,1	9,3	11,4	7,4	8,8	10,2		8,1	4,6
Coef. de Var.	0,27	0,25	0,19	0,21	0,22	0,22	0,16	0,24	0,23		0,18	0,12
ANOVAR	Ho = « Egalité des moyennes en colonnes »											
	Degrés de liberté			Paramètre de Fisher-Snédecor						Ho		
Zones	k ₁ =p-1			k ₂ =n-p			F _{obs}		F _{0,95} (F _{0,9995})			
PRONY	2			54			1,13		3,17 (3,96)		Acceptée	
HAVANNAH	7			162			12,98		2,01 (2,28)		Rejetée	

n : nombre de missions depuis 2007 ; μ : moyennes ; σ : écart type ; Int. de C. : intervalle de confiance

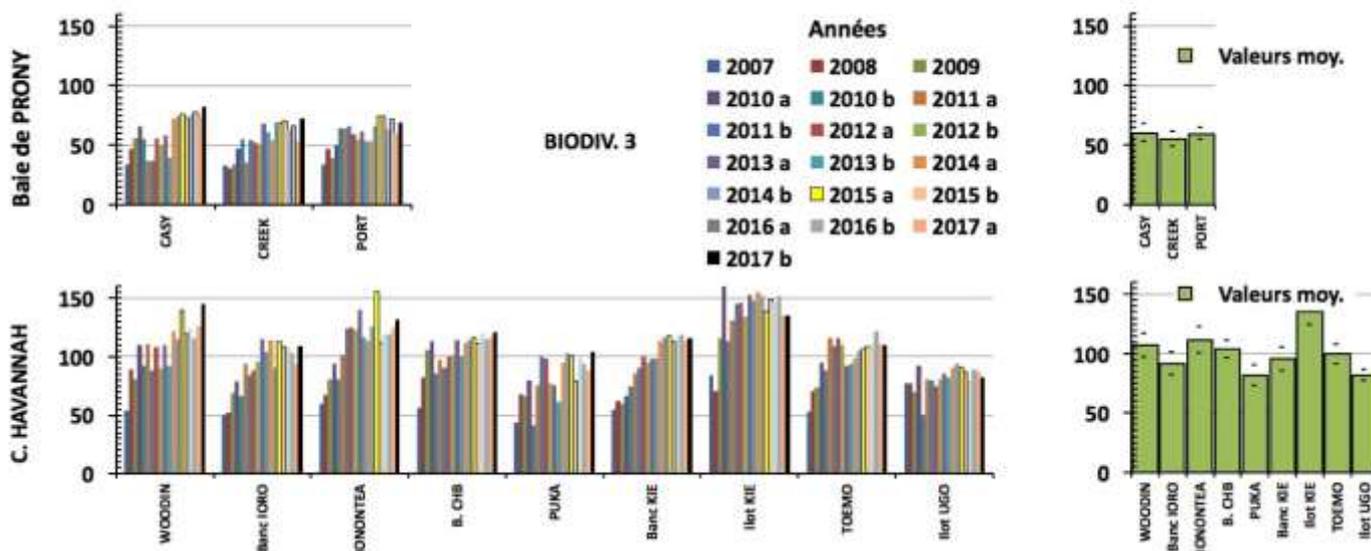


Figure n°102 : Evolution des biodiversités 3 ichthyologiques moyennes depuis 2007, par station

6.3.1.3 Commentaires

Commentaire n°01

Les graphiques précédents (figures 95 à 102) ont surtout pour intérêt, de montrer d'un coup d'œil, dans l'espace les différences entre stations et au cours du temps, les différences entre missions.

Dans la perspective de futures amendements au protocole de suivi, nous souhaiterions toutefois, insister sur ce point et insister sur la nature des paramètres « poissons » en présentant, en commentaire, des graphiques centrés sur cette variabilité des paramètres, notamment celui de biomasse, et par voie de conséquence, sur leur aptitude à répondre aux questions posées.

Pour cela, les graphiques (figure 103) suivants montrent les Coefficients de Variation (CV=σ/μ) issus des tableaux 125 à 132. Les CV ont l'avantage de s'affranchir des unités de mesure des paramètres si bien que les graphiques comparatifs n'ont qu'une seule norme aux ordonnées et leur comparaison s'en trouve plus aisée.

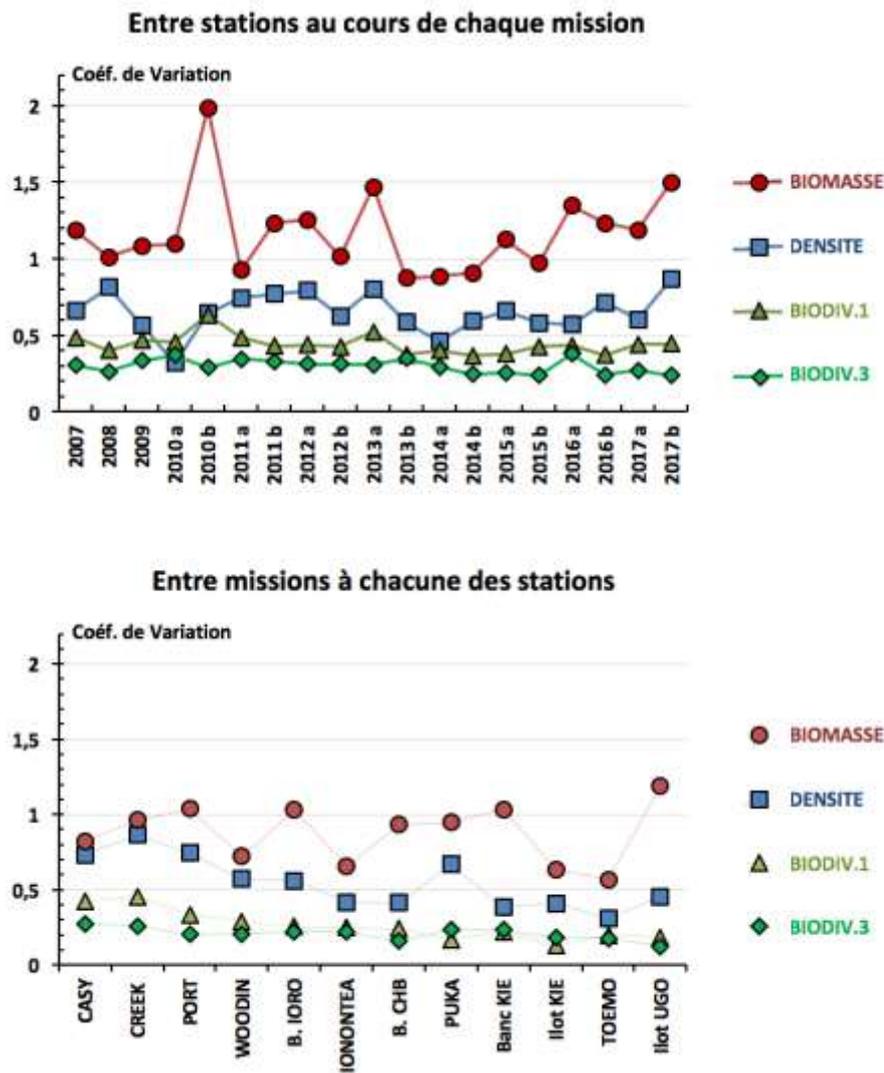


Figure n°103 : Evolution des Coefficients de Variation des paramètres ictyologiques suivis, entre missions et stations

Pratiquement parlant, des paramètres qui ont :

- un C.V. < 0,5 sont des paramètres stables et donc heuristiques - c'est le cas de la Biodiversité
- en revanche, un paramètre avec un C.V. > 0,5 manque d'heuristique et ne permet pas d'apprécier ni de commenter de faibles variations - c'est le cas de la Densité
- et lorsque son C.V. prend des valeurs > 1 ce paramètre n'a alors, en tant qu'indicateur, plus aucun intérêt et sa recherche pour son utilisation est une dépense inutile - c'est le cas de la biomasse.

En d'autres termes, lorsque le C.V. est élevé, le risque de deuxième espèce β est élevé et les tests statistiques au risque de première espèce α sont ininterprétables¹⁸.

Commentaire n°2

Avec 19 missions réalisées en 11 années, le suivi du peuplement de poissons du lagon sud bénéficie d'un recul historique intéressant. Et bien qu'elles ne soient pas demandées dans le cahier des charges, les listes d'espèces totales (Biodiversité 3) une fois compilées font apparaître (entre autres choses) une caractéristique intéressante de ce peuplement décrite par la figure 104.

La figure 104 A est obtenue en compilant les listes d'espèces (biodiversité 3) des 10 stations pour lesquelles nous possédons 19 relevés (les îlots Ugo et Kié n'en ont que 17). Au niveau de chaque station, les espèces

¹⁸ cf. Guide du milieu marin CNRT 2011 [02] p35

sont classées en fonction du nombre de fois ou elles ont été aperçues. De 1 à 3 fois elles seront dites rares, de plus de 3 fois à 12 fois elles seront dites souvent présentes, de plus de 12 fois à au moins 17 fois, elles seront dites rarement absentes et si elles ont été vues 18 ou 19 fois se sont alors des espèces résidentes. Comme les effectifs de biodiversité totale par station sont très différents d'une station à l'autre, pour être comparées, les données ont été transformées en pourcentages.

La figure 104 B est obtenue en ajustant les moyennes obtenues pour chaque fréquence d'observation aux différentes stations.

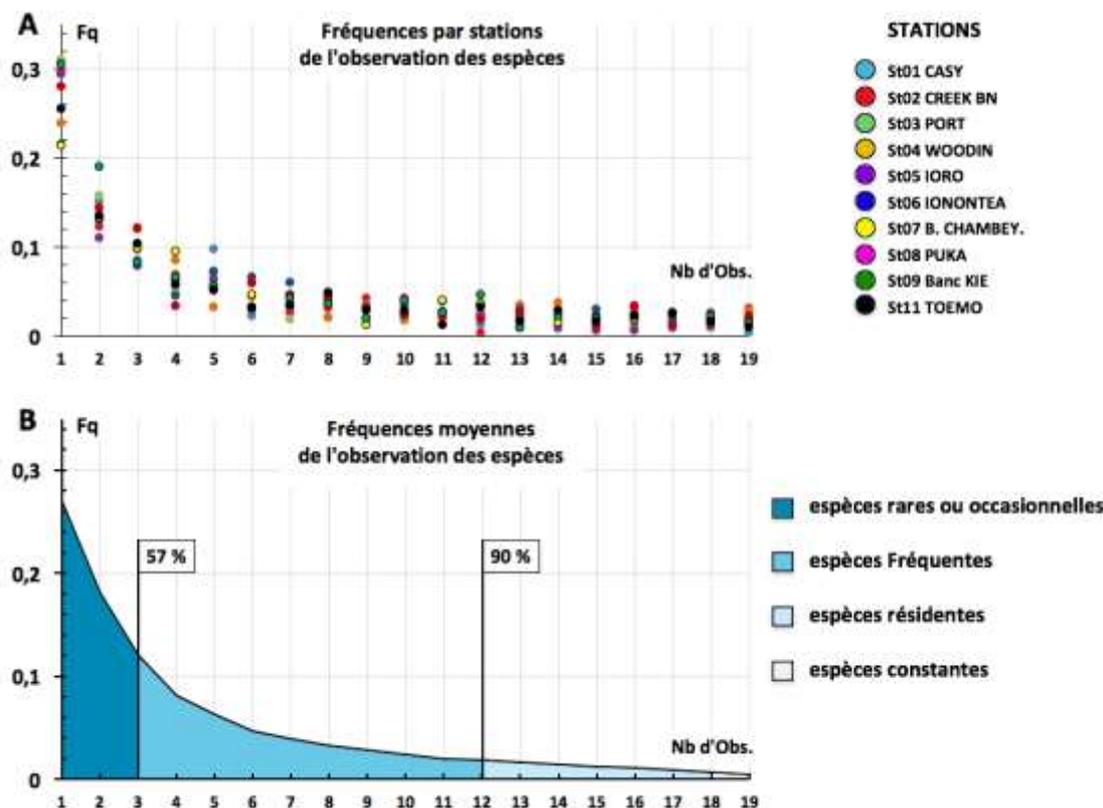


Figure n°104 : Figure n°22. Dynamique de la biodiversité : fréquence des observations d'espèces de poissons

La figure 104 A montre qu'à chaque station, le modèle est sensiblement le même. Le modèle est un peu plus accentué en baie de Prony, mais concerne un plus petit nombre d'espèces.

La figure 104 B montre qu'en moyenne sur 19 recensements, 27% des espèces n'ont été vues qu'une seule fois et 57 % ont été vues qu'au plus 3 fois. 90 % ont été vues au plus 12 fois et environ 1 % sont toujours présentes sur la station.

En considérant la biodiversité totale d'une station ($B_{\gamma i}$), les espèces qui la composent peuvent être classées en fonction de leur fréquentation du site (tableau 133)

Tableau n°133 : Classement des espèces qui composent la biodiversité totale d'une station en fonction de leur fréquentation de ladite station

Station i	$B_{\gamma i}$	Nombre d'espèces vues...				
		Juste 1 fois	Au plus 3 fois	Entre 4 et 12 fois	Au moins 13 fois	A chaque fois
St01 Casy	224	60	128	74	22	2
St02 Creek	188	51	107	62	19	2
St03 Port	216	58	123	71	22	2
St04 Woodin	338	91	193	112	34	3

St05 Ioro	309	83	176	102	31	3
St06 Ionontea	329	89	188	109	33	3
St07 B CHBY	323	87	184	107	32	3
St08 Puka	264	71	150	87	26	3
St09 Banc KIE	301	81	172	99	30	3
St11 Toemo	309	83	176	102	31	3
Moyenne	280	76	160	92	28	3

Les ST10 (Ilot Kié) et 12 (Ugo) n'ayant été visitées que 17 fois et non 19, ne sont pas dans ce tableau

Soit en substance pour une station moyenne dont la biodiversité compte 76 espèces, ...

- 1/4 d'entre elles sont très rares
- près des 2/3 sont rares ou occasionnelles
- 2/5 sont fréquentes
- et seulement 1/10 sont résidentes et toujours présentes.

6.3.2 Test non paramétrique

L'importance des variances des paramètres de densité et de biomasse obèrent l'interprétation des tests, que ce soit au niveau spatial ou temporel. Ces deux paramètres n'ont donc pas, comme indicateurs, de qualité informative satisfaisante pour suivre l'état de l'ichtyofaune.

Du point de vue quantitatif, le paramètre de biodiversité (biodiversité 1), parce qu'il est encadré par le cahier des charges perd également de l'intérêt. Il pourrait cependant en avoir, au moins du point de vue qualitatif, si les espèces choisies étaient des espèces indicatrices.

Le problème peut être abordé autrement, en suivant la stabilité d'un classement par rangs de toutes les stations, mission après mission ainsi que celle de toutes les missions.

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 également 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).

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 [28], 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 interchangeables¹⁹. Le test de Friedman est donc particulièrement adapté.

Le test de Friedman [29] est un χ^2 adapté aux cas de plusieurs échantillons non-indépendants.

¹⁹ Dans une ANOVA ou dans un test de Kruskal & Wallis les valeurs à l'intérieur d'une même série peuvent être interchangeables sans que cela modifie le résultat du test.

- 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 stations puisque le classement va de 1 à 11, si bien que la somme en colonne correspond à un classement des années. Ce classement sera pertinent si l'Ho est rejetée. Sinon les différences observées sont fortuites, le tableau est homogène.
2. **L'approche temporelle** prend le tableau dans l'autre sens : les « traitements » sont les stations et les « blocs » sont les années. Le classement des stations par année gomme les différences entre années puisque le classement va de 1 à 19, si bien que la somme en ligne correspond à un classement des stations. Ce classement sera pertinent si l'Ho est rejetée. Sinon les différences observées sont fortuites.

Ce traitement sera appliqué à chaque paramètre.

Formule du χ^2 de Friedman :

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

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

Tableau n°134 : *Test de Friedman (analyses spatiales et temporelles, ichtyologie)*

(A) Toutes STATIONS (ddl = 10)				
(11 stations)	Densité	Biomasse	Biodiv. 1	Biodiv. 3
χ^2_{obs}	93,46	138,19	154,32	148,58
$\chi^2_{tab 0,95} = 18,3 \quad \chi^2_{tab 0,999} = 31,4$				

(D) Toutes MISSIONS depuis 2007 (ddl = 18)				
2007—2016b	Densité	Biomasse	Biodiv. 1	Biodiv. 3
χ^2_{obs}	75,70	74,64	117,24	126,81
$\chi^2_{tab 0,95} = 28,9. \quad \chi^2_{tab 0,999} = 44,4$				

(B) STATIONS de la baie de Prony (ddl = 2)				
(3 stations)	Densité	Biomasse	Biodiv. 1	Biodiv. 3
χ^2_{obs}	2,00	11,24	1,29	6,53
$\chi^2_{tab 0,95} = 5,99 \quad \chi^2_{tab 0,999} = 15,2$				

(C) STATIONS du canal de la Havannah (ddl = 7)				
(8 stations)	Densité	Biomasse	Biodiv. 1	Biodiv. 3
χ^2_{obs}	45,15	74,05	77,96	68,87
$\chi^2_{tab 0,95} = 14,1 \quad \chi^2_{tab 0,999} = 26,0$				

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

Le **tableau 134** montre que toutes les valeurs des parties A, C et D rejettent l'Ho bien au-delà de la probabilité P(0,999) voire même P(0,9995). En B (Prony) en revanche, l'Ho est acceptée pour 2 paramètres (en rouge) sur 4. Il n'y a donc pas lieu de faire un classement des stations de Prony. Elles sont réputées similaires sauf pour leur densité et biodiversité 1.

En d'autres termes, sous l'angle de vue des paramètres de densité, biomasse et diversité α , chaque station et chaque mission sont originales et peuvent donc être classées (**tableau 135**).

Tableau n°135 : *Classement des stations (A) et des missions (B) (ichtyologie)*

A - Stations	Classement des Stations					B - Missions	Classement des Missions						
	D	B	B α 1	Note	Rang		D	B	B α 1	Note	Rang		



CASY	5	6	3	4,25	8
CREEK	1	2	1	1,25	11
PORT	3	1	2	2,00	10
WOODIN	11	10	11	10,75	1
IORO	4	5	6	5,25	6
IONONTEA	10	11	9	9,75	2
B. CHBEY	7	9	10	9,00	3
PUKA	2	3	4	3,25	9
Ilot KIE	9	8	8	8,25	4
	8	7	7	7,25	5
TOEMO	6	4	5	5,00	7
UGO	8	5	5	5,75	6
Rappel : Note = (Densité + Biomasse + 2 * Biodiv.1)/4.					
2007	3	2	3	2,75	19
2008	2	9	4	4,75	17
2009	1	13	2	4,50	18
2010 a	9	7	6	7,00	16
2010 b	17	16	1	8,75	14
2011 a	13	1	10	8,50	15
2011 b	19	17	7	12,50	5
2012 a	14	15	5	9,75	12
2012 b	15	14	9	11,75	6
2013 a	11	12	10	10,75	9
2013 b	16	6	12	11,50	8
2014 a	18	19	8	13,25	3
2014 b	7	3	13	9,00	13
2015 a	5	4	19	11,75	6
2015 b	8	5	15	10,75	9
2016 a	10	10	17	13,50	2
2016 b	12	18	15	15,00	1
2017 a	4	8	14	10,00	11
2017 b	6	11	18	13,25	3

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

Le classement des stations diffère peu des classements précédents.

Le classement des missions également bien évidemment... Mais il convient de remarquer que les meilleurs classements sont plutôt dans les dernières missions (2014 à 2017) et les plus mauvais sont parmi les premières (2007 à 2013).

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

Les classements précédents donnent l'idée, afin de faciliter la vulgarisation des résultats, de proposer des indices synoptiques traduisant l'« état » du milieu marin au niveau de chacune des stations (IAS) pour l'un, et celui de l'ensemble de la zone durant le second semestre 2017 (IGm) pour l'autre.

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.

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 :

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

Ils sont ensuite associés à une échelle de cotation allant de 1 à 4 à laquelle est associé un code couleur (tableau 136).

Mais 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 l'on appliquait la même grille, les stations de la baie Prony seraient toujours en rouge et cette grille ne serait pas informative.

Tableau n°136 : Clé de cotation 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

Les cotations obtenues pour la présente mission, avec un rappel des missions précédentes sont présentées : pour les stations [tableau 137](#) et pour les missions [tableau 138](#).

Tableau n°137 : *Cotation des stations depuis 11 missions : IAS (ichtyologie)*

Stations	Cotation			IAS	Rappels des IAS précédents									
	Dens	Biom	Bα.	2017	2017	2016	2016	2015	2015	2014	2014	2013	2013	2012
	.	.	1	b	a	b	a	b	a	b	a	b	a	b
CASY	3	3	4	3,50	3,00	3,00	3,50	2,50	3,75	2,75	3,25	1,75	3,25	1,75
CREEK	1	1	2	1,50	2,50	2,25	3,50	2,25	3,50	3,50	1,25	3,50	3,00	2,75
PORT	2	1	3	2,25	2,25	2,25	3,00	2,25	3,00	2,50	2,75	2,75	2,00	2,50
WOODIN	4	2	4	3,50	3,75	3,50	4,00	4,00	4,00	3,50	2,75	3,50	3,00	3,50
IORO	2	1	3	2,25	2,25	2,00	3,00	3,25	3,00	4,00	2,75	2,75	3,00	2,50
IONONTE A	4	4	4	4,00	4,00	3,00	3,00	3,50	4,00	3,75	2,75	3,00	3,75	3,50
B. CHB	3	2	4	3,25	3,50	3,75	4,00	4,00	3,75	4,00	3,00	3,75	3,25	3,25
PUKA	1	1	3	2,00	2,25	2,25	2,00	2,00	2,25	3,00	1,50	1,50	1,50	1,75
Bancs KIE	3	1	4	3,00	2,50	2,50	3,00	3,00	3,00	3,75	2,50	2,75	3,25	3,00
Ilot KIE	Indisponible					3,50	3,75	4,00	4,00	3,50	3,50	4,00	3,75	4,00
St 11	3	1	3	2,50	2,25	2,25	3,00	2,75	3,00	2,75	2,75	2,25	2,75	3,00
St 12	2	1	3	2,25	2,75	2,25	2,00	2,75	2,00	2,00	1,75	2,50	2,25	1,75

Tableau n°138 : *Cotation des missions depuis 2007 : IGM (ichtyologie)*

	Indices par mission				IGA
	Dens.	Biom.	Biodiv.(1)	IGA	
2007	3	3	2	2,50	Bonne
2008	3	2	2	2,25	Médiocre
2009	3	2	2	2,25	Médiocre
2010 a	3	2	3	2,75	Bonne
2010 b	2	1	2	1,75	Médiocre
2011 a	2	4	3	3,00	Bonne
2011 b	2	1	3	2,25	Médiocre
2012 a	2	1	3	2,25	Médiocre
2012 b	2	2	3	2,50	Bonne
2013 a	3	2	3	2,75	Bonne
2013 b	2	3	3	2,75	Bonne
2014 a	2	1	3	2,25	Médiocre
2014 b	3	3	3	3,00	Bonne
2015 a	3	3	4	3,50	Très bonne
2015 b	3	3	3	3,00	Bonne
2016 a	2	2	4	3,00	Bonne
2016 b	3	2	3	2,75	Bonne
2017 a	3	2	3	2,75	Bonne
2017 b	3	2	3	2,75	Bonne

En septembre 2017, la Densité, la Biomasse et la Biodiversité n'ont pas sensiblement changé.

La note ne change pas et la qualité du milieu jugée à travers de ces trois paramètres relatifs au peuplement de poissons est toujours « bonne ».

6.3.4 Résumé

6.3.4.1 Synopsis des résultats par station

Les moyennes des paramètres ichtyologiques étudiés (calculées sur l'ensemble des missions) par station sont présentées [tableau 139](#).

La **Densité** est jusqu'à 4 fois plus forte dans le canal de la Havannah qu'en baie de Prony.

Les **Biomasses** sont encore plus contrastées. Entre les stations du canal de la Havannah, elles varient d'un facteur allant de 1 à 25 et de 1 à 8 dans la baie de Prony. Entre ces deux zones le rapport moyen est de 1 à 17 et de 1 à 26 entre les valeurs extrêmes.

La **Biodiversité** de la station Casy présente une valeur inhabituellement élevée, mais la moyenne des stations en baie de Prony reste toujours très inférieure aux valeurs habituelles des stations du canal de la Havannah.

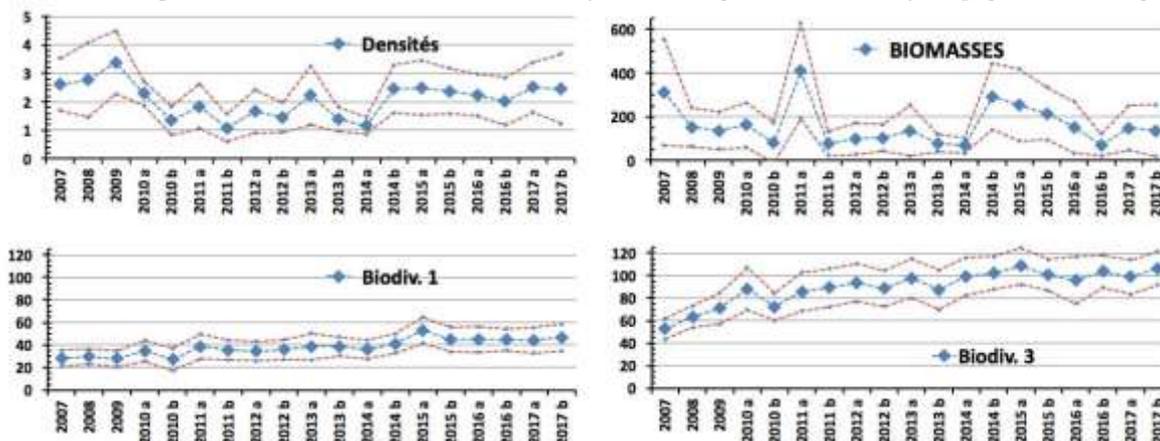
Tableau n°139 : *Moyennes des paramètres ichtyologiques étudiés (calculées sur l'ensemble des missions) par station*

Stations	Densité			Biomasse			Biodiv 1			Biodiv 3		
	2017b	Moy.	σ	2017b	Moy.	σ	2017b	Moy.	σ	2017b	Moy.	σ
Ilot CASY	1,28	1,2	0,9	30	12,3	10,1	31	17,2	7,2	82	58,4	16,0
CREEK	0,43	1,4	1,2	4	27,7	26,7	14	15,8	7,2	72	53,4	13,8
Le PORT	0,82	0,9	0,7	1	5,3	5,5	16	17,5	5,8	69	58,0	11,8
WOODIN	7,68	3,4	1,9	196	319	230	77	54,5	15,8	145	107,0	21,9
IORO	1,20	1,5	0,9	24	155	160	50	45,1	11,4	109	91,5	20,3
IONONTEA	4,47	2,2	0,9	667	368	241	66	53,4	13,3	132	111,4	24,8
B. CHB	2,00	2,3	0,9	181	255	238	68	51,1	12,3	121	103,9	16,2
PUKA	0,78	1,3	0,9	10	36	34	31	28,5	4,8	104	81,6	19,2
Bancs KIE	2,42	2,4	0,9	64	173	179	64	44,2	9,7	116	95,4	22,1
TOEMO	2,26	1,7	0,5	51	82	47	51	46,8	9,3	110	99,5	17,7
UGO	1,50	2,1	0,9	11	72	86	38	30,7	5,7	82	81,7	10,0
Moyenne	2,26	1,85	0,7	113	137	128	46,0	36,8	15,2	103,8	85,6	20,9

6.3.4.2 Synopsis des résultats par mission

Les moyennes des paramètres ichtyologiques étudiés (calculées sur l'ensemble des stations), par mission sont présentées [figure 105](#).

Figure n°105 : *Evolution des moyennes des paramètres ichtyologiques étudiés, par mission*



La **Densité** entre mission fluctue dans un rapport de 1 à 3 : maximum en 2009, minimum en 2011b.

La **Biomasse** moyenne fluctue dans un rapport de 1 à 6 (maximum 2011a, minimum 2014a).

6.3.4.3 Le peuplement de poissons



Structure

Quantitativement, le nombre d'espèces / famille / station change peu d'une mission à l'autre.

Mais **qualitativement**, les espèces présentes changent, se relayant d'une mission à l'autre sur une même station.

Dans le détail des listes d'espèces, plus de la moitié d'entre elles sont remplacées. Ceci est bien sur vrai pour des espèces rares de familles confidentielles (ex. : *Aluterus scriptus* des Monacanthidae), mais également vrai à l'intérieur des familles très diversifiées comme les Labridés, Scaridés, Acanthuridés etc., et même les Pomacentridae, tout du moins pour les espèces non grégaires de cette famille (ex. : *Pomacentrus simsiang* ou *Stegastes albifasciatus*).

L'examen des listes d'espèces montre que :

- Le peuplement total inventorié depuis 2007 approche les 700 espèces
- Près de 300 espèces sont vues à chaque mission sur l'ensemble des stations
- L'ubiquité²⁰ spatiale des espèces entre stations est faible. Au cours d'une même mission environ 10% des espèces se retrouvent aux différentes stations
- L'ubiquité temporelle des espèces - entre missions sur une même station - est également faible. Moins de 15% des espèces ont été vues lors de 12 missions au moins sur les 19 réalisées, alors que plus de 55% des espèces n'ont été vues qu'au plus 3 fois. Et 27% n'ont été vues qu'une seule fois depuis 2007.

Classement

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 :

- 1, 2, 3, mauvaise
- 4, 5, 6, médiocre
- 7, 8, 9, bonne
- 10, 11, 12, excellente.

Ainsi, le peuplement de poissons peut être considéré comme stable depuis 2007. 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.

Selon ce calcul, le peuplement de poissons de septembre 2017 a la note de **8** sur **12**.

Pour cette mission, la qualité du milieu marin, jugée à travers le peuplement de poissons, est bonne.

Tableau n°140 : *Qualité du peuplement ichthyologique depuis 2007*

2007	7	2011 a	9	2013 b	8	2016 a	9
2008	6	2011 b	6	2014 a	6	2016 b	8
2009	6	2012 a	6	2014 b	9	2017 a	8
2010 a	8	2012 b	7	2015 a	11	2017 b	8
2010 b	4-	2013 a	8	2015 b	9		

²⁰ 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)

7 Synthèse bibliographique

Lors du rapport de la **mission d'octobre 2008** [19], une synthèse bibliographique avait été réalisée sur ces sujets :

- ↳ La biogéographie et les complexes récifaux de la zone
- ↳ Les particularités des baies calédoniennes
- ↳ Les causes de dégradations de ces récifs
- ↳ Le recrutement et les taux de croissance corallien
- ↳ Les proliférations de cyanobactéries.

Lors des différentes missions de « **suivi du Creek baie nord** », plusieurs missions ont été réalisées, et à cette occasion, une synthèse bibliographique a été réalisée sur ces sujets :

Pour la 1^{ère} mission (avril 2009, rapport [32]) :

- ↳ 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 [33]) :

- ↳ 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 [34, 35]) :

- ↳ 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 [36], 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 [37], 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 [38] puis en mars 2011 [39], 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 [19, 36 à 49, 10] 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 [46], 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

7.1.1 Les événements météorologiques marquants par année

La Nouvelle-Calédonie est soumise très régulièrement aux assauts de perturbations tropicales. Le [tableau 140](#) indique les phénomènes dépressionnaires qui ont eu une influence (non négligeable) sur les paramètres environnementaux dans la zone d'étude depuis 2003.

Tableau n°141 : *Principaux phénomènes dépressionnaires dans la zone d'étude depuis 2003*

ANNEE	PERIODE	NOM	CATEGORIE
2003	13 au 14 mars 2003	Erika	Cyclone tropical
2004	26 au 28 février 2004	Ivy	Cyclone tropical
2007	25 au 29 mars 2007	Becky	Dépression tropicale forte
2009	22 au 26 mars 2009	Jasper	Dépression tropicale forte
2011	8 au 16 janvier 2011	Vania	Dépression tropicale forte
	14 au 17 janvier 2011	Zelia	Cyclone tropical
2013	27 décembre 2012 au 4 janvier 2013	Fréda	Cyclone tropical
2015	7 au 16 mars 2015	Pam	Cyclone tropical
2016	9 au 25 février 2016	Winston	Cyclone tropical très intense puis dépression tropicale forte (en NC)
2017	7 au 14 avril 2017	Cook	Cyclone tropical
	2 au 10 mai 2017	Donna	Cyclone tropical intense puis cyclone tropical (en NC).

7.1.1.1 2011

Les événements dépressionnaires du début d'année 2011 se sont superposés au phénomène climatique « La Niña » (cf. § 7.1.2.2).

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 **Zelia**.

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 **Fréda** 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 : [50]). 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 [51] afin de compiler les différentes sources d'informations et d'émettre un avis pour expliquer ce phénomène :

« Les conditions météorologiques et pluviométriques observées les 2 et 3 juillet 2013 d'une intensité rare [52] 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'CEIL montrent que ce phénomène de dessalure était persistant dans la couche d'eau superficielle une semaine après les pluies [53]. Ce phénomène de dessalure intense associé à des panaches turbides avait déjà été observé en 2013 à l'issue du passage du cyclone tropical Fréda 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., 50, 54].

A la différence de Fréda, ce phénomène de mortalité a touché un spectre plus large influençant à la fois l'ichtyofaune et certains taxons des communautés macro benthiques avec des mortalités d'holothuries, de crabes et de poulpes. Il apparait que le phénomène a aussi bien touché des espèces mobiles que sédentaires et semble avoir touché uniquement des espèces côtières présentes à proximité des embouchures. »

7.1.1.3 2015

Le cyclone tropical Pam est passé non loin de la zone d'étude le 14 mars 2015. Il a engendré une forte houle, du ressac et sur le site de l'usine : des vents atteignant 89.6km/h et des précipitations importantes (72.2 mm).

Le cyclone Pam a été baptisé le lundi 9 mars 2015 dans le Pacifique sud-ouest à près de 1 000 km à l'est/nord-est des îles Salomon. Cette tempête tropicale s'est renforcée rapidement pour atteindre le stade de cyclone tropical dès mardi 10 mars 2015.

Puis le jeudi 12 mars, ce cyclone a été classé en 5e catégorie sur l'échelle d'intensité cyclonique australienne²¹. 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 106) 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).

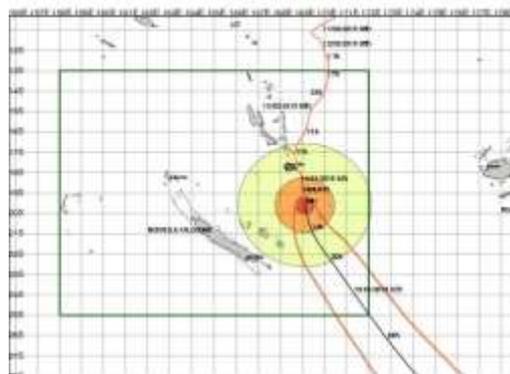
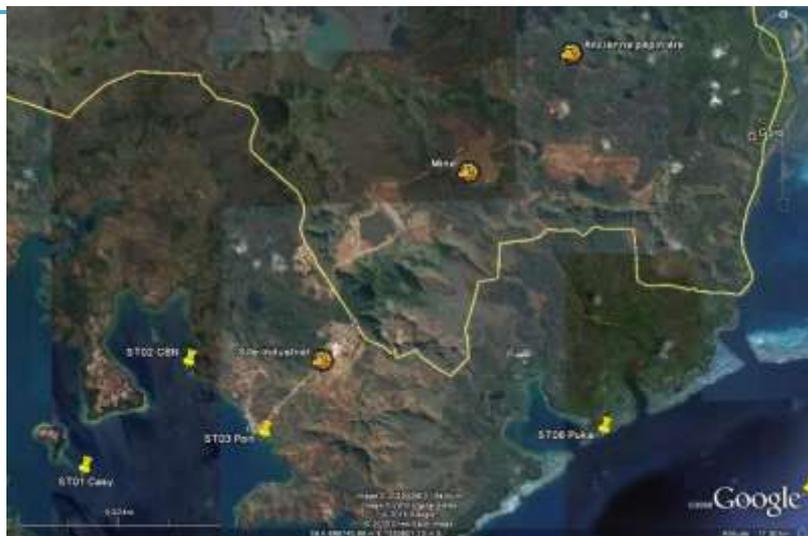
La hauteur de houle n'est pas enregistrée dans la zone d'étude pendant un vent de cette intensité engendre de forte houle et du ressac sur les récifs exposés.

Bien que la trajectoire du cyclone Pam soit éloignée de la partie sud de la Nouvelle-Calédonie, cet évènement cyclonique extrême a engendré des perturbations mécaniques (houle et ressac) ainsi qu'une

²¹ Il existe plusieurs échelles selon les pays / zones géographiques, mais Pam était au niveau maximum quelle que soit l'échelle retenue (équivalent par exemple d'un ouragan pour le système US ou d'un typhon pour le système NW Pacific)

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.



TRAJECTOIRE OBSERVEE ET PREVUE DU CYCLONE TROPICAL PAM

CARNE AMBULÉ le 14/03 (01h) à 1000 heures locales (heure de référence)

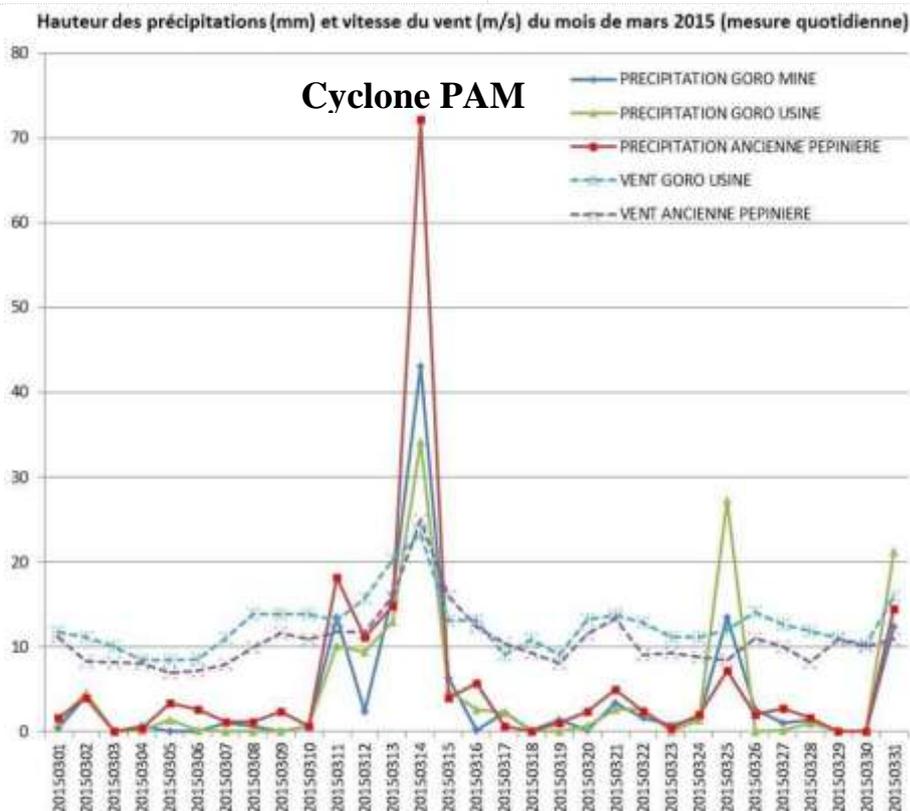
La position dans ce diagramme correspond à 14/03/2015 à 10h00 locales.

- Trajectoire observée
- Incertitude à 36 h
- Incertitude à 72 h
- Zone de perturbation
- Fort impact entre 07 et 08 h
- Mais impact entre 07 et 08 h
- Mais impact entre 07 et 08 h



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)



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 n°106 : 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 [55].

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

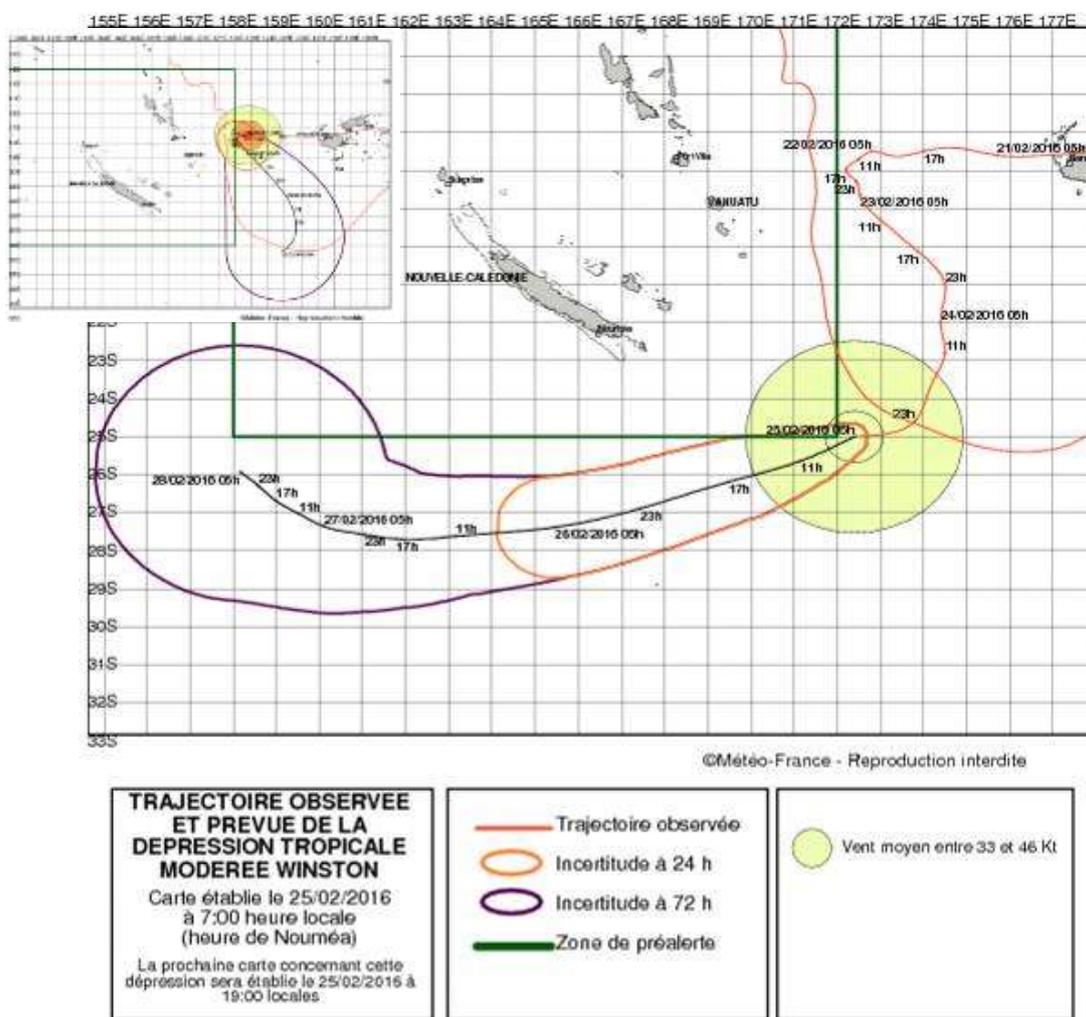


Figure n°107 : Trajectoire du cyclone Winston entre le 22 et le 26 février 2016 (Source : Météo France)

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 108](#) : > 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 scléractiniaires, des alcyonaires, développement d'algues, cyanobactéries et de turf sur les colonies coralliennes...).

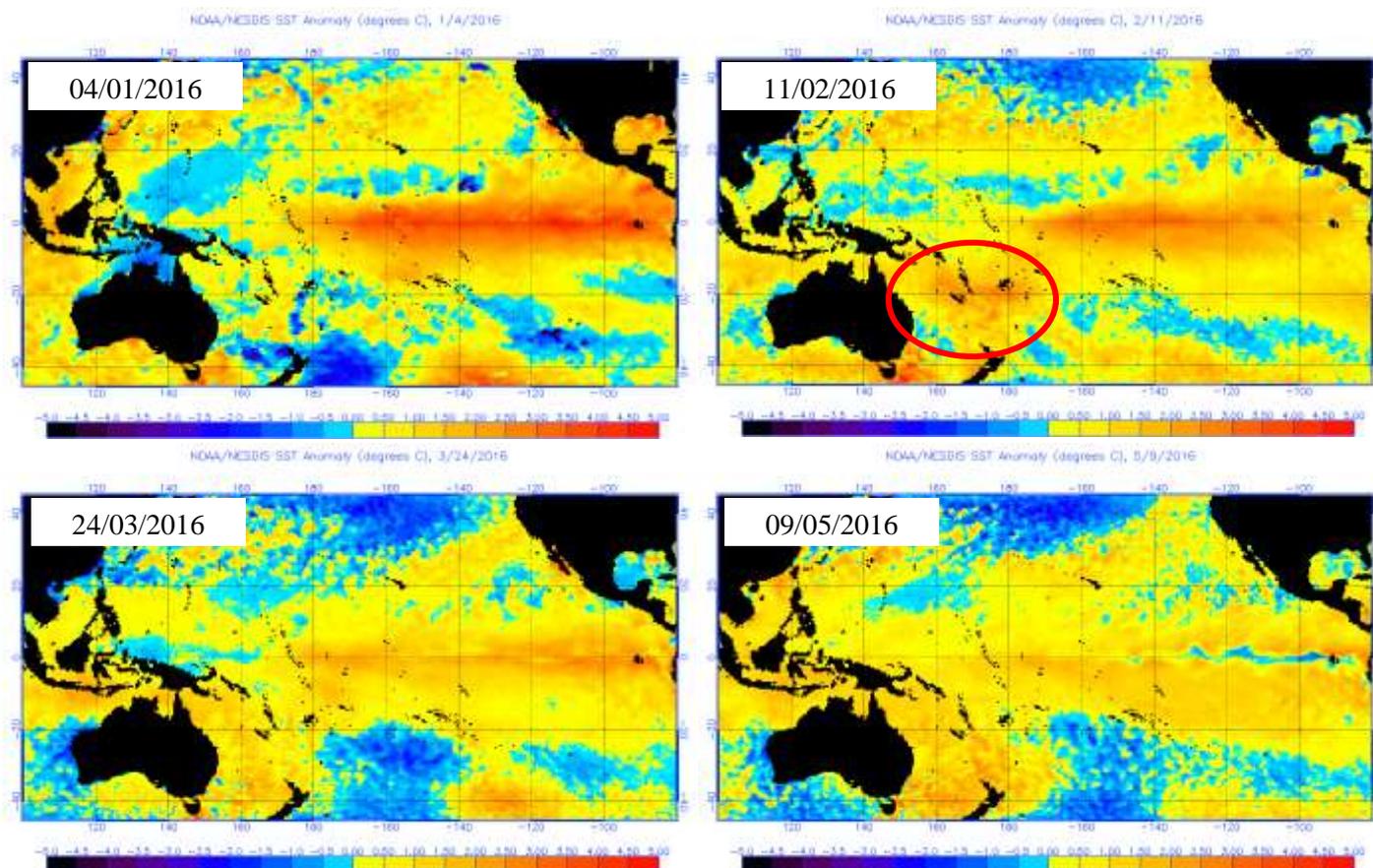


Figure n°108 : Cartes des anomalies de température de surface de la mer dans le Pacifique, début 2016

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 déchu et il s'est éloigné vers le sud le 10 mai.

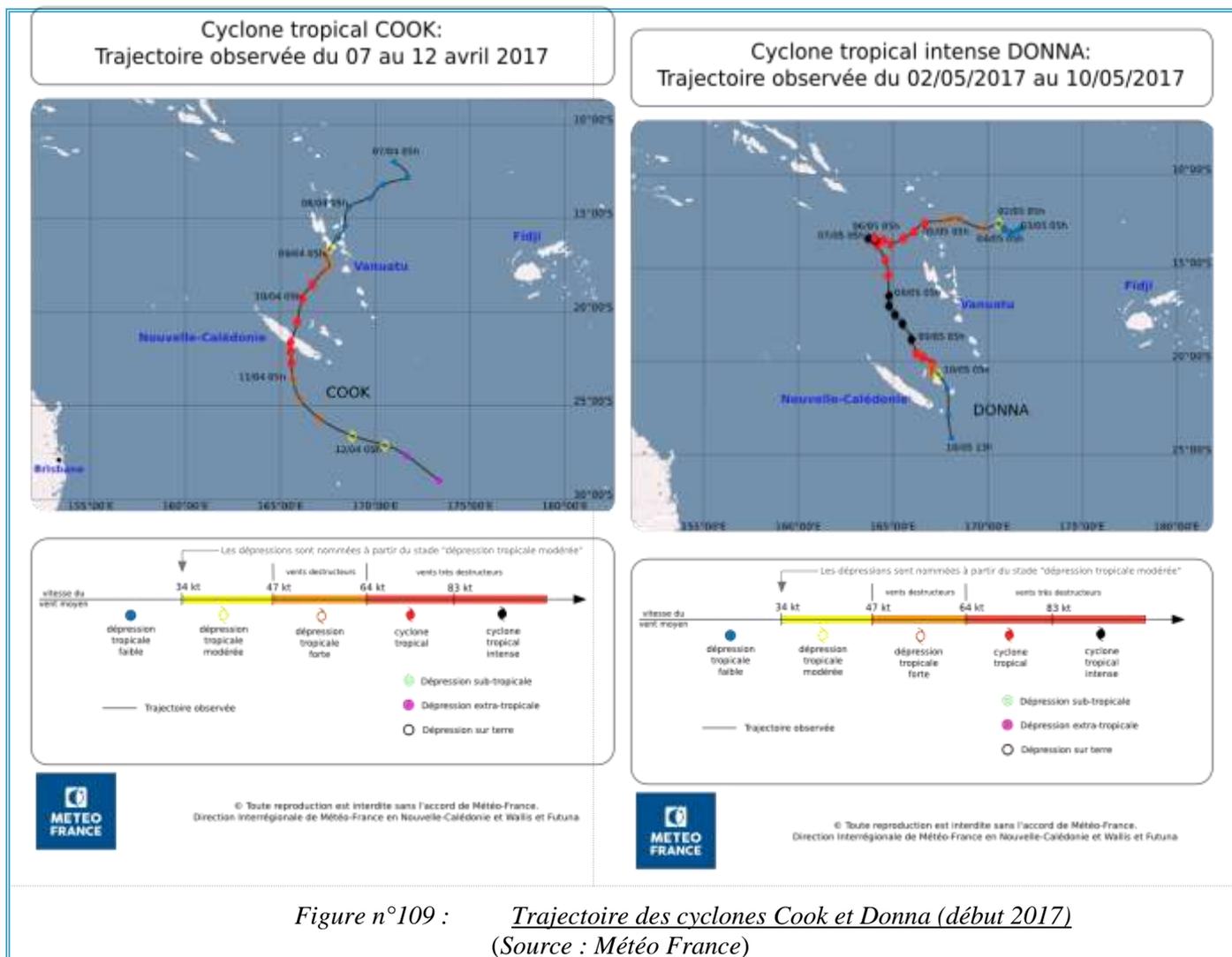


Figure n°109 : Trajectoire des cyclones Cook et Donna (début 2017)
(Source : Météo France)

7.1.2 Le phénomène ENSO

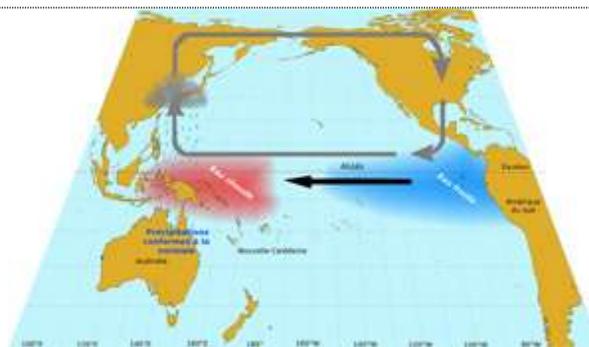
7.1.2.1 Généralités

Ces données sont issues du site de Météo France et Météo nc [55].

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.

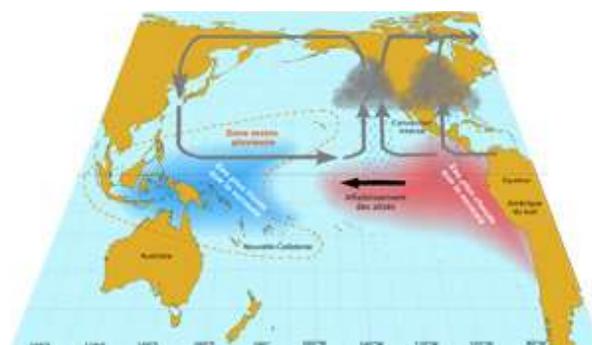
Trois phases peuvent être distinguées :

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



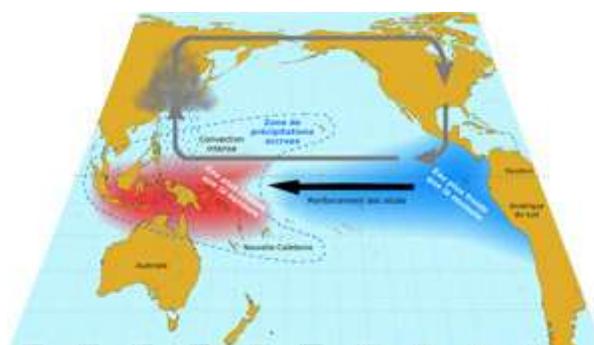
Circulations et principales caractéristiques climatiques dans le Pacifique en phase neutre pendant l'été austral (adaptée de [56]).

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 $+0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) 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 [56]).

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 $-0,5\text{ }^{\circ}\text{C}$) 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 [56]).

7.1.2.2 El Niño

Ces données sont issues du site de Météo France et Météo nc [55].

« 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. En mai, l'intensité est déjà prononcée, notamment près des côtes d'Amérique du Sud et les dernières observations montrent qu'il se renforce encore. Ces éléments et les récentes prévisions conduisent les experts calédoniens de Météo-France et de l'IRD à sensibiliser la population calédonienne quant aux conséquences possibles d'El Niño sur le pays.

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. Sur les 15 événements qui se sont produits depuis 1961, on en dénombre 11 (soit presque 3 sur 4) qui se sont accompagnés d'un temps moins pluvieux que la normale de décembre à février. Si El Niño se confirme cette année, le scénario le plus probable est donc que les pluies soient moins fréquentes et moins abondantes pour **l'été 2015/2016**, ce qui rendrait le temps en moyenne plus propice aux feux de forêt et défavorable aux activités agricoles. Par ailleurs, les températures minimales pourraient être anormalement basses et les régimes d'alizés forts plus fréquents en été.

ENSO est la principale source de variabilité interannuelle des précipitations et des températures observées en Nouvelle-Calédonie [57] :

- 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.

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. »

Pour 2017 : El Niño pourrait céder sa place à La Niña, plus rare et moins dangereuse (23 épisodes El Niño pour 14 épisodes La Niña depuis 1950).

7.1.2.3 La Niña

L'évènement climatique « **La Niña** » a pour conséquence une anomalie positive de températures des eaux de surface et une anomalie négative de salinité (abondance des précipitations) 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).

Le retour en 2017 - 2018 ?

En septembre 2017, l'agence américaine d'observation océanique et atmosphérique (NOAA) a établi une prévision probabiliste pour les prochains mois. Après une période passée plutôt neutre, la probabilité d'entrer au sein d'un épisode La Niña devient importante. Ce phénomène climatique, qui modifie l'intensité des pluies, devrait être de faible ampleur et atteindre son pic au dernier trimestre de l'année.

« La Niña » est caractérisé par une anomalie négative de l'eau en surface dans cette zone équatoriale du Pacifique (l'anomalie devant être au minimum de $-0,5$ °C).

Les températures de surface de l'océan Pacifique sont justement 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 110) montre que les températures de surface de la mer au niveau de l'équateur sur le centre et l'est de l'océan Pacifique sont inférieures à la normale (autour de $-0,4$ à $-0,5$ °C).

La région devrait donc entrer en période de La Niña. Une prévision largement confirmée par le système de prévision climatique du centre national pour la prévision environnementale (NCEP) ainsi que par l'ensemble multi-modèles nord-américain (NMME) qui indiquent la formation de La Niña dès l'automne 2017 (anomalie de température chutant sous les $-0,5$ °C). La probabilité d'observer ce phénomène atteint les 62% sur la période novembre-décembre 2017 et janvier 2018.

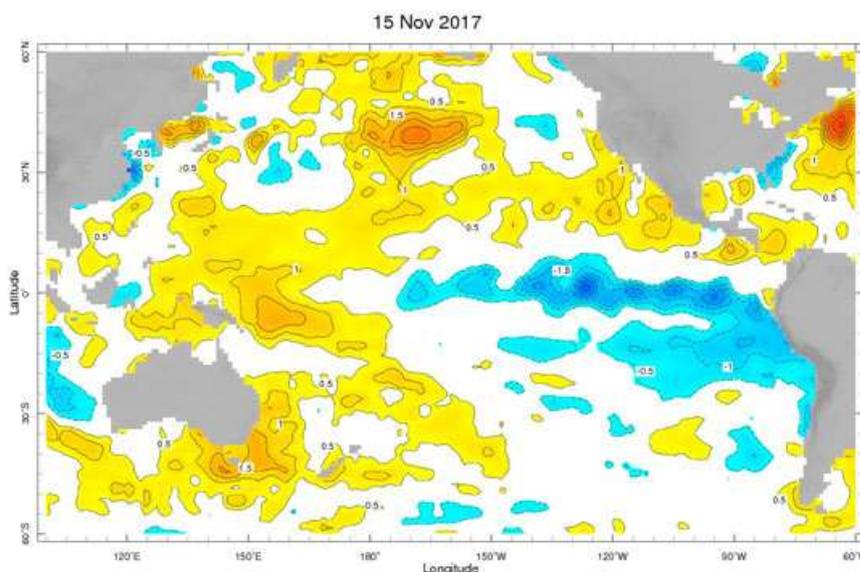


Figure n°110 : Anomalies de températures de surface de la mer (9 et 15 novembre 2017)
(Source : NCEP, OISST v2)

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 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 scléactiniaires et les bénitiers sont les mieux référencés mais le reste des invertébrés est le plus souvent enregistré comme « données insuffisantes » (data deficient).

Les coraux scléactiniaires

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 142](#) et [tableaux a, b](#) en [annexe 04](#).

Ainsi, 13 espèces sont classées, réparties dans 2 groupes : les holothuries et les bénitiers : 2 espèces « en danger », 2 espèces « vulnérable », 2 espèces « dépendant de la conservation » et 7 espèces « préoccupation mineure ».

Pour cette mission, tous les transects sont concernés à l'exception de ST04A et C, ST05C, ST06C et ST12B.

Tableau n°142 : Invertébrés inscrits sur la liste UICN et échantillonnés en septembre 2017

EMBRANCHEMENT	DIVISION	FAMILLE	GENRE	ESPECE	STATUT
Echinoderme	Holothuride	Holothuriidae	<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>Stichopus</i>	<i>herrmanni</i>	VU
<i>Thelenota</i>	<i>ananas</i>		EN		
Mollusque	Bivalve	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>crocea</i>	LR-lc
			<i>Tridacna</i>	<i>derasa</i>	VU
			<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 Sud²²

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° 17-2015/APS du 26/06/2015, art.8)

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 ;

²² 2^{ème} édition, avril 2016

3° L'introduction d'espèces indigènes ou endémiques à des fins de restauration de sites dégradés ou de conservation d'espèces rares et menacées.

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.

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 Scléactiniaires 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 1er de la délibération n° 04-2009 du 18 février 2009 relative aux espèces protégées modifié par délibération 8-2010/APS du 25 mars 2010 portant modifications diverses de dispositions du code de l'environnement art.11 modifié par délibération 193-2010/BAPS/DENV du 1er avril 2010 relative à la modification de la liste des espèces protégées par le code de l'environnement de la province Sud modifié par la délibération n° 933-2013/BAPS/DENV portant caractérisation de l'écosystème d'intérêt patrimonial forêt sèche et modifiant la liste des espèces protégées figurant à l'article 240-1 du code de l'environnement modifié par délib n° 17-2015/APS du 26/06/2015, 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 du comité pour la protection de l'environnement et 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 avril 2014, 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 143](#).

Un organisme appartenant à cette liste (le triton *Charonia tritonis*) avait été observé dans le couloir du transect A de la ST07 (Basse Chambeyron) en mars 2015, mais non depuis lors.

Par ailleurs, il arrive qu'aux alentours des stations, certains de ces organismes listés puissent être observés :

- 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. Pour cette mission, cette station n'ayant pas été échantillonnée, il n'a pas pu être observé ;
- ST11 (Toémo) : une tortue grosse tête (*Caretta caretta*) vient régulièrement nous « surveiller » sur le transect haut ou médian, voire de la surface ;
- En mer, de l'embarcation : des tortues vertes (*Chelonia mydas*) sont régulièrement aperçues lorsqu'elles viennent respirer en surface.

Tableau n°143 : *Extrait de la liste des espèces endémiques, rares ou menacées en Province Sud, potentiellement présentes sur la zone d'étude*

Règne	Groupe	Taxon	Genre	Espèce	Nom commun
A	Mammifères	Cétacés	Tous genres	spp.	Baleine, Orque, Cachalot, Globicéphale, Dauphin
A		Siréniens	<i>Dugong</i>	<i>dugon</i>	Vache marine
A	Reptiles	Cheloniidae	<i>Chelonia</i>	<i>mydas</i>	Tortue verte
A			<i>Lepidochelys</i>	<i>olivacea</i>	Tortue olivâtre
A			<i>Eretmochelys</i>	<i>imbricata</i>	Tortue imbriquée
A			<i>Caretta</i>	<i>caretta</i>	Tortue caouanne (grosse-tête)
A			<i>Natator</i>	<i>depressus</i>	Tortue à dos plat
A		Dermochelyidae	<i>Dermochelys</i>	<i>coriacea</i>	Tortue luth
A	Poissons marins	Labridae	<i>Cheilinus</i>	<i>undulatus</i>	Napoléon
A	Mollusques	Ranellidae	<i>Charonia</i>	<i>tritonis</i>	Toutoute (conque)
A		Volutidae	<i>Cymbolia</i>	spp.	Volutes
		Cassidae	<i>Cassis</i>	<i>cornuta</i>	Casque
A		Céphalopodes	<i>Nautilus</i>	<i>macromphalus</i>	Nautile

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 la délibération n° 47-2013/APS du 9 décembre 2013 portant diverses modifications du code de l'environnement, modifié par délib N° 17-2015 du 26/06/2015, art. 11)

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 avril 2014, 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.

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) qui sont sous l'influence potentielle de l'usine Vale Nouvelle-Calédonie (facteurs anthropiques). Le suivi environnemental de la faune et de la flore récifale depuis 2007 montre que l'ensemble de la zone est très diversifié et 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, Zelia, Fréda, Pam, Winston, Cook, Donna...).

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 scléactiniaires et les groupes biotiques en général).

Pour cette mission, en septembre 2017 :

Aucune grande variation temporelle n'est relevable : **les pourcentages de chacune des composantes sont stables par rapport à la mission précédente.** Il n'y a aucune différence notable : les deltas sont compris entre -12% et +12%.

A l'échelle de la zone, **le taux de recouvrement des coraux scléactiniaires est encore en légère hausse** (20.40% vs 18.50% en moyenne pour l'ensemble des 29 transects), soit à un niveau équivalent à la mission d'octobre 2015 (avant les perturbations de début 2016).

Le recouvrement en cyanobactéries a diminué et présente des niveaux qui ne sont pas alarmants : seuls 4 transects sont concernés et les taux varient entre 0.5% et 2.5% au maximum.

La résilience globale des récifs suite aux dégradations enregistrées en avril 2016 (blanchissement du début d'année 2016, conséquence d'une anomalie positive de température de l'eau, cf. § 7.1) est définitivement **confirmée** (cf. § 6.1 et tableau 118).

Il faut cependant noter une exception : le transect supérieur du Creek baie nord où avait été enregistrée une baisse de 21% dans le recouvrement en scléactiniaires en avril 2016 ne voit pas de reprise significative : les taux se maintiennent aux alentours de 27% depuis 4 missions vs des taux supérieurs à 40% auparavant.

Par ailleurs, malgré ces résultats généraux reflétant un état de santé des récifs satisfaisant globalement, une station doit être particulièrement surveillée : **la ST01, qui voit son recouvrement en scléactiniaires diminué** à cette mission pour atteindre seulement 2% et 2.5% respectivement aux transects haut et bas.

La cause est une **attaque d'étoiles de mer corallivores (*Acanthaster planci*)** qui prolifèrent depuis 1 an dans cette zone.

8.2 Les communautés benthiques

8.2.1 Etat général

Les coraux

La diversité et l'abondance des coraux n'ont pas été étudiées pour cette mission et la précédente (avril et septembre 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 recueillis ont été déterminantes pour détecter les perturbations dans la zone d'étude. En effet, les coraux sont des sentinelles avancées car fixet et très sensibles aux variations de l'environnement. Ainsi les coraux sont considérés comme le meilleur indicateur 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 coralliennes et si ce compartiment biologique varie dans le temps et l'espace.

Les invertébrés

L'assemblage des espèces d'invertébrés (hors coraux durs) est 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. 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).

En septembre 2017, la richesse spécifique absolue des invertébrés (hors coraux durs) a évolué de -13 à +8 espèces selon les transects.

Cette évolution est majoritairement négative sur l'ensemble des niveaux bathymétriques médians et inférieurs (le matériel corallien déstabilisé lors des évènements dépressionnaires dévale la pente récifale et perturbe les organismes benthiques sur son passage).

Les groupes faunistiques représentant ces fluctuations sont surtout des espèces mobiles (astéries, échinides, holothuries) et des espèces sessiles à faible fixation au substrat (ascidies, actiniaires, zoanthaires et certains spongiaires).

→ Les cyclones Cook (avril 2017) et Donna (mai 2017) ont perturbé l'ensemble de la zone d'étude (contraintes hydrodynamiques, sédimentation et/ou dessalure des eaux de surface) puis la houle et le ressac ont continué la mobilisation du matériel corallien sur les pentes récifales.

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.

« **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. jullienei*) ou la prédation (*Acanthaster planci*, *Culcita novaeguineae* et *Drupella cornus*) avec les coraux scléactiniaires peuvent être très importante.

L'abondance des espèces indigènes et les variations de leur recouvrement durant l'année présentent pour la première fois (depuis le début du suivi soit août 2007), **une prolifération permanente d'*Acanthaster planci* en station ST01 (Casy)**.

Lors du suivi de novembre 2016 un seul spécimen avait été recensé au transect A, puis en avril 2017 la population a proliféré et s'est élargie au transect B en septembre 2017.

Les macrophytes

L'assemblage des espèces de macrophytes est diversifié pour cette mission.

La diversité des algues dépend des paramètres environnementaux et elle est contrainte par la saisonnalité et les évènements exceptionnels (naturels ou anthropiques).

Les valeurs de biodiversité des macrophytes sont faibles durant la saison hivernale (1^{ère} mission semestrielle ; avril-mai) et suite à un évènement dépressionnaire et/ou climatique. Par contre, elles sont les plus fortes au début de la saison estivale (2nde mission semestrielle ; septembre – octobre).

« **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, elle se développe de manière modérée dans le canal de la Havannah (abondance \leq niveau 3) et avec cependant une abondance forte en ST07A (niveau 5) et ST09B C (niveau 4).

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.

→ Lors de cette dernière mission, son développement est conséquent en ST02 (niveau 4 ; Creek baie nord) et particulièrement important et préoccupant en ST03B (niveau 5 ; Port) (cf. § 5.4.3).

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 2017 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 de 2007 à 2017).

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 et 2017), au phénomène climatique (El Niño 2015-2016) et des perturbations liées aux activités anthropiques (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
- 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.

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 scléactiniaires 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).

En septembre 2017, les transects présentant le plus de dégradations mécaniques sont localisés sur les récifs exposés dans le canal de la Havannah et surtout dans les niveaux médians et inférieurs (ST06BC, ST07BC, ST09BC, ST11BC et ST12AB).

Le matériel corallien déstabilisé lors des événements dépressionnaires Cook (avril 2017) et Donna (mai 2017) a été remobilisé vers le bas de la pente récifale au fur et à mesure du temps par les agents hydrodynamiques.

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). 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.

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 septembre 2017, des dégradations sédimentaires sont à nouveau observées pour les stations ST03 (Port) et ST08A (Puka) et dans une moindre mesure en ST02B (Creek baie Nord).

Ces dégradations se caractérisent par :

- des colonies partiellement mortes ou entièrement en place (même les espèces normalement résistantes à la sédimentation sont perturbées comme les colonies de *Porites*)
- l'algue brune *Lobophora* a un développement alarmant en ST03B (compétition spatiale importante avec les coraux)
- les cyanobactéries se développent de manière abondante en ST08A (sur les colonies coralliennes mortes en place et les débris coralliens recouverts de sédiment terrigène).

Ces récifs sont affaiblis depuis quelques missions par de multiples perturbations (naturelles et anthropiques) et désormais les organismes benthiques (dont les coraux) ont certainement moins de résistance et d'énergie pour se dégager des dépôts sédimentaires (activité minière et portuaire).

 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 septembre 2017, le blanchissement corallien était faible et non généralisé au réseau de suivi. Les organismes benthiques vivant en symbiose avec les zooxanthelles ne présentaient pas les symptômes récents de perturbation dus aux variations de températures, UV et/ou salinité.

→ La résilience des récifs est lente mais présente depuis les perturbations du début d'année 2016.

8.2.3 Synthèse

De manière générale, la zone d'étude est composée par de multiples biotopes (récifs frangeants de baie, de chenaux et d'ilots ; pentes récifales et sédimentaires à massifs coralliens). La conjugaison des paramètres de l'environnement est variée et permet à de très nombreuses espèces de coloniser ces différents habitats.

Les observations sur les indicateurs coralliens et les espèces cibles s'orientent, en septembre 2017, sur **un état de santé relativement « BON » pour l'ensemble des récifs du réseau de suivi sauf pour les stations ST01 (Casy), ST03 (Port) et ST08 (Puka) où l'état de santé peut être qualifié de « MOYEN ».**

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...), mais aussi du degré et du temps d'explosion et de la périodicité. Ainsi une nouvelle phase de régression de biodiversité apparaît depuis avril 2016, induite, en partie, par la répétition successive des événements dépressionnaires et climatiques.

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).

La résilience des récifs est déterminante dans l'évaluation de l'état de santé. Hors il apparaît que les récifs ayant une reprise lente et fluctuante sont ceux qui sont contraints à des perturbations répétitives sans forcément être intenses.

Ainsi les deux stations (ST03-Port et ST08-Puka) sont soumises comme toutes les stations du réseau de suivi aux perturbations naturelles mais aussi et plus que les autres aux perturbations induites par les activités anthropiques.

La station ST01 (Casy) subi en avril et septembre 2017, une prolifération d'*Acanthaster planci*. La raison pour laquelle cette étoile de mer envahie périodiquement les récifs demeure encore un mystère. Cette astérie corallivore est connue pour être une envahissante à fort potentiel de destruction sur les récifs coralliens, dont elle consomme les polypes en grande quantité. Les dégradations récifales en ST01 sont importantes et se traduisent par de nombreuses colonies coralliennes mortes en place.

8.3 Les populations ichtyologiques

8.3.1 Résultats

Cette nouvelle mission ne présente pas de valeur ni d'événement exceptionnel.

Relativement aux Indices IAS et IGm, une appréciation de la qualité du peuplement peut être donnée par une cotation à 12 niveaux pour les stations (cf. [tableau 144](#)) et pour les missions (cf. [tableau 146](#)).

Qualité des stations

Les stations sont toujours très dissemblables. Toutefois, l'analyse de leur note (cf. [tableau 144](#)) distingue toujours 4 niveaux de groupage très distincts de stations, même si certaines d'entre elles, de mission en mission, changent de groupe dans le classement (cf. [tableau 145](#), où les stations stables sont en noir et celles changeant de groupe en rouge) :

- à la hausse : Casy (ST01) ; Bancs Kié (ST09) ; Toémo (ST11)
- à la baisse : Creek baie nord (ST02) ; Ugo (ST12) ; Woodin (ST04) ; Basse Chambeyron (ST07) ; Puka (ST08)
- inchangées : Port (ST03) ; Ioro (ST05) ; Ionontea (ST06).

Tableau n°144 : *Note de chaque station selon la qualité du peuplement de poissons*

Station	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
Note 2017 b			6		6			5	9	7	6
Note 2017 a	9	7	6		6			6	7	6	8

Tableau n°145 : *Classement par groupes des stations (ichtyologie)*

Groupe	2017 b	2017 a	2016 b	2016 a	2015 b	2015 a
1	Creek	Creek, Casy, Port	Creek, Casy, Port	Creek, Casy, Port, Puka	Casy, Creek, Port, Puka	Casy, Creek, Port, Puka
2	Port, Ioro, Puka, Ugo	Puka, Ugo, Toémo, Ioro, Bancs Kié	Puka, Ugo, Toémo, Ioro	Bancs Kié, Toémo, Ugo	Ugo, Ioro, Bancs Kié	Ugo, Ioro, Ionontea, Bancs Kié
3	Bancs Kié, Toémo	Ionontea, Chambeyron	Bancs Kié, Ionontea	Ioro, Ionontea, Chambeyron, Ilot Kié	Toémo, Ilot Kié, Ionontea,	Toémo, Chambeyron
4	Casy, Woodin, Ionontea, Chambeyron	Woodin	Woodin, Chambeyron, Ilot Kié	Woodin	Chambeyron, Woodin	Woodin, Ilot Kié

Notons qu'à l'issue de cette dernière mission, la ST04 (Woodin) est toujours dans le groupe 4 qu'elle n'a jamais quitté, contrairement à la station de l'Ilot Kié (avant 2017) qui est pourtant située dans la réserve Y. Merlet.

Soulignons le saut spectaculaire de la ST01 (Casy) du groupe 1 au groupe 4 (ce qui ne reflète donc pas la baisse de diversité des invertébrés et de recouvrement des scléractiniaux ...).

Et remarquons enfin, que, même si le [tableau 144](#) indique des changements à la baisse (ST 02, 12, 08, 04, 07), ceux-ci sont mineurs puisque dans le [tableau 145](#) tous les changements de groupes qui sont notés correspondent à des passages dans un groupe supérieur.

Comparaison de la mission de septembre 2017 à la moyenne des précédentes, par station

Les quatre graphiques de la [figure 111](#) présentent station par station, l'écart relatif de la valeur de septembre 2017 à la moyenne de la station sur la période du suivi :

$$\Delta = (X_{2016\text{ b}} - X_{\text{moy}}) / X_{\text{moy}}$$

Il ressort de l'analyse de ces classement et notations que les stations sont non seulement dissemblables entre elles, mais également en elles-mêmes dans le temps, et ces fluctuations temporelles intra-station sont du même ordre de grandeur que les fluctuations spatiales inter-stations.

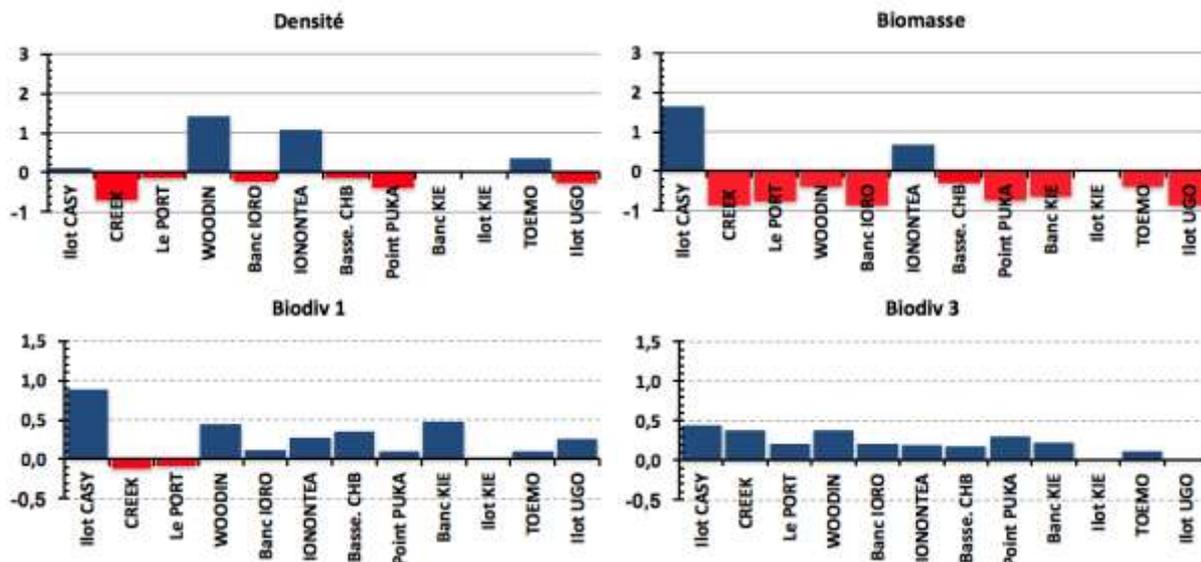


Figure n°111 : Écarts des valeurs obtenues en septembre 2017 à chaque station, avec la moyenne sur 2007-2017 (Ichtyologie)

Comparaison de la mission de septembre 2017 à la moyenne globale des stations, par mission

Les quatre graphiques de la figure 112 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 :

$$\Delta = (X_{2016\ b} - X_{moy}) / X_{moy}$$

Négatifs ou positifs, les écarts à la moyenne sont très faibles pour les paramètres de biodiversité, sensibles pour celui de la densité et importants pour le paramètre biomasse.

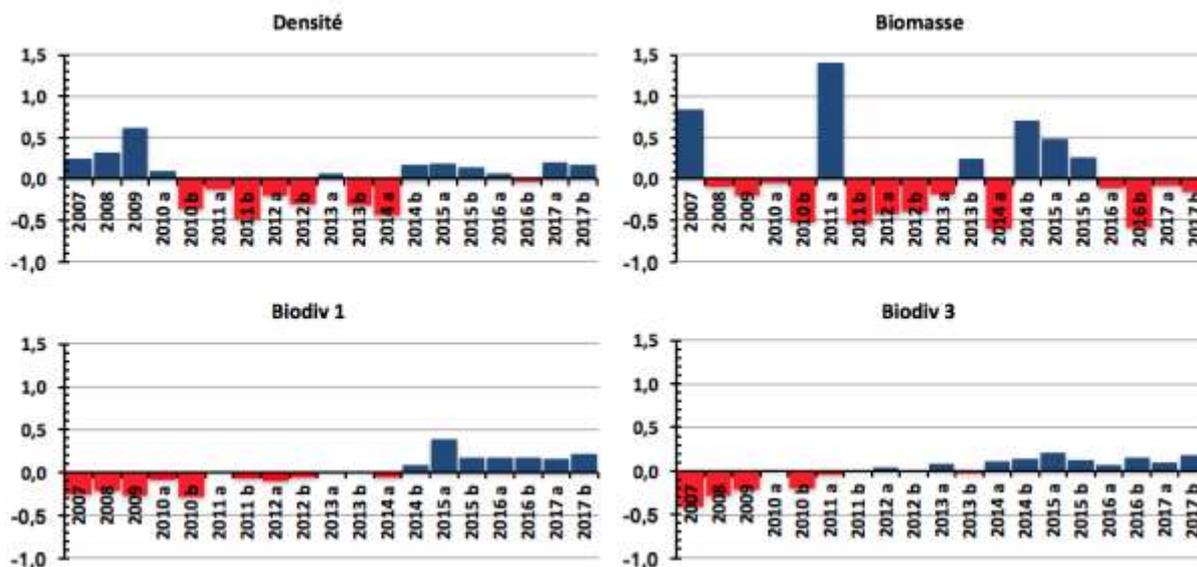


Figure n°112 : Écarts par mission des résultats ichtyologiques en septembre 2017 de l'ensemble des stations, avec la moyenne sur 2007-2017 (Ichtyologie)

Qualité des peuplements depuis 2007

Une appréciation synthétique globale de qualité peut être donnée par la prise en compte de toutes les stations de la zone dans une cotation comparative à 4 niveaux et douze degrés au total (cf. § 6.3.4). L'application aux 19 dernières missions est donnée dans le tableau 146.

Tableau n°146 : *Qualité du peuplement ichthyologique depuis 2007*

2007	7	2010 b	4	2012 b	7	2014 b	9	2016 b	8
2008	6	2011 a	9	2013 a	8	2015 a	11	2017 a	8
2009	6	2011 b	6	2013 b	8	2015 b	9	2017 b	8
2010 a	8	2012 a	6	2014 a	8	2016 a	8		

Dans la durée, depuis 2007, le peuplement ichthyologique reste très stable.

Sa note (/12) de qualité fluctue entre 6 et 9 avec deux missions aux résultats un peu exceptionnels : 2010 b (avec 4) et 2015 a (avec 11).

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

8.3.2 Discussion

Ce rapport conclut une série historique de 11 années, au cours desquelles ont été réalisées 19 missions de collecte de données relatives à la densité (effectifs et biomasse) et à la biodiversité des poissons. Toutes ces mesures ont été effectuées avec le même protocole et par le même opérateur.

Que ce soit entre les stations lors d'une même mission ou au niveau d'une même station au cours du temps, les valeurs obtenues fluctuent dans une gamme de 1 à 12 pour la densité (nb ind./m²) et de 1 à 70 pour la biomasse (g/m²).

Ces fluctuations considérables sont dues aux comportements des poissons (divagations naturelles et/ou réaction vis-à-vis du plongeur) et sont également consubstantiels de la méthode du TLV. Cela se traduit par des variances naturelles importantes et a pour conséquence de faire de ces deux paramètres « poissons » de piètres indicateurs à rendre compte de l'état de santé de ces peuplements et surtout à servir de « sonnette d'alarme » dans le cas où cet état venait à se détériorer.

Notons de plus, que contrairement à ce qui est souvent avancé, la méthode du TLV ne fait pas partie des méthodes de "distance sampling" [58 à 62], comme le suggère par exemple le Guide du Milieu Marin [02]. En effet, le TLV déroge aux hypothèses de base de ces méthodes d'une part en ce qui concerne la distribution de l'objet à dénombrer (i.e. les poissons) et d'autre part sur le fait que l'opérateur ne doit pas influencer, par sa présence, la distribution de l'objet à dénombrer. Ces deux points sont contraires au cadre préalable de ces méthodes et le manquement du TLV au deuxième point [63 à 65] est d'ailleurs très bien démontré dans l'article de Kulbicki et Sarramegna (1999) [66] pourtant curieusement cité à l'appui de son utilisation.

En revanche, la biodiversité des poissons est un paramètre stable et donc informatif... Tout du moins, le serait-il, s'il n'était entravé par le cahier des charges. L'encadrement de la liste des espèces à prendre en compte (biodiversité 1) est une entrave aux variations de ce paramètre, tant quantitatives que qualitatives et obère donc, son intérêt comme indicateur. Une liste toutes espèces serait plus informative²³. Ce paramètre pourrait alors trouver de l'intérêt, car ses variations ne seraient pas entravées et son analyse pourrait également être faite sous l'angle de vue de son fonctionnement et de sa structure. Ce sont, en effet, ces deux facettes qualitatives et semi-quantitatives du peuplement qui sont sensibles à la qualité du milieu et donnent de l'intérêt à ce paramètre.

Si l'on revient à la question initiale : Les activités de l'usine, du port et de la mine affectent-elles le milieu marin ?

Le constat sur la période de 11 ans, qui peut maintenant être considéré comme « un temps long », est que le peuplement de poissons est stable. En revanche, sur « le temps court », c'est-à-dire d'une mission à l'autre, ce peuplement change beaucoup. Les compositions qualitatives et quantitatives sont très plastiques mais les espèces qui disparaissent des inventaires finissent par réapparaître, comme les abondances qui augmentent et se réduisent d'une visite à l'autre.

Sur ce temps long, le peuplement de poissons apparaît comme un ensemble dynamique stable. Cette dynamique est le résultat de mécanismes intrinsèques au peuplement auquel s'ajoute sans doute, les aléas des

²³ En supprimant éventuellement quelques familles et non des espèces à l'intérieur des familles.

observations de l'opérateur.

Quoi qu'il en soit, après cette décennie d'observations, il apparaît que chaque station i a une Biodiversité totale qui lui est propre ($B_{\gamma i}$) et que celle-ci est comprise, selon sa situation dans la zone du sud, entre 190 et 230 espèces en baie de Prony et entre 280 et 350 espèces aux stations du canal de la Havannah ou de Woodin.

Du fait du comportement et du mode de vie de ces espèces, à chaque visite semestrielle, la moitié environ des taxons de cette biodiversité $B_{\gamma i}$ sont vus par l'opérateur et forment la $B_{\alpha ij}$ de la mission j dont seulement 10% des taxons (20 à 30) se retrouvent de manière plus ou moins régulière de mission en mission.

En substance, à chaque mission, moins de la moitié des espèces sont repérées et moins de 10% d'entre elles (soit moins de 70) sont communes à l'ensemble des stations.

Vue au travers des 11 à 12 stations du protocole, la biodiversité γ totale pour toute la zone est de près de 700 espèces et ce chiffre n'augmente plus sensiblement depuis 5 ou 6 missions. Il faudrait pour qu'il augmente, augmenter le nombre de stations et diversifier les modes de repérage afin d'accéder à de nouveaux habitats.

Ainsi, malgré des variations semestrielles et annuelles très importantes, le peuplement ichthyologique du sud est stable sur la décennie, et les activités humaines ne l'ont à ce jour, pas - encore - 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 31](#)).

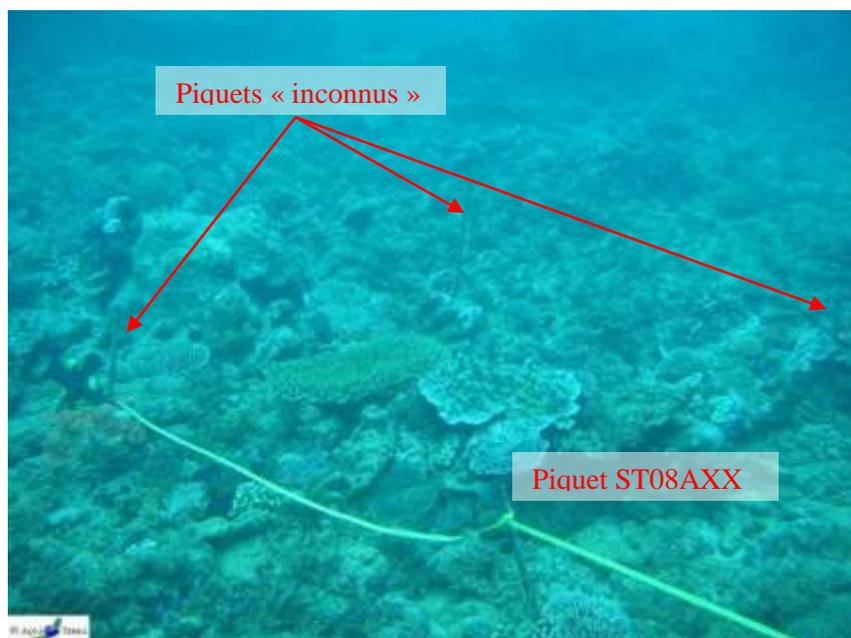


Photo n°31 : Station 08 : fin de transect A : 3 autres piquets formant un quadrat

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 31](#) : 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 113).

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.

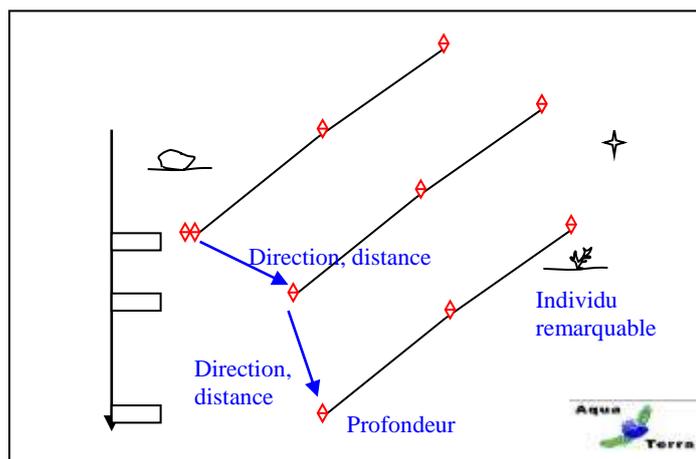


Figure n°113 : Exemple de schéma descriptif d'une station

Cet outil (associé au marquage des piquets) serait particulièrement utile pour permettre à d'autres équipes de retrouver les sites. Car à l'heure actuelle pour des intervenants nouveaux, il est quasiment impossible de retrouver tous les transects avec la seule indication du point GPS surface.

Cela conférerait à Vale Nouvelle-Calédonie une autonomie certaine pour les missions terrain.

NB : Pour faciliter notre travail et augmenter sa qualité, nous avons commencé à réaliser, bénévolement, ce travail. Ces différents schémas sont améliorés/enrichis au fur et à mesure des missions.

9.2 Améliorations au cahier des charges

Avec le recul de plusieurs campagnes (avec celles de suivis et les autres, une trentaine en tout), **le cahier des charges, qui date de 2006, doit être revu.**

Des améliorations pourraient être apportées, sur la méthodologie, dont :

Plan d'échantillonnage

Le nombre de station n'est pas suffisant dans le réseau de suivi biologique : La biodiversité de chaque site est dépendante des conditions du milieu mais également du nombre de stations échantillonnées car les espèces se répartissent à travers le récif (ainsi le nombre potentiel d'espèces recensées augmente généralement avec la surface prospecté).

La diversité entre les trois sites est très contrastée mais le plan d'échantillonnage est également très disparate dans la zone d'étude car 7 à 8 stations sont étudiées dans le canal de la Havannah, 3 stations dans la baie de Prony et une station seulement dans le canal Woodin.

Par ailleurs, la baie de Prony et le canal Woodin renferme une multitude de biotopes très vulnérables qui ne sont pas explorés dans le cadre de cette étude. Il faudrait donc compléter l'échantillonnage en positionnant des stations supplémentaires dans ces deux sites.

Il faudrait donc élargir le réseau de suivi biologique, en installant des stations :

- en Rade nord (augmenter le poids de la baie de Prony et mieux suivre cette zone où les risques sont élevés (embouchure du Creek baie nord, port)),
- autour et dans les baies de Port Boisé et Kwé (pour mieux cibler les impacts de ces baies révélés par la station actuelle Puka),
- en Grande Rade (Bonne Anse, Carénage : comme témoins).

Les récifs littoraux de la baie de Prony ne sont pas considérés dans le réseau de suivi : il 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 Fréda a entraîné une grande anomalie négative de dessalure des eaux de surface en début d'année 2013. 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 ont été gravement perturbés par le phénomène de blanchissement corallien et de mortalité des invertébrés [50].

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 [67], 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 **scléactiniaires** 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 scléactiniaires ;
- 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 recueillis 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 scléactiniaires
- 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 scléactiniaires. 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, la moyenne de recouvrement des scléactiniaires a varié de 14% à 21% selon les missions. Et cela est très fluctuant selon les stations et encore plus les transects, les valeurs extrêmes étant de 0% (ST05C) pour la plus faible à 49.5% (ST10A) pour la plus forte.

Le déplacement / ajout de certaines stations ou transects est à étudier.

Choix efficient des transects et répliquats

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 répliquats aléatoires - en plus des transects existants - est nécessaire.

La mise en œuvre de ces répliquats est donc à étudier, car ils permettront d'une part d'affiner la probabilité de l'avis donné pour l'ensemble de la zone (dans le temps) et d'autre part de préciser (dans l'espace) s'il y a des différences spatiales et donc juger de ces différences le long d'un gradient d'éloignement des sources potentielles de pollution de manière à préciser si, dans le cas où l'on détecterait des variations, ces variations sont dues ou non à l'usine.

Prises de photographies de spécimens remarquables

Le cahier des charges ne prévoit pas la surveillance des stations par un suivi photographique, comme cela est possible par différentes méthodes.

Cependant, certains spécimens, à certaines stations étant remarquables (par leur taille, leur emplacement, leur espèce, etc.), leur identification est facilitée et leur évolution temporelle peut donc être envisagée facilement par photographie.

Nous proposons de faire établir une liste (avec leur position, et notamment sur les schémas descriptifs des stations) de ces spécimens, pour ensuite les photographier à chaque mission.

9.3 Suggestions au niveau provincial ou territorial

Guide d'échantillonnage

L'étude de 2008 avait permis de montrer que les chiffres globaux biotiques/abiotiques de certaines stations avaient beaucoup évolué par rapport à la campagne précédente de 2007.

Cependant, cette évolution n'était pas du fait d'un changement dans la structure des fonds des stations étudiées, mais plutôt de la différence d'appréciation et d'interprétation du substrat par les opérateurs sous l'eau lors de l'échantillonnage LIT.

C'est pourquoi nous suggérons la réalisation d'un « Guide de l'interprétation des catégories pour le LIT », qui comprendrait le listing des classes, leur description précise et surtout des photos prises *in situ*, sur les stations concernées. Ce travail pourrait être entrepris au niveau de toute la Nouvelle-Calédonie (ou au moins la Province Sud) et par exemple sous pilotage de l'ŒIL.

Cela permettrait ainsi à Vale Nouvelle-Calédonie mais aussi à tous les autres intervenants (autres miniers, décideurs, etc.) de limiter les risques d'interprétations différentes selon les échantillonneurs et d'obtenir une base de données générale et comparable.

9.4 Suggestions au niveau des activités anthropiques

Afin d'améliorer l'état de santé des récifs dans la zone d'étude, il est recommandé de **réduire l'apport de particules terrigènes en baie Kwé** (surveillance et gestion des eaux de ruissellement provenant des bassins versants de la mine).

De même, un **bilan complet des rejets d'eaux usées de l'hôtel situé à Port Boisé** devrait être effectif : lieux, volume, composition, Au vu des dégradations cycliques enregistrées à la station Puka, un plan de surveillance et de réduction de la pollution organique est nécessaire.

La **remobilisation des sédiments par les hélices et les chaînes de bateaux** en baie de Prony au niveau du port ne doit pas être négligée et devrait faire l'objet d'une étude complémentaire plus détaillée. Le développement de l'algue brune du genre *Lobophora* (compétitrice spatiale avec les coraux) devient préoccupant.

Par ailleurs, les mouillages fréquents des bateaux provoquent la destruction des fonds.

L'étude de la mise en place de **coffres d'amarrage** pour les bateaux en attente d'accostage à quai devrait être réalisée.

Toutes les observations et photographies de ce document ont été réalisées en septembre 2017. 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. <i>Journal of Marine and Freshwater Research</i> . 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
53	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
	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)
19	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
32	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
33	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
36	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
34	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
37	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
35	Aqua Terra, 2010. Rapport final pour « Suivi de l'impact d'une fuite acide sur le milieu marin » Projet Goro Nickel, Vale Inco 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
38	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
39	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 Inco 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)
40	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
41	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
42	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
50	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
43	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
44	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, 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
	Aqua Terra, 2013 : Compte-rendu de mission, novembre 2013 : Etat initial du milieu marin sous le quai vraquier. Document : AquaTerra_CR084-13_V00 16 pages
67	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
45	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 Nakety » NMC, SMN et SMT. Mission avril 2014. Document : AquaTerra_Rap_066-13_V02. 211p
46	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
47	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 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
48	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 : 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
49	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
10	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 Nakety. Suivi biologique qualitatif. NMC, SMN et SMT. Mission décembre 2016. Document : AquaTerra_Rap_094-16_V01. 93p
	Aqua Terra, 2017. Etat des lieux du milieu marin, baie de Kûrô, 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
	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
	Avias J., 1959. Les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie et quelques-uns de leurs problèmes. Extrait du Bul. Soc. Géol. Fr, 7è série, t.I, p 424-430
20	Baker F.B., et Collier R.O., 1966. Some empirical results on variance ratios under permutation in the completely randomized design. J. Amer. Statist. Ass. 61, 813-820
64	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
2	Beliäff 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
	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
	Biocénose, 2008. Etude Environnementale des communautés coralliennes de la Péninsule du Cap Bocage. "Etat des lieux 2008". 53p
	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
58	Buckland S. T., 1992. Fitting density functions with polynomials. <i>Applied Statistics</i> ,41, 63:76
59	Buckland S. T., 2006. Point transect surveys for songbirds: robust methodologies. <i>The Auk</i> ,123, (2), 345-345
60	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. <i>Oxford University Press</i> , Oxford
61	Buckland S. T., Anderson D. R., Burnham K. P., Laake J. L., Borchers D. and Thomas L., 2004. <i>Advanced Distance Sampling</i> . Oxford University Press, Oxford
21	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
	Cabioch G., Payri C. & Pichon M., 2002. Mission Nouvelle-Calédonie. Octobre–novembre 2001. Forages flot Bayes. Morphologie générale et Communautés algo-coralliennes. In : Cabioch G., Payri C., Pichon M., Corrège T., Butscher J., Dafond N., Escoubeyrou K, Ihilly C., Laboute P., Menou J.L. & Nowicki L., 2002. Forages sur l'Ilot Bayes sur le récif barrière de Poindimié (côte Est de Nouvelle-Calédonie) du 7 septembre au 27 octobre 2001. Rapports de mission, Sciences de la Terre, Géologie - Géophysique, Centre de Nouméa, n° 47 : 22 p. + annexes
	Chakravorti S., 1967. Effect of the inequality of variances in analysis of variance ratio. <i>Biometrika</i> 16, 103-120
63	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. <i>Marine Biology</i> 27 : 357-366
	Chevalier J.P., 1971. Les Scléactiniaires de la Mélanésie française (Nouvelle-Calédonie, "les Chesterfield, "les Loyauté, Nouvelles Hébrides). 1ère partie. in : Expéd. fr. sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie. Paris : Singer-Polignac. 5 : 307 p
	Chevalier J.P., 1973. Coral reefs of New Caledonia. in : JONES O.A, ENDEAN R. (ed.) : <i>Biology and geology of coral reefs</i> . New York : Acad. Press. Vol 1, Geol. 1 : 143-166
	Chevalier J.P., 1975. Les Scléactiniaires 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
	Clua E., Legendre P., Vigliola L., Magron F., Kulbicki M., Sarramegna S., Galzin R., 2006. Medium scale approach (MSA) for improved assessment of coral reef fish habitat. <i>Journal of Experimental Marine Biology and Ecology</i> , 333(2), 219–230
22	Cochran W.G., 1947. Some consequences when the assumptions for the analysis of variance are not satisfied. <i>Biometrics</i> 3, 22-38

	Cochran W. G., 1951. Testing a linear relation among variances. <i>Biometrics</i> 7: 17-32
	Dagnelie P., 1980. Théorie et méthodes statistiques, Les Presses Agronomiques de Gembloux, (Vol II) 463 p
	David G., 1985. Pêche de subsistance et milieu naturel : les mangroves de Vanuatu et leur intérêt halieutique. Notes et Documents d'Océanographie. Mission ORSTOM de Port-Vila (Vanuatu), 13 : 67p
	Direction de l'Environnement, 2013. Rapport de visite : Mortalité anormalement élevée de spécimens marins en Baie Nord, sise commune du Mont-Dore. 12/01/13. 6p
23	Donaldson, 1968. Robustness of the F-test to error of both kinds and the correlation between the numerator and denominator of the F-ratio. <i>J. Amer. Statist. Ass.</i> 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
1	English S. and <i>al.</i> , 1997. Survey manual for tropical marine resources (2nd Edition). Australian Institute of Marine Science. 390p
	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-Nouméa Nouvelle-Calédonie
54	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
15	Fisk D., 2009. Best practice for LIT survey. <i>Coral list Vol4 Issue 28</i>
29	Friedman M., 1937. The use of ranks to avoid the normality implicit in the analysis of variance. <i>J. Amer. Statist. Ass.</i> (32) 675-701p
	Frontier S., 1982. Réflexions pour une théorie des écosystèmes. <i>Bull. Ecol.</i> 8 (4) : 445-464
	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. <i>Analyse Ecorégionale Marine de la Nouvelle-Calédonie</i>
	Garrigue C. & Tsuda R.T., 1988. Catalog of marine benthic algae from New Caledonia. <i>Micronesico</i> , 21, 53-70
24	Geary, 1956. Test de la normalité. <i>Ann. Inst. Poincaré</i> 15, 35-65
3	Green R. H., 1979. Sampling design and statistical methods for environmental biologists. Wiley Interscience, Chichester, England
51	Ginger Soproner, 2013. Avis sur les mortalités observées en juillet 2013, Rapport final, 29p
	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
25	Hack, 1958. An empirical investigation into the distribution of the F-ratio in samples from two non-normal populations. <i>Biometrika</i> 45, 260-265
	Harmelin-Vivien M.L., J.G. Harmelin, C. Chauvet, C. Duval, R. Galzin, P. Lejeune, G. Barnabé, F. Blanc, R. Chevalier, J. Duclerc, G. Lasserre, 1985 – <i>Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons : méthodes et problèmes. Revue d'Ecologie (Terre et Vie), vol. 40 : 80p</i>
	Horsnell G., 1953. The effect of unequal group variances on the F-test for homogeneity of group means. <i>Biometrika</i> 40, 128-136
	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. <i>Biometrics</i> 14, 69-77
31	Keuls M., 1952. The use of the studentized range in connection with an analysis of variance. <i>Euphytica</i> 1, 112-122
17	Kinne O., 1980. Introduction to the treatise and to Volume I, in : Kinne, O. (1980). Diseases of marine animals : 1. General aspects, Protozoa to Gastropoda. pp. 1-11
18	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. <i>Journal of the American Statistical Association</i> 47 (260) : 583-621 et 48, 907-911
13	Kulbicki M., Guillemot N., Amand M., 2005. A general approach to length-weight relationships for New Caledonian lagoon fishes. <i>Cybiuim</i> 2005, 29 (3) : 235-252
66	Kulbicki M., Sarramagna S., 1999. Adequacy of several density estimates obtained from underwater visual censuses : a case study of Chaetodontidae and Pomacanthidae. <i>Aquatic Living Resources</i> 12, 315-325
	Laboute P., Grandperrin R., 2000. Poissons de Nouvelle-Calédonie, Nouméa : Catherine Ledru, 519p
	Laboute P. et Magnier Y., 1978. Guide sous-marin de Nouvelle-Calédonie. Ed. du Pacifique, Papeete (Polynésie Française) : 160p
	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. <i>Synthèse bibliographique des coraux de Nouvelle-Calédonie. C. de coord. CRISP / IRD 93p</i>
	Lasne G., 2007. <i>Les coraux de Nouvelle-Calédonie : Synthèse bibliographique. Cellule de coordination CRISP, IRD, WWF, MNHN, EPHE. 93p</i>
	Lasne G., 2009. <i>Inventaire des coraux scléactiniaires du Grand Lagon Nord – Mission CoRalCal 3-IRD. (CRISP). 119p</i>
	Lasne G., 2010. <i>Inventaire des coraux scléactiniaires du Grand Lagon Nord de la Nouvelle-Calédonie – Campagne CORALCAL III, 10-30 mars 2009. 122p / Cellule de coordination CRISP, IRD. 120p</i>
	Lasne G., 2014. <i>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</i>
	Lasne G. in Clua E., McKenna S., Vieux C., 2011. <i>Contribution à l'inventaire biologique et à l'évaluation des ressources des récifs des Chesterfield – Apia, Samoa : SPREP</i>
	Legendre P., Borcard D. and Peres-Neto R.P., 2005. <i>Analysing Beta Diversity : Ecological Monographs</i> , 75 (4) :435-50
	Legendre P. et Legendre L., 1998. <i>Numerical Ecology. Ed. : Elsevier. p 852</i>
	Le Grand H., Kaplan H., Raynal A., Fernandez J.M., 2014. Suivi renforcé de la qualité physico-chimique de l'eau de mer de la station Puka A. 46p
57	Leroy A., 2006, <i>Utilisation des prévisions saisonnières en Nouvelle-Calédonie. Note de la DP no. 6, Direction de la Météorologie, MétéoFrance. 169 pp</i>
	Levi C., Bargibant G., Menou J.L., Laboute P., 1998. <i>Sponges of the New Caledonian Lagoon. Edition de l'ORSTOM. 214p</i>

65	Lobel P.S., 2005. Scuba Bubble Noise and Fish Behavior : A Rationale for Silent Diving Technology. American Academy of Underwater Sciences
52	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
14	Mundy C., 1985. These about accuracy and precision of the LIT method. James Cook University Townsville
30	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
	Éil, 2012. Communautés récifales dans le périmètre d'influence de Vale Nouvelle Calédonie : Etat de référence en 2011. 4 Parties
9	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
	Pichon M., 2006. Biodiversité des coraux scléactiniaires de Nouvelle-Calédonie. Rapport sur la mission effectuée à Nouméa Nouvelle-Calédonie du 4 au 21 mai 2006. Rapports de mission confidentiels
	Pichon M. 2006. Scleractinia of New-Caledonia. Check list of reef dwelling species. Rapports de mission confidentiels
7	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
	Pichon M. <i>et al.</i> , 2007. Biodiversité des coraux scléactiniaires de Nouvelle-Calédonie. Rapport de mission confidentiel du Diahot du 17 novembre au 12 décembre 2006 (EPHE), 26p
	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
11	Randall J.E., 2005. Reef and shore fishes of the South Pacific. University of Hawaii, Press book. 707 p
	Reynolds & Casterlin, 1977. Effect of temperature on the growth rate of <i>Griffithsia tenuis</i> C. Agardh (rhodophyta: ceramiales). Hydrobiologia vol. 56, 3, pag. 225-227
8	Richer de Forges B., Laboute P., 2004. Lagons et récifs de Nouvelle-Calédonie, 1600 espèces. Edition Catherine Ledru-IRD
16	Risk M.J., Risk A.C., 1997. Reef surveys as an aid in management. Proc. 8th Intl. Coral Reef Sym. 2, 1471±1474.
	Rougerie F., 1986. Le lagon Sud-Ouest de la Nouvelle-Calédonie : spécificité hydrologique, dynamique et productivité. Etudes et Thèses : ORSTOM, Paris (France) : 233p
	Sato M., 1984. Mortality and growth of juvenile coral <i>Pocillopora damicornis</i> (Linnaeus) Univ. Ryukyus, dep. marine sci., Okinawa 903 01, JAPON
	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
26	Srivastava, 1959. Effect of non-normality on the power of the analysis of variance test. Biometrika 46, 114-122
	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
62	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
	Veron J.E.N., Pichon M., 1980. Scleractinia of Eastern Australia. Part 3. Families Agaricidae, Siderastreidae, Fungiidae, Oculinidae, Merulinidae, Mussidae, Pectinidae, Caryophyllidae, Dendrophylliidae. Mem. Austral. Inst. Marine Sci. 4. 422 pp
	Veron J.E.N., Wallace C.C., 1984. Scleractinia of eastern Australia. IV Family Acroporidae. Aust. Inst. Mar. Sci. Monogr. Ser. 6. 485p
	Veron J.E.N., 1986. Coral of Australia and the Indo-Pacific. Angus and Robertson Publishers. 644p
5	Veron J.E.N., 1995. Corals in space and time, the biogeography and evolution of the Scleractinia. UNSW Press, Sydney. 321p
6	Veron J.E.N., 2000. Corals of the world. Australian Institute of Marine Science, Townsville, 1410pp
	Wallace C., 1994. New species and a new species-group of the coral genus <i>Acropora</i> (Scleractinia: Astrocoeniina: Acroporidae) from Indo-Pacific locations. Invert. Tax. 8: 961–88
	Wallace C., 1997. New species of the coral genus <i>Acropora</i> and new records of recently described species from Indonesia. Zool. J. Linn. Soc. 120: 27–50
4	Wallace C., 1999. Staghorn Corals of the World. A revision of the Genus <i>Acropora</i> . (ed) CSIRO Publishing pp. 422p
	Wallace C. & Willis B.L., 1994. Systematics of the coral genus <i>Acropora</i> : implications of new biological findings for species concepts. Annu. Rev. Ecol. Syst., 25: 237-262
	Wallace C. et Wolstenholme J., 1998. Revision of the coral genus <i>Acropora</i> in Indonesia. Zool. J. Linn. Soc. 123: 199–384
	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
28	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
56	http://www.bom.gov.au/climate/enso/history/In-2010-12/three-phases-of-ENSO.shtml
	www.cnrs.fr
	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
12	http://www.fishbase.org/search.php?lang=french





	www.ird.fr
	http://en.wikipedia.org/wiki/Relative_species_abundance
55	www.meteo.nc
	http://old.biodiversite.wallonie.be/outils/methodo/similarite_distance.htm
	www.sealifebase.org/
	http://seme.uqar.qc.ca/18_effets_communautes/effets_communautes.htm
	www.wikipedia.org





A n n e x e s

Annexe n°01	Méthodologie générale d'échantillonnage des communautés benthiques
Annexe n°02	Caratéristiques terrain de la campagne d'échantillonnage de septembre 2017
Annexe n°03	Résultats bruts de l'échantillonnage LIT de septembre 2017
Annexe n°04	Résultats bruts de l'échantillonnage du benthos de septembre 2017
Annexe n°05	Nomenclature UICN

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 [01] pour le « Line Intersept Transect » (« life forms ») et présentées dans le [tableau a](#) ci-dessous.

Annexe 01 : Tableau a : Catégories et composantes de substrat retenues pour l'échantillonnage et le traitement des données

	COMPOSANTES (12)	CATEGORIES (28)	CODE	DESCRIPTION
Biotique	Coraux scléactiniaires	<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, Bénitiers
	Algues	Assemblages	AA	
		Calcaire	CA	
		Halimeda	HA	
		Macroalgue	MA	
Filamenteuse		F	NB : les cyanobactéries ont été placées ici	
Corail mort avec algues	Corail mort avec algues	DCA	Corail mort recouvert d'algues	
Abiotique	Corail mort	Corail mort	DC	Couleur blanche
	Sable	Sable	S	Particules < 2 cm
	Débris	Débris	R	Particules > 2 cm
	Vase	Vase	SI	
	Eau	Eau	W	Crevasse de plus de 50 cm
	Dalle - Roche	Dalle - Roche	RC	

Les cellules grisées correspondent à ce qui est noté « macrophytes et invertébrés » pour le suivi du benthos.

Tous les poissons seront comptabilisés avec un traitement particulier pour ceux qui sont listés dans le [tableau b](#) ci-dessous, car ils correspondent aux taxons indicateurs de la santé des récifs, ainsi qu'aux espèces comestibles.

Annexe 01 : Tableau b : 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>adetii</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>flavirostris</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>Hemitaenichthys</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>chrystostomus</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>taeniorurus</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>
Gobbiidae	<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>triostragus</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		

Annexe n° 02

Caractéristiques terrain de la campagne d'échantillonnage de septembre 2017

Annexe 02 : Tableau a : Rapport de plongée

Date	Heure *	Marée **	Station	Etat station / maintenance	Météo			Sous eau		
	début/fin		Nom		soleil/pluie	vent (dir, force)	courant (dir/force), h vagues	courant (force/dir)	visibilité (m)	température (°C, Prof)
24/11/2016	10h/12h	Début flot	Casy	OK	Beau, couvert 50%	ENE 14 nds	Clapot ENE 0,3 m	Nul	8 à 12 m	24,4°C à 8,2 m
24/11/2016	14h/16h	Etal flot	Creek baie nord	OK	Beau, couvert 50%	NEE 10 nds	Clapot NEE 0,1 m	Nul	6-7 m	24,9°C à 10,6 m
29/11/2016	13h/15h	Etal / Début flot	Port	OK	Couvert	SSO 5 nds	Clapot SSO 0,1 m	Nul	4 à 8 m	25,2°C à 8,7 m
29/11/2016	10h/12h	Fin jusant	Woodin	OK	Beau, couvert 50%	ENE 14 nds	Clapot ENE 0,3 m	Moyen à fort	8 à 10 m	24,7°C à 12,2 m
28/11/2016	09h/11h	Jusant	Ioro	OK	Couvert 100% pluie	ESE 18 nds	Clapot ESE 0,1 m	Faible	8 à 11 m	25°C à 10,9 m
25/11/2016	8h/10h	Fin jusant	Ionontea	OK	Nuageux 30%	ENE 12 nds	Clapot ENE 0,3 m, houle résiduelle 0,5 m	Faible	20 m	18,4°C à 14,6 m
28/11/2016	12h/14h	Fin jusant	Basse Chambeyron	OK	Nuageux 30%	N 12 nds	Houle	Faible	15 à 20 m	24,9°C à 14,6 m
27/11/2016	14h/16h	Flot	Puka	OK	Couvert 100% pluie	ESE 15 nds	Clapot ESE 0,1 m	Faible à moyen	13 à 14 m	25,1°C à 4,5 m
25/11/2016	12h/14h	Flot	Bancs Kié	OK	Nuageux 30%	N 15 nds	Houle	Faible à moyen	16 à 20 m	24,9°C à 15,5 m
27/11/2016	9h30/11h30	Fin jusant	Ilot Kié	OK	Couvert 100% pluie	SSE 12 nds	Clapot ESE 0,2 m	Faible	15 à 17 m	22,9°C à 13,5 m
26/11/2016	8h30/10h30	Fin jusant	Toémo	OK	Couvert 40%	ENE 10 nds	Clapot ENE 0,1 m + grosse houle	Faible à moyen	16 à 20 m	25,5°C à 12,5 m
26/11/2016	14h/16h	Flot	Ugo	OK	Couvert 90%	ENE 5 nds	Clapot E 0,1 m	Nul	9-10 m	24,5°C à 9,5 m

* cela comprend le temps sur site, sans les trajets

** par rapport à l'agenda corrigé (voir tableaux suivants)

Annexe 02 : Tableau b : Corrections des marées

	Heure		Hauteur (m)		Niveau moyen (m)
	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	

Annexe 02 : Tableau c : Agenda des marées (corrigées selon le lieu)

Canal Havanah				Prony / Woodin				
Vendredi	25/11/2016	4:50	0,9	Jeudi	24/11/2016	3:34	0,77	
		10:34	0,71				9:26	0,51
		16:44	1,03				15:43	0,97
		23:11	0,52				22:19	0,39
Samedi	26/11/2016	5:43	0,98	Mardi	29/11/2016	0:58	0,15	
		11:28	0,69				7:31	1,13
		17:29	1,05				13:31	0,43
							19:13	1,01
Dimanche	27/11/2016	23h52	0,45					
		6:27	1,06					
		12:15	0,67					
		18:10	1,06					
Lundi	28/11/2016	0:29	0,39					
		7:05	1,13					
		12:58	0,65					
		18:47	1,06					



Annexe n° 03

Résultats bruts de l'échantillonnage LIT de septembre 2017

Annexe 03 : Tableau a : Recouvrement du substrat (en %) pour toutes les catégories

Substrat / Transect	CASY		CREEK BAIE NORD		PORT			CANAL WOODING			IORO			IONANTEA			CHAMBEYRON			PUKA		BANCS KIE			TOEMO			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		
Code	Catégories																														
ACB	<i>Acropora</i> branchu	1	0,5	25,5	17	2,5	21,5	3	18	3,5	1	5	1	0	5,5	4,5	0	7	1,5	0	6	0	3	2,5	0	14,5	10	0	13	4,5	
ACE	<i>Acropora</i> encroûtant	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ACS	<i>Acropora</i> submassif	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ACD	<i>Acropora</i> digité	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ACT	<i>Acropora</i> tabulaire	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	3	2	0	2	0	0	5,5	1,5	0	2	0	5,5	2,5	3	8,5	0	0	2	0	
CB	Corail branchu	0	1	0	0	0,5	1	1,5	20	12,5	6	0	1	0	8	9	1,5	7	1,5	0	4	0	3,5	6	6	12	3,5	0,5	3	1	
CE	Corail encroûtant	0	0	0	1	0	1,5	4,5	1	2	0	12,5	9	0,5	11	7	4,5	4,5	1,5	1,5	5	0,5	8	8	7,5	5	19,5	1	3	1,5	
CF	Corail foliaire	0	0,5	0,5	3	0	0	3	0,5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	
CM	Corail massif	1	0,5	1	3,5	3,5	4	1,5	1	3	0	11,5	15,5	0	7	13,5	3,5	3	0	0,5	4,5	0	4	2,5	1	3	1	3	6,5	14	
CS	Corail submassif	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	
CMR	<i>Fungia</i>	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	3	2	
CME	<i>Millepora</i>	0	0	1,5	0,5	0	0	0	19,5	5,5	0	0,5	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	
SC	Coraux mous	6	6	4,5	7,5	0,5	1	2	0	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0,5	0	1,5	3	8,5	3	9	3	3	1	2,5	2	
SP	Éponges	0,5	0,5	0	1	1	1	0,5	0	0,5	5,5	2	1,5	1	2	3,5	1,5	1,5	3	2,5	0,5	6	0	1	2,5	0	0	1,5	2	2	
ZO	Zoanthaires	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
OT	Autres organismes	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	1,5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	1,5	0,5	0,5	1	0	0	
AA	Assemblages algales	0	0	5	0	0	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6,5	7,5	0,5	0	4,5	1,5	6	6,5	0	1,5	0	0	0	
CA	Algue calcaire	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	0	4,0	5,5	7,5	6	6,5	8	0	0	6	6	6	4,5	5,5	8,5	0	0	
HA	<i>Halimeda</i>	0	0	17,5	0	2,5	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
MA	Macroalgue	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	
F	Algue filamenteuse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	2,5	0	0	0	0	0,5	0,5	0	0	
DCA	Corail mort avec algues	15,5	8,5	42,5	28	15	40,5	14,5	36,5	54	20	22	19,5	4	57,0	55	69,0	57,5	66,5	79	71	9	58,5	54,5	54	45	51,5	78,5	54,5	53	
DC	Corail mort	0	1	0	0	0,5	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
S	Sable	76	81,5	0	0	0	0	0	0	6,5	66	41,5	48	94,5	0	1	11	0	8,5	6	3	77	0	4	3	0	2,5	3,5	9,5	19	
R	Débris	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RC	Dalle - Roche	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
SI	Vase	0	0	2	38,5	74	8	69,5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
W	Eau	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Abiotique	76	82,5	2	38,5	74,5	8	69,5	2	8,5	66	41,5	48,5	94,5	0	1	12,5	0	8,5	8	3	77	0	4	3	0	2,5	3,5	9,5	19	
	Biotique	24	17,5	98	61,5	25,5	92	30,5	98	91,5	34	58,5	51,5	5,5	100	99	87,5	100	91,5	92	97	23	100	96	97	100	97,5	96,5	90,5	81	
	Dont coraux scléractiniaires	2	2,5	27	24,5	6,5	28	13,5	42	31	7	33	29,5	0,5	35	34,5	9,5	27,5	7,5	2	21,5	0,5	24	21,5	17,5	47	35	5	31,5	240	

Annexe 03 : Tableau b : 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	22	15	71	37	19	64	17	56	60,5	27	25,5	22	5	65	64,5	78	72,5	84	90	75,5	22,5	76	74,5	79,5	53	62,5	91,5	59	57
Coraux scléractiniaires	2	2,5	27	24,5	6,5	28	13,5	42	31	7	33	29,5	0,5	35	34,5	9,5	27,5	7,5	2	21,5	0,5	24	21,5	17,5	47	35	5	31,5	24
Abiotique	76	82,5	2	38,5	74,5	8	69,5	2	8,5	66	41,5	48,5	94,5	0	1	12,5	0	8,5	8	3	77	0	4	3	0	2,5	3,5	9,5	19

Résultats bruts de l'échantillonnage du benthos de septembre 2017

Annexe 04 : Tableau a : Inventaire des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations baie de Prony et du canal Woodin)

Groupe	Sous groupe	Famille	Genre	Espèce		ST01A	ST01B	ST02A	ST02B	ST03A	ST03B	ST03C	ST04A	ST04B	ST04C
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	<i>Dictyota</i>	sp.	/			2	3	2	-2	-3	-2	2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	<i>Lobophora</i>	<i>variegata</i>	DD	3	2	4	3	2	5	3	-2	2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	<i>Padina</i>	sp.	/	-2				-2		1			
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	<i>Turbinaria</i>	<i>ornata</i>	DD								-2		
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	<i>Amphiroa</i>	sp.	/			2	2	-2	3	3			
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	<i>Caulerpa</i>	sp.	/								-2		
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	<i>Codium</i>	sp.	/		-1				-2	-2			
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	<i>Neomeris</i>	<i>vanbosseae</i>	DD	2				2		-2			
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	<i>Halimeda</i>	sp.	/	2	2	5(3spp)	2(2spp)	3(2spp)	3(2spp)	3(2spp)	2	2	
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	<i>Chlorodesmis</i>	<i>fastigiata</i>	DD	-1							2		
Algues vertes	Chlorophycées	Valoniaceae	<i>Ventricaria</i>	<i>ventricosa</i>	DD								-2	-2	
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	<i>Didemnum</i>	<i>molle</i>	DD									2	
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	<i>Didemnum</i>	sp. (blanche)	/								2	2	
Ascidies	Ascidies	Styelidae	<i>Polycarpa</i>	<i>aurita</i>	DD	3	2	2	2	2				2	
Ascidies	Ascidies	Styelidae	<i>Polycarpa</i>	<i>clavata</i>	DD									1	1
Ascidies	Ascidies	Styelidae	<i>Polycarpa</i>	<i>cryptocarpa</i>	DD	2	2	2	1	2			-1	2	-2
Ascidies	Ascidies	Styelidae	<i>Polycarpa</i>	<i>nigricans</i>	DD	-3	2	2	2	2	-2	-2	-2	2	2
Ascidies	Ascidies	Styelidae	<i>Polycarpa</i>	sp1. (blanche)	/		1	-1	1	2			-1		
Bryozoaires	Cyclostomes	Tetraplariidae	<i>Alcyonidium</i>	sp.	/			2	2				2	4	3
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	<i>Discosoma</i>	<i>rhodostoma</i>	DD	-2								-2	-1
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	<i>Discosoma</i>	sp.	/						-2	2			
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	<i>Cladiella</i>	sp.	/			2			2	2			
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	<i>klyxum</i>	sp.	/				-2						
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	<i>Lobophytum</i>	sp.	/			-2							
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	<i>Sarcophyton</i>	sp.	/	5	4	5	5	2	3	3	2	2	
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	<i>Simularia</i>	<i>dura</i>	DD			2	4		2	3			
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	<i>Simularia</i>	<i>flexibilis</i>	DD	2	2								
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	<i>Simularia</i>	<i>leptocladus</i>	DD			2	2						
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	<i>Simularia</i>	sp.	/	4	-2	3	-2	2	2	2		2	
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	<i>Dendronephthya</i>	sp.	/								2		
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	<i>Nephthea</i>	sp.	/	2	2	1	-2	2	2	2			
Cnidaires	Alcyonaires	Nidaliidae	<i>Chironophthya</i>	sp.	/			1						1	1
Cnidaires	Hydrozoaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/		-2						-2	2	2
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	Indéterminé	sp.	/	2	2	2	2		-2	2		1	
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	<i>Palythoa</i>	<i>tuberculosa</i>	/	2	2	1						1	-1
Cyanobactéries	Cyanophycées	Phormidiaceae	<i>Phormidium</i>	sp.	/	3		1	1	2				2	
Echinodermes	Astéries	Acanthasteridae	<i>Acanthaster</i>	<i>planci</i>	DD	3	2								
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	<i>Celerina</i>	<i>heffermani</i>	DD							-1		-1	
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	<i>Fromia</i>	<i>milleporrella</i>	DD		1			1					
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	<i>Gomophia</i>	<i>egyptiaca</i>	DD	1	1					1		2	-2
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	<i>Linckia</i>	<i>multiflora</i>	DD		1								
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	<i>Nardoa</i>	<i>gomophia</i>	DD	1	2		1	1	2	2		2	3
Echinodermes	Astéries	Oreasteridae	<i>Culcita</i>	<i>novaeaguineae</i>	DD					2					
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/	3	3	2					3	3	4
Echinodermes	Echinides	Cidaridae	<i>Phyllacanthus</i>	<i>imperialis</i>	DD									-1	
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>savignyi</i>	DD	-1	1								
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>setosum</i>	DD	2		2		2	2	3	-2	2	2
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	<i>Echinometrix</i>	<i>diadema</i>	DD				1						
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	<i>Echinometra</i>	<i>mathaei</i>	DD	2							-2	1	
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	<i>Echinostrephus</i>	<i>aciculatus</i>	DD	2									
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	<i>Parasalenia</i>	<i>gratiosa</i>	DD			2		-1				1	2
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Actinopyga</i>	<i>lecanora</i>	DD	1									
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>edulis</i>	LR-lc	2	1	-2	3	3		2		2	-2
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>flavomaculata</i>	LR-lc			2	3	2	2	3			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>fuscopunctata</i>	LR-lc	1	-2								
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>whitmaei</i>	EN	-1									
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	<i>Stichopus</i>	<i>hermanni</i>	VU	-1									
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	<i>Ophiomastix</i>	<i>caryophyllata</i>	DD	2		2	3	-2	2	2	2	2	
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	Ophiure	ind.	/	2	2	2	2	-2	2	2	2	2	3
Eponges	Spongiaires	Anchinoidae	<i>Hamigera</i>	<i>strongylata</i>	DD	-2	2						2	3	3

Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	<i>Discosoma</i>	<i>rhodostoma</i>	DD										2					2	2		2	-2	
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	<i>Discosoma</i>	sp.	/			-2			-1	-1													
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	<i>Heteractis</i>	<i>aurora</i>	DD		1																		
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	<i>Heteractis</i>	<i>crispa</i>	DD											1									
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	<i>Heteractis</i>	<i>magnificus</i>	DD																				
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	<i>Heteractis</i>	sp.	/																				
Cnidaires	Actiniaires	Thalassianthidae	<i>Cryptodendrum</i>	<i>adhaesivum</i>	DD											1							1		
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	<i>Cladiella</i>	sp.	/										2							2	2		
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	<i>klyxum</i>	sp.	/																	2	2		
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	<i>Robophytum</i>	sp.	/		1															2	2		
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	<i>Rhytisma</i>	sp.	/			2														2	2		
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	<i>Sarcophyton</i>	sp.	/		2	2	2	2	2				2	-2	2	2	-2	3	2	2	2	3	5
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	<i>Sinularia</i>	<i>dura</i>	DD																			2	
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	<i>Sinularia</i>	sp.	/		2	1	1						2							2	2	2	
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	<i>Dendronephthya</i>	sp.	/								2	-2								2	3	5	
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	<i>Nephtea</i>	sp.	/										2	1	3	4	4	3	3		2	3	
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	<i>Xenia</i>	sp.	/										2							2	2		
Cnidaires	Alcyonaires	Nidaliidae	<i>Chironophthya</i>	sp.	/			2	2			1		1	-1							2	2	1	
Cnidaires	Hydrozoaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/							2	2									2	3	3	
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	Indéterminé	sp.	/		2	2	2													2	2	2	
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	<i>Palythoa</i>	<i>tuberculosa</i>	/		2	-2		2	2	2	2	2								2	2	2	
Cyanobactéries	Cyanophycées	Phormidiaceae	<i>Phormidium</i>	sp.	/		1		2	2	2	2	2	2								2	2	2	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Celerina</i>	<i>heffermani</i>	DD			1	1	1	1											1			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Fromia</i>	<i>indica</i>	DD		1	1																-1	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Fromia</i>	<i>milleporrella</i>	DD				1																
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Fromia</i>	<i>monilis</i>	DD				1	1															
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Gomophia</i>	<i>egyptiaca</i>	DD		1			2	2				1	1						1	-1	-1	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Gomophia</i>	sp.	/																		2		
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Linckia</i>	<i>laevigata</i>	DD																		2		
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Linckia</i>	<i>multifora</i>	DD										1	-1	1	1	2			1	1		
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Nardoa</i>	<i>gomophia</i>	DD		-1	1															-1	1	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Neoferdina</i>	<i>cumingi</i>	DD																		1		
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/		3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	3	3	
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>savignyi</i>	DD		-1																2	1	
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>setosum</i>	DD		2	2		1	1	1											2	1	
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	<i>Echinometrix</i>	<i>diadema</i>	DD																		2	2	
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	<i>Echinometra</i>	<i>mathaei</i>	DD		2	-1															2	2	
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	<i>Echinostrephus</i>	<i>aciculatus</i>	DD		2	2		2	2				2	-2	-2	2	1	2	2	2	2	1	
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Actinopyga</i>	<i>lecanora</i>	DD		1			1														-1	
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Actinopyga</i>	<i>palauensis</i>	LR-lc																				
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Bohadschia</i>	<i>argus</i>	LR-lc		1																		
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>atra</i>	LR-lc																				
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>edulis</i>	LR-lc		2	1																2	
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>fuscopunctata</i>	LR-lc		2	-1																-1	
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>whitmaei</i>	EN		-1																		
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	<i>Stichopus</i>	<i>herrmanni</i>	VU		-1																		
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	<i>Stichopus</i>	<i>pseudhorrens</i>	DD		1																		
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	<i>Thelenota</i>	<i>ananas</i>	EN		1	1																-1	
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	<i>Thelenota</i>	<i>anax</i>	DD																				
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	<i>Ophiomastix</i>	<i>caryophyllata</i>	DD		2	2																2	
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	Ophiure	ind.	/		2	2	2						2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Epouges	Spongiaires	Anchinoïdes	<i>Hamigera</i>	<i>strongylata</i>	DD		-1	2	2															2	
Epouges	Spongiaires	Ancorinidae	<i>Stellata</i>	<i>globostellata</i>	DD																				
Epouges	Spongiaires	Axinellidae	<i>Cymbastella</i>	<i>cantharella</i>	DD																			-1	
Epouges	Spongiaires	Callyspongiidae	<i>Dactylia</i>	<i>delicata</i>	DD																			2	
Epouges	Spongiaires	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>jullieni</i>	DD		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	
Epouges	Spongiaires	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>orientalis</i>	DD		3	3	2	3	4	3	3	4	3	3	2	3	3	3	2	3	2	3	
Epouges	Spongiaires	Dysideidae	<i>Dysidea</i>	<i>arenaria</i>	DD																			1	
Epouges	Spongiaires	Dysideidae	<i>Dysidea</i>	<i>herbacea</i>	DD																			2	
Epouges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp. (noire)	/		2	2	2	-2	2	3												-1	
Epouges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp. (orange)	/																			2	
Epouges	Spongiaires	Microcionidae	<i>Clathria</i>	<i>rugosa</i>	DD		-2	2	2															-2	
Epouges	Spongiaires	Spirastrellidae	<i>Spherospongia</i>	<i>vagabunda</i>	DD		2	2	-1	2	2				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	
Mollusques	Bivalves	Arcidae	<i>Arca</i>	<i>ventricosa</i>	DD		2	2																2	
Mollusques	Bivalves	Gryphaeidae	<i>Hyotissa</i>	<i>hyotis</i>	DD		2	2	1															2	
Mollusques	Bivalves	Isognomonidae	<i>Isognomon</i>	<i>isognomon</i>	DD		2	2																2	
Mollusques	Bivalves	Mytilidae	<i>Septifer</i>	<i>bilocularis</i>	DD		3	4	2															2	
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	<i>Saccostrea</i>	<i>cucullata</i>	DD																			2	

Annexe 04 : Tableau d : 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	3	2	1	1	1	2	2	1	2
Algues rouges	Rhodophycées	0	1	1	0	0	2	1	1	6	3	0
Algues vertes	Chlorophycées	2	3	3	2	4	1	2	2	14	2	0
Cyanobactéries	Cyanophycée	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Cnidaires	Alcyonaires	4	7	5	4	5	2	4	6	10	7	5
Cnidaires	Actiniaires	0	0	1	0	1	0	0	4	4	2	1
Cnidaires	Hydrozoaires	0	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1
Cnidaires	Zoanthaires	2	2	1	2	2	2	1	1	2	1	2
Echinodermes	Astéries	5	1	4	2	4	4	3	4	5	5	0
Echinodermes	Crinoïdes	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Echinodermes	Echinides	4	3	1	3	3	3	1	3	5	2	2
Echinodermes	Holothurides	3	2	2	1	6	2	4	5	1	1	0
Echinodermes	Ophiurides	2	2	2	2	2	0	1	2	1	2	2
Echinodermes	Synaptés	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eponges	Spongiaires	5	4	5	8	6	6	5	7	9	8	7
Mollusques	Mollusques	11	8	9	10	15	7	10	8	15	9	11
Ascidies	Ascidies	4	4	4	6	5	7	8	7	12	5	3
Total		45	41	42	45	56	40	43	55	89	51	38
Sous-total Invertébrés		41	34	34	40	50	35	38	49	66	44	35
Sous-total Algues		3	6	7	4	5	4	4	5	22	6	2
Sous-total Cnidaires		6	9	7	7	8	5	5	12	17	11	9
Sous-total Echinodermes		15	9	9	9	16	10	10	15	13	11	5

Annexe 04 : Tableau e : Richesse spécifique du macrobenthos par site

Groupe	Sous-groupe	Prony	Woodin	Havannah
Algues brunes	Phéophycées	3	2	3
Algues rouges	Rhodophycées	1	0	7
Algues vertes	Chlorophycées	4	2	14
Cyanobactéries	Cyanophycée	1	1	1
Cnidaires	Alcyonaires	8	4	11
Cnidaires	Actiniaires	1	0	7
Cnidaires	Hydrozoaires	0	1	1
Cnidaires	Zoanthaires	2	2	2
Echinodermes	Astéries	6	2	10
Echinodermes	Crinoïdes	1	1	1
Echinodermes	Echinides	6	3	5
Echinodermes	Holothurides	4	1	9
Echinodermes	Ophiurides	2	2	2
Echinodermes	Synaptés	0	0	0
Eponges	Spongiaires	6	8	12
Mollusques	Mollusques	14	10	27
Ascidies	Ascidies	4	6	12
Total		63	45	124
Sous-total Invertébrés		54	40	99
Sous-total Algues		8	4	24
Sous-total Cnidaires		11	7	21
Sous-total Echinodermes		19	9	27

Annexe 04 : Tableau f : Liste des espèces cibles (CdC DENV) et leur abondance (1 à 5) (stations de la baie de Prony et du canal Woodin)

Groupe	Sous groupe	Famille	Genre	Espèce	UICN	PS	ST01A	ST01B	ST02A	ST02B	ST03A	ST03B	ST03C	ST04A	ST04B	ST04C
							7 m	12 m	9 m	12 m	5 m	10 m	14 m	5 m	10 m	20 m
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	<i>Dictyota</i>	sp.	/				2	3	2	-2	-3	-2	2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	<i>Lobophora</i>	<i>variegata</i>	DD		3	2	4	3	2	5	3	-2	2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	<i>Padina</i>	sp.	/		-2				-2		1			
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	<i>Turbinaria</i>	<i>ornata</i>	DD									-2		
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	<i>Amphiroa</i>	sp.	/				2	2	-2	3	3			
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	<i>Caulerpa</i>	sp.	/									-2		
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	<i>Codium</i>	sp.	/			-1				-2	-2			
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	<i>Neomeris</i>	<i>vanbosseae</i>	DD		2				2		-2			
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	<i>Halimeda</i>	sp.	/		2	2	5(3spp)	2(2spp)	3(2spp)	3(2spp)	3(2spp)	2	2	
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	<i>Chlorodesmis</i>	<i>fastigiata</i>	DD		-1							2		
Algues vertes	Chlorophycées	Valoniaceae	<i>Ventricaria</i>	<i>ventricosa</i>	DD									-2	-2	
Echinodermes	Astéries	Acanthasteridae	<i>Acanthaster</i>	<i>planci</i>	DD		3	2								
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Celerina</i>	<i>heffernani</i>	DD								-1		-1	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Fromia</i>	<i>milleporrella</i>	DD			1			1					
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Gomophia</i>	<i>egyptiaca</i>	DD		1	1					1		2	-2
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Linckia</i>	<i>multiflora</i>	DD			1								
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Nardoa</i>	<i>gomophia</i>	DD		1	2		1	1	2	2		2	3
Echinodermes	Astéries	Oreasteridae	<i>Culcita</i>	<i>novaeaguineae</i>	DD						2					
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/		3	3	2					3	3	4
Echinodermes	Echinides	Cidaridae	<i>Phyllacanthus</i>	<i>imperialis</i>	DD										-1	
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>savignyi</i>	DD		-1	1								
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>setosum</i>	DD		2		2		2	2	3	-2	2	2
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	<i>Echinometrix</i>	<i>diadema</i>	DD					1						
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	<i>Echinometra</i>	<i>mathaei</i>	DD		2							-2	1	
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	<i>Echinostrephus</i>	<i>aciculatus</i>	DD		2									
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	<i>Parasalenia</i>	<i>gratiosa</i>	DD				2		-1				1	2
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Actinopyga</i>	<i>lecanora</i>	DD		1									
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>edulis</i>	LR-lc		2	1	-2	3	3		2		2	-2
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>flavomaculata</i>	LR-lc				2	3	2	2	3			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>fuscopunctata</i>	LR-lc		1	-2								
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>whitmaei</i>	EN		-1									
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	<i>Stichopus</i>	<i>herrmanni</i>	VU		-1									
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	<i>Ophiomastix</i>	<i>caryophyllata</i>	DD		2		2	3	-2	2	2	2	2	
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	Ophiure	ind.	/		2	2	2	2	-2	2	2	2	2	3
Eponges	Spongiaires	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>jullieni</i>	DD		3	3	2	2	2	2	3	-2	3	3
Eponges	Spongiaires	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>orientalis</i>	DD		3	2	2	2	2	2		3	3	2
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>maxima</i>	LR-cd				1							
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>squamosa</i>	LR-cd		1				1					

Annexe 04 : Tableau g : Liste des espèces cibles (CdC DENV) et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah)

Groupe	Sous groupe	Famille	Genre	Transect Espèce	UICN	PS	ST05A	ST05B	ST05C	ST06A	ST06B	ST06C	ST07A	ST07B	ST07C	ST08A	ST08B	ST09A	ST09B	ST09C	ST11A	ST11B	ST11C	ST12A	ST12B
							5 m	10 m	20 m	9 m	15 m	20 m	7 m	17 m	20 m	9 m	12 m	7 m	16 m	20 m	6 m	10 m	20 m	7 m	13 m
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	<i>Dictyota</i>	sp.	/					-2	-2	2		-2		2	3	3	3	3	2	2	2	2	2
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	<i>Lobophora</i>	<i>variegata</i>	DD		2									2	2		-2	-2				2	3
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	<i>Padina</i>	sp.	/																			-2	
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	<i>Turbinaria</i>	<i>ornata</i>	DD							2				-2		3	-2						
Algues rouges	Rhodophycées	Bonnemaisoniaceae	<i>Asparagopsis</i>	<i>taxiformis</i>	DD				2	2		5	3	2	3	3	3	4	4	2	2	2			
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	<i>Amphiroa</i>	sp.	/			2	2	2						2	3	2	3	2		2	2		
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	<i>Plocamium</i>	sp.	/				-2	-2			-2			-2	-2	2	3	3					
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	<i>Actinotrichia</i>	sp.	/																2	2			
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	<i>Galaxaura</i>	sp.	/													2	2	2					
Algues rouges	Rhodophycées	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/													2	2						
Algues rouges	Rhodophycées	Rhodomelaceae	<i>Neurymenia</i>	<i>fraxinifolia</i>	DD													2	2						
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	<i>Caulerpa</i>	sp.	/													2(2spp.)	2						
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	<i>Codium</i>	<i>platyclados</i>	DD													3	3						
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	<i>Codium</i>	sp.	/													2	3(2spp)	3(2spp)					-1
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	<i>Codium</i>	<i>spongiosum</i>	DD													-2	3	3		-2	-1		
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	<i>Bornetella</i>	<i>oligospora</i>	DD													2	3	3					
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	<i>Neomeris</i>	<i>vanbosseae</i>	DD		2												2	2					
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	<i>Halimeda</i>	sp.	/		2	2			2		2	2(2spp)		2(2spp)	2(2spp)	2(2spp)	3(2spp)	3(2spp)	2	2		-2	
Algues vertes	Chlorophycées	Siphonocladaceae	<i>Dictyosphaeria</i>	<i>verluyssii</i>	DD													3	2	2					
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	<i>Avrainvillea</i>	<i>obscura</i>	DD														2						
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	<i>Chlorodesmis</i>	<i>fastigiata</i>	DD		2			-1						-2		-2	2	2	2	2	2	-2	
Algues vertes	Chlorophycées	Valoniaceae	<i>Ventricaria</i>	<i>ventricosa</i>	DD		2	1			-2								2	2					
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Celerina</i>	<i>heffernani</i>	DD			1	1			1			1	2						1			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Fromia</i>	<i>indica</i>	DD		1	1							-1	2	2	1	1						-1
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Fromia</i>	<i>milleporrella</i>	DD				1																
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Fromia</i>	<i>monilis</i>	DD				1	1				-1	-1	-1									
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Gomophia</i>	<i>egyptiaca</i>	DD		1			2	2		1	1		2	-1		1		1	-1	-1	-1	-1
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Gomophia</i>	sp.	/																		2		
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Linckia</i>	<i>laevigata</i>	DD														2						
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Linckia</i>	<i>multiflora</i>	DD								1	-1		1	1	1	2		1	1			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Nardoa</i>	<i>gomophia</i>	DD		-1	1					-1	-2								-1	1	-1	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Neoferdina</i>	<i>cumingi</i>	DD														1						
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/		3	2	2	3	2	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	3	3
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>savignyi</i>	DD		-1												2	1				-1	
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>setosum</i>	DD		2	2		1	1	1		-2	-2	1		-1	2	2		1		2	1
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	<i>Echinometrix</i>	<i>diadema</i>	DD							2							-1	2	2				
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	<i>Echinometra</i>	<i>mathaei</i>	DD		2	-1					-2	-2	-2	2		2	2						
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	<i>Echinostrephus</i>	<i>aciculatus</i>	DD		2	2		2			2	-2	-2	2	1	2	2	2		2	2	2	1
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Actinopyga</i>	<i>lecanora</i>	DD		1			1													-1		
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Actinopyga</i>	<i>palauensis</i>	LR-lc								-1	2	-1			1							
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Bohadschia</i>	<i>argus</i>	LR-lc		1																		
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>atra</i>	LR-lc									1	2										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>edulis</i>	LR-lc		2	1			2			1	-2	2	2						2	-1	-2
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>fuscopunctata</i>	LR-lc		2	-1										2							-1
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>whitmaei</i>	EN		-1																		
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	<i>Stichopus</i>	<i>herrmanni</i>	VU		-1																		
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	<i>Stichopus</i>	<i>pseudhorrens</i>	DD		1																		
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	<i>Thelenota</i>	<i>ananas</i>	EN		1	1						-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		2	2								2					2	2		2	2
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	Ophiure	ind.	/		2	2	2				2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Eponges	Spongiaires	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>jullieni</i>	DD		2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	3	2	2	3	2	3
Eponges	Spongiaires	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>orientalis</i>	DD		3	3	2	3	4	3	3	4	3	3	2	3	3	3	2	3	2	3	3
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>crocea</i>	LR-lc		2												1						
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>derasa</i>	VU																				
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>maxima</i>	LR-cd		2		1				2					2	1		1	2		1	
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>squamosa</i>	LR-cd								1												

Annexe n° 05

Nomenclature UICN

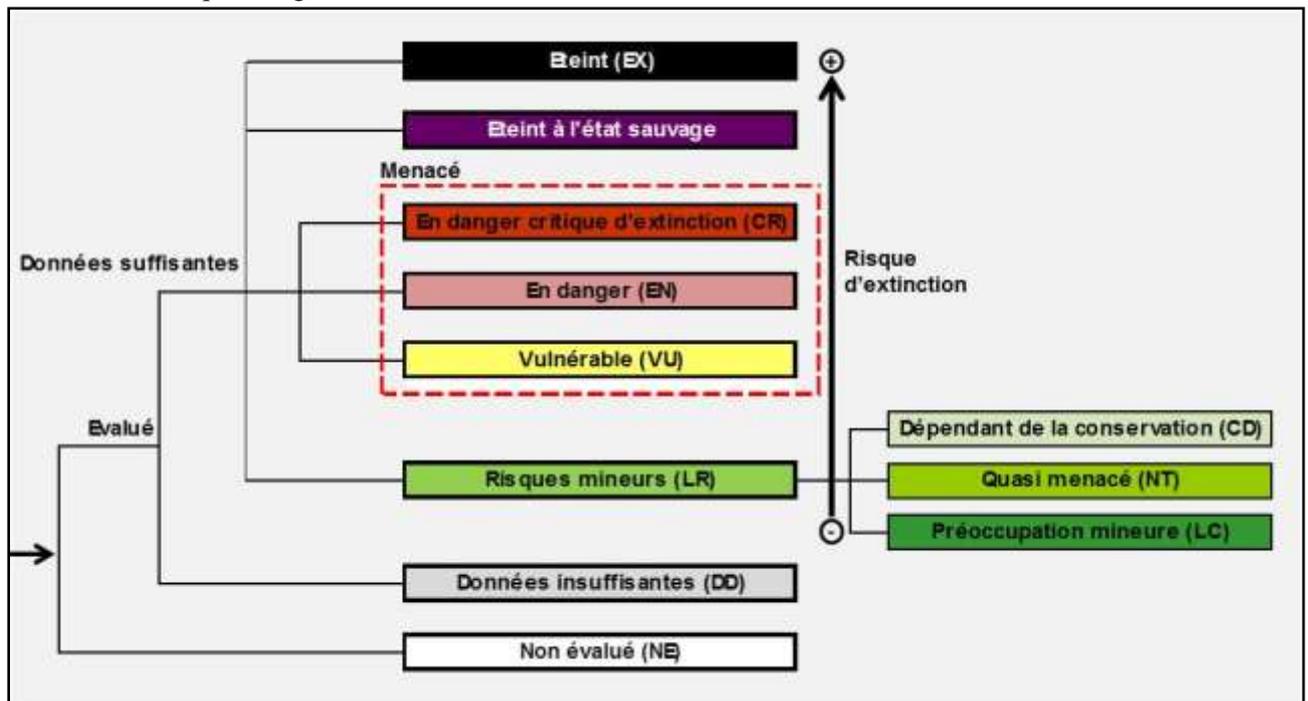
La liste rouge de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) est un système simple et compréhensible par tous pour classer les espèces selon le risque d'extinction à l'échelle mondiale.

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 scléactiniaires et les béditiés sont les mieux référencés mais le reste des invertébrés est le plus souvent enregistré comme données insuffisantes (data deficient).

Le schéma [figure a](#) illustre le classement des catégories employées selon le risque d'extinction qui pèse sur les espèces.

Les définitions de chaque catégorie sont données [tableau a](#).



Annexe 05 : Figure a : Classification de la liste rouge UICN

Annexe 05 : Tableau a : 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 menace (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

