



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

Mission de avril-mai 2017

**PROJET GORO NICKEL
VALE NOUVELLE CALEDONIE**



*Caractéristiques du dossier :*

Référence du document	Rap 003-17_Ver00	
Référence du contrat	E98083	
Numéro de l'affaire	003-17	
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	Juin 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	Juillet 2017
00	VALE NC	Rapport final remis au Client (1 CDRom)	08/09/2017

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 003-17_Ver00	Juillet 2017	AQUA TERRA	Vale NC	Août 2017



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 <i>Contexte général</i>	16
3.1.2 <i>Présentation des stations</i>	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 <i>Vérification des stations</i>	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 <i>Protocole pour l'étude du substrat</i>	20
3.2.3 <i>Protocole pour l'étude du benthos</i>	20
3.2.4 <i>Protocole pour l'étude des poissons</i>	23
3.3 PERIODE D'ECHANTILLONNAGE.....	24
3.4 LE TRAITEMENT DES DONNEES	25
3.4.1 <i>Pour le substrat</i>	25
3.4.2 <i>Pour le benthos</i>	25
3.4.3 <i>Pour les poissons</i>	28
4 RESULTATS BRUTS PAR STATION.....	31
4.1 STATION 01 = CASY	31
4.1.1 <i>Le substrat (ST01)</i>	35
4.1.2 <i>Le benthos (ST01)</i>	36
4.1.2.1 Benthos Transect 01 A.....	37
4.1.2.2 Benthos Transect 01 B.....	38
4.1.3 <i>Les poissons (ST01)</i>	39
4.2 STATION 02 = CREEK BAIE NORD	44
4.2.1 <i>Le substrat (ST02)</i>	47
4.2.2 <i>Le benthos (ST02)</i>	48
4.2.2.1 Benthos Transect 02 A.....	48
4.2.2.2 Benthos Transect 02 B.....	49
4.2.3 <i>Les poissons (ST02)</i>	50
4.3 STATION 03 = PORT.....	55
4.3.1 <i>Le substrat (ST03)</i>	59
4.3.2 <i>Le benthos (ST03)</i>	60
4.3.2.1 Benthos Transect 03 A.....	60
4.3.2.2 Benthos Transect 03 B.....	61
4.3.2.3 Benthos Transect 03 C.....	62
4.3.3 <i>Les poissons (ST03)</i>	63
4.4 STATION 04 = WOODIN.....	68
4.4.1 <i>Le substrat (ST04)</i>	72
4.4.2 <i>Le benthos (ST04)</i>	73
4.4.2.1 Benthos Transect 04 A.....	73
4.4.2.2 Benthos Transect 04 B.....	74
4.4.2.3 Benthos Transect 04 C.....	75
4.4.3 <i>Les poissons (ST04)</i>	76
4.5 STATION 05 = RECIF IORO.....	83
4.5.1 <i>Le substrat (ST05)</i>	86
4.5.2 <i>Le benthos (ST05)</i>	87
4.5.2.1 Benthos Transect 05 A.....	87
4.5.2.2 Benthos Transect 05 B.....	88

4.5.2.3	Benthos Transect 05 C.....	89
4.5.3	<i>Les poissons (ST05)</i>	91
4.6	STATION 06 = BANC IONONTEA	97
4.6.1	<i>Le substrat (ST06)</i>	100
4.6.2	<i>Le benthos (ST06)</i>	101
4.6.2.1	Benthos Transect 06 A.....	101
4.6.2.2	Benthos Transect 06 B.....	102
4.6.2.3	Benthos Transect 06 C.....	103
4.6.3	<i>Les poissons (ST06)</i>	104
4.7	STATION 07 = BASSE CHAMBEYRON.....	110
4.7.1	<i>Le substrat (ST07)</i>	113
4.7.2	<i>Le benthos (ST07)</i>	114
4.7.2.1	Benthos Transect 07 A.....	114
4.7.2.2	Benthos Transect 07 B.....	115
4.7.2.3	Benthos Transect 07 C.....	116
4.7.3	<i>Les poissons (ST07)</i>	117
4.8	STATION 08 = POINTE PUKA.....	123
4.8.1	<i>Le substrat (ST08)</i>	127
4.8.2	<i>Le benthos (ST08)</i>	128
4.8.2.1	Benthos Transect 08 A.....	128
4.8.2.2	Benthos Transect 08 B.....	129
4.8.3	<i>Les poissons (ST08)</i>	131
4.9	STATION 09 = BANCS KIE	136
4.9.1	<i>Le substrat (ST09)</i>	139
4.9.2	<i>Le benthos (ST09)</i>	140
4.9.2.1	Benthos Transect 09 A.....	140
4.9.2.2	Benthos Transect 09 B.....	141
4.9.2.3	Benthos Transect 09 C.....	142
4.9.3	<i>Les poissons (ST09)</i>	143
4.10	STATION 11 = RECIF TOEMO	149
4.10.1	<i>Le substrat (ST11)</i>	153
4.10.2	<i>Le benthos (ST11)</i>	154
4.10.2.1	Benthos Transect 11 A.....	154
4.10.2.2	Benthos Transect 11 B.....	155
4.10.2.3	Benthos Transect 11 C.....	156
4.10.3	<i>Les poissons (ST11)</i>	157
4.11	STATION 12 = ILOT UGO	163
4.11.1	<i>Le substrat (ST12)</i>	167
4.11.2	<i>Le benthos (ST12)</i>	168
4.11.2.1	Benthos Transect 12 A.....	168
4.11.2.2	Benthos Transect 12 B.....	169
4.11.3	<i>Les poissons (ST12)</i>	171
5	RESULTATS GENERAUX / SYNTHESE	176
5.1	SUBSTRAT	176
5.2	BENTHOS.....	177
5.2.1	<i>Biodiversité du benthos : généralités</i>	177
5.2.1.1	Les contraintes en termes de potentiel « indicateur » et « réactivité »	177
5.2.1.2	Les contraintes naturelles de la zone d'étude.....	178
5.2.1.3	Les contraintes anthropiques de la zone d'étude.....	179
5.2.2	<i>Répartition des 4 groupes biotiques par transect</i>	179
5.2.3	<i>Composition spécifique par site</i>	180
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.....	181
5.2.3.3	Assemblage spécifique du benthos dans la baie de Prony	182
5.2.4	<i>Répartition spatiale de la diversité benthique</i>	183
5.2.4.1	La biodiversité des invertébrés	183
5.2.4.2	La biodiversité des macrophytes	183
5.3	ICHTYOLOGIE.....	186
5.4	ESPECES EXOGENES / ESPECES INVASIVES / ENVAHISSANTES.....	188
5.4.1	<i>Définitions</i>	188
5.4.2	<i>Espèces exogènes / invasives</i>	188
5.4.3	<i>Espèces envahissantes</i>	189
5.4.3.1	Asparagopsis taxiformis	189
5.4.3.2	Lobophora variegata.....	189
6	COMPARAISON AVEC LES DONNEES HISTORIQUES	193

6.1	SUBSTRAT	193
6.2	BENTHOS	194
6.2.1	<i>Variation de la biodiversité α dans le temps</i>	194
6.2.1.1	Pour les invertébrés, généralités	195
6.2.1.2	Pour les invertébrés, depuis la dernière mission	195
6.2.1.3	Pour les invertébrés, depuis le début	196
6.2.1.3.1	Analyse par Anovar	196
6.2.1.3.2	Analyse par le test de Friedman	198
6.2.1.4	Pour les macrophytes, généralités	199
6.2.1.5	Pour les macrophytes, depuis le début	199
6.2.1.5.1	Analyse par Anovar	200
6.2.1.5.2	Analyse par le test de Friedman	201
6.2.2	<i>Indicateurs de l'état de santé des récifs de la zone d'étude</i>	203
6.2.2.1	Le blanchissement des coraux	203
6.2.2.2	Les maladies et les lésions coralliennes	204
6.2.2.2.1	Les maladies ou lésions les plus fréquemment rencontrées dans la zone d'étude	204
6.2.2.2.2	Les lésions rencontrées de manière épisodique dans la zone d'étude	206
6.2.2.3	Les principales espèces concurrentes	208
6.2.3	<i>Evolution globale des stations par rapport à novembre 2016</i>	211
6.3	ICHTYOLOGIE	220
6.3.1	<i>Test paramétrique par analyse des variances (ANOVAR)</i>	220
6.3.1.1	Comparaison entre années	221
6.3.1.1.1	La densité	221
6.3.1.1.2	La biomasse	222
6.3.1.1.3	La biodiversité	223
6.3.1.2	Comparaison entre stations	225
6.3.1.2.1	La densité	225
6.3.1.2.2	La biomasse	226
6.3.1.2.3	La biodiversité	227
6.3.1.3	Synthèse	230
6.3.2	<i>Test non paramétrique</i>	231
6.3.3	<i>Indice Global Annuel (IGA) et Indice Annuel par Station (IAS)</i>	233
6.3.4	<i>Résumé</i>	235
6.3.4.1	Synopsis des résultats par station	235
6.3.4.2	Synopsis des résultats par mission	235
6.3.4.3	Le peuplement de poissons	236
7	SYNTHESE BIBLIOGRAPHIQUE	237
7.1	SYNTHESE DES EVENEMENTS CLIMATOLOGIQUES SUR LA PERIODE D'ETUDE	238
7.1.1	<i>Les événements météorologiques marquant par année</i>	238
7.1.1.1	2011	238
7.1.1.2	2013	238
7.1.1.3	2015	239
7.1.1.4	2016	241
7.1.1.5	2017	242
7.1.2	<i>Le phénomène ENSO</i>	243
7.1.2.1	Généralités	243
7.1.2.2	La Niña	244
7.1.2.3	El Niño	245
7.2	CONTEXTE REGLEMENTAIRE	246
7.2.1	<i>Liste rouge UICN</i>	246
7.2.2	<i>Code de l'Environnement de la Province Sud</i>	247
7.2.2.1	Ecosystèmes patrimoniaux	247
7.2.2.2	Espèces endémiques, rares ou menacées	248
7.2.2.3	Espèces protégées	249
7.2.2.4	Espèces exotiques envahissantes	249
8	CONCLUSION	251
8.1	LE SUBSTRAT	251
8.2	LES COMMUNAUTES BENTHIQUES	252
8.2.1	<i>Etat général</i>	252
8.2.2	<i>Les perturbations</i>	253
8.2.3	<i>Synthèse</i>	256
8.3	LES POPULATIONS ICHTYOLOGIQUES	256
8.3.1	<i>Résultats</i>	256
8.3.2	<i>Discussion</i>	258
9	DISCUSSION	259
9.1	AMELIORATIONS PROPRES A CE SUIVI	259

9.2	AMELIORATIONS AU CAHIER DES CHARGES	260
9.3	SUGGESTIONS AU NIVEAU PROVINCIAL OU TERRITORIAL	263
9.4	SUGGESTIONS AU NIVEAU DES ACTIVITES ANTHROPIQUES	264
10	SOURCES	265
A N N E X E S		270
ANNEXE N°01.....		271
METHODOLOGIE GENERALE D'ECHANTILLONNAGE DES COMMUNAUTES RECIFALES.....		271
ANNEXE N°02.....		274
CARACTERISTIQUES TERRAIN DE LA CAMPAGNE D'ECHANTILLONNAGE DE AVRIL 2017.....		274
ANNEXE N°03.....		275
RESULTATS BRUTS DE L'ECHANTILLONNAGE LIT DE AVRIL 2017.....		275
ANNEXE N°04.....		276
RESULTATS BRUTS DE L'ECHANTILLONNAGE DU BENTHOS DE AVRIL 2017.....		276
ANNEXE N°05.....		282
NOMENCLATURE UICN		282

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 m²)	22
Tableau n°05 :	Degré de blanchissement pour une espèce (/ 100 m²).....	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 novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST01A)	37
Tableau n°12 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST01B)	38
Tableau n°13 :	Données sur les poissons (ST01).....	39
Tableau n°14 :	Liste des espèces complémentaires (ST01)	39
Tableau n°15 :	Nombre d'espèces par famille ichtyologique par mission (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 novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST02A)	48
Tableau n°20 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST02B)	49
Tableau n°21 :	Données sur les poissons (ST02).....	50
Tableau n°22 :	Liste des espèces complémentaires (ST02)	51
Tableau n°23 :	Nombre d'espèces par famille ichtyologique par mission (ST02)	52
Tableau n°24 :	Test χ^2 du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST02)	52
Tableau n°25 :	Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST02).....	53
Tableau n°26 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02) ..	53
Tableau n°27 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST03A)	60
Tableau n°28 :	Variations entre avril et novembre 2016 : Les biocénoses* (ST03B)	61
Tableau n°29 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST03C).....	62
Tableau n°30 :	Données sur les poissons (ST03).....	63
Tableau n°31 :	Liste des espèces complémentaires (ST03)	63
Tableau n°32 :	Nombre d'espèces par famille ichtyologique par mission (ST03)	64
Tableau n°33 :	Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST03)	64
Tableau n°34 :	Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST03).....	65
Tableau n°35 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03) ..	66
Tableau n°36 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST04A)	73
Tableau n°37 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST04B)	74
Tableau n°38 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST04C).....	75
Tableau n°39 :	Données sur les poissons (ST04).....	76

Tableau n°40 :	Liste des espèces complémentaires (ST04)	78
Tableau n°41 :	Nombre d'espèces par famille ichtyologique par mission (ST04)	79
Tableau n°42 :	Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST04)	80
Tableau n°43 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04) ..	80
Tableau n°44 :	Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST04).....	81
Tableau n°45 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST05A)	87
Tableau n°46 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST05B).....	88
Tableau n°47 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST05C).....	89
Tableau n°48 :	Données sur les poissons (ST05).....	91
Tableau n°49 :	Liste des espèces complémentaires (ST05)	92
Tableau n°50 :	Nombre d'espèces par famille ichtyologique par mission (ST05)	93
Tableau n°51 :	Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST05)	93
Tableau n°52 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05) ..	94
Tableau n°53 :	Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST05).....	95
Tableau n°54 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST06A)	101
Tableau n°55 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST06B).....	102
Tableau n°56 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST06C).....	103
Tableau n°57 :	Données sur les poissons (ST06).....	104
Tableau n°58 :	Liste des espèces complémentaires (ST06)	105
Tableau n°59 :	Nombre d'espèces par famille ichtyologique par mission (ST06)	106
Tableau n°60 :	Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST06)	107
Tableau n°61 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06) ..	107
Tableau n°62 :	Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST06).....	108
Tableau n°63 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST07A)	114
Tableau n°64 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST07B).....	115
Tableau n°65 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST07C).....	116
Tableau n°66 :	Données sur les poissons (ST07).....	117
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)	120
Tableau n°69 :	Nombre d'espèces par famille ichtyologique par mission (ST07)	120
Tableau n°70 :	Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST07).....	121
Tableau n°71 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07) ..	121
Tableau n°72 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST08A)	128
Tableau n°73 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST08B).....	129
Tableau n°74 :	Données sur les poissons (ST08).....	131
Tableau n°75 :	Liste des espèces complémentaires (ST08)	132
Tableau n°76 :	Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST08)	132
Tableau n°77 :	Nombre d'espèces par famille ichtyologique par mission (ST08)	133
Tableau n°78 :	Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST08).....	134
Tableau n°79 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08) ..	134
Tableau n°80 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST09A)	140
Tableau n°81 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST09B).....	141
Tableau n°82 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST09C).....	142
Tableau n°83 :	Données sur les poissons (ST09).....	143
Tableau n°84 :	Liste des espèces complémentaires (ST09)	144
Tableau n°85 :	Nombre d'espèces par famille ichtyologique par mission (ST09)	145
Tableau n°86 :	Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2007 (ST09)	145
Tableau n°87 :	Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST09).....	146
Tableau n°88 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09) ..	147
Tableau n°89 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST11A)	154
Tableau n°90 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST11B).....	155
Tableau n°91 :	Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST11C).....	156
Tableau n°92 :	Données sur les poissons (ST11).....	157
Tableau n°93 :	Liste des espèces complémentaires (ST11)	158
Tableau n°94 :	Nombre d'espèces par famille ichtyologique par mission (ST11)	159
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>	161
Tableau n°98 :	<i>Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST012A)</i>	168
Tableau n°99 :	<i>Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST012B)</i>	169
Tableau n°100 :	<i>Données sur les poissons (ST12)</i>	171
Tableau n°101 :	<i>Liste des espèces complémentaires (ST12)</i>	172
Tableau n°102 :	<i>Test du critère « Distribution du nombre d'espèces par famille » depuis 2009 (ST12)</i>	172
Tableau n°103 :	<i>Nombre d'espèces par famille ichtyologique par mission (ST12)</i>	173
Tableau n°104 :	<i>Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST12)</i>	173
Tableau n°105 :	<i>Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST12)</i>	174
Tableau n°106 :	<i>Récapitulatif des paramètres biologiques pour l'ichtyofaune</i>	186
Tableau n°107 :	<i>Valeur de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2010</i>	196
Tableau n°108 :	<i>Analyse de la Variance de la biodiversité α des invertébrés (hors coraux durs), depuis 2010</i>	196
Tableau n°109 :	<i>Analyse de la Variance de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) pour tous les transects depuis 2010</i>	197
Tableau n°110 :	<i>Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010</i>	198
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>	198
Tableau n°112 :	<i>Valeur de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2010</i>	199
Tableau n°113 :	<i>Analyse de la Variance de la biodiversité α des macrophytes depuis 2010</i>	200
Tableau n°114 :	<i>Analyse de la Variance de la richesse spécifique des macrophytes pour tous les transects depuis 2010</i>	200
Tableau n°115 :	<i>Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2010</i>	201
Tableau n°116 :	<i>Classement par rang en colonne pour l'analyse non paramétrique Friedman de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2010</i>	202
Tableau n°117 :	<i>Evolution du taux de recouvrement du substrat entre novembre 2016 et avril 2017 (différence en %)</i>	214
Tableau n°118 :	<i>Evolution de la richesse spécifique du benthos (hors coraux durs) entre novembre 2016 et avril 2017 (gain/perte en taxa)</i>	214
Tableau n°119 :	<i>Particularités de chaque station et évolution entre novembre 2016 et avril 2017</i>	215
Tableau n°120 :	<i>Analyse de la Variance des densités moyennes ichtyologiques (ind./m²) par campagne</i>	221
Tableau n°121 :	<i>Analyse de la Variance des biomasses ichtyologiques (g/m²) moyennes par campagne</i>	222
Tableau n°122 :	<i>Analyse de la Variance des biodiversités 1 ichtyologiques par campagne</i>	223
Tableau n°123 :	<i>Analyse de la Variance des biodiversités 3 ichtyologiques par campagne</i>	224
Tableau n°124 :	<i>Analyse de la Variance des densités moyennes ichtyologiques (ind./m²) par station</i>	225
Tableau n°125 :	<i>Analyse de la Variance des biomasses moyennes ichtyologiques (ind./m²) par station</i>	226
Tableau n°126 :	<i>Analyse de la Variance des biodiversités 1 moyennes ichtyologiques (ind./m²) par station</i>	228
Tableau n°127 :	<i>Analyse de la Variance des biodiversités 3 moyennes ichtyologiques (ind./m²) par station</i>	229
Tableau n°128 :	<i>Récapitulatif de la comparaison temporelle</i>	230
Tableau n°129 :	<i>Récapitulatif de la comparaison spatiale</i>	230
Tableau n°130 :	<i>Comparaisons des variances ichtyologiques entre missions vs entre stations</i>	230
Tableau n°131 :	<i>Test de Friedman (analyses spatiales et temporelles, ichtyologie)</i>	232
Tableau n°132 :	<i>Classement des stations (A) et des missions (B) (ichtyologie)</i>	232
Tableau n°133 :	<i>Clé de cotation des Indices ichtyologiques</i>	233
Tableau n°134 :	<i>Cotation des stations depuis 2007 : IAS (ichtyologie)</i>	234
Tableau n°135 :	<i>Cotation des missions depuis 2007 : IGA (ichtyologie)</i>	234
Tableau n°136 :	<i>Moyennes des paramètres ichtyologiques étudiés (calculées sur l'ensemble des missions) par station</i>	235
Tableau n°137 :	<i>Moyennes des paramètres ichtyologiques étudiés (calculées sur l'ensemble des stations), par mission</i>	235
Tableau n°138 :	<i>Cotation des missions depuis 2007 par rapport à l'IGA (Ichtyologie)</i>	236
Tableau n°139 :	<i>Invertébrés inscrits sur la liste UICN et échantillonnés en avril 2017</i>	246
Tableau n°140 :	<i>Extrait de la liste des espèces endémiques, rares ou menacées en Province Sud,</i>	

potentiellement présentes sur la zone d'étude	249
Tableau n°141 : Classement par groupes des stations (ichtyologie).....	256
Tableau n°142 : Classement des missions (IGA) depuis 2007.....	258
Annexe 01 : Tableau a : Catégories et composantes de substrat retenues pour l'échantillonnage et le traitement des données	271
Annexe 01 : Tableau b : Liste des poissons indicateurs	272
Annexe 02 : Tableau a : Rapport de plongée.....	274
Annexe 02 : Tableau b : Corrections des marées	274
Annexe 02 : Tableau c : Agenda des marées (corrigées selon le lieu)	274
Annexe 03 : Tableau a : Recouvrement du substrat (en %) pour toutes les catégories.....	275
Annexe 03 : Tableau b : Répartition du recouvrement (en %) du substrat, partie biotique/abiotique.....	275
Annexe 04 : Tableau a : Inventaire des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations baie de Prony et du canal Woodin)	276
Annexe 04 : Tableau b : Inventaire des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah).....	277
Annexe 04 : Tableau c : Richesse spécifique des biocénoses* benthiques par groupes et transect (*hors coraux durs).....	279
Annexe 04 : Tableau d : Richesse spécifique des biocénoses* benthiques par groupes et station (*hors coraux durs).....	280
Annexe 04 : Tableau e : Richesse spécifique du macrobenthos par site.....	280
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)	280
Annexe 04 : Tableau g : Liste des espèces cibles (CdC DENV) et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah).....	281
Annexe 05 : Tableau a : Définitions des catégories UICN.....	282

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 schématique 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 (ST01).....	41
Figure n°08 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST01).....	43
Figure n°09 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques 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 (ST02).....	51
Figure n°14 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02).....	54
Figure n°15 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02) ..	54
Figure n°16 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03A.....	59
Figure n°17 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03B.....	59
Figure n°18 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C.....	59
Figure n°19 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST03)	60
Figure n°20 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST03).....	65
Figure n°21 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03).....	67
Figure n°22 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST03) ..	67
Figure n°23 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04A.....	72
Figure n°24 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04B.....	72
Figure n°25 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04C.....	72



Figure n°26 :	Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST04).....	73
Figure n°27 :	Richesse spécifique par famille de poissons (ST04).....	80
Figure n°28 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04).....	82
Figure n°29 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST04) ..	82
Figure n°30 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05A.....	86
Figure n°31 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05B.....	86
Figure n°32 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05C.....	86
Figure n°33 :	Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST05).....	87
Figure n°34 :	Richesse spécifique par famille de poissons (ST05).....	94
Figure n°35 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05).....	96
Figure n°36 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST05) ..	96
Figure n°37 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06A.....	100
Figure n°38 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06B.....	100
Figure n°39 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06C.....	100
Figure n°40 :	Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST06).....	101
Figure n°41 :	Richesse spécifique par famille de poissons (ST06).....	107
Figure n°42 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06).....	109
Figure n°43 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST06) ..	109
Figure n°44 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07A.....	113
Figure n°45 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07B.....	113
Figure n°46 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07C.....	113
Figure n°47 :	Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST07)	114
Figure n°48 :	Richesse spécifique par famille de poissons (ST07).....	120
Figure n°49 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07).....	122
Figure n°50 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST07) ..	122
Figure n°51 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08A.....	127
Figure n°52 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08B.....	127
Figure n°53 :	Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST08)	128
Figure n°54 :	Richesse spécifique par famille de poissons (ST08).....	133
Figure n°55 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08).....	135
Figure n°56 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST08) ..	135
Figure n°57 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09A.....	139
Figure n°58 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09B.....	139
Figure n°59 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09C.....	139
Figure n°60 :	Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST09)	140
Figure n°61 :	Richesse spécifique par famille de poissons (ST09).....	146
Figure n°62 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09).....	148
Figure n°63 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST09) ..	148
Figure n°64 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11A.....	153
Figure n°65 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11B.....	153
Figure n°66 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C.....	153
Figure n°67 :	Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST11)	154
Figure n°68 :	Richesse spécifique par famille de poissons (ST11).....	160
Figure n°69 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11).....	162
Figure n°70 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST11) ..	162
Figure n°71 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12A.....	167
Figure n°72 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12B.....	167
Figure n°73 :	Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST12)	168
Figure n°74 :	Richesse spécifique par famille de poissons (ST12).....	174
Figure n°75 :	Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12).....	175
Figure n°76 :	Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2009 (ST12) ..	175
Figure n°77 :	Représentation du recouvrement (en %) du substrat partie biotique/abiotique	176

Figure n°78 :	Richesse taxonomique du benthos dans 2 groupes clés	180
Figure n°79 :	Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal de la Havannah	181
Figure n°80 :	Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal Woodin	182
Figure n°81 :	Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour la baie de Prony	182
Figure n°82 :	Assemblage des invertébrés (hors coraux durs) et des macrophytes par groupe pour les trois sites	184
Figure n°83 :	Richesse spécifique des biocénoses* benthiques selon les groupes par station	184
Figure n°84 :	Richesse spécifique des biocénoses* benthiques selon les groupes par transect	185
Figure n°85 :	Richesse spécifique de l'ichtyofaune par station	187
Figure n°86 :	Densité (nb ind/m ²) de l'ichtyofaune par station	187
Figure n°87 :	Biomasse (g/m ²) de l'ichtyofaune par station	187
Figure n°88 :	Abondance semi quantitative (1 à 5) d' <i>Asparagopsis taxiformis</i> et de <i>Lobophora variegata</i> entre septembre 2013 et avril 2017.....	189
Figure n°89 :	Valeur de la richesse spécifique moyenne des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010.....	197
Figure n°90 :	Valeur de la richesse spécifique moyenne des macrophytes depuis 2010	201
Figure n°91 :	Abondance semi-quantitative (1 à 5) des principales espèces cibles depuis septembre 2013...	208
Figure n°92 :	Comparaison du recouvrement de corail blanchi, par transect, depuis 2012	212
Figure n°93 :	Comparaison des richesses spécifiques (invertébrés, hors coraux durs), par transect, depuis 2010	213
Figure n°94 :	Comparaison des richesses spécifiques (macrophytes), par transect, depuis 2010.....	213
Figure n°95 :	Evolution des densités ichtyologiques moyennes depuis 2007, par campagne.....	222
Figure n°96 :	Evolution des biomasses ichtyologiques moyennes depuis 2007, par campagne	223
Figure n°97 :	Evolution des biodiversités 1 ichtyologiques moyennes depuis 2007, par campagne	224
Figure n°98 :	Evolution des biodiversités 3 ichtyologiques moyennes depuis 2007, par campagne	225
Figure n°99 :	Evolution des densités ichtyologiques moyennes depuis 2007, par station	226
Figure n°100 :	Evolution des biomasses ichtyologiques moyennes depuis 2007, par station.....	227
Figure n°101 :	Evolution des biodiversités 1 ichtyologiques moyennes depuis 2007, par station.....	228
Figure n°102 :	Evolution des biodiversités 3 ichtyologiques moyennes depuis 2007, par station.....	229
Figure n°103 :	Météorologie dans la zone d'étude durant le mois de mars 2015.....	240
Figure n°104 :	Trajectoire du cyclone Winston entre le 22 et le 26 février 2016.....	241
Figure n°105 :	Cartes des anomalies de température de surface de la mer dans le Pacifique, début 2016..	242
Figure n°106 :	Trajectoire des cyclones Cook et Donna (début 2017).....	243
Figure n°107 :	Ecarts des valeurs obtenues en avril 2017 à chaque station, avec la moyenne sur 2007-2017 (Ichtyologie)	257
Figure n°108 :	Ecarts par mission des résultats ichtyologiques en avril 2017 de l'ensemble des stations, avec la moyenne sur 2007-2017 (Ichtyologie)	257
Figure n°109 :	Exemple de schéma descriptif d'une station	260
Annexe 05 : Figure a :	Classification de la liste rouge UICN.....	282

Liste des Cartes

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)	57
Carte n°06 :	Localisation de la station 04 (Woodin).....	70
Carte n°07 :	Localisation de la station 05 (Ioro)	84
Carte n°08 :	Localisation de la station 06 (Ionontea)	98
Carte n°09 :	Localisation de la station 07 (Basse Chambeyron)	111
Carte n°10 :	Localisation de la station 08 (Pointe Puka).....	125
Carte n°11 :	Localisation de la station 09 (Bancs Kié)	137
Carte n°12 :	Localisation de la station 11 (Toémo)	151



Carte n°13 :	Localisation de la station 12 (Ilot Ugo).....	165
Carte n°14 :	Résultats généraux : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station de la baie de Prony – canal Woodin.....	191
Carte n°15 :	Résultats généraux : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station pour le canal de la Havannah.....	192

Liste des Photos

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).....	56
Photo n°12 :	Position en surface par rapport aux structures portuaires (ST03).....	57
Photo n°13 :	Vue d'ensemble des transects (ST03).....	58
Photo n°14 :	Position en surface par rapport à la côte (ST04).....	70
Photo n°15 :	Vue d'ensemble des transects (ST04).....	71
Photo n°16 :	Position en surface par rapport au feu signal (ST05).....	84
Photo n°17 :	Vue d'ensemble des transects (ST05).....	85
Photo n°18 :	Position en surface (ST06).....	98
Photo n°19 :	Vue d'ensemble des transects (ST06).....	99
Photo n°20 :	Position en surface (ST07).....	111
Photo n°21 :	Vue d'ensemble des transects (ST07).....	112
Photo n°22 :	Position en surface par rapport à la côte (ST08).....	125
Photo n°23 :	Vue d'ensemble des transects (ST08).....	126
Photo n°24 :	Position en surface (ST09).....	137
Photo n°25 :	Vue d'ensemble des transects (ST09).....	138
Photo n°26 :	Position en surface par rapport à la côte (ST11).....	151
Photo n°27 :	Vue d'ensemble des transects (ST011).....	152
Photo n°28 :	Position en surface par rapport à la côte (ST12).....	165
Photo n°29 :	Vue d'ensemble des transects (ST12).....	166
Photo n°30 :	Evolution du blanchissement sur les 4 dernières missions (ST04A).....	205
Photo n°31 :	Station 08 : fin de transect A : 3 autres piquets formant un quadrat.....	259

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 puis en avril et novembre 2016 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 avril -mai 2017 (S15 et 18) 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.

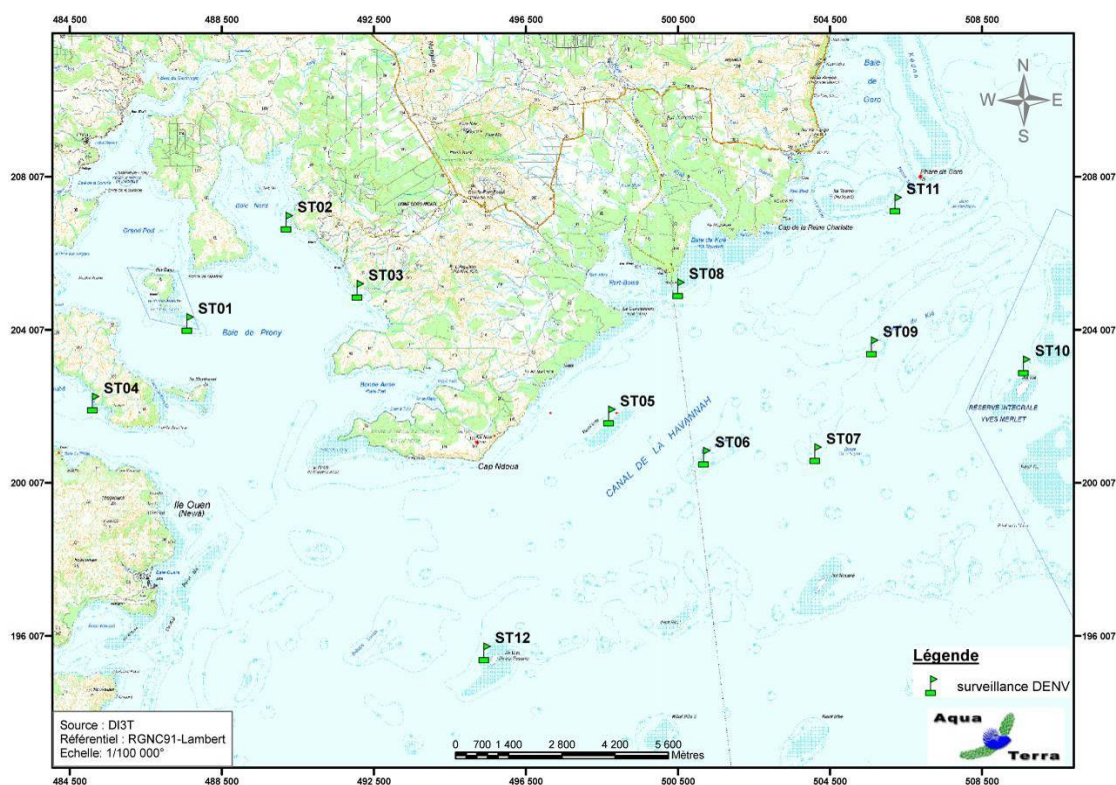
3.1 Zone d'étude

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.

Pour cette mission, la ST10 n'a pas été échantillonnée sur demande du Client (qui était en accord avec la DENV).

Il faut signaler que cette station est située dans la réserve Merlet et constitue ainsi la seule station pouvant être considérée comme une véritable référence : pour cette mission, 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.

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	Ilôt 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](#).

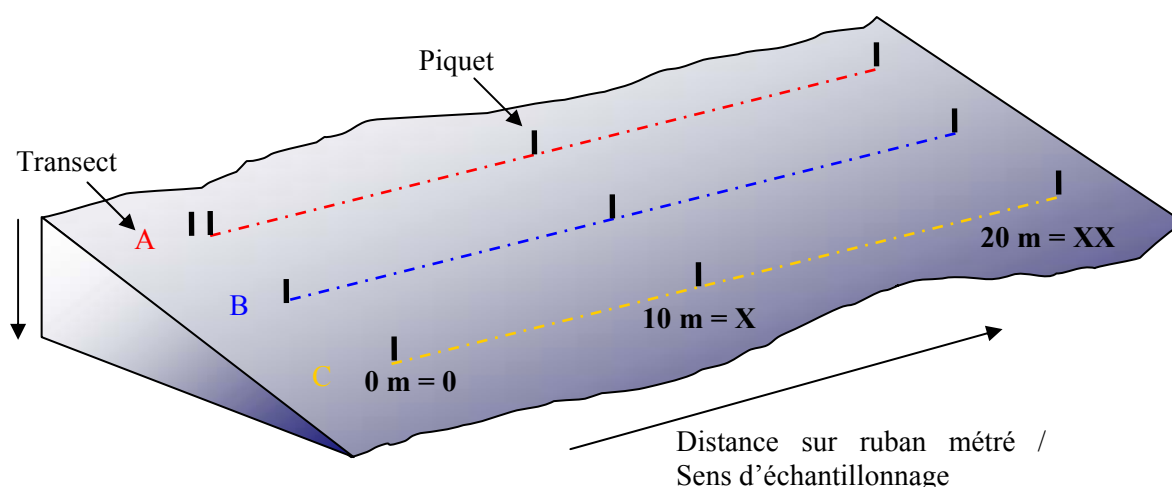


Figure n°01 : Schéma théorique d'une station composée de 3 transects (A, B, C), de 20 m de long

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.

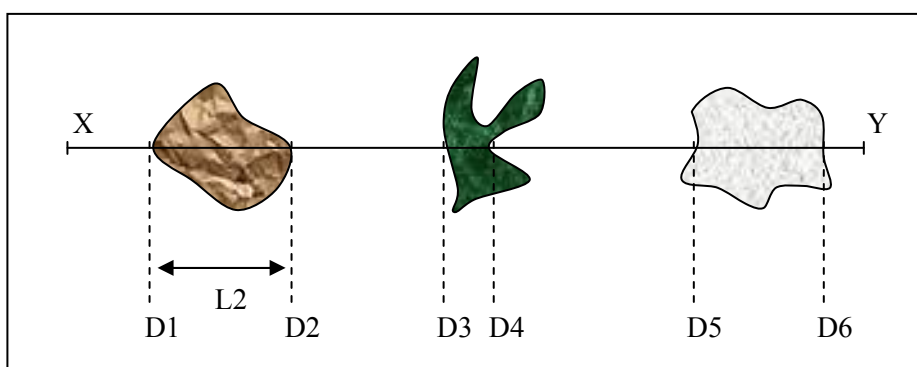


Figure n°02 : Diagramme schématisique d'un transect

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 cliones (abondance),
- les bénitiers et les trocas (abondance).

Prestations complémentaires

1/ Listes d'inventaire détaillées et détermination au niveau taxonomique le plus bas possible

Par rapport au cahier des charges, le travail d'inventaire a été approfondi :

L'objectif proposé est de caractériser les assemblages et d'identifier les invertébrés et la flore benthiques qui contribuent le plus à la composition caractéristique unique de chaque récif.

Ainsi, la liste d'inventaire a été largement augmentée par rapport au cahier des charges. Les grands groupes d'organismes macrobenthiques (et non que les taxons cibles) ont été étudiés et leur identification a été réalisée au niveau taxonomique le plus bas possible *in situ* (sans prélèvement).

Jusqu'en novembre 2016, l'échantillonnage des stations comprenait donc : les communautés biotiques (les coraux durs dont les coraux scléractiniaires, les autres invertébrés et les macrophytes) et une description géomorphologique (le substratum).

Pour cette mission : suite aux restrictions budgétaires, Vale NC n'a pas élargie outre mesure les demandes du cahier des charges et les scléractiniaires ainsi que le substratum n'ont pas été étudiés.

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

- Scléractiniaires, Millépores, Antipathaires, Gorgones, Stolonifères (coraux durs),
- Alcyonaires (coraux mous),
- Algues (macrophytes),
- Spongiaires,
- Ascidiées,
- 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 scléractiniaires, 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. Pour cette mission : 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) (*plus depuis cette mission*)
- 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).

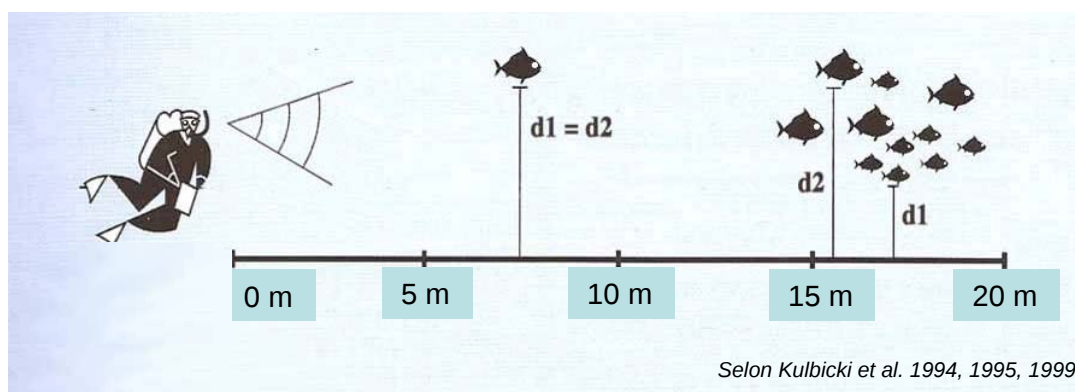


Figure n°03 : Comptage visuel des poissons : méthode des transects à largeur variable

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 précédent [[nov0216](#)].

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 en deux temps du fait des conditions météorologiques qui ont interrompu la 1^{ère} phase : du 13 au 15 avril 2017 (semaine 15) et du 4 au 6 mai 2017 (semaine 18).

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 a 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 scléractiniaires entre 2 missions
- Les particularités et commentaires des biocénoses benthiques
- La liste d'espèces classées sur la liste rouge de l'UICN
- L'analyse des indicateurs de l'état de santé des récifs :
 - a) Coraux scléractiniaires (recrutement, mortalité, maladies),
 - b) Blanchissement corallien en termes de nombre d'espèces et de recouvrement (en %),
 - c) Espèces cibles (a minima Cyanobactéries, *Drupella cornus*, *Acanthaster planci*, *Culcita novaeguineae*, *Cliona orientalis* et *C. jullieni*).

Les données sont comparées aux missions précédentes.

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

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



Genre espèce	Identification se référant à la liste taxonomique
sp.	Spécimen sans identification spécifique
spp.	Plusieurs spécimens du même genre mais pas de la même espèce sans identification spécifique
• Evolution de la richesse spécifique des Coraux* et des Biocénoses*	
Genre sp. (+n spp.)	n espèce(s) du genre cité ont nouvellement été recensée(s)
Genre sp. (-n spp.)	n espèce(s) du genre cité ont disparu
• Variation d'abondance « A »	
Ai	L'espèce est abondante au degré « i » compris entre A1 à A5
ΔA_i /+ x	L'espèce est abondante au degré « i » mais a augmenté d'abondance de «+x» degré(s) depuis la mission précédente
ΔA_i /- x	L'espèce est abondante au degré « i » mais a diminué d'abondance de «-x» degré(s) depuis la mission précédente
• Blanchissement corallien « B »	
n blanchies	Nombre d'espèce(s) blanchie(s)
% d'espèces blanchies	(n espèces scléractiniaires blanchies / n espèces scléractiniaires)*100
Bi	L'espèce est blanchie au degré « i » compris entre B1 à B5
• Evolution du nombre d'espèce(s) blanchie(s)	
N	Espèce nouvellement blanchie depuis à la mission précédente
+n spp. B*	Augmentation du nombre d'espèces blanchies au sein d'un genre
-n spp. B*	Diminution du nombre d'espèces blanchies au sein d'un genre
• Evolution du degré de blanchissement	
ΔB +i	Le blanchissement de l'espèce a augmenté de « i » degré(s) depuis la mission précédente (le degré actuel apparait dans les espèces blanchies)
ΔB -i	Le blanchissement de l'espèce a diminué de « i » degré(s) depuis la mission précédente (le degré actuel apparait dans les espèces blanchies)
∞	Espèce toujours blanchie mais pas de changement par rapport à la dernière mission
$\emptyset B$	L'espèce n'est plus blanchie par rapport à la mission précédente

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

Pour cette mission : suite aux restrictions budgétaires, Vale NC n'a pas élargie outre mesure les demandes du cahier des charges et les scléractiniaires n'ont pas été étudiés. La liste des biocénoses et leur description ne concernent que les invertébrés hors coraux durs.



Approche statistique

L'approche statistique s'est intéressée à la variation de la biodiversité α dans le temps, en considérant que la biodiversité α d'une station la caractérise.

Ce rapport présente les résultats obtenus lors de la dernière mission sur le peuplement benthique (coraux à exosquelette, invertébrés hors coraux durs et macrophytes) et les 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
Anthiinae	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 précédent [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'Équitabilité équivaut à la répartition des effectifs entre S espèces présentes. L'indice varie entre 0 et 1. Il tend vers 0 quand la quasi-totalité des effectifs appartient à 1 seule espèce. Il tend vers 1 lorsque toutes les espèces ont la même abondance. Il est calculé en fonction de l'indice de Shannon (il est donc l'indice de Shannon de la zone exprimé relativement à sa valeur maximale, celle qu'il pourrait au maximum avoir sur cette zone et qui correspond à la situation où toutes les espèces présentes sont en effectif identique).

La biodiversité est une donnée semi-quantitative

On définit 3 niveaux de biodiversité :

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

$$B\alpha_i = n_i$$

La biodiversité β (B_β) est la diversité des valeurs de diversités α ;

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

$$B_\gamma = \cup B_{\alpha i}$$



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 richesse spécifique et le recouvrement corallien sont relativement faibles, les colonies coralliennes juvéniles observées au mois de septembre 2010 continuent de croître. La taille des colonies coralliennes scléractiniaires reste de taille décimétrique (*Pocillopora damicornis*, *Barabattoia amicorum*, *Galaxea fascicularis*, *Acanthastrea echinata*, *Goniastrea* cf. *pectinata*). Seuls les genres *Acropora* de forme tabulaire et une colonie de *Lobophyllia corymbosa* réussissent à s'édifier et dépasser la taille métrique.

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 avril 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)



Variations entre novembre 2016 et avril 2017

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 9% au transect A et 4.5% en B
- - ➤ Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015* : 0.15% ; *Avril 2016* : 2.6% ; *Novembre 2016* : 0.6% ; *Avril 2017* : 1.9% (lié à *Acanthaster planci*)
- Lésions coralliennes : les colonies blanchies (3.5 m²) sont mortes en place et sans polype. Elles ont été mangées par les *Acanthaster planci*.
Absence de la maladie de la bande blanche (anciennes colonies affectées sont mortes en place).
De plus, quelques colonies supplémentaires sont mortes en place suite au blanchissement corallien du début d'année 2016
- Perturbations sédimentaires : RAS pour cette mission, absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes

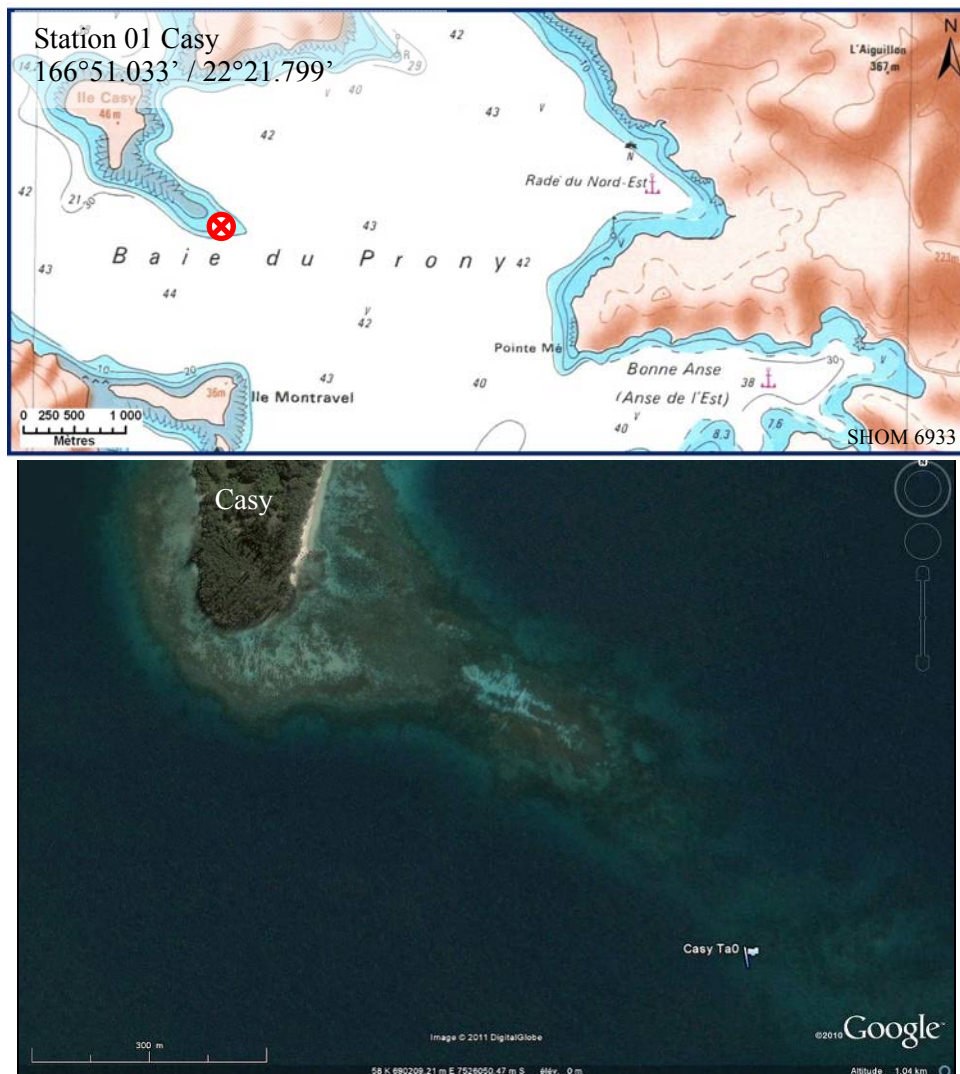
Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : recouvrement en baisse (niveau 2 et 0). 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
- Algues brunes *Lobophora* : le recouvrement est modéré (niveau 2) et stable
- Algues rouges *Asparagopsis taxiformis* : absente
- *Cliona orientalis* : stable et diminution au transect A (niveau 2)
- *Cliona jullieni* : stable et diminution au transect B (niveau 2)

Les corallivores :

- Absence de *Culcita novaeguineae*
- Présence de 12 spécimens d'*Acanthaster planci* en A (prolifération)
- Absence de *Drupella cornus*





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

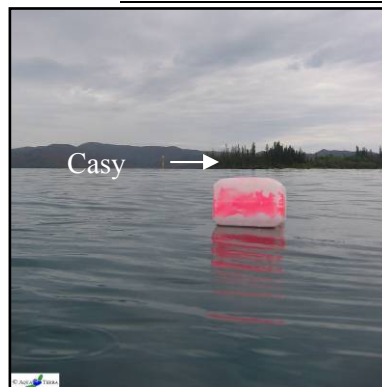
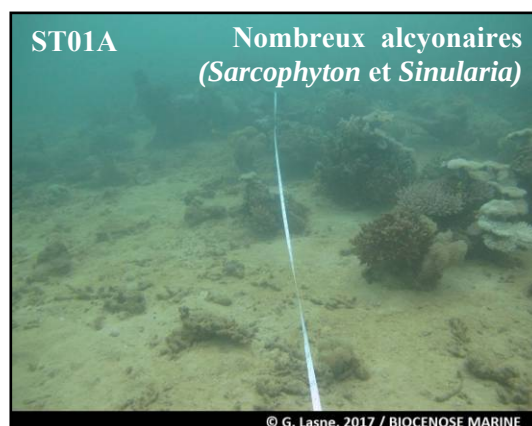
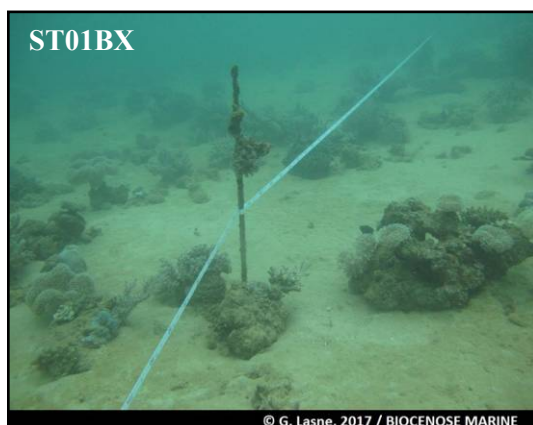


Photo n°07 : Position en surface par rapport à la pointe sud de l'îlot (ST01)



Pente sédimentaire avec nombreux massifs coralliens et alcyonnaires



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.

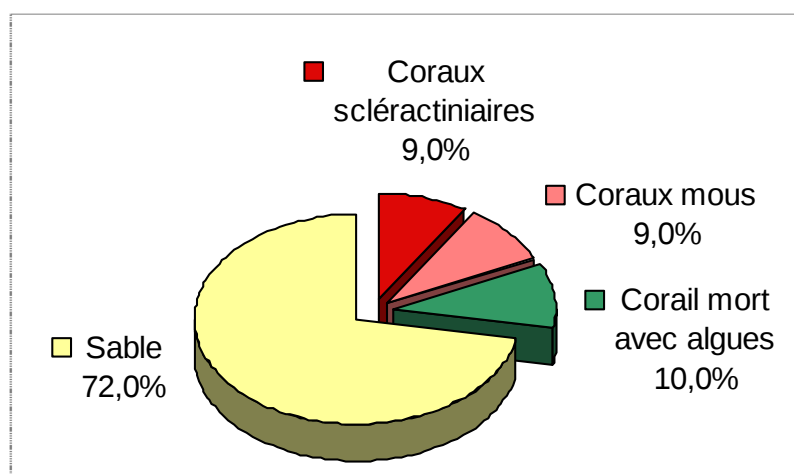


Figure n°04 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01A

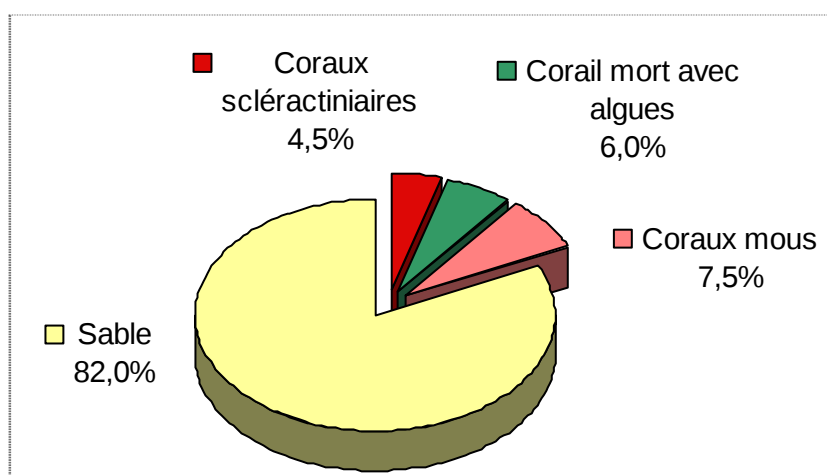


Figure n°05 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST01B

Le sable est prédominant avec respectivement 72% et de 82% 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 est constant au transect B (4.5%), mais réaugmente légèrement au A (9% vs 4,5% la mission précédente). 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.

Les cyanobactéries sont totalement absentes pour cette mission.

Les transects sont stables dans l'ensemble.

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

- **43 espèces d'invertébrés** dont 9 espèces de mollusques ; 8 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), zoanthaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon) ; 16 espèces d'échinodermes : holothurides (5 taxons), astéries (4 taxons), échinides (4 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies
- **5 espèces de macrophytes** : algues vertes (3 taxons), algues brunes (2 taxons)
- **1 espèce de cyanobactérie**.

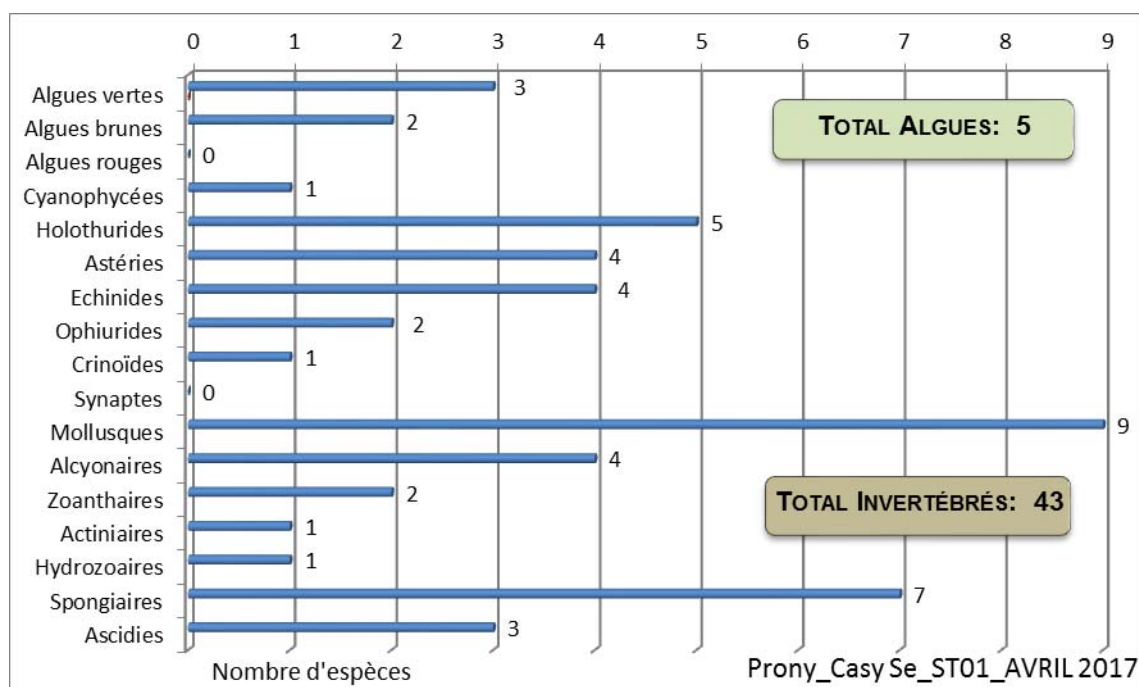


Figure n°06 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST01)

4.1.2.1 Benthos Transect 01 A

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

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

Tableau n°11 : Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST01A)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 4 espèces d'algues disparues, dont 2 espèces d'algues brunes : • <i>Sargassum</i> sp. (A0/-2), • <i>Turbinaria ornata</i> (A0/-2) ; et 2 espèces d'algues vertes : • <i>Caulerpa racemosa</i> (A0/-1), • <i>Codium</i> sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. 2 espèces d'algues diminuent, dont 2 espèces d'algues vertes : • <i>Halimeda</i> sp. (A1/- 1), • <i>Chlorodesmis fastigiata</i> (A1/- 1).
Cyanobactéries	
☒	Une espèce de cyanobactéries diminue d'abondance : • <i>Phormidium</i> sp. (A2/- 1).
Cnidaires	
☒	☒
Echinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➢ pour les holothurides (2 espèces) : • <i>Actinopyga lecanora</i> (A1), • <i>Stichopus herrmanni</i> (A1). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➢ pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Fromia milleporrella</i> (A0/-1) ; ➢ pour les holothurides (-1 espèce) : • <i>Actinopyga palauensis</i> (A0/-1).	2 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : ➢ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Acanthaster planci</i> (A3/+ 2) ; ➢ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria fuscopunctata</i> (A2/+ 1).
Mollusques	
6 espèces de mollusques disparues : ➢ pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Pteria</i> sp. (A0/-2) ; ➢ pour les gastéropodes (-4 espèce) : • <i>Cerithium</i> sp. (A0/-1), • <i>Latirolagena smaragdula</i> (A0/-2), • <i>Lambis lambis</i> (A0/-1), • <i>Trochus niloticus</i> (A0/-1) ; ➢ pour les nudibranches (-1 espèce) : • <i>Cheilidonura inornata</i> (A0/-1).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➢ pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Hyotissa hyotis</i> (A1/-1).
Eponges	
☒	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : • <i>Cliona jullieni</i> (A2/- 1).
Ascidies	
☒	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : • <i>Polycarpa nigricans</i> (A3/- 1).
Bryozoaires	
☒	☒

4.1.2.2 Benthos Transect 01 B

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

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

Tableau n°12 : Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST01B)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 2 espèces d'algues disparues, dont 2 espèces d'algues brunes : • <i>Padina</i> sp. (A0/-2), • <i>Sargassum</i> sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
1 espèce de cyanobactéries disparue : • <i>Phormidium</i> sp. (A0/-2)	☒
Cnidaires	
☒	☒
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : > pour les astéries (1 espèce) : • <i>Nardoa gomophia</i> (A2). 6 espèces d'échinodermes disparues : > pour les astéries (-2 espèce) : • <i>Celerina heffernani</i> (A0/-1), • <i>Fromia indica</i> (A0/-1) ; > pour les échinides (-1 sp) : • <i>Echinometrix diadema</i> (A0/-1) > pour les holothurides (-2 espèce) : • <i>Holothuria atra</i> (A0/-1), • <i>Holothuria edulis</i> (A0/-2) ; > pour les ophiurides (-1 sp) : • <i>Ophiomastix caryophyllata</i> (A0/-2)	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : > pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria fuscopunctata</i> (A2/+ 1).
Mollusques	
3 espèces de mollusques disparues : > pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Pinctada margaritifera</i> (A0/-1) ; > pour les gastéropodes (-2 espèce) : • <i>Conus miles</i> (A0/-1), • <i>Latirolagena smaragdula</i> (A0/-2).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : > pour les gastéropodes (1 espèce) : • <i>Astraea rhodostoma</i> (A1/- 1).
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : • <i>Hamigera strongylata</i> (A2).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : • <i>Cymbastella cantharella</i> (A2/+ 1). Une espèce d'éponges diminue d'abondance : • <i>Cliona orientalis</i> (A2/- 1).
Ascidies	
☒	☒
Bryozoaires	
☒	☒

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	0,02	0,33				0,50	0,01	0,17
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	1	0,02	0,17				0,50	0,01	0,09
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	2	0,03	0,04	3	0,05	0,06	2,50	0,04	0,05
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	1	0,02	0,02				0,50	0,01	0,01
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>				2	0,03	0,14	1,00	0,02	0,07
Epi	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>	1	0,02	5,21				0,50	0,01	2,60
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	2	0,03	3,89				1,00	0,02	1,94
Gob	<i>Amblygobius phalaena</i>	1	0,02	0,04	1	0,02	0,04	1,00	0,02	0,04
Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	2	0,03	0,67	2	0,03	1,15	2,00	0,03	0,91
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	1	0,02	1,13				0,50	0,01	0,56
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	4	0,07	0,68	4	0,07	0,46	4,00	0,07	0,57
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>				3	0,05	0,73	1,50	0,03	0,36
Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>	8	0,13	0,33				4,00	0,07	0,17
Pom	<i>Chromis viridis</i>	20	0,33	0,18				10,00	0,17	0,09
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	10	0,17	0,09				5,00	0,08	0,05
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>	10	0,17	0,09				5,00	0,08	0,05
Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>	20	0,33	0,18	20	0,33	0,18	20,00	0,33	0,18
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	30	0,50	0,27	20	0,33	0,18	25,00	0,42	0,23
Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>	50	0,83	0,45	30	0,50	0,27	40,00	0,67	0,36
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	10	0,17	0,21				5,00	0,08	0,11
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>	4	0,07	2,93	2	0,03	1,46	3,00	0,05	2,20
Sca	<i>Scarus ghobban</i>	1	0,02	1,13				0,50	0,01	0,56
Sig	<i>Siganus doliatus</i>	2	0,03	0,67				1,00	0,02	0,33
Sig	<i>Siganus vulpinus</i>	4	0,07	0,68				2,00	0,03	0,34
Total		185	3,08	19,39	87	1,45	4,68	136,0	2,27	12,04
Biodiversité		22			10			24		
Indice de Shannon =		3,342								
Equitabilité =		0,729								

Sur l'ensemble des transects de la station, 272 individus appartenant à 24 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 2.27 poisson/m² pour une biomasse de 12 g/m².

75 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. [tableau 14](#)).

Tableau n°14 : *Liste des espèces complémentaires (ST01)*

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	Poc	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>
Aca	<i>Acanthurus nigricans</i>	Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>	Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>

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

Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Gob	<i>Amblygobius phalaena</i>	Pom	<i>Chromis viridis</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Gra	<i>Diploprion bifasciatum</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Apo	<i>Apogon doederleini</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Apo	<i>Apogon fucata</i>	Lab	<i>Cheilinus fasciatus</i>	Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>
Apo	<i>Archamia leai</i>	Lab	<i>Cheilinus trilobatus</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Apo	<i>Cheilodipterus macrodon</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon melas</i>
Apo	<i>Cheilodipterus quinquelineatus</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Pomacentrus adelus</i>
Apo	<i>Ostorhinchus aureus</i>	Lab	<i>Halichoeres melanurus</i>	Pom	<i>Pomacentrus amboinesis</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Halichoeres ornatissimus</i>	Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopoeion</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lab	<i>Hologymnosus doliatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus simsiang</i>
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	Lab	<i>Labropsis xanthonota</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Lab	<i>Oxycheilinus unifasciatus</i>	Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	Sca	<i>Scarus niger</i>
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	Nem	<i>Pentapodus aureofasciatus</i>	Sca	<i>Scarus rivulatus</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Cha	<i>Chaetodon unimaculatus</i>	Ost	<i>Ostracion cubicus</i>	Sca	<i>Scarus spinus</i>
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	Ple	<i>Assessor macneilli</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Dus	<i>Spratelloides gracilis</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Epi	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	Sph	<i>Sphyaena barracuda</i>

Le nombre d'espèces pour chaque famille 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 ichthyologique par mission (ST01)*

Familles	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
Acanthuridae	2	1	1	0	1	0	0	2	1	0	0	4	2	2	1	1	1	2
Anthiinae	0	0	0	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Balistidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0
Blenniidae	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0
Caesionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0
Canthigasteridae	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0
Chaetodontidae	1	0	0	1	0	0	0	0	1	4	0	1	3	4	1	0	6	3
Epinephelinae	2	1	0	1	0	1	1	0	0	1	0	2	2	4	1	2	3	2
Gobiidae	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Labridae	1	2	2	2	2	3	3	2	1	3	2	2	2	2	3	4	3	3
Microdesmidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Mullidae	1	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Nemipteridae	0	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	1	1	1	1
Pomacanthidae	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0
Pomacentridae	4	2	5	4	4	5	4	3	5	3	4	7	5	8	8	8	8	8
Pseudochromidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Scaridae	2	0	0	1	1	1	1	1	2	2	1	1	2	2	1	1	3	2

Siganidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	1	0	2	0	0	0	2
Total espèces	16	9	11	13	11	12	13	8	12	18	9	20	21	30	19	20	28	24
Total familles	10	7	6	9	7	8	8	4	7	10	5	9	11	13	10	9	10	9

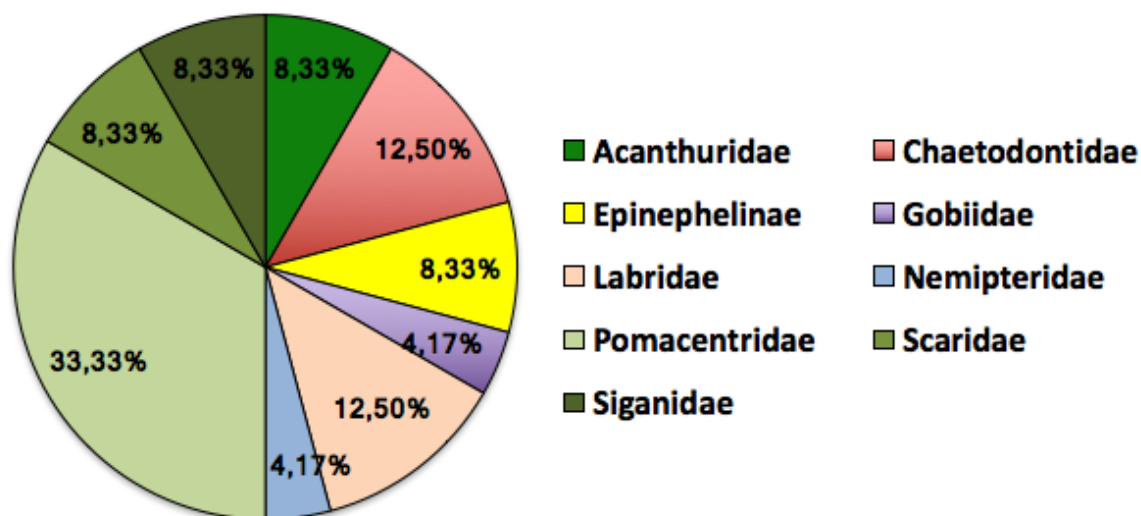


Figure n°07 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST01)

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	209	289	352	09/18

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	2 651,7	0,8	88,6	42,3	108,8	241,7
Ecart type	51,5	0,9	9,4	6,5	10,4	15,5
Moyenne	68,3	1,2	11,3	16,4	34,6	58,7
Coef. de Var.	0,8	0,8	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 a	Transect A	185	3,08	19,39	22		
	Transect B	87	1,45	4,68	10		
	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 n'a pas sensiblement changée bien que nombre des espèces a changé. Toutefois les nouvelles espèces ont déjà toutes été repérées par le passé, ce qui laisse penser qu'au bout des dix années de surveillance l'ensemble des espèces possible de la station sont est très proches d'avoir été décrites.
- Le nombre d'espèces de la liste DENV et présentes sur les transects ne représentent que le 1/3 des espèces totales.
- La plupart des espèces sont représentées par des juvéniles.
- La biomasse est restée à peu près similaire.
- Les espèces de Chaetodontidae sont deux fois moins nombreuses et le nombre de Pomacentridae n'a pas changé.
- Tous les paramètres ont des valeurs supérieures à la moyenne.
- 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.
- 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 beaucoup plus stables, notamment la biodiversité 3.

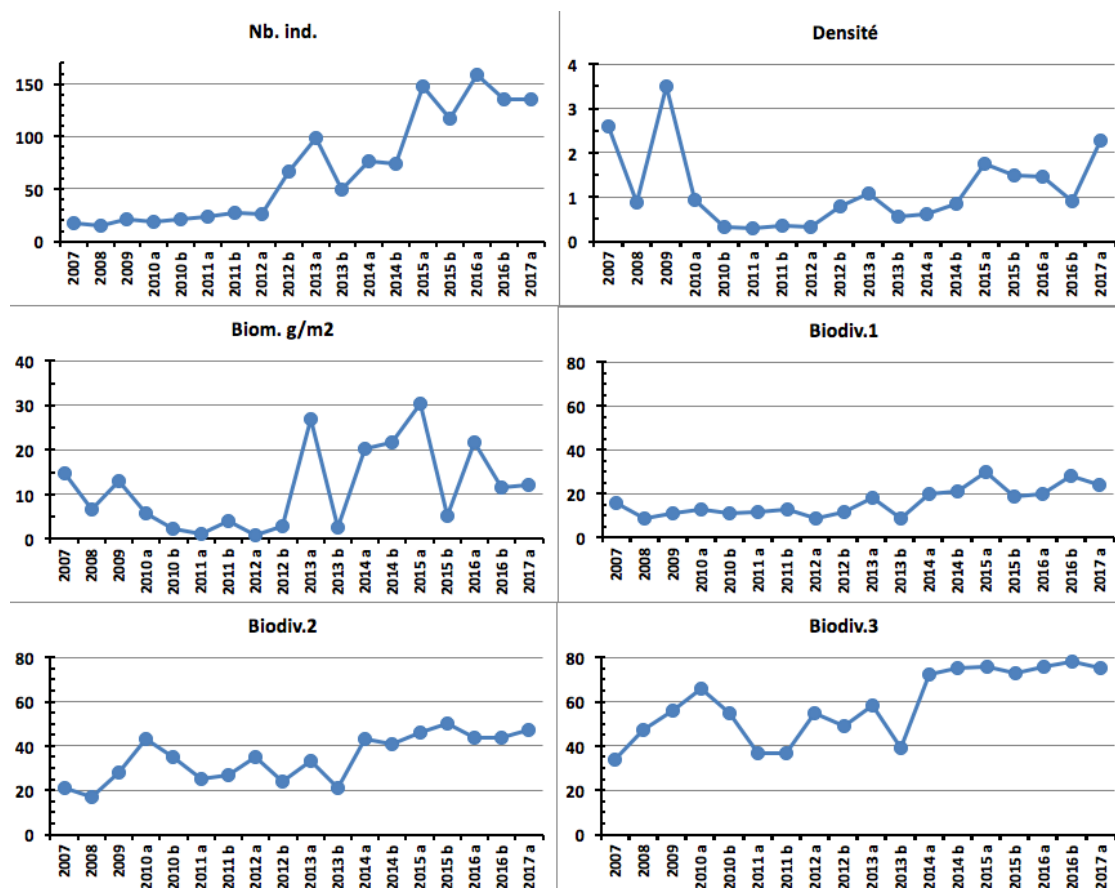


Figure n°08 : *Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST01)*

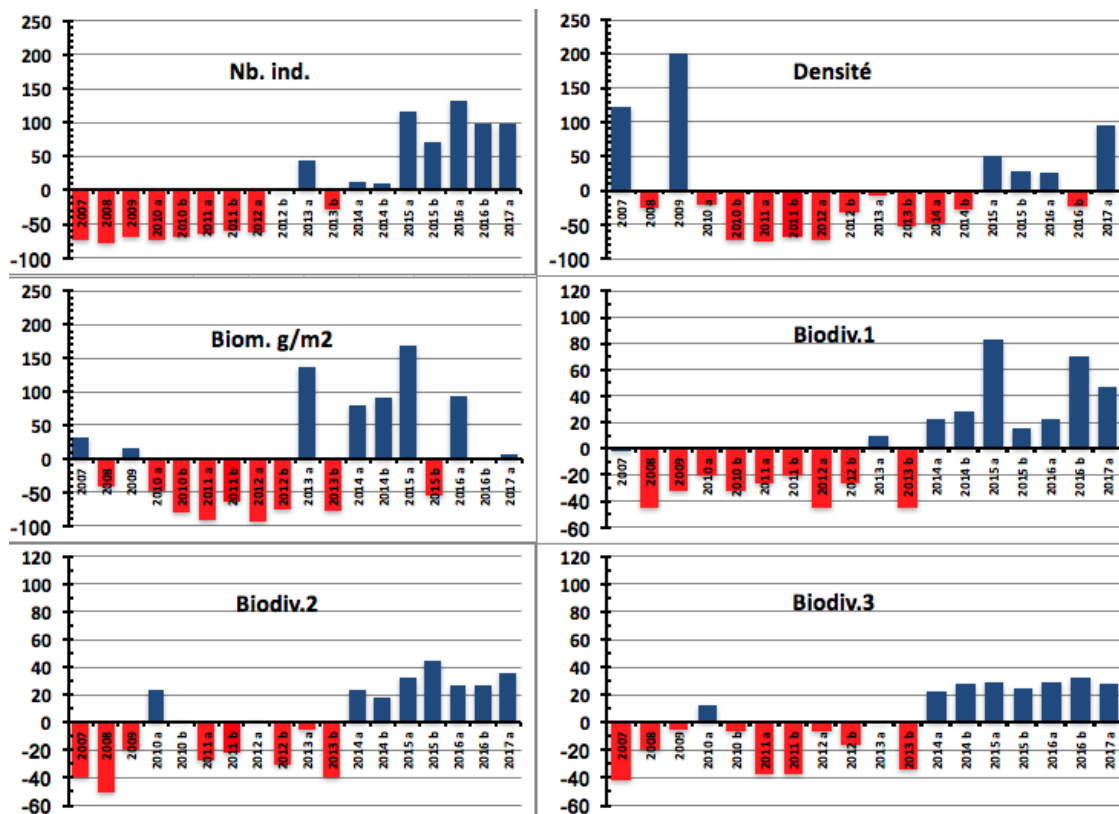


Figure n°09 : *Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST01)*

4.2 Station 02 = Creek baie nord

Localisation géographique	Au sud de l'embouchure du creek de la Baie nord, à proximité d'un petit récif (langue récifale), face à un amas rocheux sur la plage (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 corallienne 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 novembre 2016 et avril 2017

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 28% au transect A et 22% en B
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015* : 0.23% ; *Avril 2016* : 3.35% ; *Novembre 2016* : 0.15% ; *Avril 2017* : 0.35%.
- Lésions coralliennes : maladie de la bande (1 colonie d'*Acropora* tabulaire), quelques taches noires (hypermycose endolithique) induites par la sédimentation. De plus, suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place
- Perturbations sédimentaires : fine couche sédimentaire sur les colonies coralliennes

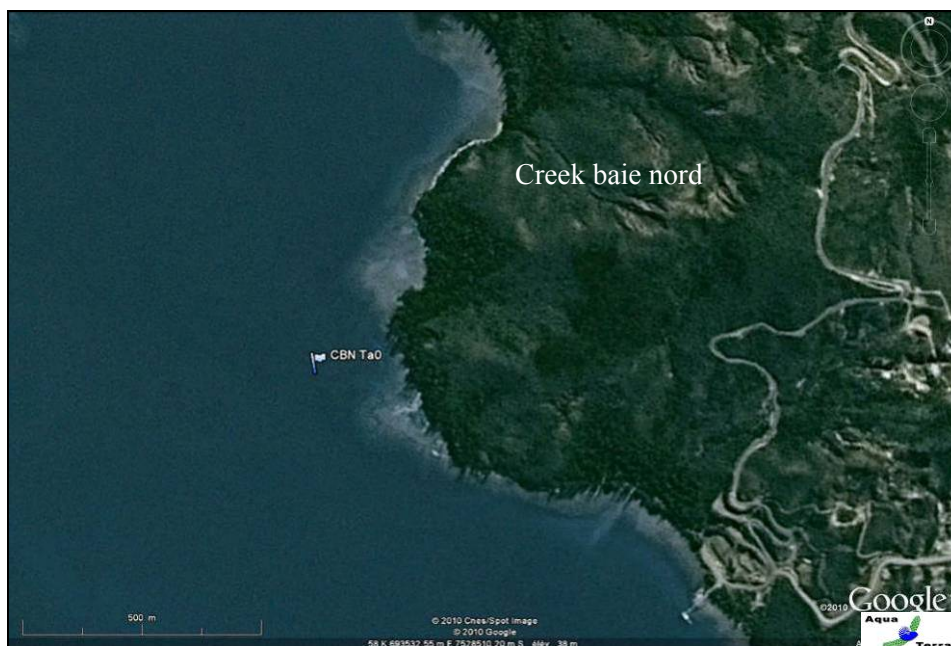
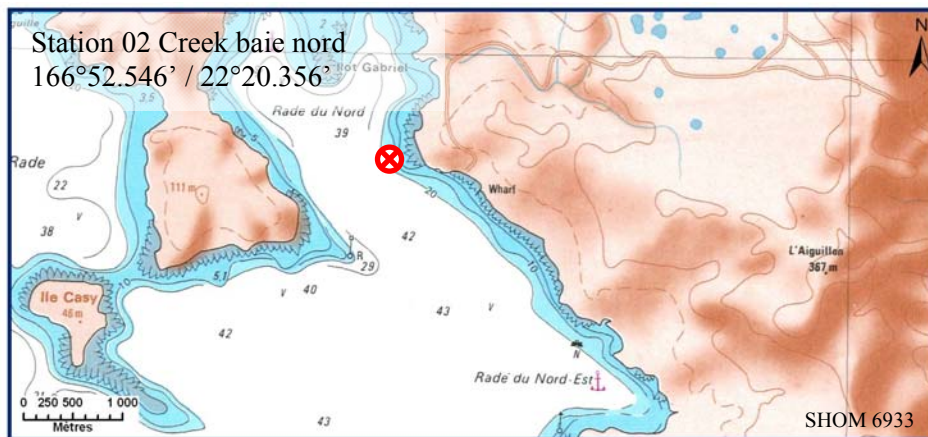
Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : recouvrement en diminution pour A (niveau 2) et stable en B. 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* : diminution aux 2 transects (niveau 2)
- *Cliona jullieni* : stable et diminution au transect B (niveau 2)

Les corallivores :

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





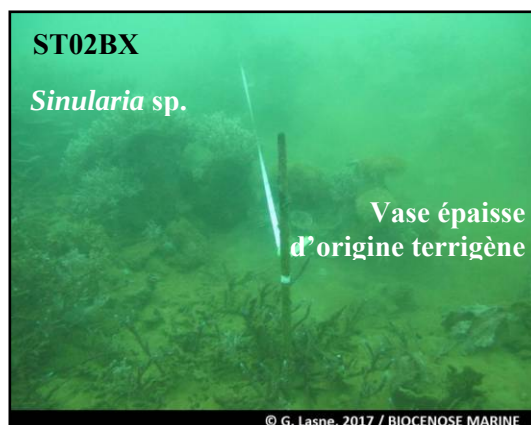
Carte n°04 : Localisation de la station 02 (Creek baie nord)



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.

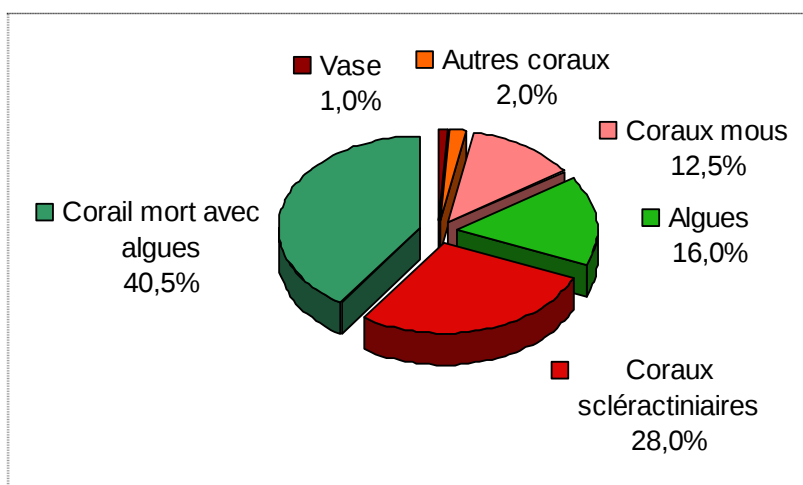


Figure n°10 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02A

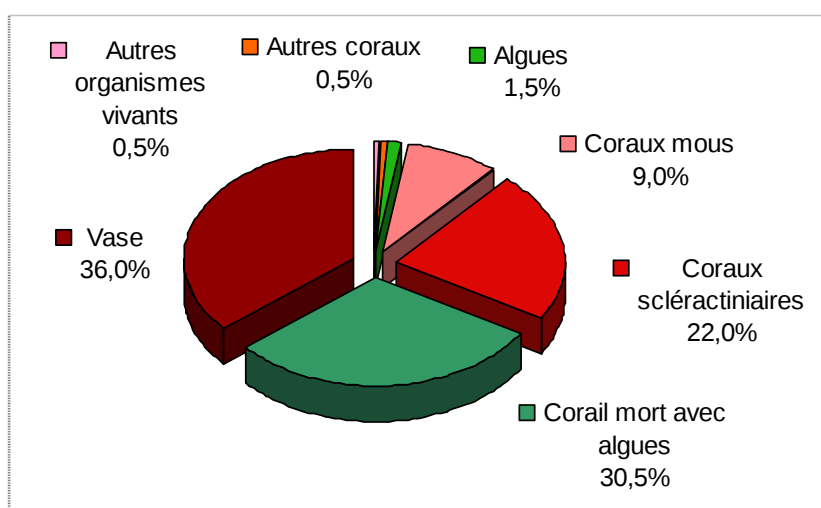


Figure n°11 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST02B

Le transect A est caractérisé par un substrat fortement biotique (99%). **Les dégradations enregistrées lors de la mission de début d'année 2016 ont cessé.** Le recouvrement des coraux scléactiniaires reste bas, mais stable (28% 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 absentes.

Au transect B, pour cette mission, l'inversion des répartitions abiotiques / biotiques a disparu et le substrat est à nouveau majoritairement biotique (64%). Cela est due à l'augmentation de la classe « corail mort recouvert d'algues » (30.5% vs 7,5%) et au retour aux valeurs historiques du recouvrement en scléactiniaires (22% vs 11%). Il n'y a plus de cyanobactérie depuis 4 missions.

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

La mission d'avril 2016 avait permis d'observer sur le transect A une mortalité élevée des coraux qui était accompagnée d'un développement important des cyanobactéries. Depuis 2 missions, le transect A est stabilisé avec disparition des indicateurs de mauvais état de santé (blanchissement, cyanobactéries, ...).

Pour le transect B aucune détérioration n'avait été observée en avril 2016, mais lors de la mission précédente, mais le taux de recouvrement en scléactiniaires avait chuté (-14,5%). Cependant, l'absence ici aussi d'indicateur de mauvais état de santé laissait supposer que les dégradations étaient terminées, ce qui est confirmé par la hausse enregistrée (+ 11%).

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

- **36 espèces d'invertébrés** dont 10 espèces de mollusques ; 11 espèces de cnidaires : alcyonaires (10 taxons), zoanthaires (1 taxon) ; 7 espèces d'échinodermes : échinides (2 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), 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 cyanobactérie**.

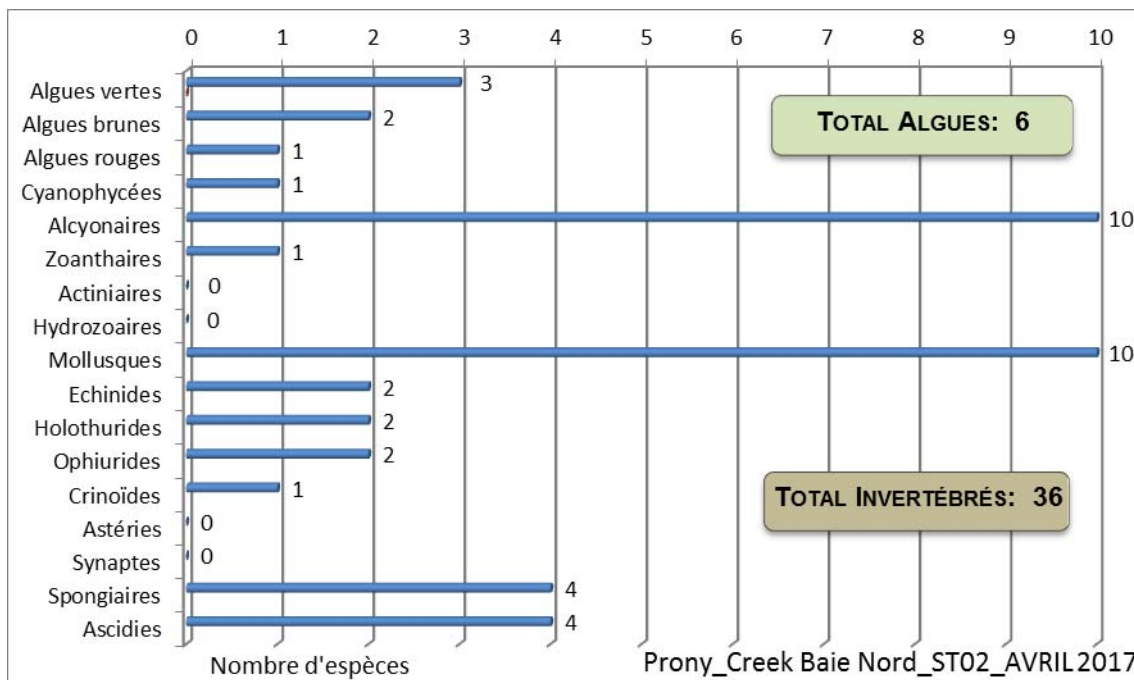


Figure n°12 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST02)

4.2.2.1 Benthos Transect 02 A

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

- **33 espèces d'invertébrés** dont 10 espèces de mollusques ; 8 espèces de cnidaires : alcyonaires (7 taxons), zoanthaires (1 taxon) ; 7 espèces d'échinodermes : échinides (2 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), 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 cyanobactérie**.

Tableau n°19 : Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST02A)

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. (3spp./+1spp.) (A5) ; Aucune espèce d'algues n'a disparue.	3 espèces d'algues augmentent, dont 3 espèces d'algues vertes : • <i>Halimeda</i> sp. (3spp., A5/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une espèce de cyanobactéries disparue : • <i>Symploca hydroides</i> (A0/-3).	☒
Cnidaires	

Une espèce de cnidaires disparue : ➤ pour les alcyonaires (-1 espèce) : • <i>Nephtea</i> sp. (A0/-1).	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Chironophthya</i> sp. (A2/+ 1).
Echinodermes	
2 espèces d'échinodermes disparues : ➤ pour les astéries (-2 espèce) : • <i>Celerina heffernani</i> (A0/-1), • <i>Nardoa gomophia</i> (A0/-1).	☒
Mollusques	
2 espèces de mollusques disparues : ➤ pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Tridacna squamosa</i> (A0/-1) ➤ pour les gastéropodes (-1 espèce) : • <i>Lambis lambis</i> (A0/-1)	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➤ pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Hyotissa hyotis</i> (A1/- 1).
Eponges	
☒	1 espèce d'éponges diminue d'abondance : • <i>Cliona orientalis</i> (A2/- 1)
Ascidies	
☒	☒
Bryozoaires	
☒	☒

4.2.2.2 Benthos Transect 02 B

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

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

Tableau n°20 : *Variations entre novembre 2016 et avril 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.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	
☒	☒
Echinodermes	
4 espèces d'échinodermes disparues : ➤ pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Fromia monilis</i> (A0/-1) ; ➤ pour les holothurides (-2 sp) : • <i>Holothuria flavomaculata</i> (A0/-2), • <i>Stichopus herrmanni</i> (A0/-1) ➤ pour les synaptés (-1 espèce) : • <i>Euapta godeffroyi</i> (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➤ pour les ophiurides (1 espèce) : • <i>Ophiomastix caryophyllata</i> (A3/+ 1).
Mollusques	
2 espèces de mollusques disparues : ➤ pour les gastéropodes (-2 espèce) : • <i>Lambis scorpius</i> (A0/-1), • <i>Astraea rhodostoma</i> (A0/-2).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : ➤ pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Pteria</i> sp. (A2/+ 1).
Eponges	
☒	2 espèces d'éponges diminuent d'abondance : • <i>Cliona jullieni</i> (A2/- 1), • <i>Cliona orientalis</i> (A2/- 1).
Ascidies	



Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : • <i>Polycarpa nigricans</i> (A2).	☒
Bryozoaires	
☒	☒

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
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	1	0,02	0,04				0,50	0,01	0,02
Cae	<i>Caesio cuning</i>				30	0,25	16,88	15,00	0,13	8,44
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>				2	0,02	0,17	1,00	0,01	0,09
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>				3	0,03	0,50	1,50	0,01	0,25
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>				7	0,06	0,60	3,50	0,03	0,30
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>				2	0,02	0,07	1,00	0,01	0,04
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>				2	0,02	0,11	1,00	0,01	0,06
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	1	0,02	0,07	2	0,02	0,17	1,50	0,02	0,12
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	1	0,017	1,125	2	0,02	2,67	1,50	0,02	1,90
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	2	0,03	0,08				1,00	0,02	0,04
Lut	<i>Lutjanus fulviflamma</i>				3	0,03	2,46	1,50	0,01	1,23
Mul	<i>Parupeneus ciliatus</i>				4	0,03	0,67	2,00	0,02	0,33
Mul	<i>Parupeneus indicus</i>				2	0,02	0,33	1,00	0,01	0,17
Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>	6	0,10	0,25	5	0,04	0,18	5,50	0,07	0,22
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	6	0,10	0,05	7	0,06	0,03	6,50	0,08	0,04
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>				10	0,08	0,05	5,00	0,04	0,02
Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>	30	0,50	0,27	30	0,25	0,14	30,00	0,38	0,20
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	7	0,12	0,06				3,50	0,06	0,03
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>	5	0,08	2,88	5	0,04	1,44	5,00	0,06	2,16
Sig	<i>Siganus doliatus</i>				2	0,02	0,17	1,00	0,01	0,09
Total		59	0,98	4,84	118	0,98	26,63	88,50	0,98	15,73
Biodiversité		9			17			20		
Indice de Shannon =		3,329								
Equitabilité =		0,770								

Sur l'ensemble des transects de la station, 177 individus appartenant à 20 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.98 poisson/m² pour une biomasse de 15.73 g/m².

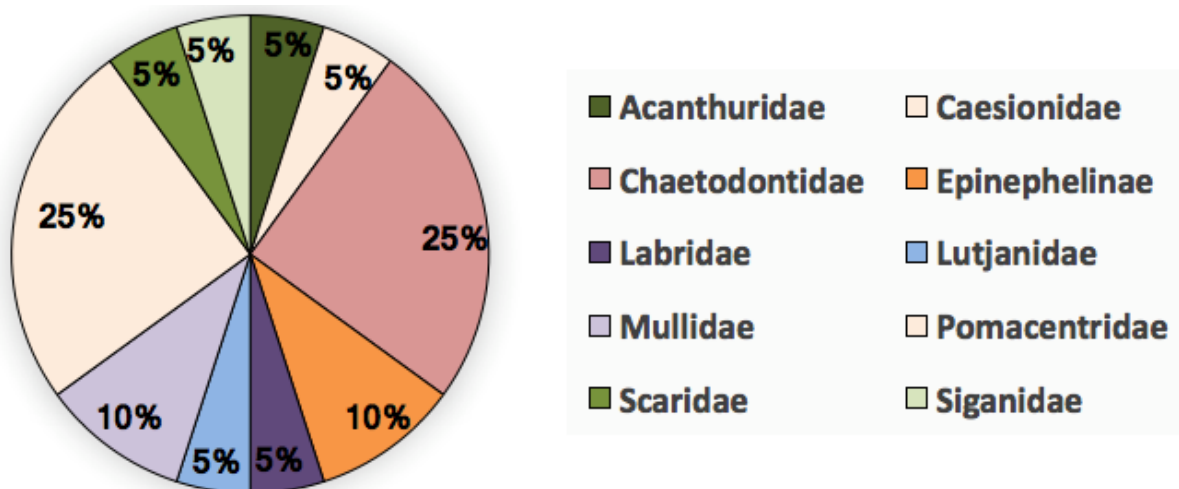
53 espèces complémentaires (e.g. hors des transects et hors liste restreinte [*en rouge*]) ont été observées sur la station (cf. [tableau 22](#)).

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

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

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Hol	<i>Myripristis kuntze</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon leucogaster</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Hol	<i>Sargocentron spiniferum</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Cheilinus fasciatus</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Choerodon anchorago</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Apo	<i>Cheilodipterus macrodon</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon melas</i>
Apo	<i>Cheilodipterus quinquelineatus</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Ble	<i>Atrosalarias fuscus</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopoeion</i>	Pom	<i>Neopomacentrus azyron</i>
Cae	<i>Caesio cuning</i>	Lab	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Pom	<i>Neopomacentrus nemurus</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>
Cha	<i>Chaetodon flaviviridis</i>	Lab	<i>Oxycheilinus celebicus</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	Lut	<i>Lutjanus fulviflamma</i>	Pri	<i>Priacanthus hamrur</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Mic	<i>Gunnellichthys viridescens</i>	Sca	<i>Chlorurus bleekeri</i>
Epi	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>	Mul	<i>Parupeneus ciliatus</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>
Epi	<i>Cromileptes altivelis</i>	Ple	<i>Assessor macneilli</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Poc	<i>Pygoplites diacanthus</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Gra	<i>Diploprion bifasciatum</i>	Pom	<i>Abudefduf whiteleyi</i>		

Le nombre d'espèces pour chaque famille 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 (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 ichthyologique par mission (ST02)*

Familles	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012b	2013 a	2013 b	2014 a	2014 b	2015 a	2015 b	2016 a	2016 b	2017 a
Acanthuridae	1	2	0	0	0	0	0	1	1	0	2	0	2	2	0	0	1	1
Anthiniidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Blenniidae	0	0	1	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Caesionidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	1
Canthigasteridae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetodontidae	1	2	1	2	2	3	5	4	3	2	9	1	6	8	6	6	7	5
Epinephelinae	1	2	2	1	1	2	1	2	1	1	5	2	2	2	0	4	2	2
Haemulidae	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Labridae	1	1	1	2	0	2	0	0	1	1	1	0	5	4	3	1	1	1
Lethrinidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Lutjanidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	1	3	0	1	1	1
Mullidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	2	2
Nemipteridae	0	1	1	1	0	1	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	0	0
Pomacanthidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	4	1	0	0
Pomacentridae	1	3	3	3	3	1	3	4	3	3	4	3	4	4	0	6	5	5
Scaridae	1	0	0	1	1	2	1	2	3	0	2	1	3	3	1	1	1	1
Siganidae	0	0	0	0	0	2	1	0	2	0	1	1	2	2	2	0	2	1
Total espèces	6	12	9	10	8	13	16	14	16	8	29	10	27	30	17	20	22	20
Total familles	6	7	6	6	5	7	10	6	9	5	10	7	10	10	6	7	9	10

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	272	272	331,7	10/20

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 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 a	Transect A	59	0,98	4,84	9		
	Transect B	118	0,98	26,63	17		
	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 165](#).

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	4 010,3	1,5	704,6	56,5	97,8	169,5
Ecart type	63,3	1,2	26,5	7,5	9,9	13,0
Moyenne	89,8	1,5	28,8	15,9	35,9	53,7
Coef. de Var.	0,7	0,8	0,9	0,5	0,3	0,2

Commentaires :

- Beaucoup d'espèces sont à l'état de juvéniles.
- Les nombres d'espèces et de familles sont à des valeurs moyennes.
- Les Chaetodontidae et les Poissons demoiselles sont les plus représentés (25% chacun).
- La diversité est plus faible qu'elle ne le fut durant ces quatre dernières années, mais présente toutefois une valeur moyenne.
- Les autres paramètres ont des valeurs un peu au-dessous de la moyenne malgré la présence d'un banc de Caesio.
- La demoiselle *Pomacentrus aurifrons* constituent toujours l'essentiel du peuplement.

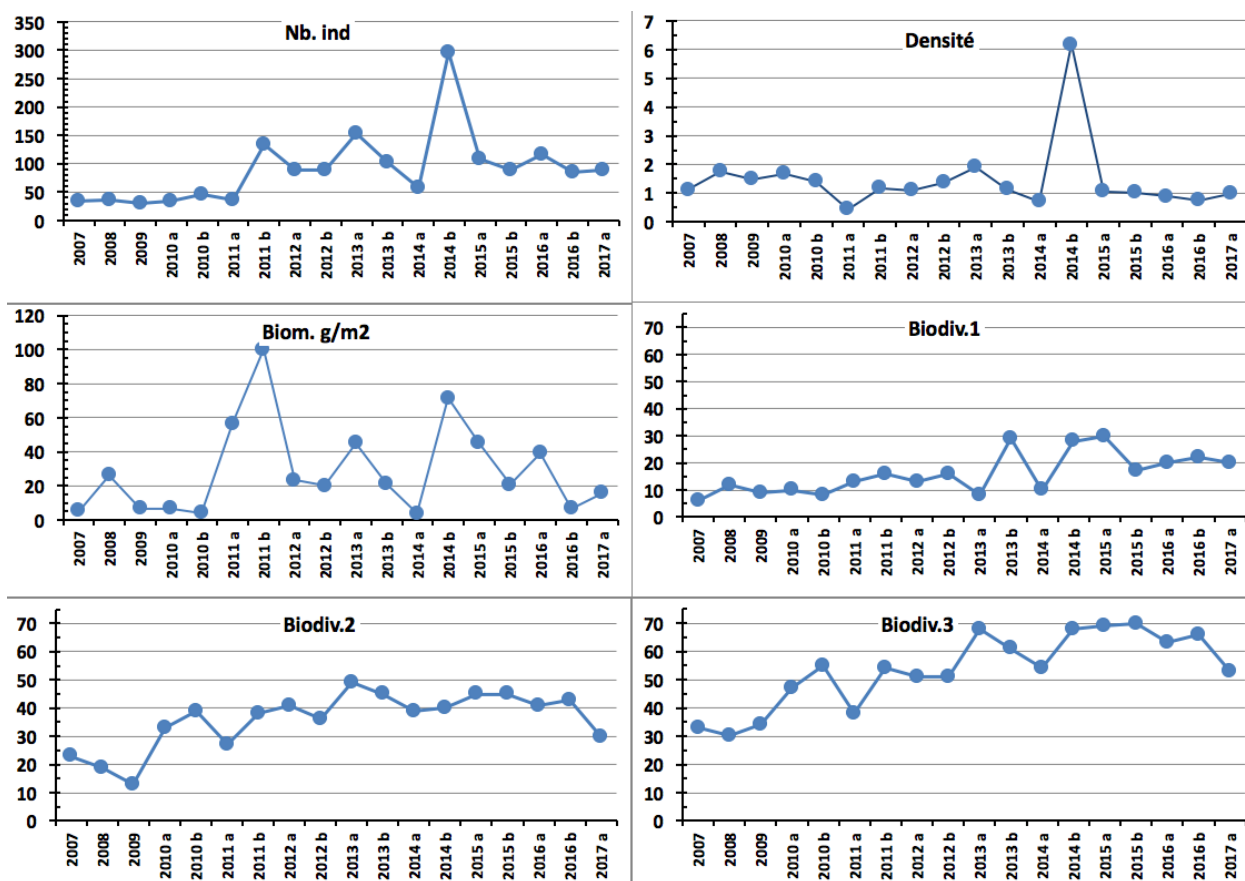


Figure n°14 : Evolution des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02)

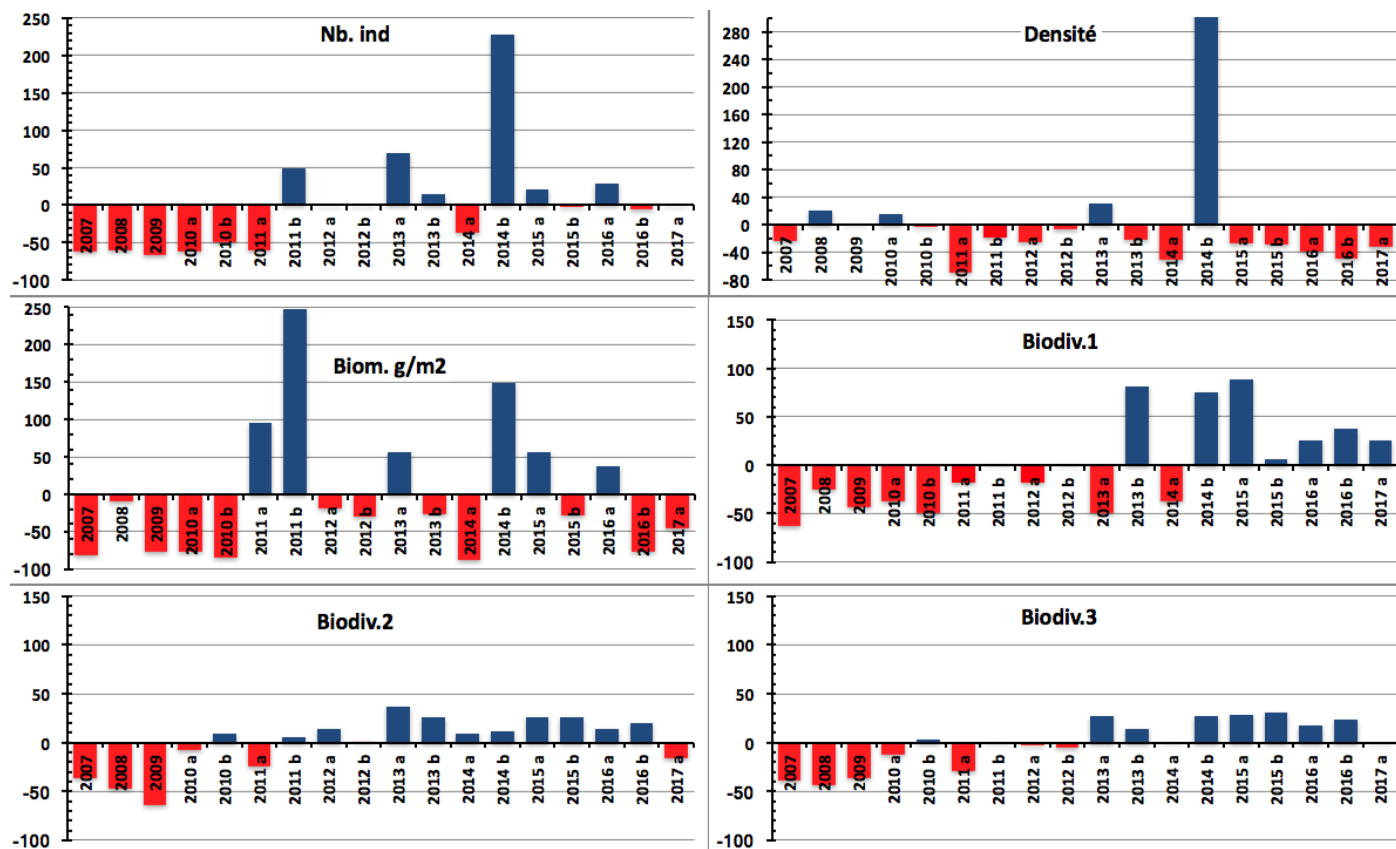


Figure n°15 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichtyologiques depuis 2007 (ST02)

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.
	Le sommet de la pente sédimentaire a une inclinaison faible (entre 10 et 15°) puis cette inclinaison augmente de manière importante (35° à 40°) pour les profondeurs avoisinant les 15 mètres. Le transect A est sur un substrat peu colonisé et composé de vase sableuse avec des débris coralliens. Le transect B est en milieu de pente récifale et il est composé principalement par des coraux branchus et des débris coralliens recouverts d'algues. Le transect C est situé en bas de pente et il est composé par de la vase d'origine terrigène et des petits massifs coralliens.

Description générale

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

Le haut de la pente récifale (entre 3 et 6 m de profondeur) est composé de vase sableuse sur laquelle se développent des massifs coralliens épars et des *Halimeda gigas*. Ces blocs coralliens sont dispersés de manière hétérogènes et sont recouverts principalement par des algues brunes et de petites colonies coralliennes. Puis, à partir de 6 m de profondeur jusqu'en bas de pente, la pente récifale devient plus inclinée et le dépôt sédimentaire est de plus en plus important avec la profondeur. Le développement corallien va être en relation avec ce facteur limitant :

→ Les coraux branchus et les coraux à longs polypes vont se développer préférentiellement.

Pour les coraux branchus, la croissance est plus rapide que l'envasement, les colonies ne sont jamais recouvertes. Pour les coraux à longs polypes, les colonies coralliennes peuvent se dégager des dépôts vaseux par l'intermédiaire de leurs longs polypes.

→ Les colonies vont être de plus en plus petites avec la profondeur : en bas de pente récifale les colonies coralliennes sont la plupart du temps de taille décimétrique et leur assemblage caractérise un milieu turbide.

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

Caractéristiques principales

- ↳ Originalité des espèces coralliennes adaptées à un milieu turbide
- Présence de *Heliofungia actiniformis* 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
- ↳ Les alcyonaires (*Sarcophyton*) sont nombreux
- ↳ Le *Tridacna squamosa* au transect A est mort en octobre 2014
- ↳ Présence occasionnelle de *Culcita novaeguineae*

Variations entre novembre 2016 et avril 2017

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 6% au transect A, 26% en B et 12% en C
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0% ; Avril 2016 : 1.33% ; Novembre 2016 : 0.53% ; Avril 2017 : 0%.*
- Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche. Par contre suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, des colonies d'*Acropora* tabulaires et branchues sont mortes en place dans les pourtours du transect A. De plus, la sédimentation et les algues brunes, *Lobophora*, entraînent des lésions irréversibles à la base des colonies branchues (surtout en B & C).
- Perturbations sédimentaires : légers dépôts sédimentaires sur des colonies coralliennes aux 3 transects

Autres indicateurs :

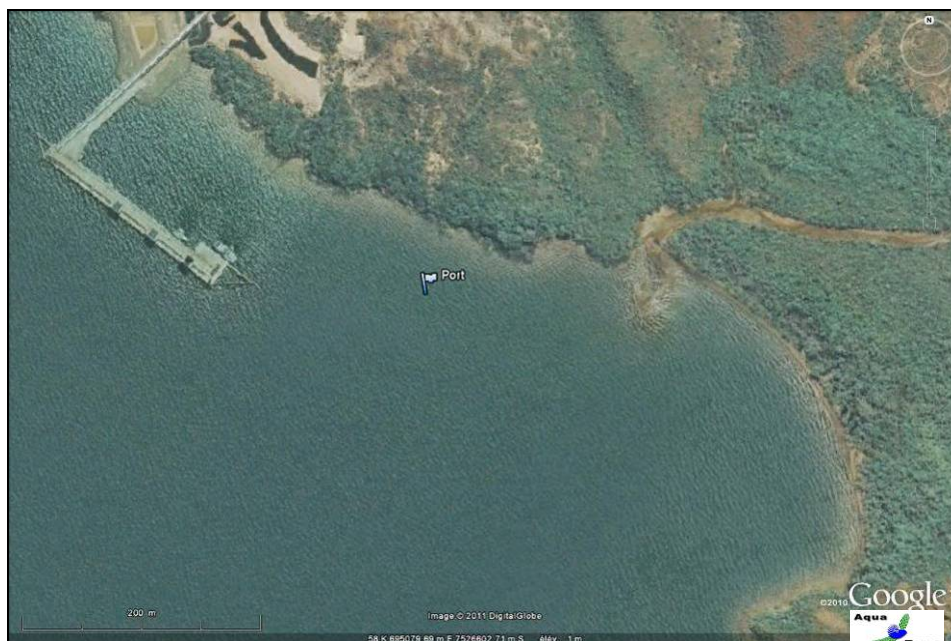
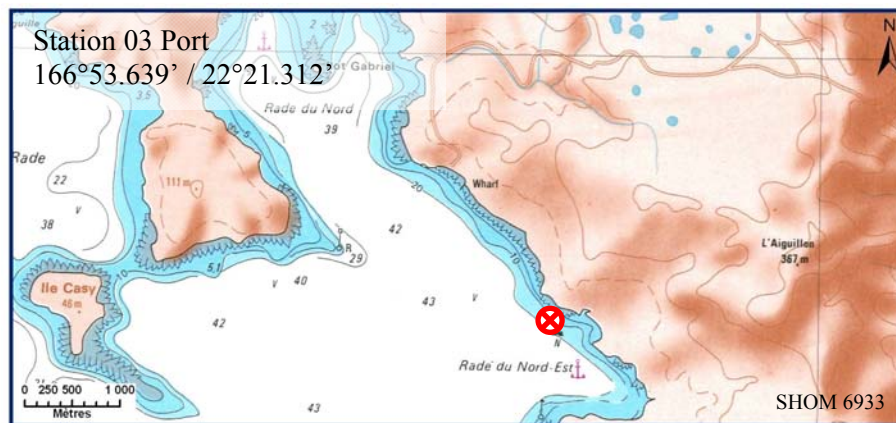
- Cyanobactéries : recouvrement en diminution pour A & B (respectivement niveau 1 et absentes). Elles se développent sur les débris coralliens et à la base des *Acropora* branchus
- Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens et les colonies mortes en place
- Algue brune *Lobophora* : le recouvrement est modéré en A (niveau 3) et **important en B (augmentation) et C (niveau 5 et 4) → caractère envahissant potentiel**
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente
- *Cliona orientalis* : stable et diminution au transect C (absent)
- *Cliona jullieni* : stable

Les corallivores :

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



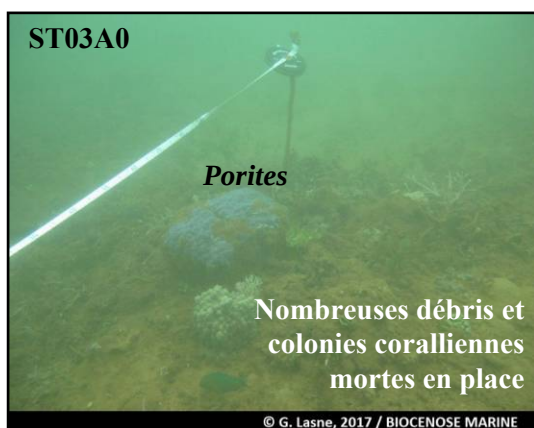
Photo n°11 : Vue aérienne : emplacement par rapport aux structures portuaires (ST03)



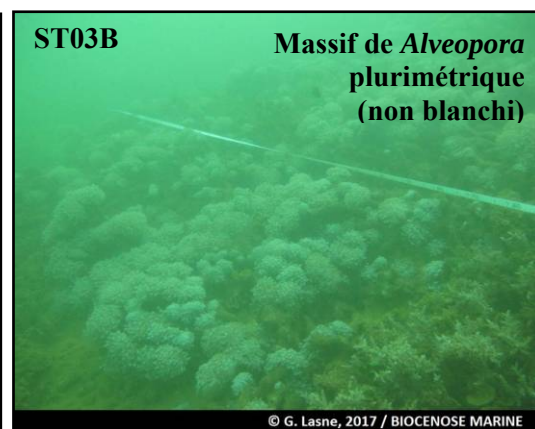
Carte n°05 : Localisation de la station 03 (Port)



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



**Nombreuses colonies coralliennes dégradées (sédimentation, dessalure et variations T°C)
Substrat composé de sable vaseux à article d'*Halimeda* et de nombreux débris coralliens**



**Nombreuses colonies coralliennes mortes en place et/ou débris.
Colonisation régulière 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.

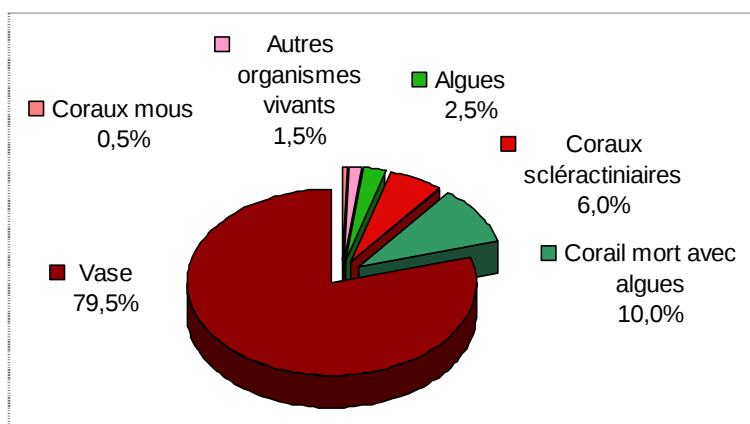


Figure n°16 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03A

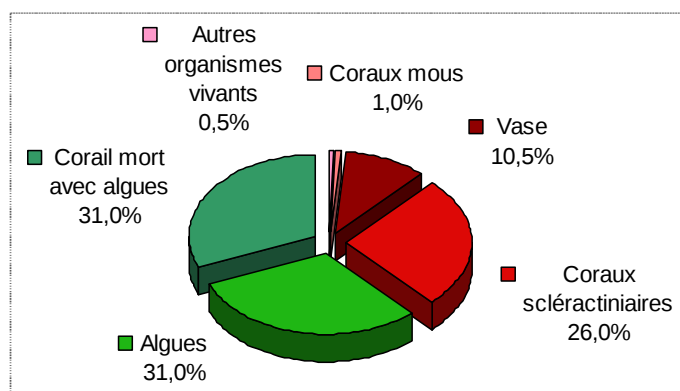


Figure n°17 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03B

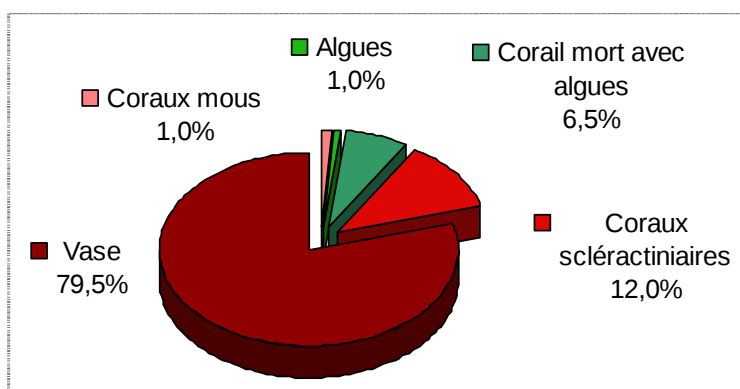


Figure n°18 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C

Le transect A est à nouveau caractérisé par des fonds abiotiques (79.5%), dus à la vase. Les coraux scléactiniaires sont toujours faiblement présents (6%).

Le transect B a un recouvrement biotique important (89.5%) dû :

- à une grande part de « Corail mort avec algues », stable (31%)
- avec beaucoup d'algues à cette mission (31%)
- mais aussi aux coraux scléactiniaires qui sont à mi-pente correctement représentés (26%).

Le transect C est très vaseux (79.5% de vase et d'abiotique), avec un peu de coraux scléactiniaires (12%).

A noter : **absence des cyanobactéries et des coraux blancs pour cette mission aux 3 transects.**

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

- **35 espèces d'invertébrés** dont 10 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (5 taxons), actiniaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 9 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), échinides (2 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons) ; 6 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies
- **8 espèces de macrophytes** : algues vertes (4 taxons), algues brunes (3 taxons), algues rouges (1 taxon)
- **1 espèce de cyanobactérie**.

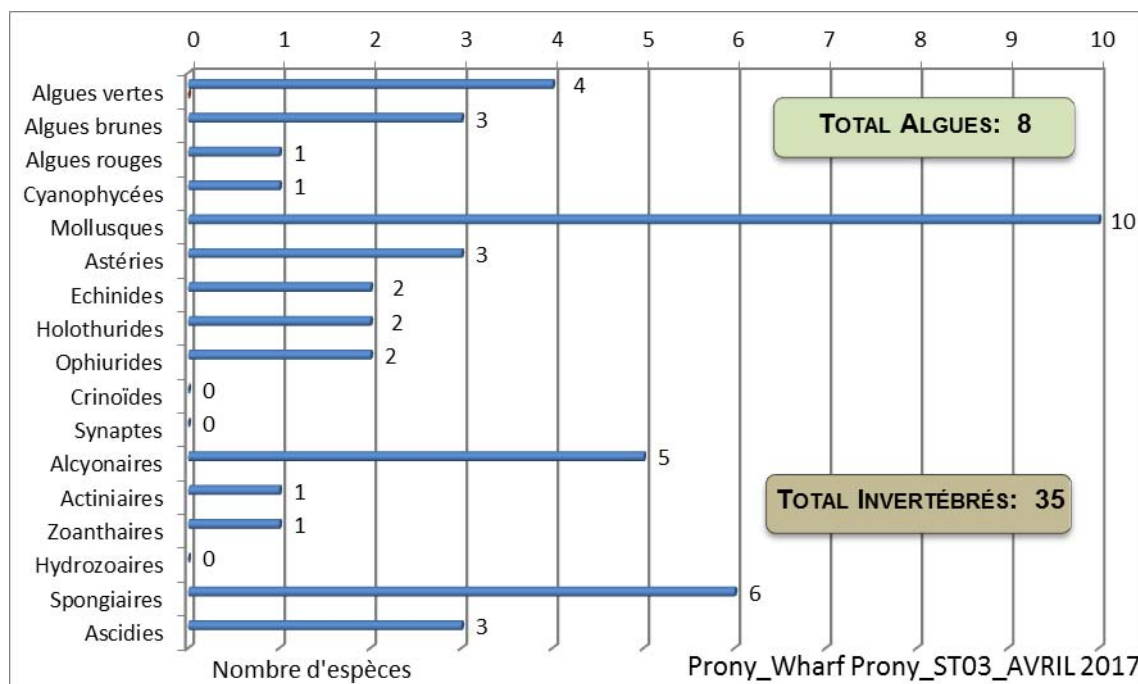


Figure n°19 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST03)

4.3.2.1 Benthos Transect 03 A

En avril 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) ; 7 espèces d'échinodermes : échinides (2 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), astéries (1 taxon) ; 4 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies
- 6 espèces de macrophytes : algues brunes (3 taxons), algues vertes (2 taxons), algues rouges (1 taxon)
- 1 espèce de cyanobactérie.

Tableau n°27 : Variations entre novembre 2016 et avril 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>Halimeda</i> sp. (2spp./+1spp.) (A3) ; Aucune espèce d'algues n'a disparue.	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	
Une espèce de cyanobactéries disparue : • <i>Symploca hydroides</i> (A0/-2).	Une espèce de cyanobactéries diminue d'abondance : • <i>Phormidium</i> sp. (A1/- 1).
Cnidaires	
2 espèces de cnidaires disparues :	☒

➤ pour les alcyonaires (-1 espèce) : • <i>Dendronephthya</i> sp. (A0/-1) ;	
➤ pour les zoanthaires (-1 espèce) : • <i>Palythoa tuberculosa</i> (A0/-1).	
Echinodermes	
2 espèces d'échinodermes disparues :	
➤ pour les astéries (-2 espèce) : • <i>Celerina heffernani</i> (A0/-1), • <i>Linckia multiflora</i> (A0/-1).	☒
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue :	
➤ pour les nudibranches (-1 espèce) : • <i>Risbecia tryoni</i> (A0/-1).	☒
Eponges	
☒	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : • <i>Cliona jullieni</i> (A3/+ 1).
Ascidies	
☒	☒
Bryozoaires	
☒	☒

4.3.2.2 Benthos Transect 03 B

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

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

Tableau n°28 : Variations entre avril et novembre 2016 : Les biocénoses* (ST03B)

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>Padina</i> sp. (A0/-2) ; et 2 espèces d'algues vertes : • <i>Halimeda</i> sp. (1spp./-1spp., A2/-0), • <i>Ventricaria ventricosa</i> (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
2 espèces de cyanobactéries disparues : • <i>Phormidium</i> sp. (A0/-2), • <i>Symploca hydroides</i> (A0/-3).	☒
Cnidaires	
☒	☒
Echinodermes	
2 espèces d'échinodermes disparues : ➤ pour les échinides (-1 espèce) : • <i>Parasalenia gratiosa</i> (A0/-1) ; ➤ pour les holothurides (-1 espèce) : • <i>Holothuria edulis</i> (A0/-2).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➤ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria flavomaculata</i> (A2/- 1).
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➤ pour les gastéropodes (1 espèce) : • <i>Lambis lambis</i> (A1). 4 espèces de mollusques disparues : ➤ pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Pteria</i> sp. (A0/-1) ; ➤ pour les gastéropodes (-2 espèce) : • <i>Coralliophila violacea</i> (A0/-2), • <i>Astraea rhodostoma</i> (A0/-1) ; ➤ pour les nudibranches (-1 espèce) : • <i>Halgerda johnsonorum</i> (A0/-1).	☒



Eponges	
1 nouvelle espèce d'éponges recensée : • <i>Cymbastella cantharella</i> (A1)	☒
Ascidies	
2 espèces d'ascidies disparues : • <i>Polycarpa aurita</i> (A0/-2), • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A0/-2).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : • <i>Polycarpa nigricans</i> (A2/- 1).
Bryozoaires	
☒	☒

4.3.2.3 Benthos Transect 03 C

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

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

Tableau n°29 : Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST03C)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
3 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue brune : • <i>Padina</i> sp. (A1) ; et 2 espèces d'algues vertes : • <i>Neomeris vanbosseae</i> (A2), • <i>Halimeda</i> sp. (2spp./+1spp.) (A3) ; Aucune espèce d'algues n'a disparue	3 espèces d'algues augmentent, dont une espèce algues brunes : • <i>Lobophora variegata</i> (A4/+ 1) ; et 2 espèces d'algues vertes : • <i>Halimeda</i> sp. (2spp., A3/+ 1) Aucune espèce d'algues ne diminue
Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	
☒	☒
Echinodermes	
Une espèce d'échinodermes disparue : ➤ pour les holothurides (-1 espèce) : • <i>Holothuria edulis</i> (A0/-2).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➤ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria flavomaculata</i> (A3/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➤ pour les échinides (1 sp) : • <i>Diadema setosum</i> (A1/- 1)
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : ➤ pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Pinna</i> sp. (A0/-2).	☒
Eponges	
2 espèces d'éponges disparues : • <i>Hamigera strongylata</i> (A0/-2), • <i>Cliona orientalis</i> (A0/-2).	2 espèces d'éponges augmentent d'abondance : • <i>Cymbastella cantharella</i> (A2/+ 1), • <i>Dysidea arenaria</i> (A2/+ 1).
Ascidies	
☒	☒
Bryozoaires	
☒	☒

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 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				0,67	0,01	0,03
Gob	<i>Amblygobius phalaena</i>	1	0,02	0,04							0,33	0,01	0,01
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	4	0,07	0,17							1,33	0,02	0,06
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	2	0,03	0,23				2	0,03	0,12	1,33	0,02	0,12
Pom	<i>Abudefduf whiteleyi</i>	5	0,08	1,22	8	0,13	0,58				4,33	0,07	0,60
Pom	<i>Chromis viridis</i>	20	0,33	0,18							6,67	0,11	0,06
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>	8	0,13	0,02	10	0,17	0,09				6,00	0,10	0,04
Pom	<i>Neopomacentrus azysron</i>				15	0,25	0,14				5,00	0,08	0,05
Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>	15	0,25	0,14	30	0,50	0,27	20	0,29	0,15	21,67	0,35	0,19
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	10	0,17	0,21	5	0,08	0,21				5,00	0,08	0,14
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>				3	0,05	1,73				1,00	0,02	0,58
Sig	<i>Siganus vulpinus</i>				3	0,05	0,22				1,00	0,02	0,07
Total		69	1,15	2,21	90	1,50	3,63	25	0,36	0,30	61,33	1,00	2,08
Biodiversité		9			12			3			16		
Indice de Shannon =		3,156											
Equitabilité =		0,789											

Sur l'ensemble des transects de la station, 184 individus appartenant à 16 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1 poisson/m² pour une biomasse de 2.08 g/m².

60 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 blochii</i>	Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	Pin	<i>Parapercis australis</i>
Aca	<i>Acanthurus nigricauda</i>	Epi	<i>Epinephelus howlandi</i>	Pom	<i>Abudefduf whiteleyi</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Epi	<i>Epinephelus ongus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>
Apo	<i>Cheilodipterus macrodon</i>	Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Pom	<i>Chromis viridis</i>
Apo	<i>Ostorhinchus angustatus</i>	Gob	<i>Amblygobius phalaena</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Apo	<i>Ostorhinchus rubrimacula</i>	Gra	<i>Diploprion bifasciatum</i>	Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Neopomacentrus azysron</i>
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Neopomacentrus nemurus</i>
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopion</i>	Pom	<i>Pomacentrus adelus</i>
Car	<i>Scomberoides tol</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Oxycheilinus celebicus</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	Let	<i>Lethrinus harak</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>	Mic	<i>Gunnellichthys viridescens</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Mic	<i>Ptereleotris microlepis</i>	Sca	<i>Scarus niger</i>
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	Mul	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	Sca	<i>Scarus rivulatus</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Mul	<i>Upeneus tragula</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	Nem	<i>Pentapodus aureofasciatus</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>

Le nombre d'espèces pour chaque famille 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 par mission (ST03)*

Familles	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
Acanthuridae	1	2	0	0	1	0	2	0	1	1	2	2	1	1	2	2	2	0
Anthiniidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Blenniidae	1	0	1	2	0	1	0	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0
Caesionidae	0	2	0	1	0	3	1	0	0	0	0	1	1	3	0	1	0	0
Canthigasteridae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	1	0
Chaetodontidae	2	1	1	0	0	2	3	2	3	1	3	3	3	4	6	3	4	3
Epinephelinae	1	1	1	2	0	2	1	1	1	1	1	0	1	2	3	1	1	1
Gobiidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1
Labridae	1	0	0	0	1	1	0	1	2	1	2	1	1	1	3	2	1	1
Lethrinidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Microdesmidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0
Mullidae	0	0	0	0	1	0	1	0	2	0	2	3	2	3	1	1	2	0
Nemipteridae	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pomacanthidae	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Pomacentridae	3	4	5	4	2	4	2	5	4	4	5	5	5	5	5	5	6	7
Pseudochromidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Scaridae	1	2	0	0	4	1	1	1	2	0	1	2	4	2	2	2	1	1
Siganidae	1	1	0	0	1	0	1	2	1	2	2	1	1	2	1	2	2	1
Zanclidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Total espèces	14	14	9	10	11	16	13	14	18	12	23	21	21	26	29	23	23	16
Total familles	10	8	5	5	7	9	9	8	10	8	13	11	11	12	14	13	12	8

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	$\chi^2_{\alpha 0,95}$	nb de familles
« Les colonnes sont elles identiques ? »	χ^2	244	306	372	8/16

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](#).

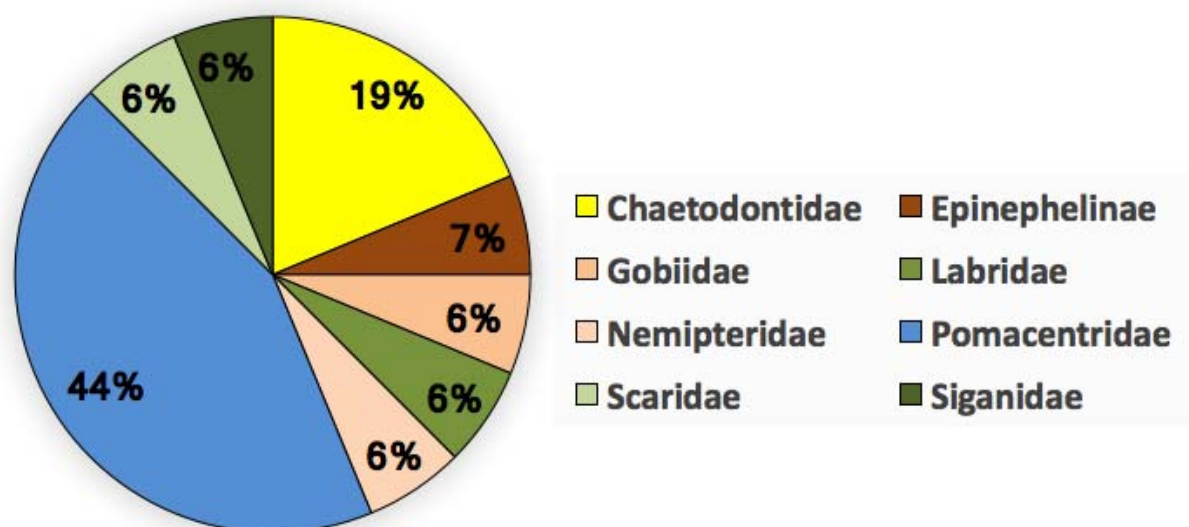


Figure n°20 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST03)

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 a	Transect A	69	1,15	2,21	9		
	Transect B	90	1,50	3,63	12		
	Transect C	25	0,36	0,30	3		
	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	763,35	0,52	30,67	35,90	140,61	124,73
Ecart type	27,63	0,72	5,54	5,99	11,86	11,17
Moyenne	48,26	0,95	5,49	17,61	39,44	58,56
Coef. de Var.	0,57	0,76	1,01	0,34	0,30	0,19

Commentaires :

- Sans exception, tous les poissons vus sur les transects sont des juvéniles.
- La biomasse est faible et présente sur la durée des variations importantes (> 200 %).
- les paramètres de biodiversité sont plus stables et proches de la moyenne.
- Les poissons anges (*Centropyge bicolor*) semblent avoir disparu.
- Ainsi que *Fistularia commersonii*, *Pomacanthus sexstriatus* et même *Chrysoptera taupu*.

Il faudra être vigilant à la prochaine mission pour voir si au moins les deux derniers ne sont réellement plus là, notamment *C. taupu*.

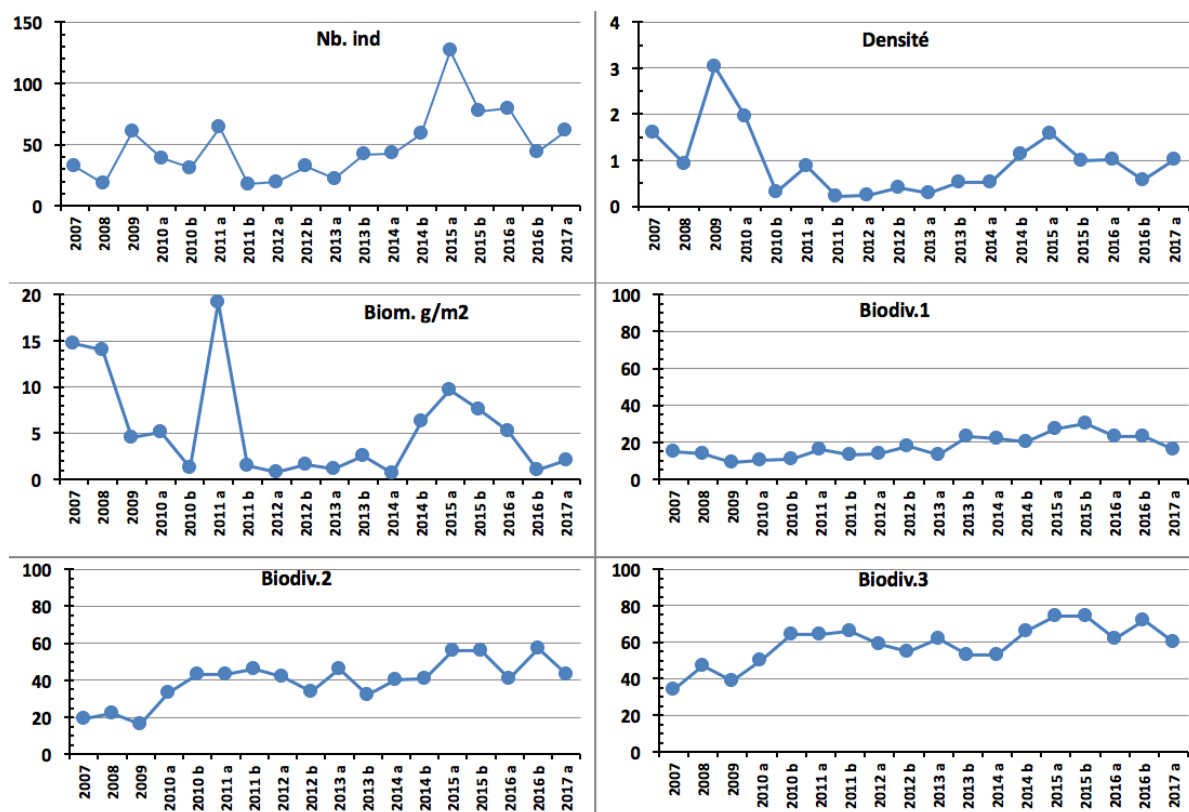


Figure n°21 : *Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST03)*

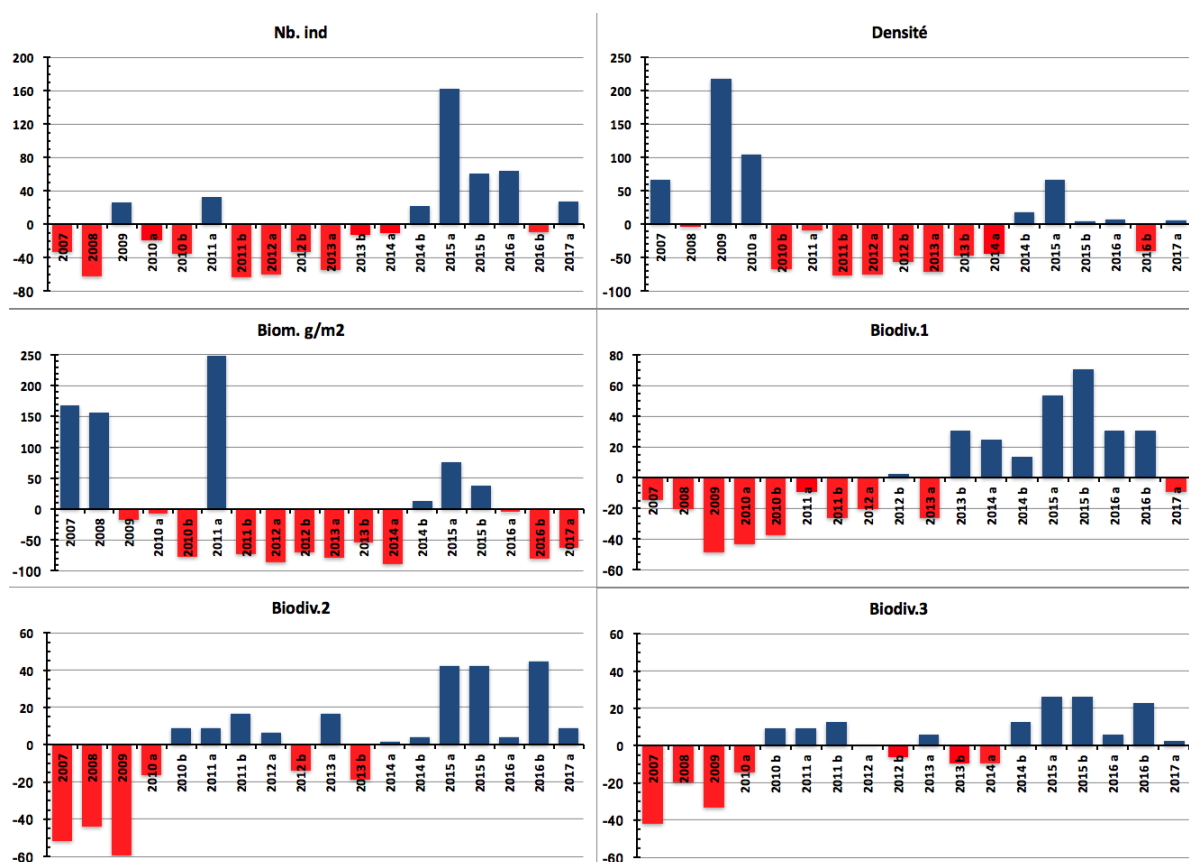


Figure n°22 : *Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST03)*

4.4 Station 04 = Woodin

Localisation géographique	Face à un rocher blanc qui se trouve en bordure du rivage est du canal Woodin (photographie 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 dominent le paysage.

Description générale

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

Cette station présente un écosystème qui est singulier en Nouvelle-Calédonie : en sommet de récif frangeant, les *Millepora* forment de grands massifs de 3 mètres de diamètre et les *Seriatopora hystrix* se répartissent uniformément sur le substrat dur avec un recouvrement important. Le tombant est jalonné de blocs rocheux et de débris coralliens où s'édifient de petites colonies coralliennes ainsi que des massifs de *Millepora* et des *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 *Tubastrea 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 *Tubastrea* 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 *Tubastrea micrantha* se sont effondrées au C mais elles continuent de s'édifier



Variations entre novembre 2016 et avril 2017

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 40.5% au transect A, 25.5% en B et 7% en C
Le recouvrement corallien en A a fortement réaugmenté
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.37% ; Avril 2016 : 11.57% ; Novembre 2016 : 0.43% ; Avril 2017 : 1.07%*
- Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche. Les colonies anciennement affectées sont mortes en place. De plus, suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, de nombreuses colonies sont mortes en place. La mortalité concerne principalement les colonies de *Seriatopora hystrix*, *Pocillopora damicornis* et d'*Acropora* spp.
- Perturbations sédimentaires : RAS pour cette mission, absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes. Cependant, selon les précipitations un petit creek se déverse sur le platier au-dessus de la station. Les transects A & B sont perturbés par les particules sédimentaires (colonies mortes en place ou nécrosées)

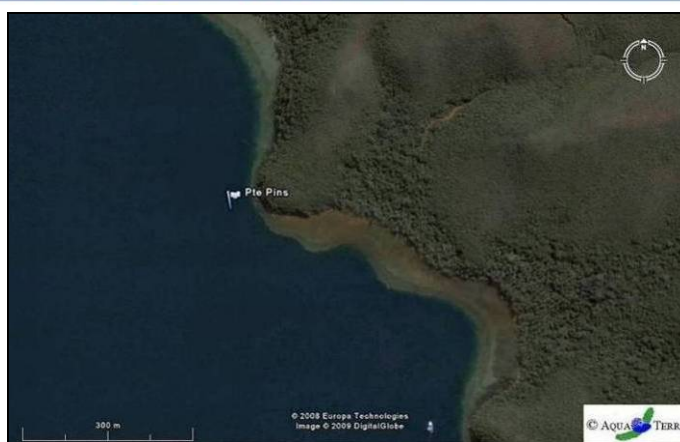
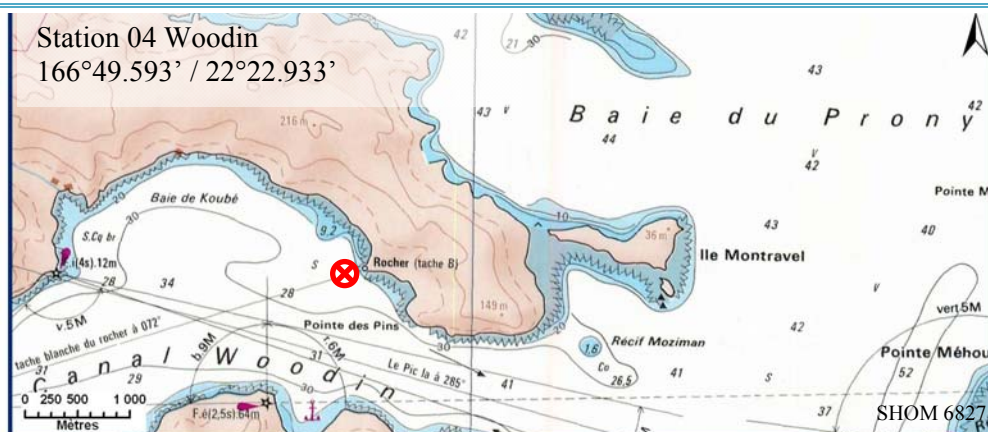
Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : absentes (stabilité depuis les dernières missions)
- Le turf algal se développe en A & B sur les colonies anciennement blanchies (*Seriatopora hystrix*, *Pocillopora damicornis*, *Stylophora pistillata*...). Son développement est modéré sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place (au niveau médian de la pente récifale)
- Algue brune *Lobophora* : le recouvrement reste stable en A & B (respectivement niveau 2 et 3) et il stable en C (absent)
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente
- *Cliona orientalis* : stable et diminution au transect C (niveau 2)
- *Cliona jullieni* : stable

Les corallivores :

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





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

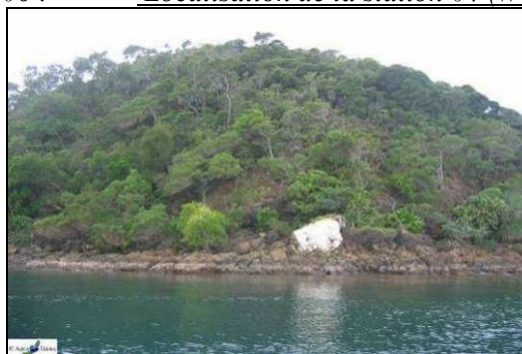
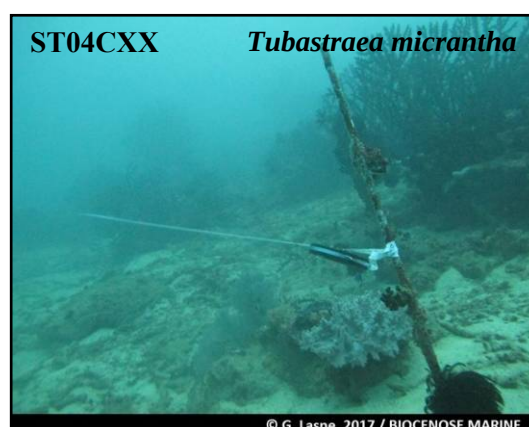
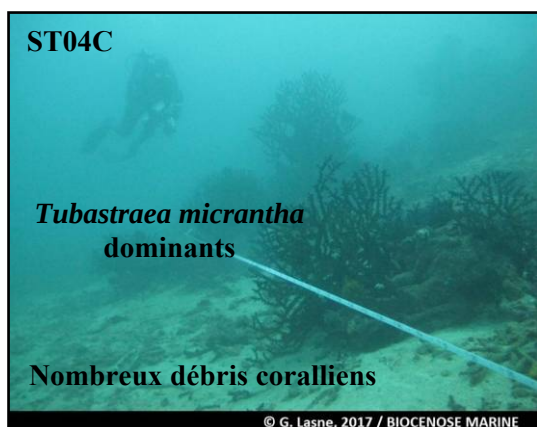


Photo n°14 : Position en surface par rapport à la côte (ST04)



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



Certaines colonies de *Tubastraea micrantha* sont effondrées par les agents hydrodynamiques

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.

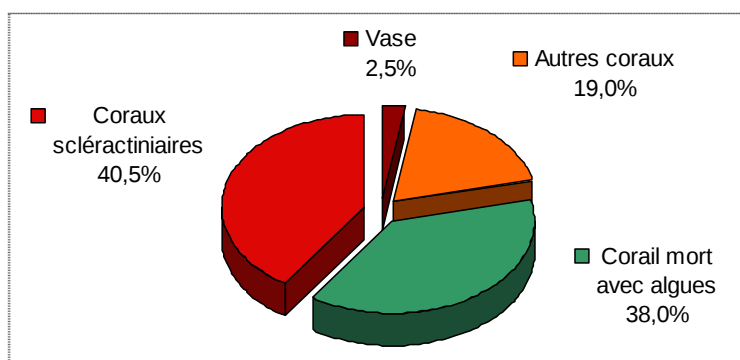


Figure n°23 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04A

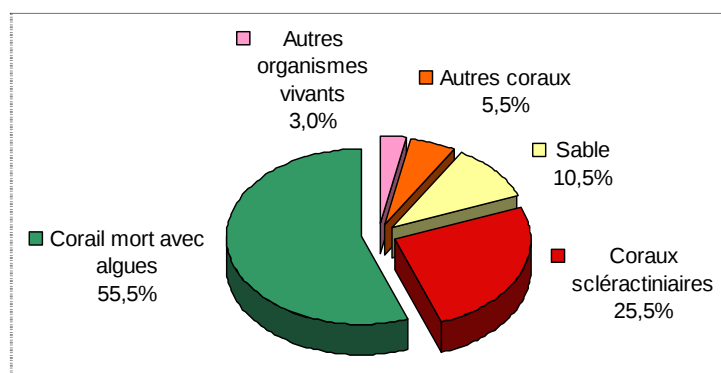


Figure n°24 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04B

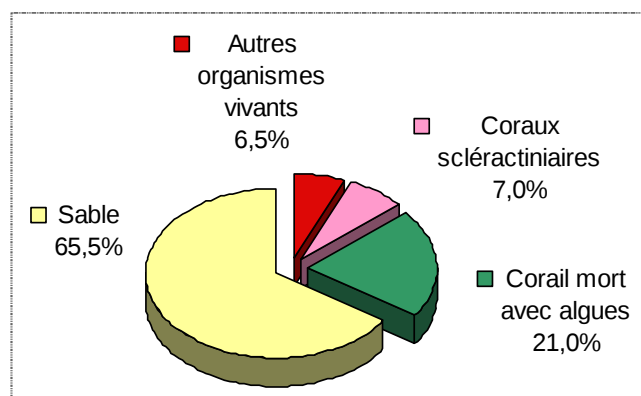


Figure n°25 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST04C

Les transects A et B ont classiquement un fort recouvrement biotique total (97% et 89.5%), 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 sclérentiniaux paraît dépassé : les coraux ont retrouvés un recouvrement de 40.5% pour cette mission.

Le recouvrement du substrat du transect C est majoritairement abiotique (65.5%) du fait de la dominance du sable. Toujours peu de coraux (7%).

A noter : **absence des cyanobactéries et des coraux blancs pour cette mission aux 3 transects.**

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

Pour cette mission : les indicateurs de mauvais état de santé enregistrés lors de la mission de début d'année 2016 au transect A ont disparu. Il est à nouveau stable et en phase de résilience.

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

- **45 espèces d'invertébrés** dont 12 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 10 espèces d'échinodermes : échinides (4 taxons), astéries (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 9 espèces d'éponges ; 7 espèces d'ascidies
- **6 espèces de macrophytes** : algues brunes (3 taxons), algues vertes (3 taxons)
- **Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.**

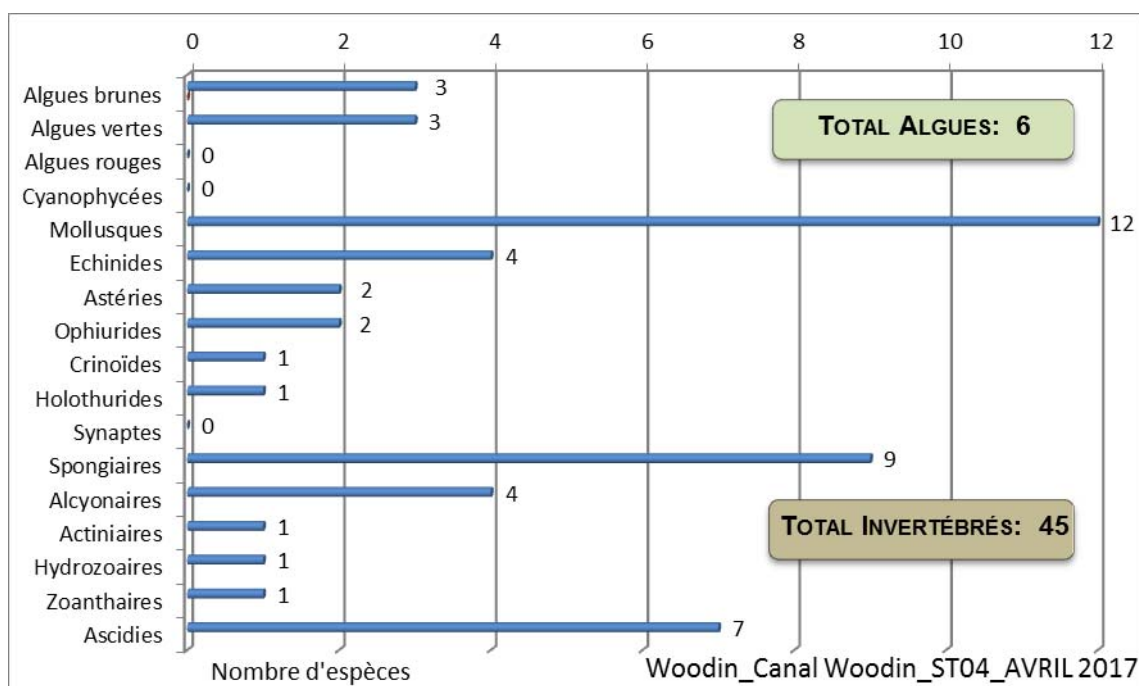


Figure n°26 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST04)

4.4.2.1 Benthos Transect 04 A

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

- 25 espèces d'invertébrés dont 8 espèces de mollusques ; 2 espèces de cnidaires : alcyonaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon) ; 5 espèces d'échinodermes : échinides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- 6 espèces de macrophytes : algues brunes (3 taxons), algues vertes (3 taxons)
- Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau n°36 : Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST04A)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
4 nouvelles espèces d'algues recensées, dont 2 espèces d'algues brunes : • <i>Dictyota</i> sp. (A2), • <i>Turbinaria ornata</i> (A2) ; et 2 espèces d'algues vertes : • <i>Caulerpa</i> sp. (A2), • <i>Ventricaria ventricosa</i> (A2) ; 3 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : • <i>Padina</i> sp. (A0/-2) ; et l'algue rouge : • <i>Amphiroa</i> sp. (A0/-2) ; et l'algue verte : • <i>Neomeris vanbosseae</i> (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.

Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées : > pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Dendronephthya</i> sp. (A1) ; > pour les hydrozoaires (1 espèce) : •Hydrozoaires ind. (A2).	☒
Echinodermes	
Une espèce d'échinodermes disparue : > pour les holothurides (-1 espèce) : • <i>Holothuria edulis</i> (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : > pour les échinides (1 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A2/+ 1)
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : > pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Pinna</i> sp. (A1) ; > pour les nudibranches (1 sp) : • <i>Phyllidiella pustulosa</i> (A2) 3 espèces de mollusques disparues : > pour les bivalves (-2 espèce) : • <i>Tridacna maxima</i> (A0/-1), • <i>Tridacna squamosa</i> (A0/-1) ; > pour les gastéropodes (-1 sp) : • <i>Latirolagena smaragdula</i> (A0/-1)	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : > pour les gastéropodes (1 espèce) : • <i>Astraea rhodostoma</i> (A2/+ 1). Une espèce de mollusques diminue d'abondance : > pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Isognomon isognomon</i> (A2/- 1).
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : • <i>Hamigera strongylata</i> (A2).	2 espèces d'éponges augmentent d'abondance : • <i>Cymbastella cantharella</i> (A2/+1), • <i>Dactylia delicata</i> (A2/+1)
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A1), • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A1). 2 espèces d'ascidies disparues : • <i>Clavelina detorta</i> (A0/-2), • <i>Polycarpa aurita</i> (A0/-2).	☒
Bryozoaires	
☒	Une espèce de bryozoaires diminue d'abondance : • <i>Alcyonidium</i> sp. (A2/- 1).

4.4.2.2 Benthos Transect 04 B

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

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

Tableau n°37 : Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST04B)

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 rouge : • <i>Amphiroa</i> sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	
3 nouvelles espèces de cnidaires recensées : > pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Chironephthya</i> sp. (A1) ;	☒



> pour les actiniaires (1 espèce) : • <i>Discosoma rhodostoma</i> (A2) ; > pour les hydrozoaires (1 espèce) : •Hydrozoaires ind. (A2).	
Echinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : > pour les astéries (1 espèce) : • <i>Celerina heffernani</i> (A1) ; > pour les échinides (2 espèces) : • <i>Phyllacanthus imperialis</i> (A1), • <i>Echinometra mathaei</i> (A1). 2 espèces d'échinodermes disparues : > pour les astéries (-2 espèce) : • <i>Fromia indica</i> (A0/-1), • <i>Nardoa gomophia</i> (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : > pour les astéries (1 espèce) : • <i>Gomophia egyptiaca</i> (A2/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : > pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria edulis</i> (A1/- 1).
Mollusques	
6 espèces de mollusques disparues : > pour les gastéropodes (-2 espèce) : • <i>Latirolagena smaragdula</i> (A0/-2), • <i>Lambis truncata</i> (A0/-1) ; > pour les nudibranches (-4 espèce) : • <i>Cheilidonura inornata</i> (A0/-1), • <i>Chromodoris leopardus</i> (A0/-1), • <i>Phyllidia ocellata</i> (A0/-1), • <i>Phyllidiella pustulosa</i> (A0/-1).	☒
Eponges	
2 nouvelles espèces d'éponges recensées : • <i>Dysidea arenaria</i> (A1), • <i>Clathria rugosa</i> (A2). Une espèce d'éponges disparue : • <i>Dysidea herbacea</i> (A0/-1).	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : • <i>Hamigera strongylata</i> (A3/+ 1). Une espèce d'éponges diminue d'abondance : • <i>Spheciospongia vagabunda</i> (A2/- 1).
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : • <i>Didemnum molle</i> (A2).	☒
Bryozoaires	
☒	☒

4.4.2.3 Benthos Transect 04 C

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

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

Tableau n°38 : Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST04C)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. Une espèce d'algue disparue, l'algue rouge : • <i>Amphiroa</i> sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées : > pour les actiniaires (1 espèce) : • <i>Discosoma rhodostoma</i> (A1) ; > pour les hydrozoaires (1 espèce) : •Hydrozoaires ind. (A2). Une espèce de cnidaires disparue : > pour les alcyonaires (-1 espèce) : • <i>Sinularia</i> sp. (A0/-2).	☒



Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➤ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Gomophia egyptiaca</i> (A2). 4 espèces d'échinodermes disparues : ➤ pour les astéries (-3 espèce) : • <i>Celerina heffernani</i> (A0/-1), • <i>Fromia monilis</i> (A0/-1), • <i>Nardoa gomophia</i> (A0/-1) ; ➤ pour les échinides (-1 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A0/-2).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➤ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria edulis</i> (A2/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➤ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A3/- 1).
Mollusques	
2 espèces de mollusques disparues : ➤ pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Isognomon isognomon</i> (A0/-2) ; ➤ pour les nudibranches (-1 sp) : • <i>Phyllidiella pustulosa</i> (A0/-1)	☒
Eponges	
2 nouvelles espèces d'éponges recensées : • <i>Dysidea arenaria</i> (A1), • <i>Clathria rugosa</i> (A2).	2 espèces d'éponges augmentent d'abondance : • <i>Dactylia delicata</i> (A2/+ 1), • <i>Spheciospongia vagabunda</i> (A2/+ 1). Une espèce d'éponges diminue d'abondance : • <i>Cliona jullieni</i> (A2/- 1).
Ascidies	
3 nouvelles espèces d'ascidies recensées : • <i>Polycarpa clavata</i> (A1), • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A2), • <i>Polycarpa nigricans</i> (A2).	☒
Bryozoaires	
☒	☒

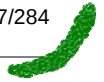
4.4.3 Les poissons (ST04)

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>							3	0,04	19,66	1,00	0,01	6,55
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	3	0,04	2,53							1,00	0,01	0,84
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	4	0,05	1,73							1,33	0,02	0,58
Aca	<i>Naso lopezi</i>							30	0,21	67,48	10,00	0,07	22,49
Aca	<i>Zebрасoma scopas</i>	5	0,06	1,25	3	0,04	0,55				2,67	0,03	0,60
Aca	<i>Zebрасoma veliferum</i>	2	0,03	0,86							0,67	0,01	0,29
Cae	<i>Caesio caerulea</i>	30	0,38	16,48	60	0,75	32,96				30,00	0,38	16,48
Cae	<i>Caesio cuning</i>							80	0,57	84,67	26,67	0,19	28,22
Cae	<i>Caesio pisang</i>	50	0,63	27,46	100	1,25	54,93				50,00	0,63	27,46
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	3	0,04	0,55							1,00	0,01	0,18
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>				2	0,03	0,50				0,67	0,01	0,17
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	1	0,01	0,25							0,33	0,00	0,08
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	5	0,06	0,43	4	0,05	0,22				3,00	0,04	0,21
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	6	0,08	0,77	5	0,06	0,27				3,67	0,05	0,35
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>				3	0,04	0,38				1,00	0,01	0,13
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>				2	0,03	0,11				0,67	0,01	0,04
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>				3	0,04	0,16				1,00	0,01	0,05

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



Cha	<i>Chaetodon unimaculatus</i>				3	0,04	0,26				1,00	0,01	0,09
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>				1	0,01	0,13	2	0,03	0,40	1,00	0,01	0,18
Cha	<i>Coradion altivelis</i>				2	0,03	0,86	2	0,03	2,33	1,33	0,02	1,07
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>				2	0,03	2,05	2	0,03	1,64	1,33	0,02	1,23
Epi	<i>Anyperodon leucogrammicus</i>				1	0,01	3,91				0,33	0,00	1,30
Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>							1	0,01	3,52	0,33	0,00	1,17
Epi	<i>Epinephelus merra</i>	2	0,03	1,10	3	0,04	1,30				1,67	0,02	0,80
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>							4	0,03	34,13	1,33	0,01	11,38
Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>				2	0,03	2,92	1	0,01	3,13	1,00	0,01	2,01
Lab	<i>Cheilinus trilobatus</i>				1	0,01	1,02				0,33	0,00	0,34
Lab	<i>Coris aygula</i>				1	0,01	22,78				0,33	0,00	7,59
Lab	<i>Coris gaimard</i>	1	0,01	0,18							0,33	0,00	0,06
Lab	<i>Gomphosus varius</i>	2	0,03	0,36							0,67	0,01	0,12
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>				2	0,03	32,00				0,67	0,01	10,67
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	5	0,06	0,27	4	0,05	0,22				3,00	0,04	0,16
Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	10	0,13	2,50							3,33	0,04	0,83
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	12	0,15	2,19	10	0,13	1,28				7,33	0,09	1,16
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	12	0,15	2,19							4,00	0,05	0,73
Lut	<i>Aprion virescens</i>							10	0,05	100,0	3,33	0,02	33,33
Mul	<i>Parupeneus barberinus</i>	2	0,03	6,08	5	0,06	4,22				2,33	0,03	3,43
Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	5	0,06	27,44	3	0,04	3,68				2,67	0,03	10,37
Mul	<i>Parupeneus spilurus</i>				5	0,06	10,00				1,67	0,02	3,33
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	8	0,10	5,49	10	0,13	3,33				6,00	0,08	2,94
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	4	0,05	0,22	4	0,05	0,51	5	0,06	0,34	4,33	0,05	0,36
Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	5	0,06	0,16							1,67	0,02	0,05
Poc	<i>Centropyge flavissima</i>	2	0,03	0,17							0,67	0,01	0,06
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	4	0,05	0,22				3	0,04	0,21	2,33	0,03	0,14
Poc	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>							1	0,01	3,13	0,33	0,00	1,04
Poc	<i>Pygoplites diacanthus</i>				1	0,01	0,43				0,33	0,00	0,14
Pom	<i>Abudefduf septemfasciatus</i>	20	0,25	2,56							6,67	0,08	0,85
Pom	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>	30	0,38	3,84							10,00	0,13	1,28
Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>	25	0,31	3,20	10	0,13	1,28				11,67	0,15	1,49
Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>	4	0,05	0,34							1,33	0,02	0,11
Pom	<i>Chromis fumea</i>	35	0,44	1,89							11,67	0,15	0,63
Pom	<i>Chromis viridis</i>	100	1,25	3,13							33,33	0,42	1,04
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	10	0,13	0,07	8	0,10	0,05				6,00	0,08	0,04
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>				15	0,19	0,10				5,00	0,06	0,03
Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>	20	0,25	0,14	25	0,31	0,17	4	0,05	6,40	16,33	0,20	2,23
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	30	0,38	0,48	70	0,88	0,47	4	0,04	17,28	34,67	0,43	6,08
Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>				20	0,25	0,32	6	0,08	9,60	8,67	0,11	3,31
Pom	<i>Neopomacentrus azyron</i>	5	0,06	0,08							1,67	0,02	0,03
Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>	100	1,25	1,60	25	0,31	0,40				41,67	0,52	0,67
Pom	<i>Pomacentrus coelestis</i>				5	0,06	0,08				1,67	0,02	0,03
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	200	2,50	10,80				5	0,06	0,13	68,33	0,85	3,64
Pse	<i>Pictichromis coralensis</i>							2	0,03	0,01	0,67	0,01	0,00
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>	6	0,08	2,00	4	0,05	1,33				3,33	0,04	1,11
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>	8	0,10	11,66				5	0,06	4,91	4,33	0,05	5,53
Sca	<i>Scarus niger</i>	1	0,01	2,66	2	0,03	4,63				1,00	0,01	2,43
Sca	<i>Scarus schlegeli</i>				2	0,03	7,81				0,67	0,01	2,60
Scr	<i>Pterois radiata</i>							1	0,01	0,35	0,33	0,00	0,12
Sig	<i>Siganus corallinus</i>	4	0,05	4,91							1,33	0,02	1,64



Sig	<i>Siganus doliatus</i>				4	0,05	4,91				1,33	0,02	1,64
Sig	<i>Siganus fuscescens</i>							25	0,25	27,44	8,33	0,08	9,15
Sig	<i>Siganus puellus</i>	2	0,03	4,00							0,67	0,01	1,33
Sig	<i>Siganus vulpinus</i>	4	0,05	3,38							1,33	0,02	1,13
Zan	<i>Zanclus cornutus</i>							1	0,01	3,13	0,33	0,00	1,04
Total		787	9,84	157,6	432	5,40	202,52	197	1,71	389,87	472,00	5,65	250,0
Biodiversité		42			39			22			73		
Indice de Shannon =		4,716											
Equitabilité =		0,760											

Sur l'ensemble des transects de la station, 1 416 individus appartenant à 73 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 5.65 poissons/m² pour une biomasse de 250 g/m².

126 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>Plectorhinchus lessonii</i>	Poc	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	Hae	<i>Plectorhinchus picus</i>	Poc	<i>Pygoplites diacanthus</i>
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>	Lab	<i>Bodianus diana</i>	Pom	<i>Abudefduf septemfasciatus</i>
Aca	<i>Acanthurus nigricauda</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	Lab	<i>Cheilinus fasciatus</i>	Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Lab	<i>Cheilinus trilobatus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon aureus</i>
Aca	<i>Naso brachycentron</i>	Lab	<i>Choerodon fasciatus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>
Aca	<i>Naso lopezi</i>	Lab	<i>Choerodon graphicus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon leucogaster</i>
Aca	<i>Naso vlamingii</i>	Lab	<i>Coris aygula</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Chromis atripectoralis</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Chromis fumea</i>
Bal	<i>Pseudobalistes fuscus</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Chromis leucura</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>	Pom	<i>Chromis viridis</i>
Ble	<i>Ecsenius bicolor</i>	Lab	<i>Halichoeres melanurus</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopion</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Cae	<i>Caesio caerulea</i>	Lab	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>
Cae	<i>Caesio cuning</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Cae	<i>Caesio pisang</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Pom	<i>Neopomacentrus azysron</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lab	<i>Macropharyngodon negrosensis</i>	Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	Lab	<i>Oxycheilinus bimaculatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus coelestis</i>
Cha	<i>Chaetodon ephippium</i>	Lab	<i>Oxycheilinus diagrammus</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>	Lab	<i>Pseudodax moluccanus</i>	Pri	<i>Priacanthus hamrur</i>
Cha	<i>Chaetodon lineolatus</i>	Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	Pse	<i>Pictichromis coralensis</i>
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Sca	<i>Chlorurus microrhinos</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	Lab	<i>Thalassoma nigrofasciatum</i>	Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Lut	<i>Aprion virescens</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Lut	<i>Lutjanus bohar</i>	Sca	<i>Scarus niger</i>
Cha	<i>Chaetodon unimaculatus</i>	Lut	<i>Lutjanus fulvus</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>

Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	Lut	<i>Lutjanus quinquelineatus</i>	Scr	<i>Pterois radiata</i>
Cha	<i>Coradion altivelis</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinus</i>	Sig	<i>Siganus corallinus</i>
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Das	<i>Taeniura meyeni</i>	Mul	<i>Parupeneus spilurus</i>	Sig	<i>Siganus fuscescens</i>
Epi	<i>Cephalopholis argus</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Sig	<i>Siganus puellus</i>
Epi	<i>Epinephelus coioides</i>	Pin	<i>Parapercis hexophthalma</i>	Sig	<i>Siganus punctatus</i>
Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Epi	<i>Epinephelus merra</i>	Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	Syn	<i>Synodus variegatus</i>
Epi	<i>Epinephelus ongus</i>	Poc	<i>Centropyge flavissima</i>	Tet	<i>Arothron stellatus</i>
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	Zan	<i>Zanclus cornutus</i>
Hae	<i>Plectorhinchus chaetodonoides</i>	Poc	<i>Chaetodontoplus conspicillatus</i>	Syn	<i>Saurida gracilis</i>

Le nombre d'espèces pour chaque famille 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 par mission (ST04)

Familles	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
Acanthuridae	2	3	3	6	2	5	5	5	4	3	4	5	4	5	4	8	5	6
Anthiinae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Blenniidae	1	0	1	2	2	2	1	2	2	0	0	1	2	2	2	2	2	0
Caesionidae	1	1	2	1	0	1	2	1	1	2	2	1	1	1	3	3	2	3
Canthigasteridae	0	0	0	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carangidae	1	2	1	1	0	2	1	0	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0
Chaetodontidae	6	5	2	12	3	10	6	9	7	8	10	13	10	13	10	12	10	12
Epinephelinae	4	4	1	6	2	5	4	4	4	2	4	3	4	6	5	7	5	4
Haemulidae	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	1	2	1	1	0	0
Labridae	4	4	4	6	3	8	4	6	7	7	6	7	6	8	9	9	8	10
Lethrinidae	0	1	0	1	1	4	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0
Lutjanidae	2	4	0	1	0	2	0	0	1	0	0	0	0	5	6	1	1	1
Mullidae	1	0	1	1	0	2	1	2	1	2	2	1	1	3	2	3	2	3
Nemipteridae	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1
Pomacanthidae	5	2	5	4	4	3	2	3	4	7	2	4	3	3	5	7	5	6
Pomacentridae	4	3	7	6	4	7	7	8	6	9	8	10	9	11	11	13	15	15
Pseudochromidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1	1
Scorpaenidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Scaridae	3	6	5	3	3	4	6	5	5	3	4	3	4	5	4	6	5	4
Siganidae	1	2	2	2	0	7	2	3	1	2	1	2	3	4	5	1	4	5
Zanclidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1
Total espèces	37	39	35	54	25	64	42	51	46	47	46	52	50	71	72	78	68	78
Total familles	15	14	13	16	10	16	13	14	15	12	13	13	14	16	17	18	16	15

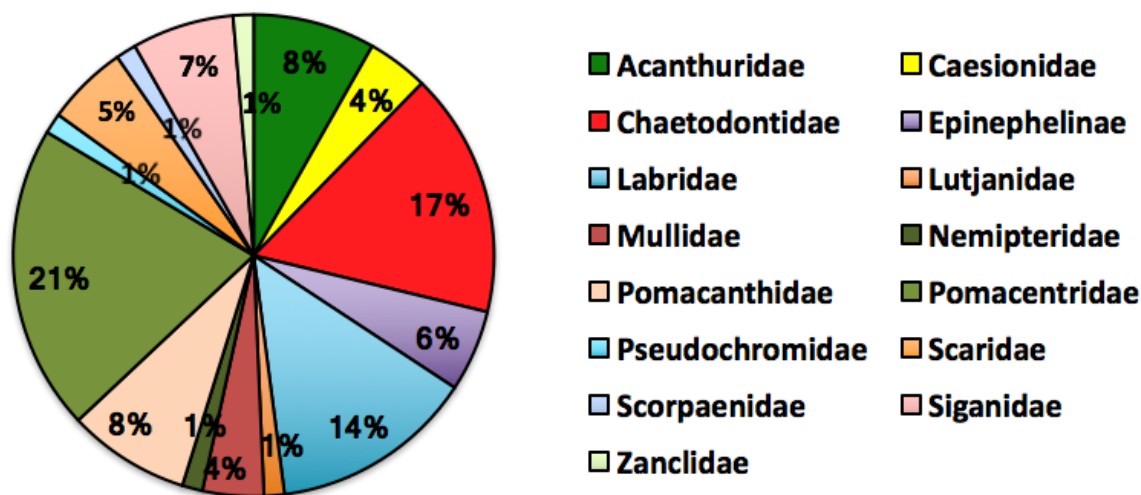


Figure n°27 : Richeur spécifique par famille de poissons (ST04)

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	237	340	412	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 [$Er_i = (X_i - X_m) / X_m$] 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 ichthyologiques depuis 2007 (ST04)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	37 561	3	55 254	229	297	421
Ecart type	193,81	1,69	235,06	15,14	17,22	20,53
Moyenne	237,48	3,12	326,02	53,11	76,56	104,94
Coef. de Var.	0,82	0,54	0,72	0,29	0,22	0,20

Commentaires :

- Installation confirmée d'une rascasse poule.
- Le nombre d'espèces sur les transects est toujours au-dessus de la moyenne...
- ...comme la biodiversité totale.
- Les Chaetodontidae, les Pomacentridae et les Labridae représentent près de 50 % de la biodiversité.

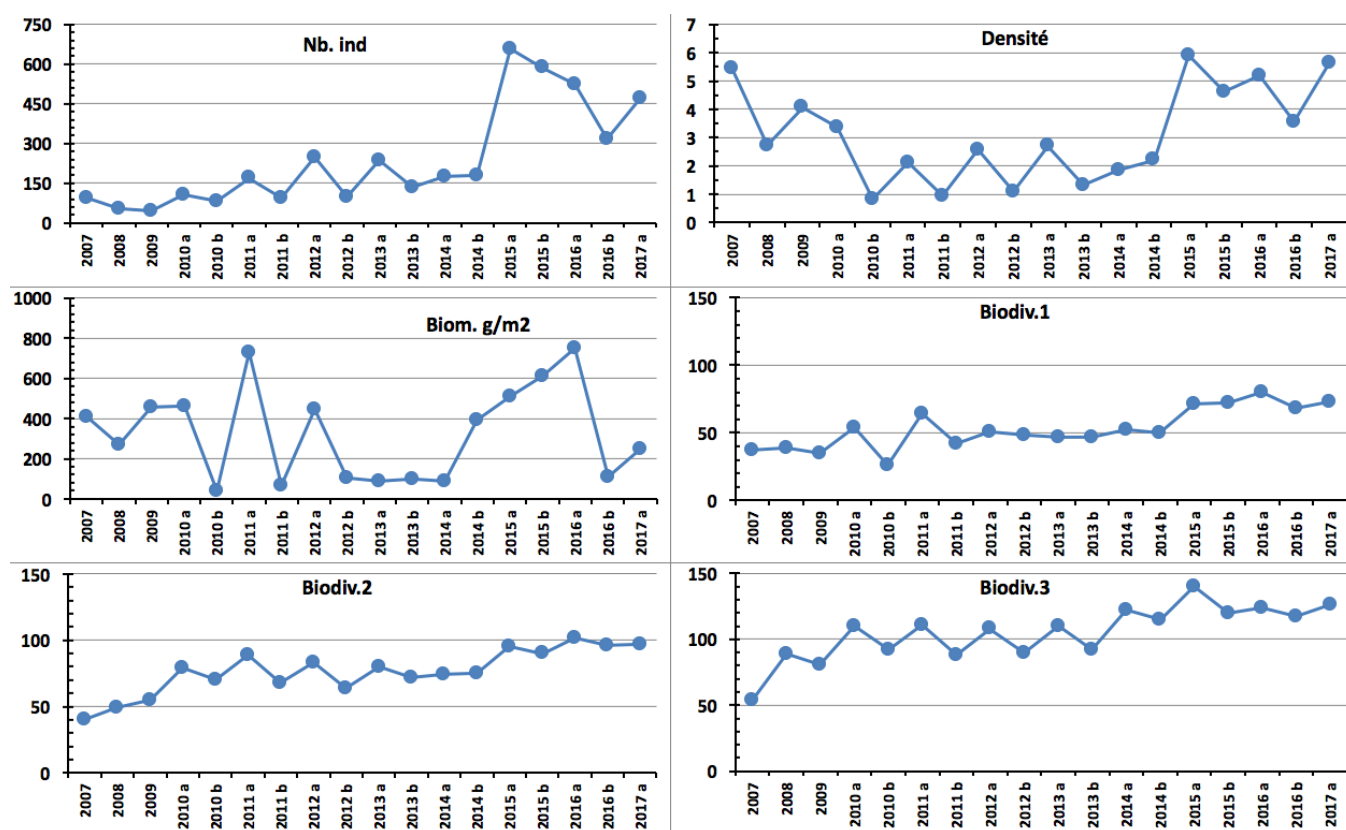
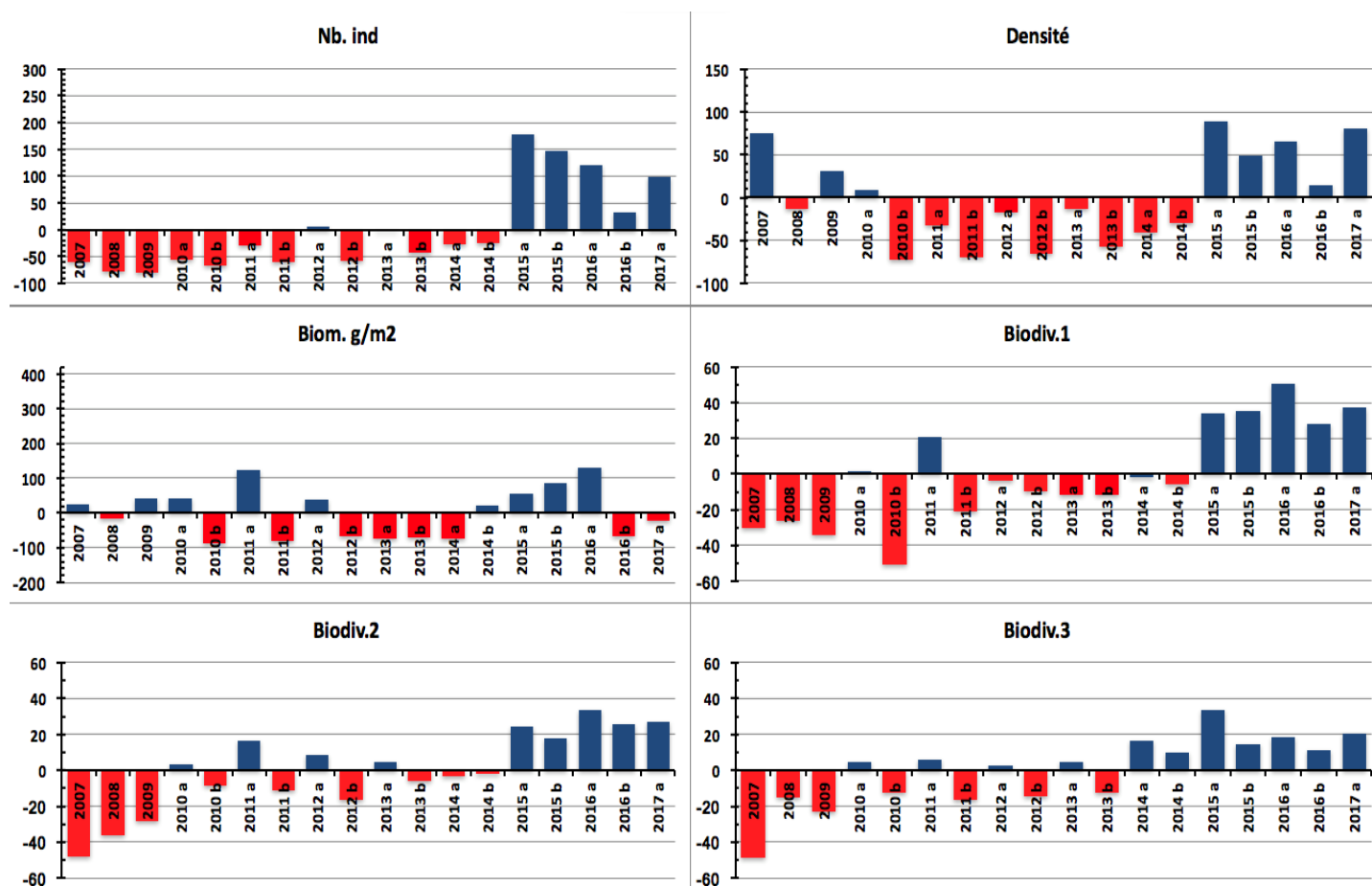




- Les Labridae sont au plus haut de la série.
L'essentiel de la biomasse (78%) est dû aux pélagiques Caesio, à la présence de 3 individus d'*Aprion virescens* et à quelques *Naso lopezi*.

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 a	Transect A	787	9,84	157,60	42		
	Transect B	432	5,40	202,52	39		
	Transect C	197	1,71	389,87	22		
	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

Figure n°28 : *Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST04)*Figure n°29 : *Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST04)*



4.5 Station 05 = Récif Ioro

Localisation géographique	Façade nord-ouest du récif de Ioro, sous le vent, à environ 200 mètres dans le sud-ouest du feu signal de Ioro (photographie 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 heliophora*
- ↳ 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 novembre 2016 et avril 2017

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 33.5% au transect A, 30.5% 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%.
- Lésions coralliennes : maladie de la bande blanche (1 colonie *Acropora* tabulaire en A) et anomalie de croissance sur la grande colonie de *Diploastrea heliophora* (transect B)
- Perturbations mécaniques et sédimentaires : RAS pour cette mission

Autres indicateurs :

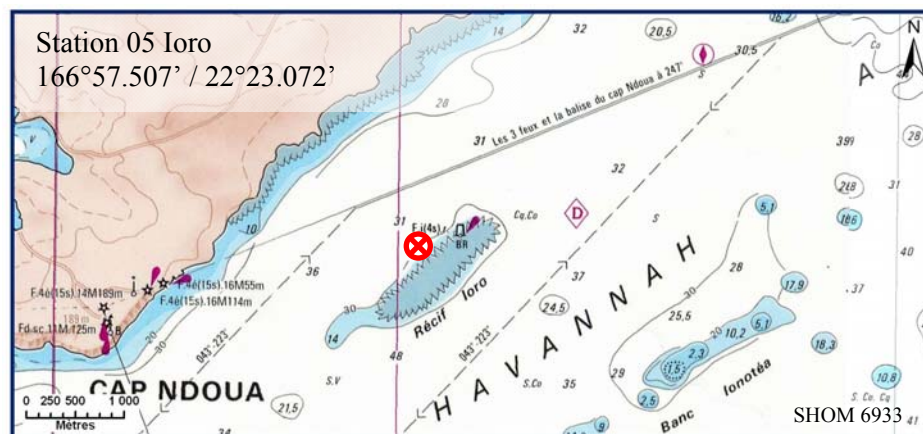
- Cyanobactéries : absentes (stabilité depuis les dernières missions)
- Le turf algal se développe modérément sur les débris et les colonies coralliennes mortes en place au fur et à mesure de leur dégradation.
- Algues brunes *Lobophora* : le recouvrement reste stable en A (niveau2) et absent en B & C
- Algues rouges *Asparagopsis taxiformis* : absente



- *Cliona orientalis* : stable et diminution en C (niveau 2)
- *Cliona jullieni* : stable

Les corallivores :

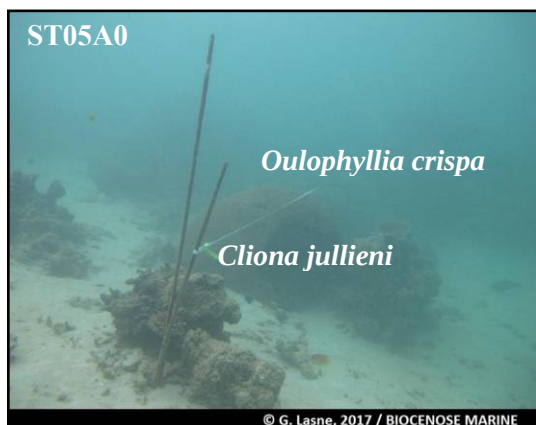
- Absence d'*Acanthaster planci* et de *Culcita novaeguineae*
- Absence de *Drupella cornus*



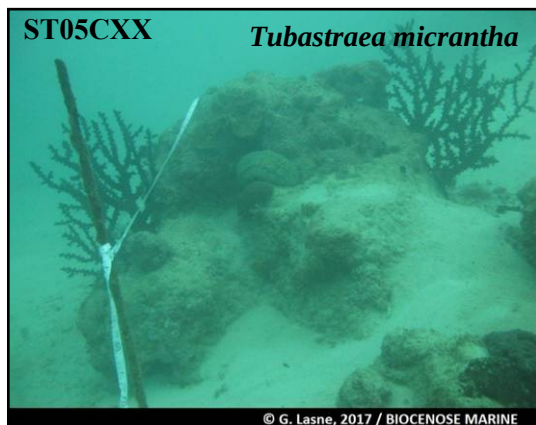
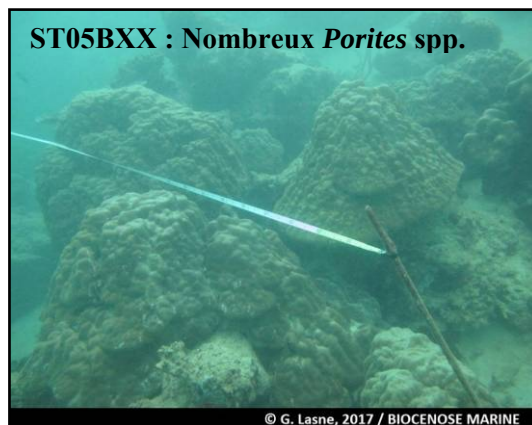
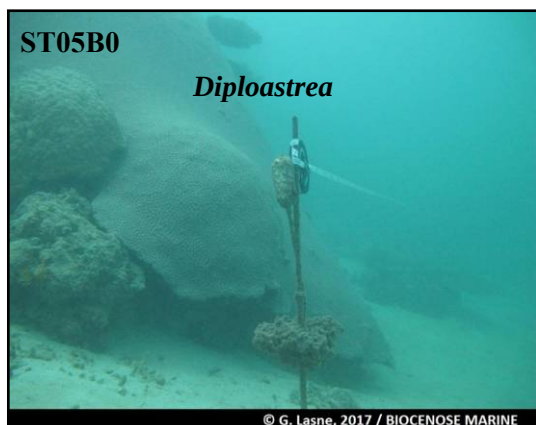
Carte n°07 : Localisation de la station 05 (Ioro)



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



Nombreux débris coralliens et quelques maladies de la bande blanche et anomalies de croissance en A&B



Pente sédimentaire sableuse et quelques massifs coralliens métriques 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.

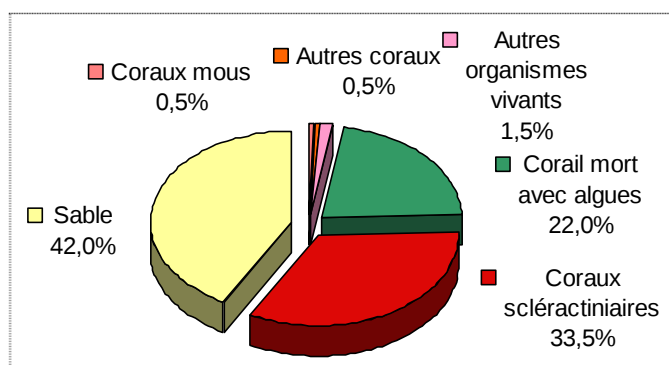


Figure n°30 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05A

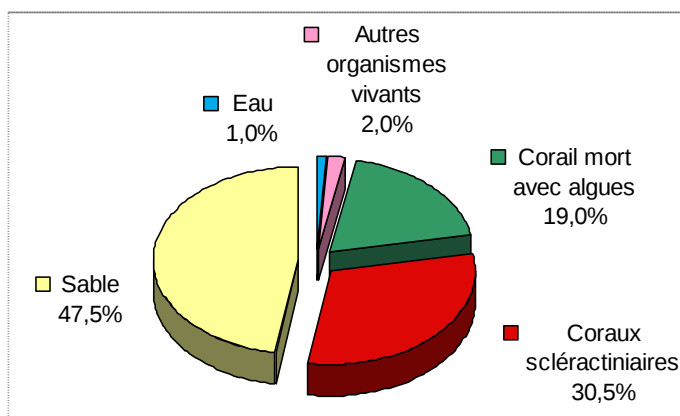


Figure n°31 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05B

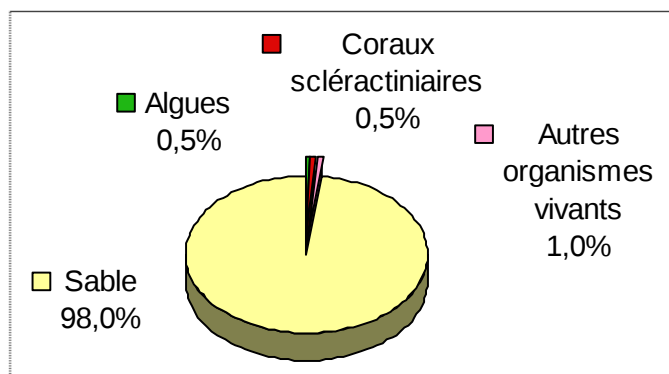


Figure n°32 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST05C

Le substrat est majoritairement abiotique à cette station, avec une proportion de sable qui augmente avec la profondeur (42%, 47.5% puis 98%).

Les coraux scléactiniaires ne sont correctement représentés que sur les deux premiers transects (respectivement 33.5% et 30.5%, en augmentation pour cette mission), 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.

A noter : **absence des cyanobactéries et des coraux blancs pour cette mission aux 3 transects.**

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

- **48 espèces d'invertébrés** dont 15 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (3 taxons), actiniaires (2 taxons), zoanthaires (2 taxons) ; 17 espèces d'échinodermes : holothurides (7 taxons), échinides (4 taxons), astéries (3 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies
- **5 espèces de macrophytes** : algues vertes (4 taxons), algues brunes (1 taxon)
- **Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.**

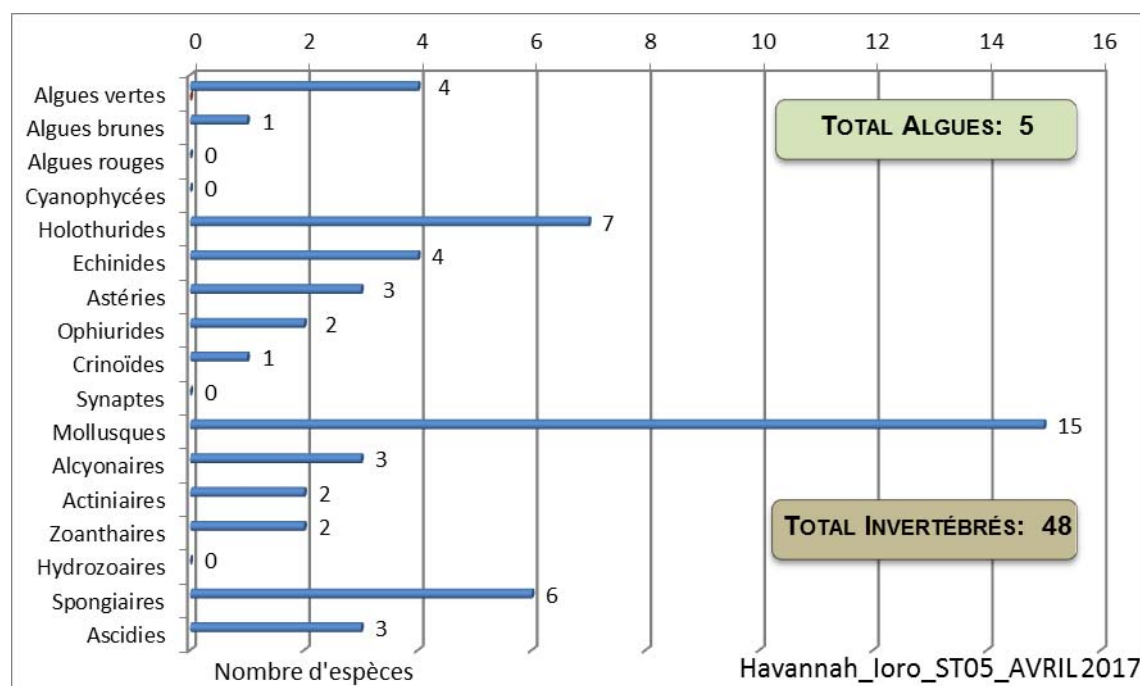


Figure n°33 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST05)

4.5.2.1 Benthos Transect 05 A

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

- **38 espèces d'invertébrés** dont 11 espèces de mollusques ; 4 espèces de cnidaires : zoanthaires (2 taxons), alcyonaires (1 taxon), actiniaires (1 taxon) ; 14 espèces d'échinodermes : holothurides (5 taxons), échinides (4 taxons), astéries (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies
- **5 espèces de macrophytes** : algues vertes (4 taxons), algues brunes (1 taxon)
- **Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.**

Tableau n°45 : Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST05A)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
2 nouvelles espèces d'algues recensées, dont 2 espèces d'algues vertes : • <i>Neomeris vanbosseae</i> (A2), • <i>Chlorodesmis fastigiata</i> (A2) ; 3 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : • <i>Turbinaria ornata</i> (A0/-2) ; et l'algue rouge : • <i>Amphiroa</i> sp. (A0/-2) ;	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.

et l'algue verte : • <i>Ventricaria ventricosa</i> (A0/-2).	
Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	
2 nouvelles espèces de cnidaires recensées : > pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Sarcophyton</i> sp. (A2) ; > pour les zoanthaires (1 espèce) : • <i>Zoanthidae</i> ind.sp. (A2).	☒
Echinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : > pour les holothurides (3 espèces) : • <i>Holothuria whitmaei</i> (A1), • <i>Stichopus herrmanni</i> (A1), • <i>Stichopus pseudohorrens</i> (A1). 4 espèces d'échinodermes disparues : > pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Fromia indica</i> (A0/-1) ; > pour les holothurides (-3 espèce) : • <i>Holothuria atra</i> (A0/-2), • <i>Holothuria fuscopunctata</i> (A0/-1), • <i>Thelenota ananas</i> (A0/-1).	3 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : > pour les échinides (1 sp) : • <i>Diadema setosum</i> (A1/- 1) > pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Bohadschia argus</i> (A1/- 1) ; > pour les ophiurides (1 espèce) : • <i>Ophiure</i> ind. (A1/- 1).
Mollusques	
4 espèces de mollusques disparues : > pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Tridacna squamosa</i> (A0/-1) ; > pour les gastéropodes (-3 espèce) : • <i>Turbo setosus</i> (A0/-1). • <i>Latirolagena smaragdula</i> (A0/-2), • <i>Lambis truncata</i> (A0/-1),	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : > pour les gastéropodes (1 espèce) : • <i>Astraea rhodostoma</i> (A1/- 1).
Eponges	
1 nouvelle espèce d'éponges recensée : • <i>Hamigera strongylata</i> (A1)	☒
Ascidies	
☒	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A1/- 1).
Bryozoaires	
☒	☒

4.5.2.2 Benthos Transect 05 B

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

- 37 espèces d'invertébrés dont 11 espèces de mollusques ; 6 espèces de cnidaires : alcyonaires (3 taxons), zoanthaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon) ; 11 espèces d'échinodermes : échinides (3 taxons), holothurides (3 taxons), astéries (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies
- 1 espèce de macrophyte : algue verte (1 taxon)
- Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau n°46 : *Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST05B)*

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. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	
☒	2 espèces de cnidaires augmentent d'abondance : > pour les alcyonaires (2 espèces) : • <i>Sarcophyton</i> sp. (A2/+ 1), • <i>Chironophthya</i> sp. (A2/+ 1).



Echinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : > pour les astéries (1 espèce) : • <i>Nardoa gomophia</i> (A1) ; > pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Thelenota ananas</i> (A1). 3 espèces d'échinodermes disparues : > pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Linckia multifora</i> (A0/-1) ; > pour les holothurides (-2 espèce) : • <i>Actinopyga palauensis</i> (A0/-1), • <i>Thelenota anax</i> (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : > pour les ophiurides (1 espèce) : • <i>Ophiomastix caryophyllata</i> (A2/+ 1). 3 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : > pour les échinides (2 espèces) : • <i>Diadema setosum</i> (A1/- 1), • <i>Echinometra mathaei</i> (A1/- 1) ; > pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria edulis</i> (A1/- 1).
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : > pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Pinna</i> sp. (A1) ; > pour les nudibranches (1 espèce) : • <i>Cheilidonura electra</i> (A1). 4 espèces de mollusques disparues : > pour les gastéropodes (-3 espèce) : • <i>Conus textile</i> (A0/-1), • <i>Latirolagena smaragdula</i> (A0/-2), • <i>Lambis scorpius</i> (A0/-1) ; > pour les nudibranches (-1 sp) : • <i>Phyllidiella pustulosa</i> (A0/-1)	Une espèce de mollusques augmente d'abondance : > pour les nudibranches (1 espèce) : • <i>Cheilidonura inornata</i> (A2/+ 1). Une espèce de mollusques diminue d'abondance : > pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Isognomon isognomon</i> (A2/- 1).
Eponges	
☒	☒
Ascidies	
2 espèces d'ascidies disparues : • <i>Polycarpa clavata</i> (A0/-1), • <i>Polycarpa</i> spl. (blanche) (A0/-1).	☒
Bryozoaires	
☒	☒

4.5.2.3 Benthos Transect 05 C

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

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

Tableau n°47 : *Variations entre novembre 2016 et avril 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	
☒	☒
Cnidaires	
☒	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : > pour les alcyonaires (1 sp) : • <i>Chironephthya</i> sp. (A2/+1)
Echinodermes	
2 espèces d'échinodermes disparues : > pour les échinides (-1 sp) : • <i>Diadema setosum</i> (A0/-1) > pour les ophiurides (-1 espèce) : • <i>Ophiure</i> ind. (A0/-2).	☒
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée :	☒



> pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Pedum spondyloideum</i> (A2). Une espèce de mollusques disparue : > pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Pteria peguin</i> (A0/-1).	
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : • <i>Spheciospongia vagabunda</i> (A1).	Une espèce d'éponges diminuée d'abondance : • <i>Cliona orientalis</i> (A2/- 1).
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : • <i>Polycarpa clavata</i> (A0/-1)	☒
Bryozoaires	
☒	☒

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>				1	0,01	1,33				0,33	0,00	0,44
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>				1	0,01	2,30				0,33	0,00	0,77
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	1	0,01	0,13							0,33	0,00	0,04
Aca	<i>Naso unicornis</i>	2	0,01	16,00							0,67	0,00	5,33
Aca	<i>Zebbrasoma scopas</i>	2	0,01	0,25							0,67	0,00	0,08
Ble	<i>Ecsenius bicolor</i>	1	0,01	0,00				1	0,01	0,00	0,67	0,00	0,00
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>				2	0,03	0,00				0,67	0,01	0,00
Cae	<i>Pterocaesio pisang</i>	30	0,19	18,42	30	0,21	21,06				20,00	0,13	13,16
Car	<i>Gnathanodon speciosus</i>				10	0,04	393,85				3,33	0,01	131,28
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	3	0,02	0,08	3	0,03	0,11				2,00	0,01	0,06
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>				2	0,02	0,07				0,67	0,01	0,02
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	3	0,02	0,05	4	0,03	0,08				2,33	0,02	0,04
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>				1	0,01	0,02				0,33	0,00	0,01
Cha	<i>Forcipiger flavissimus</i>				2	0,03	0,06				0,67	0,01	0,02
Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>							1	0,01	4,50	0,33	0,00	1,50
Epi	<i>Epinephelus ongus</i>				1	0,01	0,84				0,33	0,00	0,28
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>							3	0,03	38,40	1,00	0,01	12,80
Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	1	0,01	0,42	2	0,03	0,86				1,00	0,01	0,43
Lab	<i>Gomphosus varius</i>	1	0,01	0,04							0,33	0,00	0,01
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	1	0,01	0,42	1	0,01	1,46				0,67	0,01	0,63
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>							2	0,02	0,02	0,67	0,01	0,01
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	6	0,04	0,09	6	0,05	0,22	6	0,05	0,22	6,00	0,05	0,18
Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	3	0,02	0,82							1,00	0,01	0,27
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	4	0,03	0,67	5	0,04	0,83				3,00	0,02	0,50
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	4	0,03	0,03	2	0,02	0,04				2,00	0,01	0,02
Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	3	0,02	0,01							1,00	0,01	0,00
Poc	<i>Centropyge flavissima</i>	3	0,02	0,08							1,00	0,01	0,03
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	2	0,01	0,01	2	0,02	0,02	2	0,02	0,02	2,00	0,02	0,02
Pom	<i>Abudefduf whiteleyi</i>	10	0,06	0,16	10	0,08	0,36				6,67	0,05	0,17
Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>	6	0,04	0,05	5	0,04	0,10				3,67	0,03	0,05
Pom	<i>Chromis viridis</i>	30	0,19	0,10	20	0,17	0,09				16,67	0,12	0,06
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	5	0,03	0,01							1,67	0,01	0,00
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>	10	0,06	0,03	5	0,04	0,02				5,00	0,03	0,02
Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>	15	0,09	0,05	15	0,13	0,07	20	0,17	0,09	16,67	0,13	0,07
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>				15	0,13	0,16	15	0,13	0,07	10,00	0,08	0,08
Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>	8	0,05	0,03	10	0,08	0,11	5	0,04	0,05	7,67	0,06	0,06
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	8	0,05	0,06	4	0,03	0,04				4,00	0,03	0,04
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>	3	0,02	0,38	3	0,03	0,86				2,00	0,01	0,41
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>	3	0,02	0,27							1,00	0,01	0,09
Sca	<i>Scarus niger</i>	1	0,01	0,27							0,33	0,00	0,09
Sca	<i>Scarus rivulatus</i>	1	0,01	0,42							0,33	0,00	0,14
Sca	<i>Scarus spinus</i>	2	0,01	0,43							0,67	0,00	0,14
Sig	<i>Siganus doliatus</i>	3	0,02	0,27	2	0,02	0,40				1,67	0,01	0,22
Total		175	1,09	40,07	166	1,34	425,56	55	0,46	43,37	132	0,97	169,66
Biodiversité		31			28			9			43		
Indice de Shannon =		4,347											
Equitabilité =		0,801											

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

Sur l'ensemble des transects de la station, 396 individus appartenant à 43 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 0.97 poisson/m² pour une biomasse de 169.7 g/m².

94 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>	Epi	<i>Epinephelus ongus</i>	Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>	Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Poc	<i>Centropyge flavissima</i>
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	Hae	<i>Plectorhinchus lessonii</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Lab	<i>Anampses neoguinaicus</i>	Pom	<i>Abudefduf whiteleyi</i>
Aca	<i>Naso lituratus</i>	Lab	<i>Bodianus diana</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Lab	<i>Bodianus perditio</i>	Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Chromis fumea</i>
Apo	<i>Apogon aureus</i>	Lab	<i>Coris aygula</i>	Pom	<i>Chromis margaritifer</i>
Apo	<i>Apogon doederleini</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Chromis viridis</i>
Apo	<i>Apogon fuscus</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Apo	<i>Apogon indicus</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopoeion</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Ble	<i>Ecsenius bicolor</i>	Lab	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon melas</i>
Cae	<i>Pterocaesio pisang</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Lab	<i>Macropharyngodon meleagris</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>
Car	<i>Gnathanodon speciosus</i>	Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	Pom	<i>Pomacentrus adelus</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lut	<i>Lutjanus ehrenbergii</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	Lut	<i>Lutjanus fulvus</i>	Pri	<i>Priacanthus hamrur</i>
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Lut	<i>Macolor niger</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>	Mul	<i>Parupeneus cyclostomus</i>	Sca	<i>Scarus altipinnis</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Sca	<i>Scarus niger</i>
Cha	<i>Coradion altivelis</i>	Nem	<i>Scolopsis lineatus</i>	Sca	<i>Scarus rivulatus</i>
Cha	<i>Forcipiger flavissimus</i>	Ost	<i>Ostracion cubicus</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Das	<i>Dasyatis kuhlii</i>	Pin	<i>Parapercis hexophthalma</i>	Sca	<i>Scarus spinus</i>
Dus	<i>Spratelloides gracilis</i>	Pin	<i>Parapercis multiplicata</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Epi	<i>Epinephelus fasciatus</i>	Ple	<i>Assessor macneilli</i>	Sig	<i>Siganus punctatus</i>
Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	Syn	<i>Saurida gracilis</i>
Epi	<i>Epinephelus merra</i>				

Le nombre d'espèces pour chaque famille 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 par mission (ST05)*

Familles	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
Acanthuridae	1	2	4	4	2	4	3	4	4	4	4	6	6	6	8	8	8	5
Anthiinae	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Blenniidae	1	0	0	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	2	2
Caesionidae	0	0	0	0	0	1	1	0	1	3	0	1	1	0	1	0	0	2
Canthigasteridae	0	0	1	1	0	1	0	1	1	1	0	2	1	1	1	1	1	0
Carangidae	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0
Chaetodontidae	3	1	3	4	1	10	4	6	6	8	4	0	0	9	8	7	4	5
Dasyatidae	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	6	8	1	1	1	1	0
Epinephelinae	1	3	4	1	1	3	2	1	3	2	4	0	0	2	3	6	4	3
Gobiidae	1	0	1	1	0	0	0	0	1	0	0	3	2	1	0	0	0	0
Haemulidae	0	0	2	1	1	1	2	0	1	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Kyphosidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0
Labridae	3	5	4	8	2	6	5	6	3	5	6	0	0	9	8	7	7	5
Lethrinidae	0	1	1	1	0	1	1	0	1	1	1	5	7	3	0	0	0	0
Lutjanidae	0	1	0	1	0	1	0	0	0	0	3	2	2	3	0	2	4	0
Mullidae	0	2	2	2	2	4	5	2	2	1	3	1	1	2	2	4	2	1
Nemipteridae	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1
Pomacanthidae	2	3	5	3	3	5	2	2	3	10	3	1	1	5	3	4	3	4
Pomacentridae	8	7	8	9	7	7	12	8	8	1	6	1	1	9	10	11	10	9
Pseudochromidae	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	3	1	0	1	0	0
Scaridae	1	2	4	2	1	4	3	3	1	2	3	9	9	7	6	6	6	5
Siganidae	0	1	3	2	1	1	1	1	1	1	3	2	4	2	2	2	0	1
Total esp	22	30	44	42	24	55	43	36	40	43	44	45	49	63	56	62	53	43
Total fam	10	13	15	16	13	18	14	12	18	16	15	18	16	17	14	15	13	12

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	248	357	433	12/22

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](#).

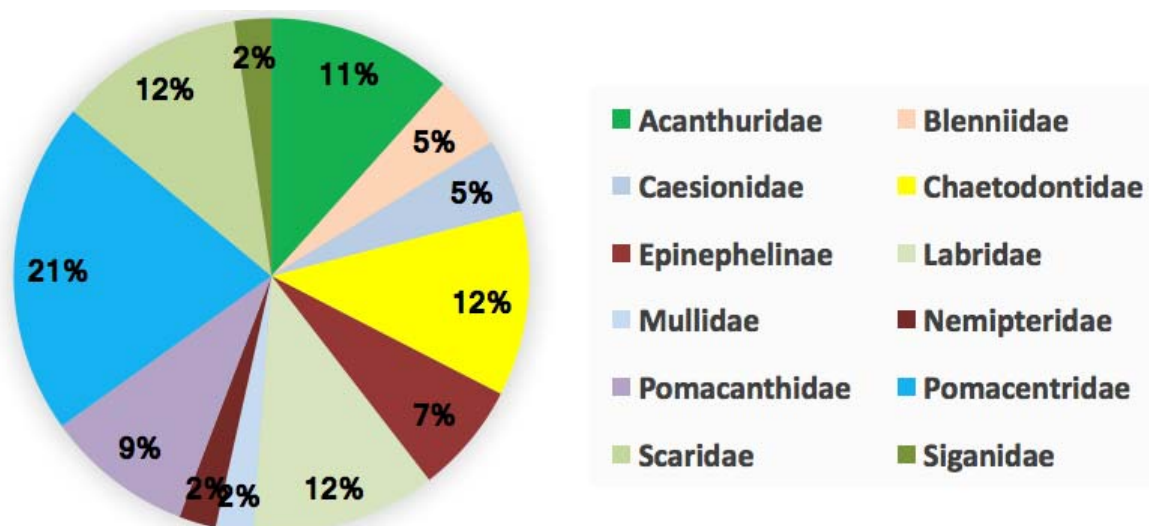


Figure n°34 : *Richesse spécifique par famille de poissons (ST05)*

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)*

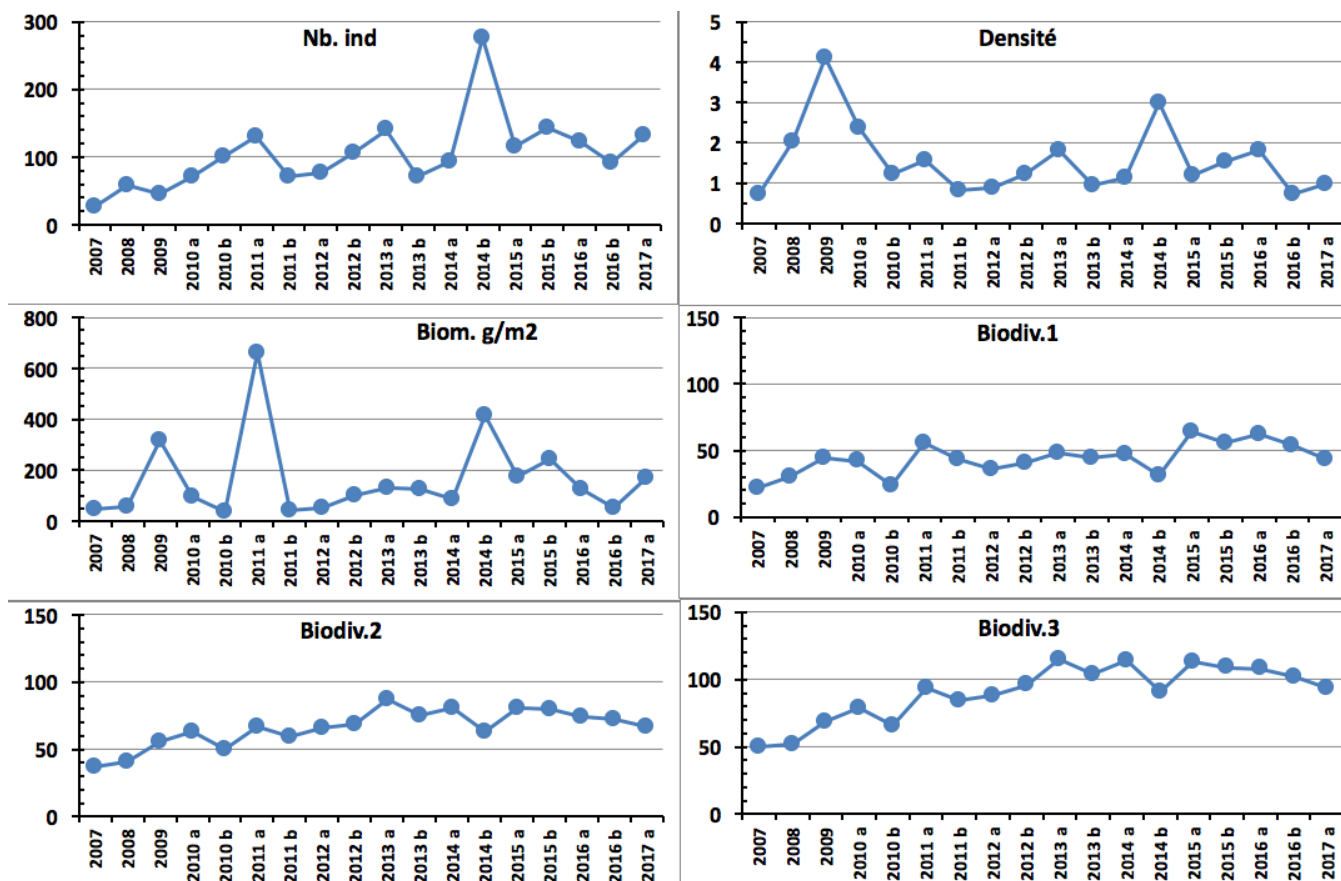
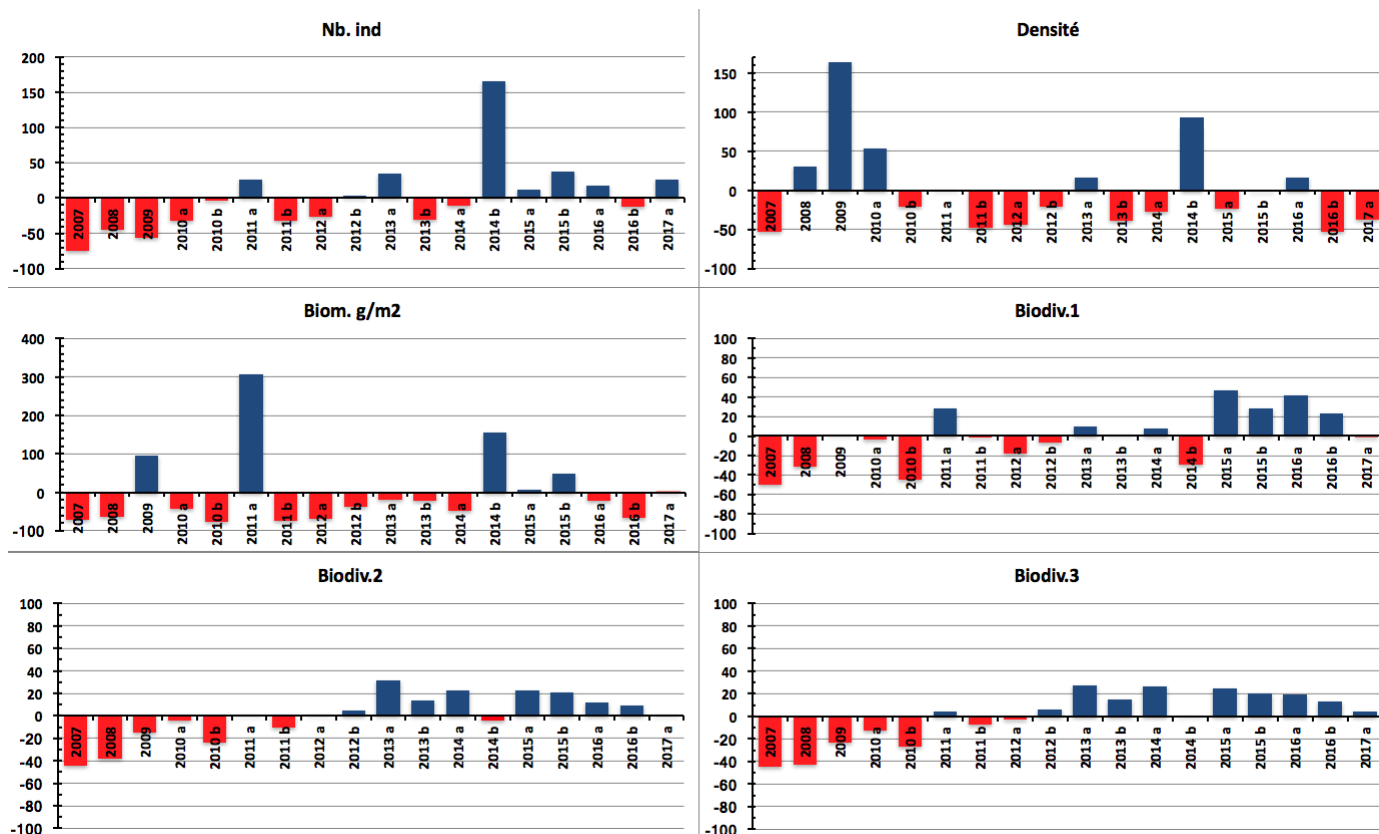
	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	2 942,82	0,78	25 912,81	144,92	186,35	414,26
Ecart type	54,25	0,88	160,97	12,04	13,65	20,35
Moyenne	103,86	1,55	162,55	43,72	66,00	90,44
Coef. de Var.	0,53	0,55	0,99	0,28	0,21	0,23

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 a	Transect A	175,00	1,09	40,07	31		
	Transect B	164,00	1,32	425,39	27		
	Transect C	55,00	0,46	43,37	9		
	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 valeur de la densité est toujours faible.
- La valeur de la biomasse est moyenne.
- Les valeurs de biodiversité n'augmentent plus et restent élevées.

Figure n°35 : *Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST05)*Figure n°36 : *Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST05)*



4.6 Station 06 = Banc Ionontea

Localisation géographique	Au nord-est du banc Ionontea. Le banc Ionontea se situe au milieu du canal de la Havannah. Ce récif est totalement immergé (cf. photographie 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 jullieni* 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*

Variations entre novembre 2016 et avril 2017

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 27% au transect A, 30.5% en B et 9% en C
- ➤ Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.33% ; Avril 2016 : 0.5% ; Novembre 2016 : 0.15% ; Avril 2017 : 1.07%*
- Lésions coralliennes : maladie de la bande blanche (3 et 4 colonies *Acropora* tabulaire aux transects A & B). De plus en A, quelques colonies sont mortes ou nécrosées suite au blanchissement 2016
- 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 et colonies par la houle et le ressac) (hydrodynamisme important et remobilisation des débris par la houle et le ressac)

Autres indicateurs :

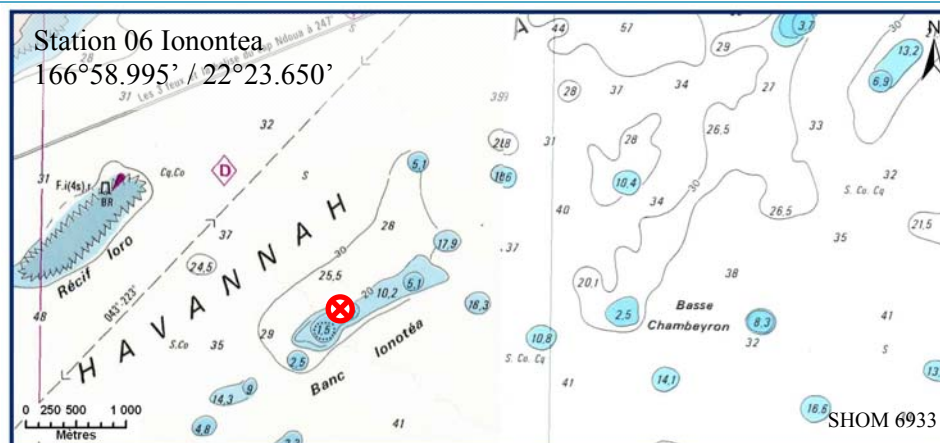
- Cyanobactéries : recouvrement en augmentation pour B & C (niveau 2). Elles se développent sur les colonies mortes en place (surtout *Acropora*)
- Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens et les colonies coralliennes au fur et à mesure de leur dégradation (effondrement de débris)



- Algue brune *Lobophora* : absente
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : le recouvrement reste stable aux transects A & B (niveau 2) et diminue en C (absent)
- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona jullieni* : stable

Les corallivores :

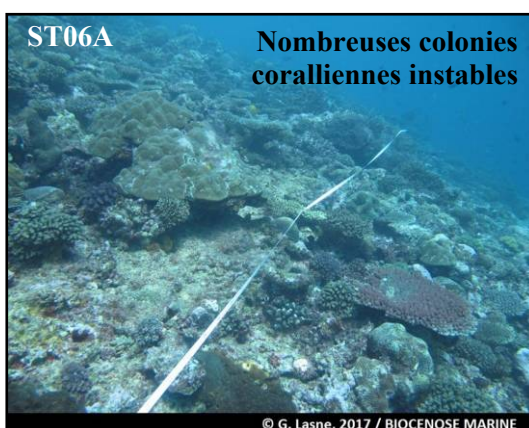
- Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*
- Absence de *Drupella cornus* (diminution en A)



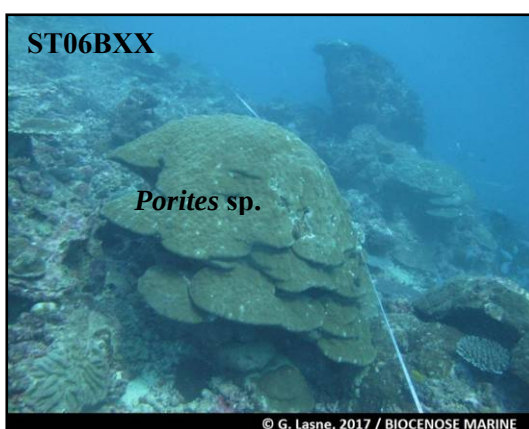
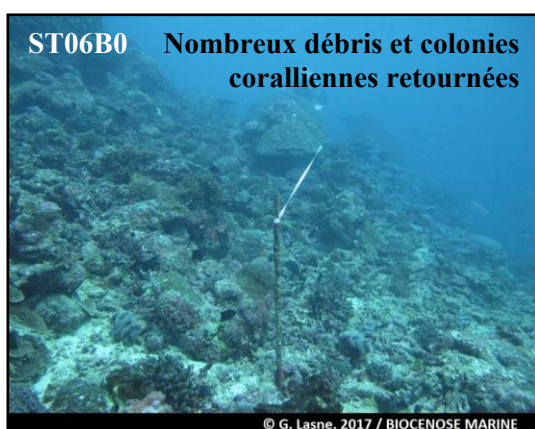
Carte n°08 : Localisation de la station 06 (Ionotea)



Photo n°18 : Position en surface (ST06)



Nombreux colonies coralliennes arrachées et remobilisées en haut et milieu du récif



Nombreux débris corallien et colonies retournées en milieu et bas de pente récifale

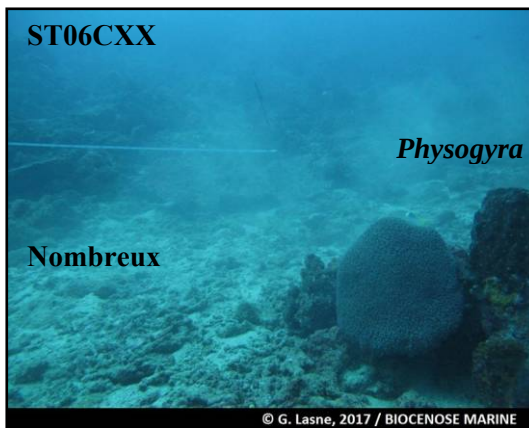
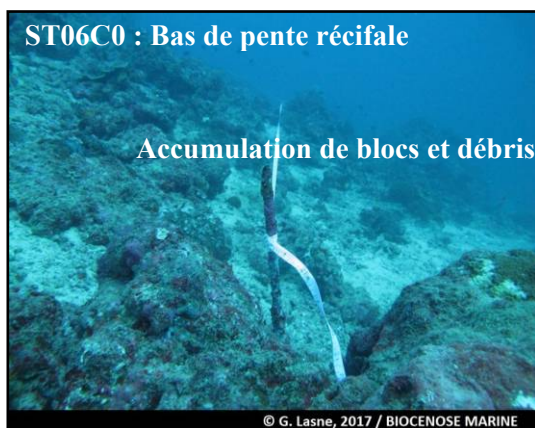


Photo n°19 : Vue d'ensemble des transects (ST06)

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.

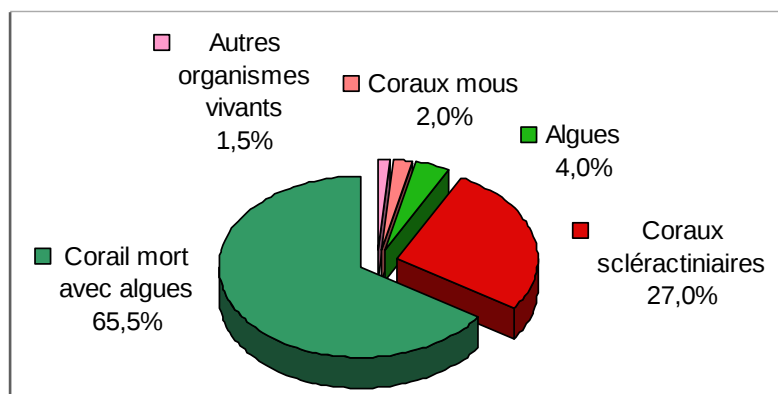


Figure n°37 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06A*

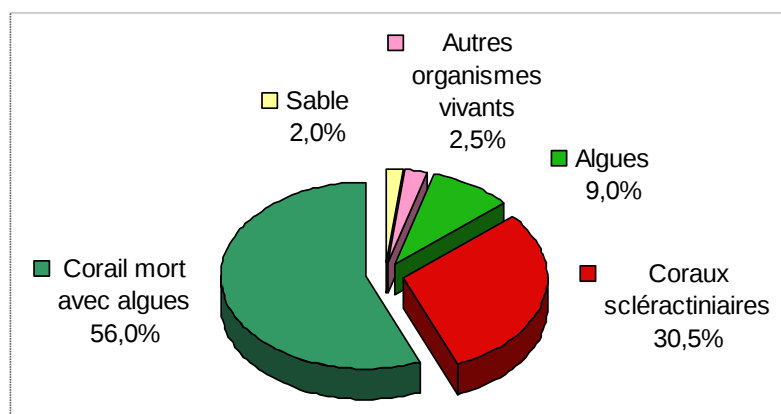


Figure n°38 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06B*

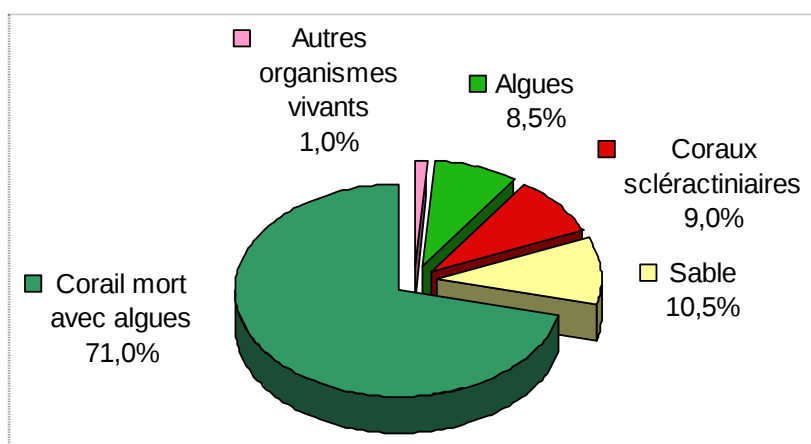


Figure n°39 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST06C*

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, 98% en B et 89.5% en C).

Les coraux scléactiniaires sont bien représentés particulièrement sur les 2 transects haut (27%, 30.5% et 9%).

Aucun blanchissement pour cette mission, mais **les cyanobactéries sont de retour avec 2.5% en B et 0.5% en C.**

Les trois transects sont globalement stables.

4.6.2 Le benthos (ST06)

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

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

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

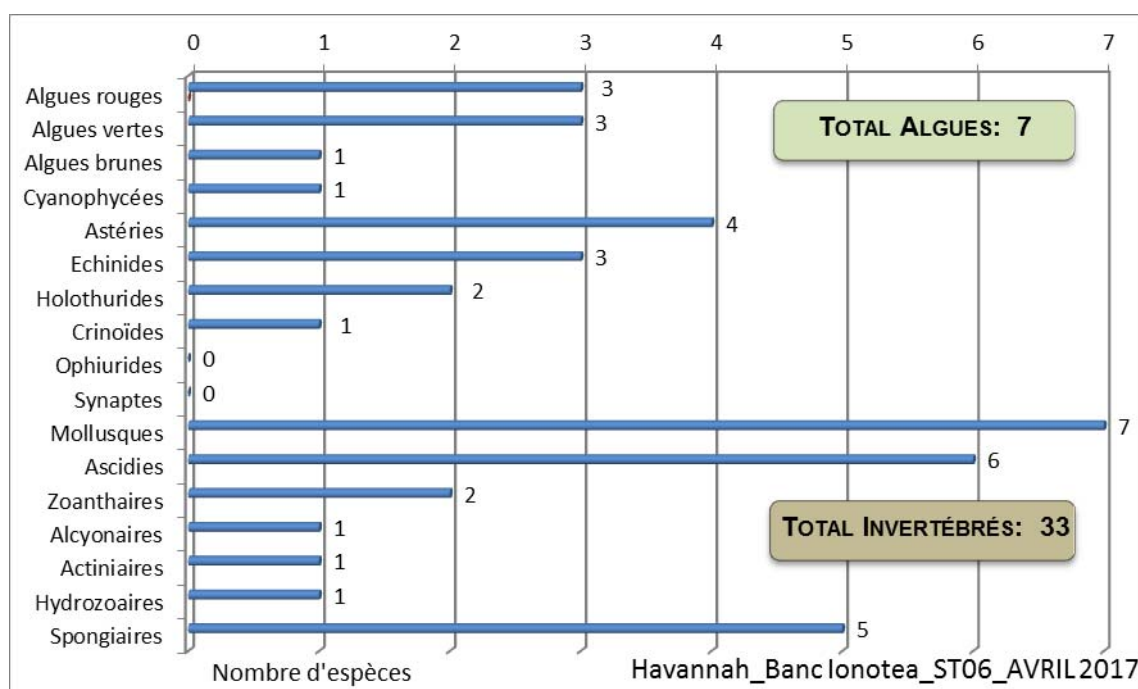


Figure n°40 : Répartition par famille de la richesse spécifique corallienne (ST06)

4.6.2.1 Benthos Transect 06 A

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

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

Tableau n°54 : Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST06A)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue brune : <i>Dictyota</i> sp. (A2). Aucune espèce d'algues n'a disparue.	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	

☒	☒
Echinodermes	
4 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : > pour les astéries (4 espèces) : • <i>Celerina heffernani</i> (A1), • <i>Fromia milleporrella</i> (A1), • <i>Fromia monilis</i> (A1), • <i>Gomophia egyptiaca</i> (A2).	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : > pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2/- 1).
Mollusques	
5 espèces de mollusques disparues : > pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Tridacna squamosa</i> (A0/-1) ; > pour les gastéropodes (-4 espèce) : • <i>Conus miles</i> (A0/-1), • <i>Latirolagena smaragdula</i> (A0/-2), • <i>Drupella cornus</i> (A0/-2), • <i>Turbo argyrostomus</i> (A0/-2).	2 espèces de mollusques diminuent d'abondance : > pour les bivalves (2 espèces) : • <i>Pedum spondyloideum</i> (A2/- 1), • <i>Tridacna maxima</i> (A1/- 1).
Eponges	
1 nouvelle sp d'éponges recensée : •Spongiaires ind. (noire) (A2)	☒
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : • <i>Clavelina detorta</i> (A2), • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A2).	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : • <i>Didemnum</i> sp. (blanche) (A2/+ 1), • <i>Polycarpa aurita</i> (A3/+ 1).
Bryozoaires	
☒	☒

4.6.2.2 Benthos Transect 06 B

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

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

Tableau n°55 : Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST06B)

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>Plocamium</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 sp de cyanobactéries recensée : • <i>Phormidium</i> sp. (A2)	☒
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : > pour les actiniaires (1 espèce) : • <i>Discosoma</i> sp. (A1). Une espèce de cnidaires disparue : > pour les actiniaires (-1 sp) : • <i>Cryptodendrum adhaesivum</i> (A0/-1)	☒
Echinodermes	
4 espèces d'échinodermes disparues : > pour les astéries (-2 espèce) : • <i>Linckia multifora</i> (A0/-1), • <i>Neoferdina cumingi</i> (A0/-1) ; > pour les échinides (-1 espèce) : • <i>Echinometrix diadema</i> (A0/-1) ; > pour les ophiurides (-1 espèce) : • <i>Ophiure</i> ind. (A0/-2).	2 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance : > pour les astéries (1 espèce) : • <i>Gomophia egyptiaca</i> (A2/+ 1) ; > pour les échinides (1 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A2/+ 1).
Mollusques	
4 espèces de mollusques disparues :	☒



➤ pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Tridacna maxima</i> (A0/-2) ;	
➤ pour les gastéropodes (-3 sp) : • <i>Latirolagena smaragdula</i> (A0/-1) • <i>Drupa ricinus</i> (A0/-1), • <i>Vasum ceramicum</i> (A0/-1).	
Eponges	
☒	☒
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : • <i>Clavelina detorta</i> (A2).	2 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : • <i>Polycarpa aurita</i> (A2/-1), • <i>Polycarpa clavata</i> (A1/-1)
Bryozoaires	
1 nouvelle espèce de bryozoaires recensée : • <i>Alcyonidium</i> sp. (A2)	☒

4.6.2.3 Benthos Transect 06 C

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

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

Tableau n°56 : Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST06C)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue rouge : • <i>Plocamium</i> sp. (A2). 3 espèces d'algues disparues, dont l'algue rouge : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A0/-2) ; et 2 espèces d'algues vertes : • <i>Halimeda</i> sp. (A0/-1), • <i>Ventricaria ventricosa</i> (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : • <i>Phormidium</i> sp. (A2).	☒
Cnidaires	
☒	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➤ pour les zoanthaires (1 sp) : • <i>Palythoa tuberculosa</i> (A1/-1)
Echinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : ➤ pour les astéries (1 espèce) : • <i>Celerina heffernani</i> (A1) ; ➤ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Thelenota anax</i> (A1). 6 espèces d'échinodermes disparues : ➤ pour les échinides (-1 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A0/-1) ; ➤ pour les holothurides (-4 espèce) : • <i>Holothuria atra</i> (A0/-1), • <i>Holothuria edulis</i> (A0/-2), • <i>Holothuria fuscopunctata</i> (A0/-1), • <i>Thelenota ananas</i> (A0/-1) ; ➤ pour les ophiurides (-1 espèce) : • <i>Ophiure</i> ind. (A0/-2).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➤ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2/+ 1).
Mollusques	
3 espèces de mollusques disparues : ➤ pour les gastéropodes (-3 espèce) : • <i>Cerithium</i> sp. (A0/-1), • <i>Conus miles</i> (A0/-1), • <i>Drupa ricinus</i> (A0/-1).	☒
Eponges	
Une espèce d'éponges disparue : • <i>Cymbastella cantharella</i> (A0/-2).	☒





Ascidiés	
Une espèce d'ascidiés disparue : • <i>Didemnum</i> sp. (blanche) (A0/-1).	2 espèces d'ascidiés augmentent d'abondance : • <i>Polycarpa clavata</i> (A2/+ 1), • <i>Polycarpa nigricans</i> (A3/+ 1).
Bryozoaires	
☒	☒

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	0,03	8,79				6	0,08	7,37	3,00	0,03	5,39
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>							3	0,02	11,57	1,00	0,01	3,86
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	20	0,25	40,00	10	0,13	23,15	5	0,04	6,67	11,67	0,14	23,27
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	1	0,02	0,69	1	0,01	1,17				0,67	0,01	0,62
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	4	0,08	2,76	3	0,04	2,35				2,33	0,04	1,71
Aca	<i>Naso lopezi</i>							20	0,14	77,14	6,67	0,05	25,71
Aca	<i>Naso unicornis</i>	3	0,03	62,50				1	0,01	54,00	1,33	0,01	38,83
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>				2	0,03	0,57				0,67	0,01	0,19
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	4	0,05	8,00							1,33	0,02	2,67
Cae	<i>Pterocaesio pisang</i>							100	1,00	54,88	33,33	0,33	18,29
Can	<i>Canthigaster valentini</i>				1	0,03	0,06				0,33	0,01	0,02
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>				2	0,05	1,00				0,67	0,02	0,33
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>				2	0,03	0,57				0,67	0,01	0,19
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	5	0,04	0,29							1,67	0,01	0,10
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>				1	0,01	0,43				0,33	0,00	0,14
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	4	0,03	0,23							1,33	0,01	0,08
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>	3	0,05	0,51	2	0,03	0,17				1,67	0,03	0,23
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	3	0,04	0,26							1,00	0,01	0,09
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	2	0,05	0,22	1	0,03	0,11				1,00	0,03	0,11
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>				3	0,08	1,50				1,00	0,03	0,50
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	1	0,01	0,18							0,33	0,00	0,06
Cha	<i>Coradion altivelis</i>	1	0,01	0,25							0,33	0,00	0,08
Epi	<i>Cephalopholis miniata</i>							1	0,01	0,82	0,33	0,00	0,27
Epi	<i>Cromileptes altivelis</i>				1	0,01	22,78				0,33	0,00	7,59
Epi	<i>Epinephelus cyanopodus</i>							2	0,01	54,00	0,67	0,00	18,00
Epi	<i>Epinephelus fasciatus</i>				2	0,03	6,08				0,67	0,01	2,03
Epi	<i>Plectropomus laevis</i>							1	0,01	4,50	0,33	0,00	1,50
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>				1	0,01	16,00	10	0,13	540,0	3,67	0,05	185,33
Hae	<i>Plectorhinchus lessonii</i>							1	0,01	3,91	0,33	0,00	1,30
Lab	<i>Coris gaimard</i>	1	0,01	0,18							0,33	0,00	0,06
Lab	<i>Gomphosus varius</i>	1	0,01	0,13							0,33	0,00	0,04
Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>				1	0,01	2,29				0,33	0,00	0,76
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	1	0,01	3,91	1	0,01	2,00				0,67	0,01	1,97
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>				2	0,03	0,04				0,67	0,01	0,01
Lab	<i>Thalassoma amblycephalum</i>	50	0,63	9,11							16,67	0,21	3,04
Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	10	0,13	1,82							3,33	0,04	0,61
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	15	0,19	1,92	4	0,05	0,51	6	0,08	0,51	8,33	0,10	0,98
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	15	0,19	2,73	2	0,03	0,42				5,67	0,07	1,05
Let	<i>Monotaxis grandoculis</i>							5	0,03	40,00	1,67	0,01	13,33
Lut	<i>Lutjanus adetii</i>				50	0,83	133,33	100	0,71	223,21	50,00	0,52	118,85
Lut	<i>Lutjanus bohar</i>							2	0,03	7,81	0,67	0,01	2,60
Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>	3	0,04	2,53	1	0,01	0,84				1,33	0,02	1,13

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



Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	5	0,05	3,07	3	0,04	2,89	5	0,06	5,12	4,33	0,05	3,69
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	3	0,03	0,19	4	0,06	0,14	2	0,03	0,06	3,00	0,04	0,13
Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	4	0,04	0,25	4	0,06	0,14	3	0,04	0,09	3,67	0,04	0,16
Poc	<i>Centropyge flavissima</i>				2	0,03	0,07	1	0,01	0,03	1,00	0,01	0,03
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	3	0,03	0,19	3	0,04	0,11	3	0,04	0,09	3,00	0,04	0,13
Poc	<i>Pomacanthus imperator</i>				1	0,01	16,00				0,33	0,00	5,33
Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>	4	0,04	0,37							1,33	0,01	0,12
Pom	<i>Chromis fumea</i>	30	0,30	0,75	40	0,57	1,43	25	0,18	0,77	31,67	0,35	0,98
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	5	0,06	0,03	5	0,07	0,09	5	0,04	0,05	5,00	0,06	0,06
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>	40	1,00	4,32	15	0,21	0,27				18,33	0,40	1,53
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	30	0,38	0,48	25	0,36	0,46	20	0,14	0,18	25,00	0,29	0,37
Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>				10	0,14	0,36	15	0,11	0,46	8,33	0,08	0,27
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	5	0,06	0,16	2	0,03	0,07	4	0,03	0,12	3,67	0,04	0,12
Sca	<i>Cetoscarus ocellatus</i>				2	0,03	32,00				0,67	0,01	10,67
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>	5	0,06	2,75	4	0,05	2,20				3,00	0,04	1,65
Sca	<i>Scarus altipinnis</i>				1	0,01	10,67				0,33	0,00	3,56
Sca	<i>Scarus ghobban</i>				1	0,01	3,13				0,33	0,00	1,04
Sca	<i>Scarus globiceps</i>	3	0,04	6,00							1,00	0,01	2,00
Sca	<i>Scarus niger</i>				1	0,01	2,00				0,33	0,00	0,67
Sca	<i>Scarus oviceps</i>							1	0,01	6,75	0,33	0,00	2,25
Sca	<i>Scarus rivulatus</i>	10	0,13	20,00							3,33	0,04	6,67
Sca	<i>Scarus schlegeli</i>	5	0,06	4,22							1,67	0,02	1,41
Sig	<i>Siganus corallinus</i>	2	0,03	1,69	2	0,03	0,86	2	0,03	0,86	2,00	0,03	1,14
Zan	<i>Zanclus cornutus</i>	1	0,03	1,10							0,33	0,01	0,37
Total		305	4,20	193	218	3,24	288	349	3,01	1101	290	3,48	527,28
Biodiversité		37			39			27			66		
Indice de Shannon =		4,517											
Equitabilité =		0,747											

Sur l'ensemble des transects de la station, 870 individus appartenant à 66 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 3.48 poissons/m² pour une biomasse de 527.28 g/m².

125 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>	Epi	<i>Epinephelus cyanopodus</i>	Mic	<i>Ptereleotris evides</i>
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>	Epi	<i>Epinephelus fasciatus</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	Epi	<i>Epinephelus merra</i>	Nem	<i>Pentapodus aureofasciatus</i>
Aca	<i>Acanthurus nigricauda</i>	Epi	<i>Plectropomus laevis</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Pin	<i>Parapercis hexophthalma</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Hae	<i>Plectorhinchus chaetodonoides</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>
Aca	<i>Naso lopezi</i>	Hae	<i>Plectorhinchus lessonii</i>	Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Hol	<i>Sargocentron ensifer</i>	Poc	<i>Centropyge flavissima</i>
Aca	<i>Zebрасoma scopas</i>	Lab	<i>Anampses femininus</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>
Aca	<i>Zebрасoma veliferum</i>	Lab	<i>Anampses neoguinaicus</i>	Poc	<i>Pomacanthus imperator</i>
Ant	<i>Pseudanthias squamipinnis</i>	Lab	<i>Bodianus axillaris</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon orbicularis</i>
Apo	<i>Apogon aureus</i>	Lab	<i>Bodianus diana</i>	Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>
Apo	<i>Apogon doederleini</i>	Lab	<i>Cirrhilabrus punctatus</i>	Pom	<i>Chromis chrysur</i>
Apo	<i>Apogon fucata</i>	Lab	<i>Cirrhilabrus scottorum</i>	Pom	<i>Chromis fumea</i>
Apo	<i>Archamia fucata</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Bal	<i>Pseudobalistes fuscus</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>

Bal	<i>Sufflamen chrysotus</i>	Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>	Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopoeion</i>	Pom	<i>Neopomacentrus bankieri</i>
Cae	<i>Pterocaesio pisang</i>	Lab	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon johnstonianus</i>
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Labroides bicolor</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>Labropsis australis</i>	Pom	<i>Pomacentrus simsiang</i>
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>	Lab	<i>Oxycheilinus celebicus</i>	Pri	<i>Priacanthus hamrur</i>
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	Lab	<i>Oxycheilinus unifasciatus</i>	Pse	<i>Pictichromis coralensis</i>
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Lab	<i>Stethojulis bandanensis</i>	Sca	<i>Cetoscarus ocellatus</i>
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>	Lab	<i>Thalassoma amblycephalum</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	Sca	<i>Scarus altipinnis</i>
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Sca	<i>Scarus globiceps</i>
Cha	<i>Chaetodon unimaculatus</i>	Lab	<i>Thalassoma nigrofasciatum</i>	Sca	<i>Scarus longipinnis</i>
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	Let	<i>Lethrinus atkinsoni</i>	Sca	<i>Scarus niger</i>
Cha	<i>Coradion altivelis</i>	Let	<i>Monotaxis grandoculis</i>	Sca	<i>Scarus oviceps</i>
Cha	<i>Forcipiger longirostris</i>	Lut	<i>Aprion virescens</i>	Sca	<i>Scarus rivulatus</i>
Cha	<i>Heniochus varius</i>	Lut	<i>Lutjanus adetii</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Cha	<i>Heniochus varius</i>	Lut	<i>Lutjanus argentimaculatus</i>	Scr	<i>Synanceia verrucosa</i>
Cir	<i>Cirrhitichthys falco</i>	Lut	<i>Lutjanus bohar</i>	Sig	<i>Siganus corallinus</i>
Cir	<i>Paracirrhites arcatus</i>	Lut	<i>Lutjanus fulviflamma</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Cir	<i>Paracirrhites forsteri</i>	Lut	<i>Lutjanus fulvus</i>	Syn	<i>Synodus variegatus</i>
Epi	<i>Cephalopholis miniata</i>	Lut	<i>Macolor niger</i>	Zan	<i>Zanclus cornutus</i>
Epi	<i>Cromileptes altivelis</i>	Mic	<i>Gunnellichthys viridescens</i>		

Le nombre d'espèces pour chaque famille 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 par mission (ST06)*

Familles	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
Acanthuridae	6	8	6	5	4	8	5	7	10	9	3	4	8	6	8	8	8	9
Anthiinae	2	2	0	1	2	1	1	2	1	1	2	2	1	1	1	1	1	0
Blenniidae	0	0	0	0	1	1	2	0	1	2	1	1	1	1	1	1	1	0
Caesionidae	0	0	1	1	0	1	1	0	0	2	0	0	0	0	0	1	1	1
Canthigasteridae	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	1	1	0	0	1	1	1	1
Carangidae	0	0	0	4	0	0	0	0	0	2	1	0	1	1	0	0	0	0
Chaetodontidae	5	3	4	3	3	4	9	7	6	9	8	5	6	6	8	10	10	11
Epinephelinae	5	4	5	5	2	4	4	3	3	8	5	2	3	4	1	3	3	6
Haemulidae	0	1	2	1	1	0	1	0	1	2	0	0	0	1	0	0	0	1
Labridae	5	8	1	7	7	10	7	11	9	10	10	7	8	9	9	9	8	9
Lethrinidae	1	0	1	1	2	4	1	0	0	2	1	0	0	1	0	0	0	1
Lutjanidae	2	0	3	2	0	1	1	0	2	7	2	0	0	2	5	3	2	2
Microdesmidae	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	0	1	1	1	0
Monacanthidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0



Mullidae	1	1	0	1	3	2	2	0	1	3	3	1	1	2	1	0	0	1
Nemipteridae	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pomacanthidae	6	4	2	2	3	3	4	4	5	5	5	3	4	4	5	5	5	5
Pomacentridae	5	4	3	4	5	5	2	5	6	7	7	5	5	5	6	7	7	7
Pseudochromidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Scaridae	4	3	3	4	3	4	3	1	6	6	5	4	4	4	8	2	2	9
Siganidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1
Zanclidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1
Total espèces	44	40	31	42	37	50	44	42	53	77	55	39	46	48	58	54	53	66
Total familles	13	12	11	15	13	15	15	10	14	17	15	14	14	15	16	15	16	16

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	274	357	433	16/22

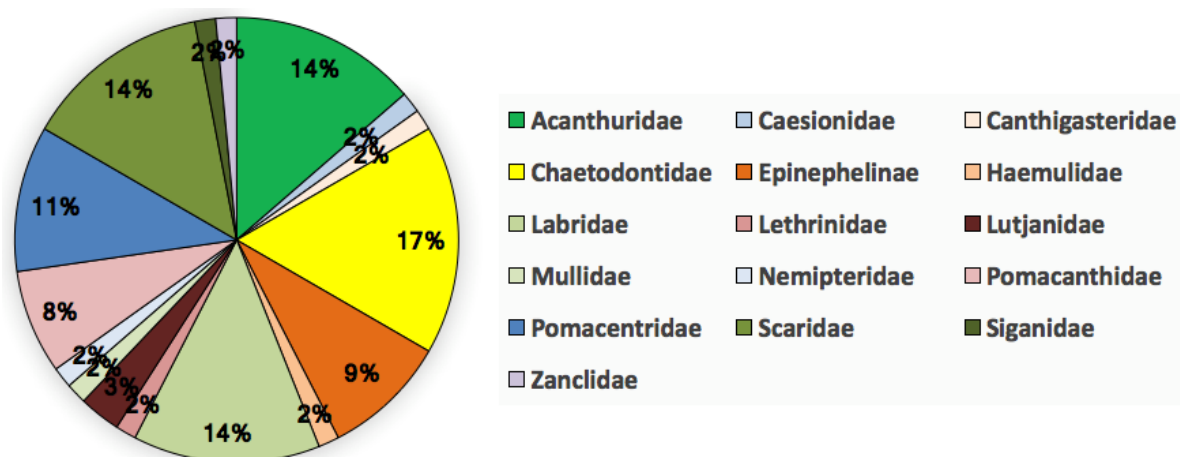


Figure n°41 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST06)

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 [$Er_i = (X_i - X_m) / X_m$] 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 ichthyologiques depuis 2007 (ST06)

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	7 104,7	0,5	10 9759,2	127,3	327,2	626,1



Ecart type	84,3	0,7	331,3	11,3	18,1	25,0
Moyenne	160,6	2,2	400,8	50,0	77,8	110,2
Coef. de Var.	167,6	0,3	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 a	Transect A	305,00	4,20	192,57	37		
	Transect B	218,00	3,24	288,28	39		
	Transect C	349,00	3,01	1101,00	27		
	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 biomasse est un peu au-dessus de la moyenne. Les 2/3 sont dus aux Saumonées (*Plectopomus leopardus*) et aux rougets de nuit (*Lutjanus adetii*). A la mission précédente, avec les Saumonées c'était les Mékoua (*Aprion virescens*) et les Dawa qui faisaient la biomasse.
- Il ne faut toutefois pas voir dans ces changements des bouleversements non ordinaires, ni des variations des rythmes biologiques. Il s'agit simplement pour les saumonées du résultat aléatoire d'un comportement constant qui consiste à venir voir les plongeurs et pour les autres espèces d'un résultat aléatoire d'un comportement inconstant vis-à-vis des plongeurs et plutôt influencé par la clarté de l'eau et les courants. Donc des phénomènes banaux, aux rythmes quotidiens qui sont ou pas synchrones avec nos visites au rythme semestriel. Toutes les variations même fortes de la biomasse ne peuvent faire l'objet d'une interprétation heuristique.
- En fait, toutes ces espèces nichent dans ou autour d'une grosse patate corallienne proche de la zone des transects. A l'envie, elles viennent ou pas voir les plongeurs et les résultats des comptages en sont modifiés en conséquence.
- La densité est forte, avec la même remarque que précédemment sur son interprétation.

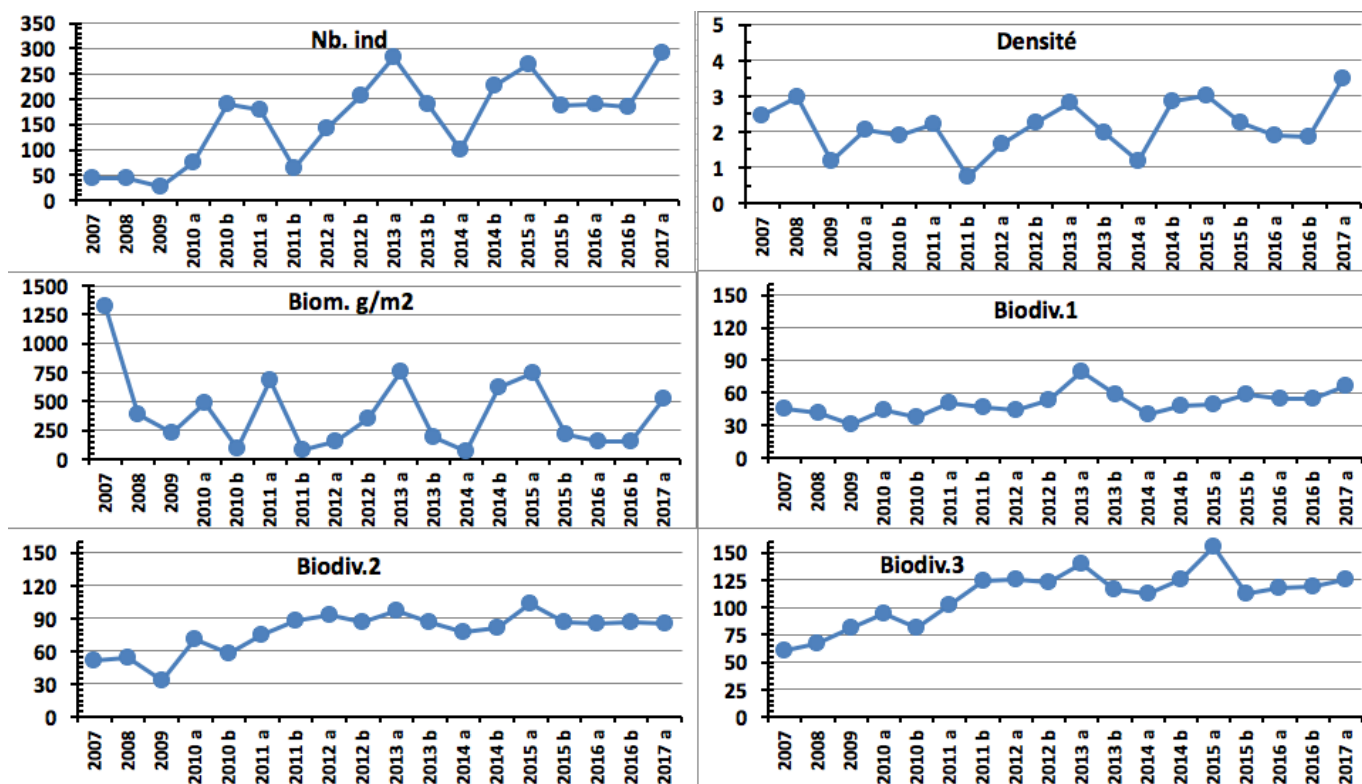


Figure n°42 : *Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST06)*

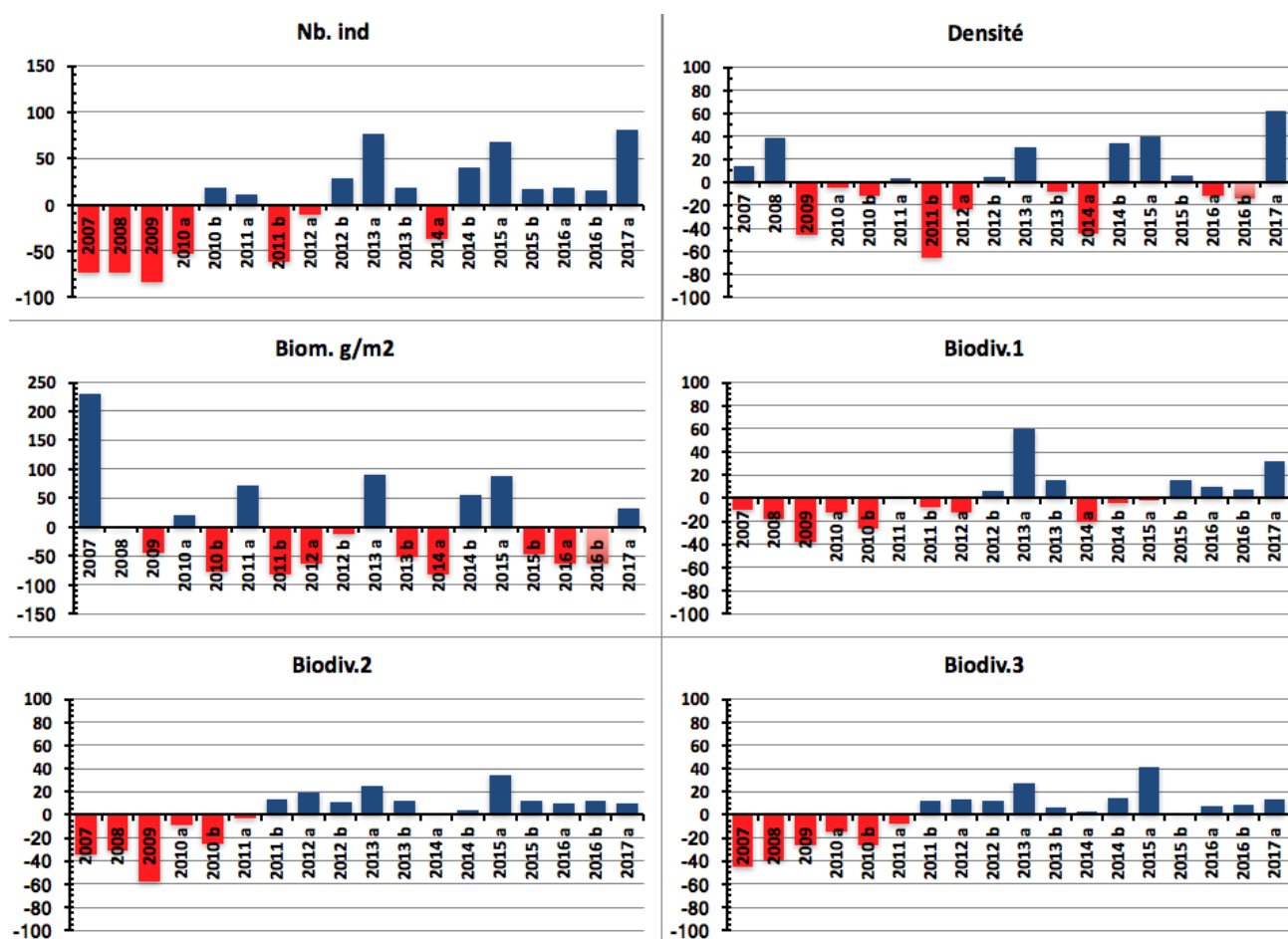


Figure n°43 : *Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST06)*



4.7 Station 07 = Basse Chambeyron

Localisation géographique	Dans la partie ouest du récif ennoyé de Basse Chambeyron. C'est un banc isolé, totalement ennoyé (cf. photographie 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 scléractiniaires qui s'y maintiennent développent des morphoses robustes.

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

Caractéristiques principales

- ↳ Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d'hydrodynamisme très important (courant de marée, houle et ressac) et taille relativement petite des colonies
- ↳ 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*

Variations entre novembre 2016 et avril 2017

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 21.5% au transect A, 9% 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%
- Lésions coralliennes : maladie de la bande blanche (4 colonies *Acropora* tabulaire en B). De plus en A, quelques colonies sont mortes ou nécrosées suite au blanchissement de 2016
- Dégradations mécaniques (Winston 2016, Cook et Donna, 2017) avec remobilisation des débris et de colonies en B. De nombreuses colonies ne sont plus fixées sur le substrat

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : recouvrement en augmentation pour les transects B & C (niveau 2). Elles se développent sur les

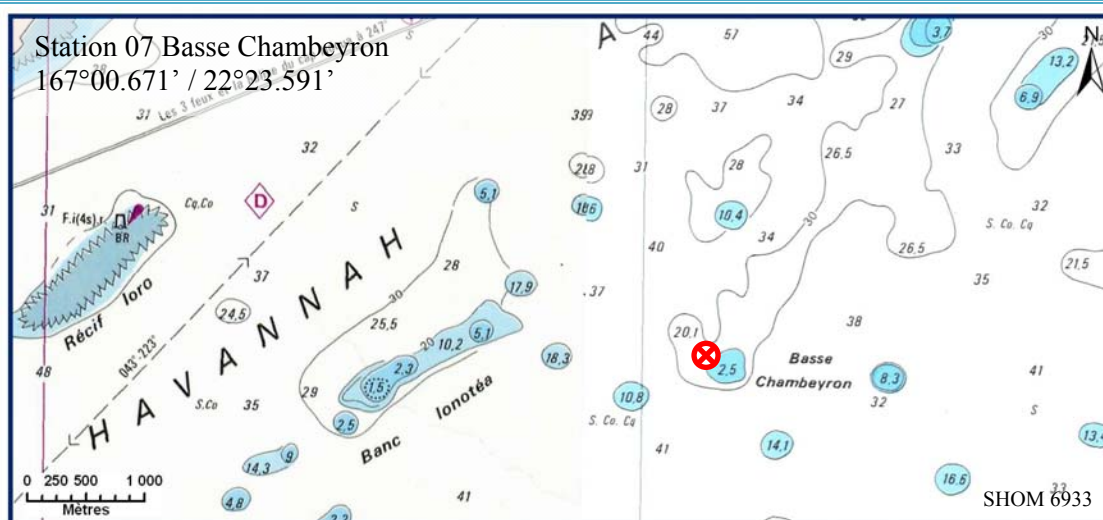


colonies mortes en place (surtout *Acropora*)

- 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 en B (niveau 2) et diminue en A & C (absent)
- *Cliona orientalis* : stable et diminution en A (niveau 2)
- *Cliona jullieni* : stable et diminution en C (niveau 1)

Les corallivores :

- Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*
- Absence de *Drupella cornus* aux 3 transects (diminution en C)



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

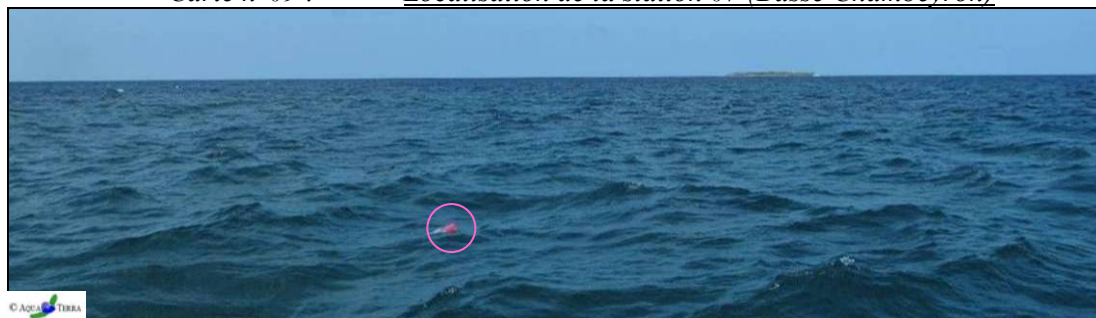
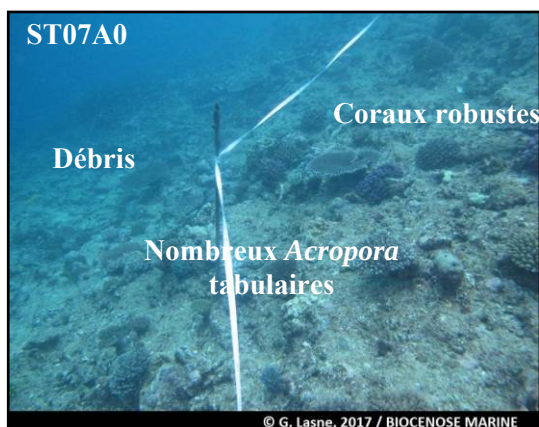
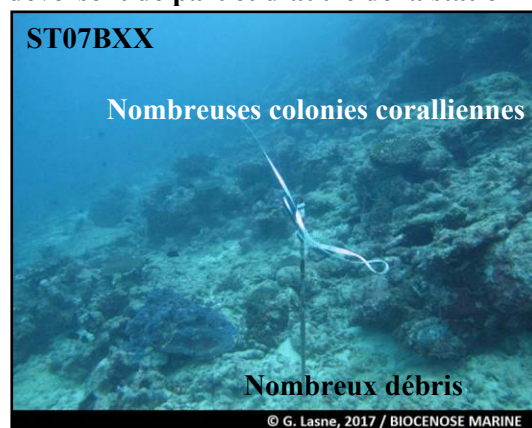
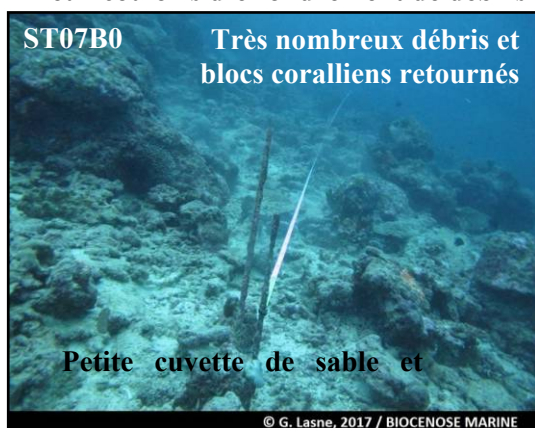


Photo n°20 : Position en surface (ST07)



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.

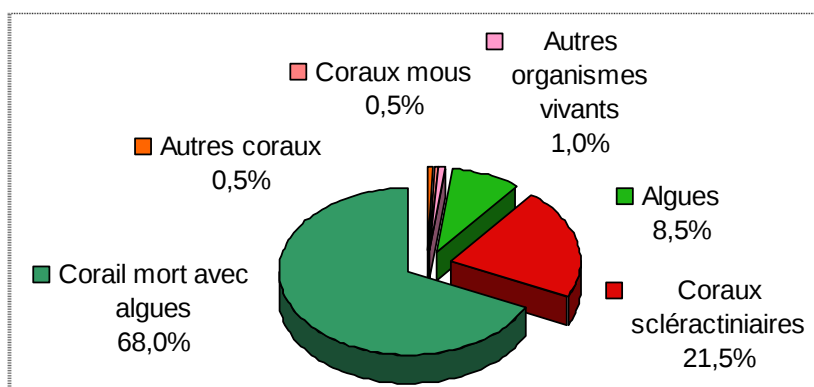


Figure n°44 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07A*

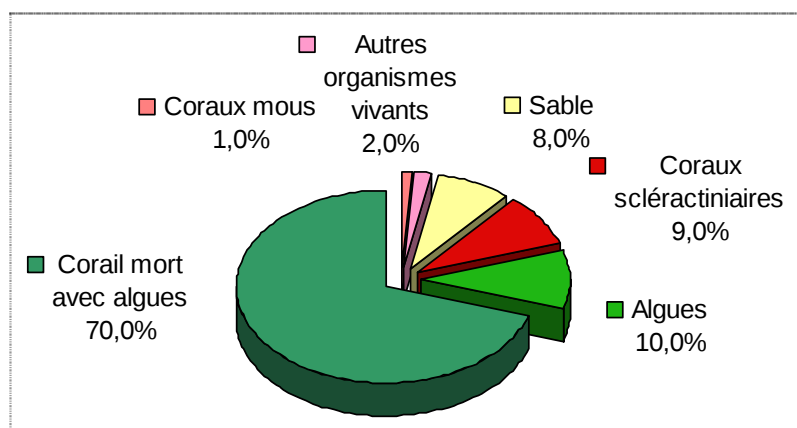


Figure n°45 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07B*

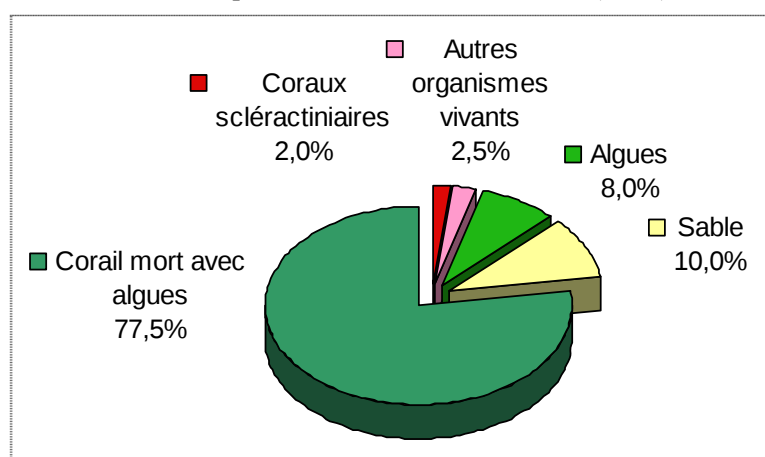


Figure n°46 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST07C*

Cette station a un substrat qui est très biotique (100%, puis 92% et 90%). 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 faiblement représentés (respectivement 21.5%, 9% et 2%).

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

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

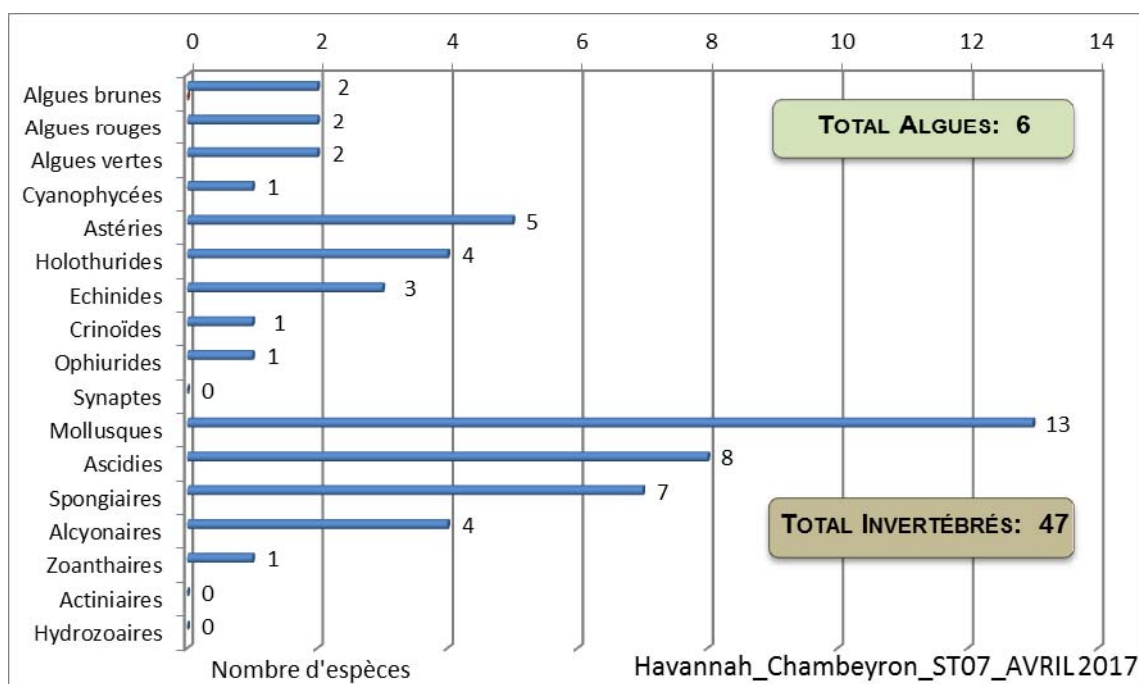


Figure n°47 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST07)

4.7.2.1 Benthos Transect 07 A

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

- 20 espèces d'invertébrés dont 9 espèces de mollusques ; une espèce de cnidaires ; 5 espèces d'échinodermes : échinides (2 taxons), astéries (1 taxon), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 2 espèces d'éponges ; 3 espèces d'ascidies
- 1 espèce de macrophyte : algue brune (1 taxon)
- Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau n°63 : Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST07A)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue brune : • <i>Turbinaria ornata</i> (A2). 2 espèces d'algues disparues, dont 2 espèces d'algues rouges : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A0/-2), • <i>Amphiroa</i> sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☒	☒



Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : > pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Lobophytum</i> sp. (A2).	☒
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : > pour les échinides (1 espèce) : • <i>Echinometra mathaei</i> (A2). 6 espèces d'échinodermes disparues : > pour les astéries (-2 espèce) : • <i>Fromia indica</i> (A0/-2), • <i>Gomophia egyptiaca</i> (A0/-1) ; > pour les échinides (-2 espèce) : • <i>Diadema savignyi</i> (A0/-2), • <i>Echinometrix diadema</i> (A0/-2) ; > pour les holothurides (-2 espèce) : • <i>Bohadschia argus</i> (A0/-2), • <i>Holothuria edulis</i> (A0/-1).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : > pour les crinoïdes (1 espèce) : • <i>Crinoïdes ind.</i> (A3/+ 1).
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : > pour les gastéropodes (-1 espèce) : • <i>Latirolagena smaragdula</i> (A0/-2).	☒
Eponges	
☒	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : • <i>Cliona orientalis</i> (A2/- 1).
Ascidies	
☒	2 espèces d'ascidies diminuent d'abondance : • <i>Polycarpa aurita</i> (A2/- 1), • <i>Polycarpa nigricans</i> (A3/- 1).
Bryozoaires	
☒	☒

4.7.2.2 Benthos Transect 07 B

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

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

Tableau n°64 : Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST07B)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
3 nouvelles espèces d'algues recensées, dont l'algue brune : • <i>Dictyota</i> sp. (A2) ; et l'algue rouge : • <i>Plocamium</i> sp. (A2) ; et l'algue verte : • <i>Halimeda</i> sp. (2spp./+1spp.) (A2) ; Une espèce d'algue disparue, l'algue rouge : • <i>Amphiroa</i> sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
1 nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : • <i>Phormidium</i> sp. (A2)	☒
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : > pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Chironephthya</i> sp. (A1).	☒
Echinodermes	
4 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : > pour les astéries (2 espèces) : • <i>Fromia monilis</i> (A1), • <i>Linckia multiflora</i> (A1)	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : > pour les échinides (1 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A2/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance :



> pour les échinides (1 espèce) : • <i>Echinometra mathaei</i> (A2) ; > pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Thelenota ananas</i> (A1). 3 espèces d'échinodermes disparues : > pour les astéries (-2 espèce) : • <i>Celerina heffernani</i> (A0/-1), • <i>Gomophia egyptiaca</i> (A0/-1) ; > pour les ophiurides (-1 sp) : • <i>Ophiomastix caryophyllata</i> (A0/-2)	> pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Holothuria atra</i> (A1/- 1).
Mollusques	
2 espèces de mollusques disparues : > pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Tridacna maxima</i> (A0/-2) ; > pour les gastéropodes (-1 sp) : • <i>Latirolagena smaragdula</i> (A0/-1)	☑
Eponges	
☑	Une espèce d'éponges diminue d'abondance : • <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) (A1). 2 espèces d'ascidies disparues : • <i>Citorclinum laboutei</i> (A0/-1), • <i>Polycarpa clavata</i> (A0/-2).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A1/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.7.2.3 Benthos Transect 07 C

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

- 33 espèces d'invertébrés dont 5 espèces de mollusques ; 5 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), zoanthaires (1 taxon) ; 12 espèces d'échinodermes : astéries (4 taxons), échinides (3 taxons), holothurides (3 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 5 espèces d'ascidies
- Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des macrophytes
- 1 espèce de cyanobactérie.

Tableau n°65 : Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST07C)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée. 2 espèces d'algues disparues, dont 2 espèces d'algues rouges : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A0/-2), • <i>Amphiroa</i> sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : • <i>Phormidium</i> sp. (A2).	☑
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : > pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Lobophytum</i> sp. (A1).	Une espèce de cnidaires augmente d'abondance : > pour les alcyonaires (1 sp) : • <i>Sarcophyton</i> sp. (A2/+1)
Echinodermes	
5 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : > pour les astéries (3 espèces) : • <i>Fromia indica</i> (A1), • <i>Fromia monilis</i> (A1), • <i>Linckia multifora</i> (A1) ; > pour les échinides (2 espèces) : • <i>Diadema setosum</i> (A2), • <i>Echinometra mathaei</i> (A2). 6 espèces d'échinodermes disparues : > pour les échinides (-2 espèce) : • <i>Phyllacanthus imperialis</i> (A0/-1), • <i>Salmacis belli</i> (A0/-1) ;	☑



> pour les holothurides (-3 sp) : • <i>Bohadschia argus</i> (A0/-1) • <i>Holothuria fuscopunctata</i> (A0/-1), • <i>Stichopus herrmanni</i> (A0/-1) > pour les ophiurides (-1 sp) : • <i>Ophiomastix caryophyllata</i> (A0/-1)	
Mollusques	
2 espèces de mollusques disparues : > pour les gastéropodes (-2 espèce) : • <i>Drupella cornus</i> (A0/-2), • <i>Lambis lambis</i> (A0/-1).	☒
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : • <i>Clathria rugosa</i> (A1). Une espèce d'éponges disparue : • <i>Spheciospongia vagabunda</i> (A0/-2).	2 espèces d'éponges diminuent d'abondance : • <i>Cymbastella cantharella</i> (A1/- 1), • <i>Cliona jullieni</i> (A1/- 1).
Ascidies	
☒	2 espèces d'ascidies augmentent d'abondance : • <i>Polycarpa clavata</i> (A2/+ 1), • <i>Polycarpa nigricans</i> (A3/+ 1). Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A1/- 1).
Bryozoaires	
☒	☒

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 A			Transect B			Transect C			Station Moyenne		
		Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>							1	0,01	0,43	0,33	0,00	0,14
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>							3	0,03	16,20	1,00	0,01	5,40
Aca	<i>Acanthurus mata</i>				30	0,19	30,00	20	0,11	17,78	16,67	0,10	15,93
Aca	<i>Acanthurus olivaceus</i>	1	0,02	3,20							0,33	0,01	1,07
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	2	0,04	1,38							0,67	0,01	0,46
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	2	0,04	0,80							0,67	0,01	0,27
Aca	<i>Naso brachycentron</i>							15	0,08	91,45	5,00	0,03	30,48
Aca	<i>Naso lopezi</i>							10	0,06	47,64	3,33	0,02	15,88
Aca	<i>Naso unicornis</i>							3	0,03	54,68	1,00	0,01	18,23
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	2	0,04	0,58	2	0,03	0,26				1,33	0,02	0,28
Ant	<i>Pseudanthias cooperi</i>							10	0,13	1,28	3,33	0,04	0,43
Ant	<i>Pseudanthias dispar</i>	20	0,40	5,83							6,67	0,13	1,94
Ant	<i>Pseudanthias pascalus</i>	10	0,20	4,00							3,33	0,07	1,33
Ant	<i>Pseudanthias pictilis</i>	20	0,40	8,00							6,67	0,13	2,67
Ant	<i>Pseudanthias pleurotaenia</i>							20	0,25	2,56	6,67	0,08	0,85
Ant	<i>Pseudanthias squamipinnis</i>							15	0,19	1,92	5,00	0,06	0,64
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>				1	0,01	0,02				0,33	0,00	0,01
Can	<i>Canthigaster valentini</i>				1	0,01	0,02				0,33	0,00	0,01
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	2	0,04	0,80							0,67	0,01	0,27
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	4	0,08	0,82							1,33	0,03	0,27
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	3	0,06	0,61				3	0,04	0,16	2,00	0,03	0,26
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>				3	0,04	0,16				1,00	0,01	0,05
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	4	0,08	0,55							1,33	0,03	0,18

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



Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	2	0,04	0,41						0,67	0,01	0,14										
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>						3	0,04	0,16	1,00	0,01	0,05										
Cha	<i>Forcipiger longirostris</i>				2	0,03	0,26			0,67	0,01	0,09										
Epi	<i>Epinephelus coioides</i>							1	0,01	42,88	0,33	0,00	14,29									
Epi	<i>Epinephelus cyanopodus</i>							1	0,01	15,63	0,33	0,00	5,21									
Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>	1	0,02	5,53	1	0,01	2,00	1	0,01	6,75	1,00	0,02	4,76									
Epi	<i>Epinephelus merra</i>	2	0,04	0,58							0,67	0,01	0,19									
Epi	<i>Epinephelus polyphekadion</i>							1	0,01	54,00	0,33	0,00	18,00									
Epi	<i>Plectropomus laevis</i>							1	0,01	10,72	0,33	0,00	3,57									
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>				6	0,05	64,00	2	0,02	21,33	2,67	0,02	28,44									
Hae	<i>Plectorhynchus lessonii</i>				1	0,01	2,66				0,33	0,00	0,89									
Lab	<i>Bodianus perditio</i>							1	0,01	4,50	0,33	0,00	1,50									
Lab	<i>Coris gaimard</i>	1	0,02	0,40							0,33	0,01	0,13									
Lab	<i>Gomphosus varius</i>	2	0,04	1,06							0,67	0,01	0,35									
Lab	<i>Labroides bicolor</i>				1	0,01	0,02				0,33	0,00	0,01									
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>				4	0,05	0,06				1,33	0,02	0,02									
Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	10	0,20	2,05							3,33	0,07	0,68									
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	15	0,30	3,07	7	0,09	0,38				7,33	0,13	1,15									
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	10	0,20	2,92							3,33	0,07	0,97									
Let	<i>Lethrinus atkinsoni</i>							1	0,01	7,15	0,33	0,00	2,38									
Lut	<i>Aprion virescens</i>				2	0,01	31,25	3	0,02	30,38	1,67	0,01	20,54									
Lut	<i>Lutjanus bohar</i>							4	0,03	23,96	1,33	0,01	7,99									
Mic	<i>Ptereleotris evides</i>	4	0,08	0,20							1,33	0,03	0,07									
Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>							3	0,04	1,30	1,00	0,01	0,43									
Mul	<i>Parupeneus indicus</i>							1	0,01	2,00	0,33	0,00	0,67									
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>				5	0,06	1,25				1,67	0,02	0,42									
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	3	0,06	0,15	3	0,04	0,09	3	0,04	0,05	3,00	0,05	0,10									
Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	2	0,04	0,10	2	0,03	0,03	3	0,04	0,05	2,33	0,03	0,06									
Poc	<i>Centropyge flavissima</i>	4	0,08	0,20							1,33	0,03	0,07									
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	2	0,04	0,17	2	0,03	0,03	4	0,05	0,06	2,67	0,04	0,09									
Poc	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>				1	0,01	3,13	1	0,01	5,40	0,67	0,01	2,84									
Poc	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>				1	0,01	2,00				0,33	0,00	0,67									
Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>	8	0,16	0,69	3	0,04	0,09				3,67	0,07	0,26									
Pom	<i>Chromis fumea</i>	25	0,50	0,64	15	0,19	0,10	30	0,38	0,20	23,33	0,35	0,31									
Pom	<i>Chromis viridis</i>	30	0,60	0,77	15	0,19	0,10				15,00	0,26	0,29									
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>	12	0,24	0,13	5	0,06	0,03	10	0,13	0,07	9,00	0,14	0,08									
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	20	0,40	0,22	20	0,25	0,14	20	0,25	0,14	20,00	0,30	0,16									
Pom	<i>Neopomacentrus azyron</i>				30	0,38	0,20				10,00	0,13	0,07									
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	8	0,16	0,09	5	0,06	0,08				4,33	0,07	0,06									
Pom	<i>Stegastes aureus</i>	1	0,02	0,14	1	0,01	0,05				0,67	0,01	0,06									
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>	3	0,06	1,20	3	0,04	0,75				2,00	0,03	0,65									
Sca	<i>Scarus schlegeli</i>							5	0,06	10,00	1,67	0,02	3,33									
Sco	<i>Scomberomorus commerson</i>	1	0,01	166,67							0,33	0,00	55,56									
Total		236	4,71	214	172	1,92	139	199	2,09	471	202	2,91	275									
Biodiversité		33			28			31			66											
Indice de Shannon =		4,995																				
Equitabilité =		0,826																				

Sur l'ensemble des transects de la station, 606 individus appartenant à 66 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 2.91 poissons/m² pour une biomasse de 275 g/m².

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



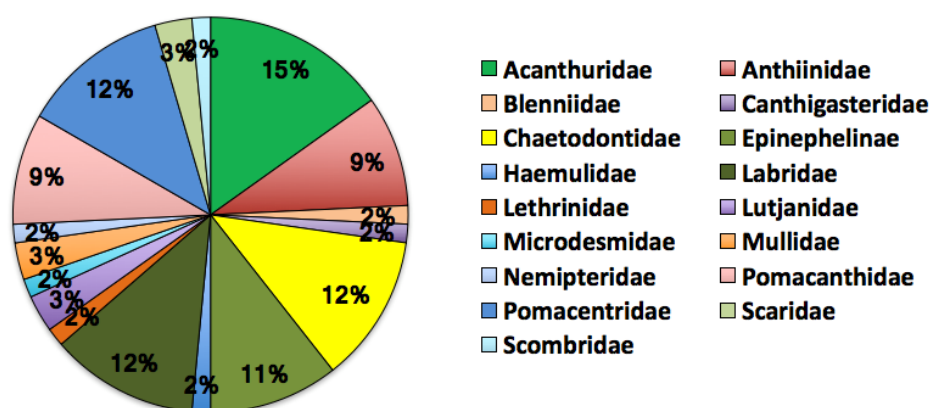
Tableau n°67 : Liste des espèces complémentaires (ST07)

Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Acanthurus achilles</i>	Epi	<i>Epinephelus merra</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	Epi	<i>Epinephelus polyphemadion</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>
Aca	<i>Acanthurus dussumieri</i>	Epi	<i>Plectropomus laevis</i>	Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Poc	<i>Centropyge flavissima</i>
Aca	<i>Acanthurus olivaceus</i>	Hae	<i>Plectorhinchus lessonii</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	Hol	<i>Myripristis kuntzei</i>	Poc	<i>Genicanthus watanabei</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Hol	<i>Sargocentron ensifer</i>	Poc	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>
Aca	<i>Naso brachycentron</i>	Lab	<i>Anampses femininus</i>	Poc	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>
Aca	<i>Naso lopezi</i>	Lab	<i>Anampses geographicus</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Lab	<i>Anampses neoguinaicus</i>	Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Bodianus axillaris</i>	Pom	<i>Chromis atripes</i>
Ant	<i>Pseudanthias cooperi</i>	Lab	<i>Bodianus diana</i>	Pom	<i>Chromis fumea</i>
Ant	<i>Pseudanthias dispar</i>	Lab	<i>Bodianus perditio</i>	Pom	<i>Chromis iomelas</i>
Ant	<i>Pseudanthias pascalus</i>	Lab	<i>Choerodon jordani</i>	Pom	<i>Chromis leucura</i>
Ant	<i>Pseudanthias pictilis</i>	Lab	<i>Coris aygula</i>	Pom	<i>Chromis margaritifer</i>
Ant	<i>Pseudanthias pleurotaenia</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Chromis retrofasciata</i>
Ant	<i>Pseudanthias squamipinnis</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Pom	<i>Chromis viridis</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Chromis xanthura</i>
Cac	<i>Carcharhinus albimarginatus</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Chrysiptera starcki</i>
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopoeion</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lab	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Pom	<i>Neopomacentrus azysron</i>
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon johnstonianus</i>
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	Lab	<i>Labroides bicolor</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>
Cha	<i>Chaetodon lineolatus</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus bankanensis</i>
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Lab	<i>Thalassoma amblycephalum</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	Pom	<i>Pomacentrus simsiang</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Sca	<i>Cetoscarus ocellatus</i>
Cha	<i>Forcipiger longirostris</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Sca	<i>Chlorurus microrhinos</i>
Cha	<i>Heniochus chrysostomus</i>	Lab	<i>Thalassoma nigrofasciatum</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cir	<i>Cirrhitichthys falco</i>	Lab	<i>Thalassoma quinquevittatum</i>	Sca	<i>Scarus chameleon</i>
Cir	<i>Paracirrhites arcatus</i>	Let	<i>Lethrinus atkinsoni</i>	Sca	<i>Scarus oviceps</i>
Cir	<i>Paracirrhites forsteri</i>	Lut	<i>Aprion virescens</i>	Sca	<i>Scarus rivulatus</i>
Epi	<i>Cromileptes altivelis</i>	Lut	<i>Lutjanus bohar</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Epi	<i>Epinephelus coioides</i>	Mic	<i>Ptereleotris evides</i>	Sco	<i>Scomberomorus commerson</i>
Epi	<i>Epinephelus cyanopodus</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>	Sig	<i>Siganus corallinus</i>
Epi	<i>Epinephelus fasciatus</i>	Mul	<i>Parupeneus cyclostomus</i>	Sig	<i>Siganus fuscescens</i>
Epi	<i>Epinephelus maculatus</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	Syn	<i>Synodus variegatus</i>

Le nombre d'espèces pour chaque famille 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 : *Richesse spécifique par famille de poissons (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	320	357	433	17/22

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

Familles	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
Acanthuridae	3	3	5	5	3	6	8	8	7	9	8	9	15	9	9	9	11	10
Anthiinae	0	3	1	0	1	0	0	1	0	0	0	2	3	3	4	5	5	6
Balistidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Blenniidae	0	1	0	1	0	0	1	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	1
Caesionidae	1	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Canthigasteridae	0	0	1	0	0	1	1	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	1
Carangidae	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Chaetodontidae	4	9	4	8	7	6	6	6	5	5	5	3	6	10	8	5	8	8
Epinephelinae	2	3	5	5	5	5	1	1	8	4	4	2	8	8	7	5	4	7
Haemulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	1	1
Labridae	6	6	4	7	6	11	10	11	10	10	7	5	8	10	8	9	6	8
Lethrinidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	2	2	0	1
Lutjanidae	0	0	0	1	1	2	0	0	2	1	1	0	1	0	1	0	1	2
Microdesmidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1
Mullidae	2	1	0	0	1	1	1	1	4	0	2	2	2	2	1	2	3	2
Nemipteridae	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pomacanthidae	3	4	2	3	3	2	3	3	3	5	6	5	7	7	7	7	3	6
Pomacentridae	4	6	2	7	6	6	7	8	5	7	7	7	6	8	7	7	8	8
Pseudochromidae	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Scaridae	5	5	4	5	4	5	2	2	4	2	5	3	4	7	5	3	5	2
Scombridae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0		1	0	1	1
Siganidae	1	1	0	1	0	0	1	0	3	0	1	0	0	2	1	1	1	0
Total espèces	32	44	29	44	38	52	43	44	52	46	52	43	64	70	66	58	60	66
Total familles	11	13	10	11	11	13	13	12	11	11	16	14	14	14	18	14	16	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 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 a	Transect A	236,00	4,71	213,96			
	Transect B	172,00	1,92	139,16			
	Transect C	199,00	2,09	470,80			
	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	7 611,30	0,81	55 047,06	140,62	269,91	261,94
Ecart type	86,28	0,92	240,30	11,36	15,15	11,48
Moyenne	194,85	2,35	275,09	52,00	70,44	107,31
Coef. de Var.	0,44	0,39	0,87	0,22	0,22	0,11

Commentaires :

- La densité est toujours au dessus de la moyenne.



- La valeur de la biomasse reste moyenne et due à quelques poissons chirurgiens (*Naso brachycentron*, *N.lopezi*, *N. unicornis* et *A. mata*), aux saumonées, quelques mékouas et comme souvent, à un tazard de passage.
- Les valeurs de biodiversités sont toujours excellentes.
- Les effectifs d'espèces de poissons-papillons (chaetodontidae) et de poissons-demoiselles (Pomacentridae) semblent inchangés à la lecture des listes restreintes de la biodiversité 1. En réalité, à la lecture de la biodiversité 3, ces effectifs ont doublé pour les premiers et triplés pour les seconds.
- Un indice biotique basé sur ces familles (comme il se devrait) montrerait un réel changement qui ne peut évidemment être mis en évidence avec une liste d'espèces où leur nombre est réduit à quelques unes à l'intérieur d'une même famille.

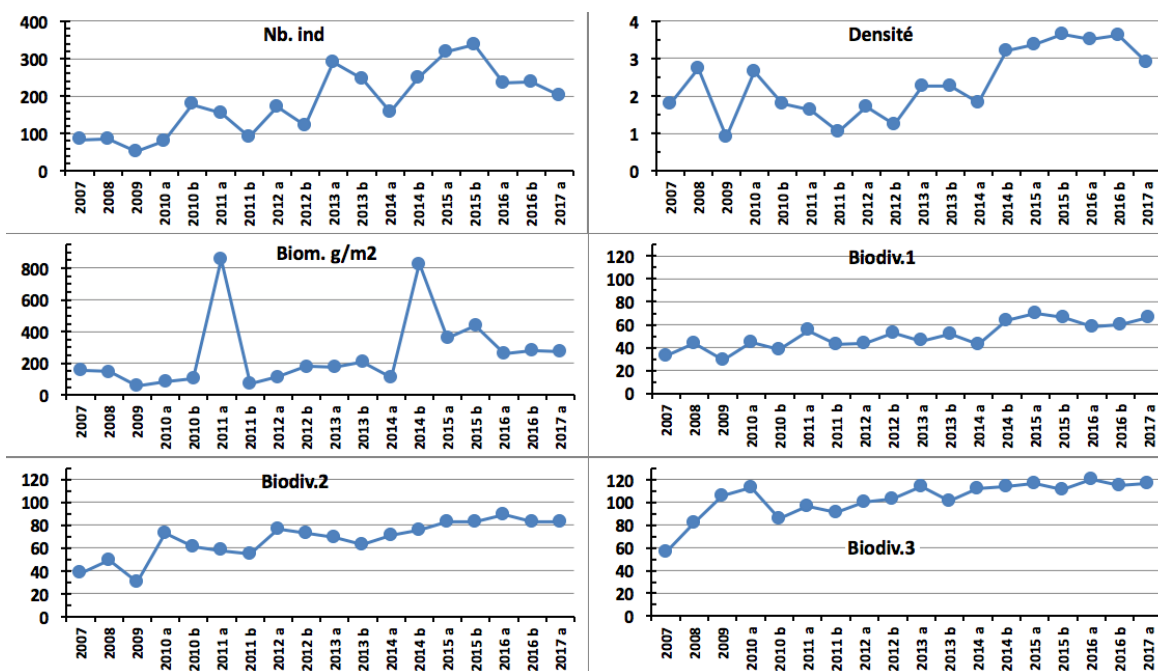


Figure n°49 : Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST07)

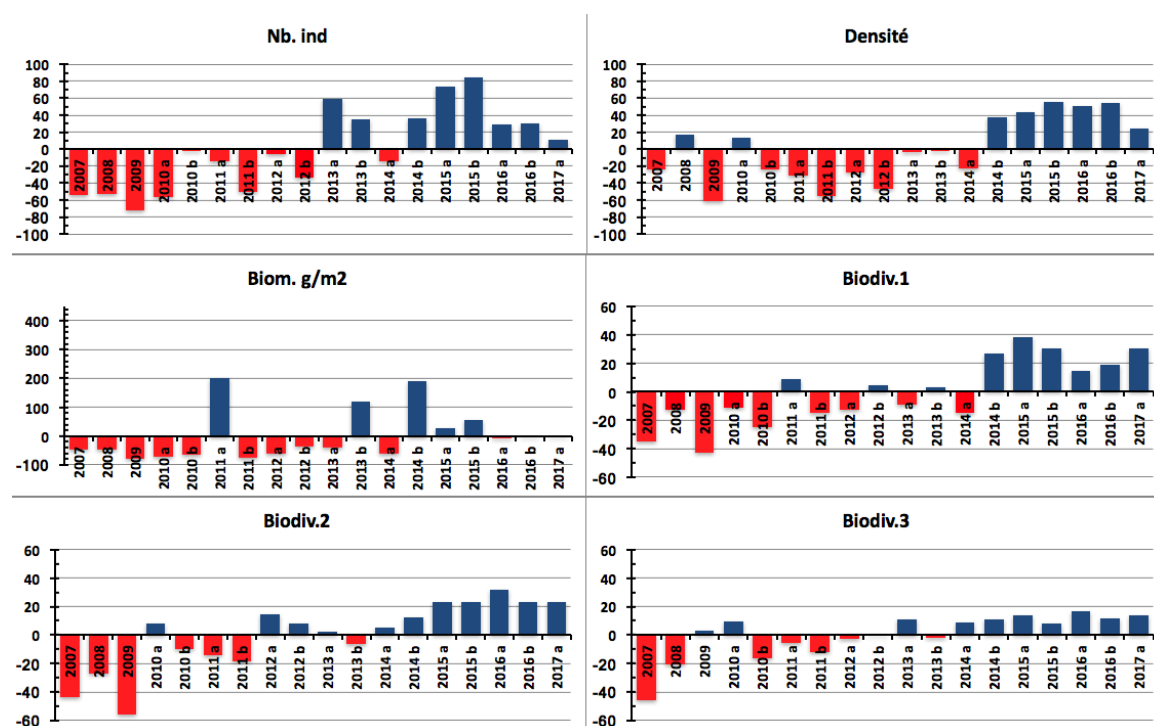


Figure n°50 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST07)

4.8 Station 08 = Pointe Puka

Localisation géographique	Bordure du récif frangeant de la pointe Puka, au droit d'un gros amas rocheux proéminent sur le rivage, avec une petite tâche blanche (photographie 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)**



Variations entre novembre 2016 et avril 2017

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 18.5% au transect A et 2% en B
- ➤ Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.13% ; Avril 2016 : 1% ; Novembre 2016 : 0.23% ; Avril 2017 : 1.25%*
- Lésions coralliennes : maladie de la bande blanche (4 colonies *Acropora* tabulaire en A). La maladie de la tâche noire (hypermycose endolithique) ne paraît 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

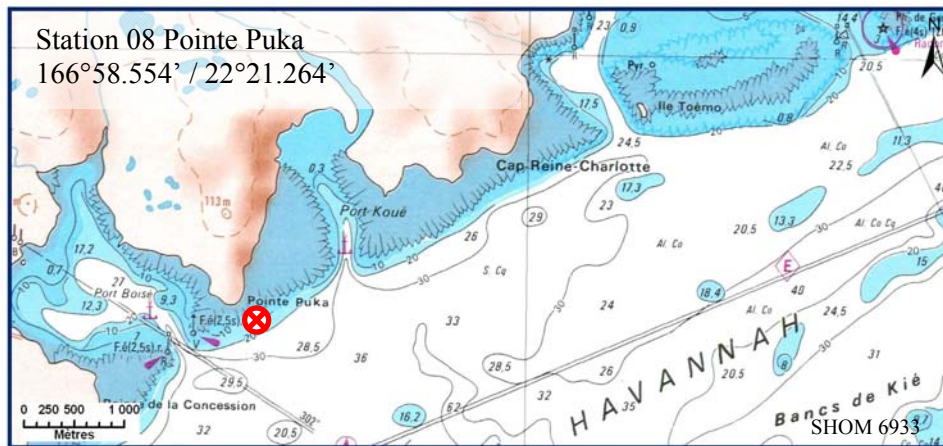
Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : recouvrement stable (niveau 2). Elles colonisent principalement quelques colonies coralliennes mortes en place et les débris coralliens
- 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 et stable en B (niveau 2)
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : le recouvrement diminue en A (niveau 2) et reste stable en B (niveau 2)
- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona jullieni* : stable

Les corallivores :

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

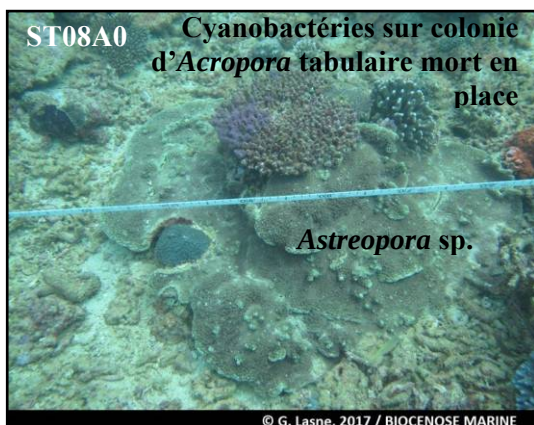
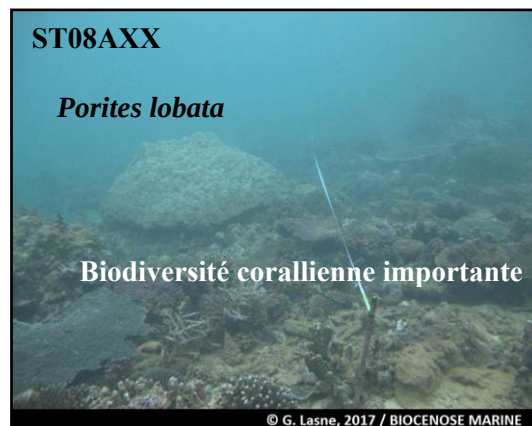




Carte n°10 : Localisation de la station 08 (Pointe Puka)



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



Le récif était en lente résilience (recrues coralliennes) mais le développement de la maladie de la bande blanche et des cyanobactéries marquent une nouvelle régression

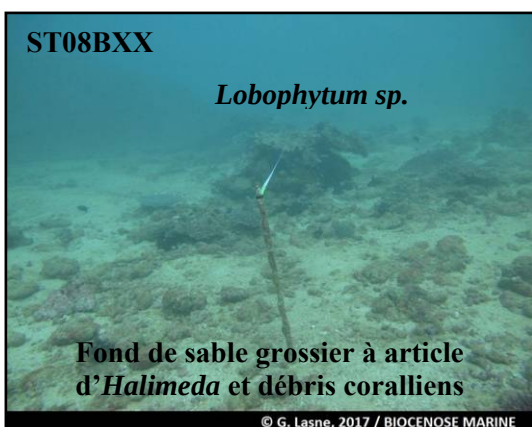
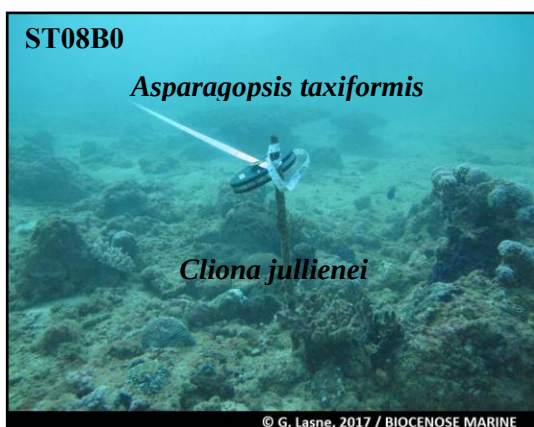


Photo n°23 : Vue d'ensemble des transects (ST08)

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.

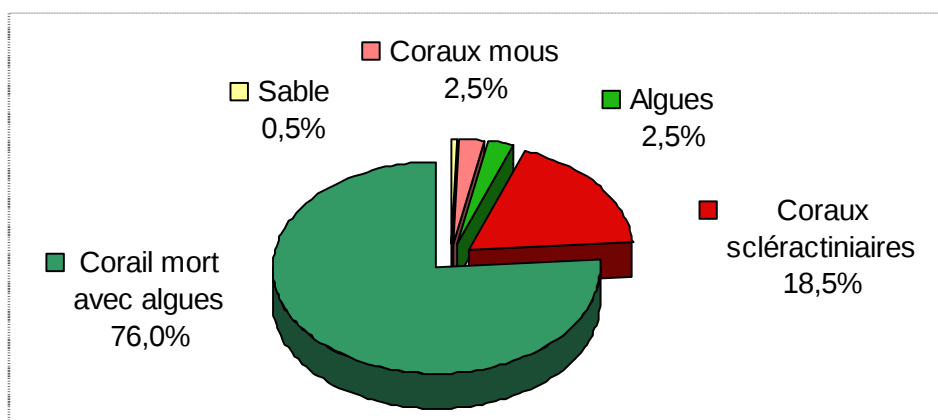


Figure n°51 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08A*

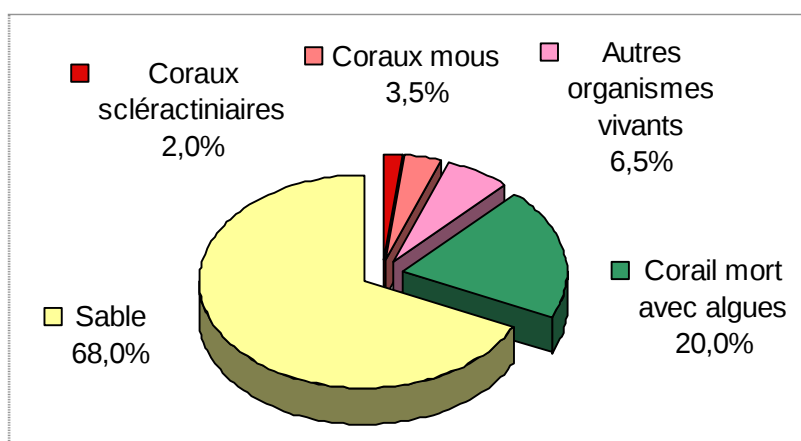


Figure n°52 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST08B*

Le substrat du transect haut est composé d'une large part de coraux morts recouverts d'algues (76%) avec un taux correct, avec une légère baisse, de coraux scléactiniaires vivants (18.5%). Il présente pour cette mission 99.5% de recouvrement biotique.

Sur le transect B, les taux sont inversés entre le recouvrement des coraux morts recouverts d'algues (20% vs 69,5%) et celui du sable (68% vs 16%) ce qui fait que le substrat est majoritairement abiotique (68%) pour cette mission. Variation qui ramène à la mission de mars 2015. Ce transect ne possède que 2% de coraux scléactiniaires.

A noter : **Absence coraux blancs pour cette mission aux 2 transects, mais retour des cyanobactéries en A (2%).**

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

- **43 espèces d'invertébrés** dont 9 espèces de mollusques ; 10 espèces de cnidaires : alcyonaires (6 taxons), actiniaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 11 espèces d'échinodermes : astéries (4 taxons), échinides (3 taxons), holothurides (3 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 7 espèces d'ascidies
- **7 espèces de macrophytes** : algues brunes (3 taxons), algues rouges (2 taxons), algues vertes (2 taxons)
- **1 espèce de cyanobactéries**.

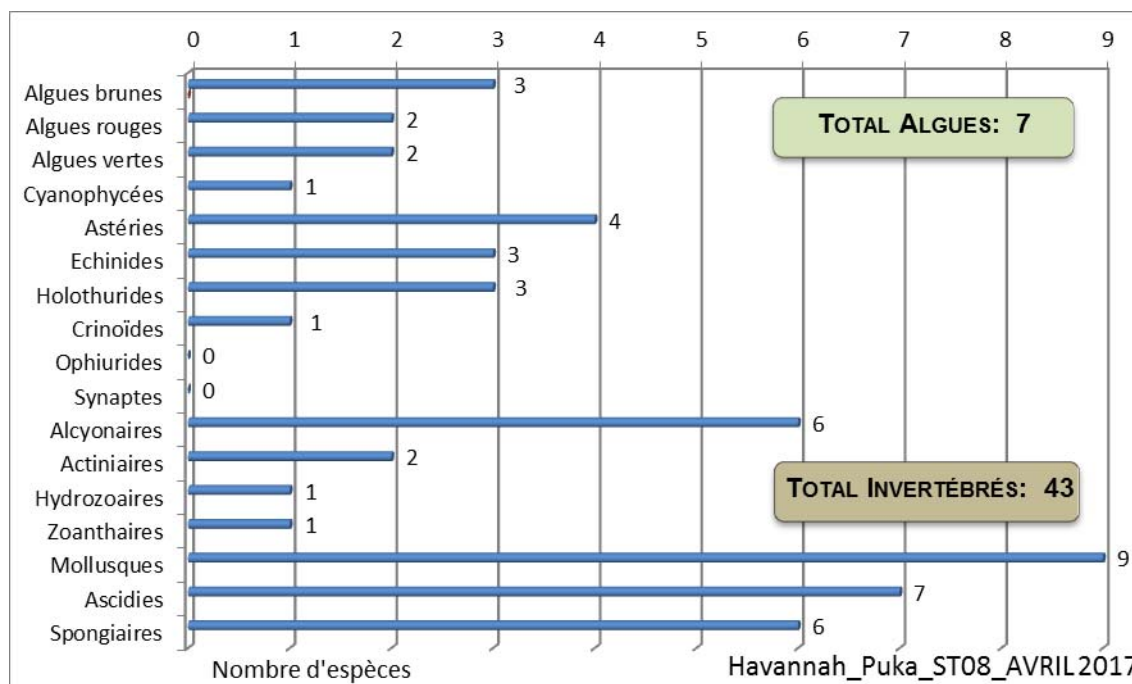


Figure n°53 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST08)

4.8.2.1 Benthos Transect 08 A

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

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

Tableau n°72 : Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST08A)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
1 nouvelle sp d'algue recensée, l'algue rouge : • <i>Plocamium</i> sp. (A2) 5 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : • <i>Padina</i> sp. (A0/-2) ; et 2 espèces d'algues rouges : • <i>Amphiroa</i> sp. (A0/-2), • <i>Galaxaura</i> sp. (A0/-2) ; et 2 espèces d'algues vertes : • <i>Caulerpa</i> sp. (A0/-2), • <i>Codium</i> sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Une espèce d'algue diminue : l'algue rouge : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A2/-1).

Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	
Une nouvelle espèce de cnidaires recensée : > pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Xenia</i> sp. (A2).	☒
Echinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : > pour les astéries (2 espèces) : • <i>Fromia monilis</i> (A1), • <i>Gomophia egyptiaca</i> (A2) ; > pour les échinides (1 espèce) : • <i>Echinometra mathaei</i> (A2). 4 espèces d'échinodermes disparues : > pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Nardoa gomophia</i> (A0/-1) ; > pour les holothurides (-2 espèce) : • <i>Bohadschia argus</i> (A0/-2), • <i>Holothuria atra</i> (A0/-1) ; > pour les ophiurides (-1 espèce) : • <i>Ophiure</i> ind. (A0/-2).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : > pour les astéries (1 espèce) : • <i>Fromia indica</i> (A2/+ 1). 2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : > pour les astéries (1 espèce) : • <i>Linckia multifora</i> (A1/- 1) ; > pour les holothurides (1 sp) : • <i>Holothuria edulis</i> (A1/- 1)
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées : > pour les gastéropodes (2 espèces) : • <i>Lambis lambis</i> (A1), • <i>Astraea rhodostoma</i> (A1). 5 espèces de mollusques disparues : > pour les bivalves (-3 espèce) : • <i>Pinna</i> sp. (A0/-1), • <i>Tridacna maxima</i> (A0/-1), • <i>Tridacna squamosa</i> (A0/-1) ; > pour les gastéropodes (-1 espèce) : • <i>Latirolagena smaragdula</i> (A0/-2) ; > pour les nudibranches (-1 sp) : • <i>Cheilidonura inornata</i> (A0/-1)	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : > pour les gastéropodes (1 espèce) : • <i>Lambis truncata</i> (A1/- 1).
Eponges	
1 nouvelle espèce d'éponges recensée : • <i>Hamigera strongylata</i> (A2) 2 espèces d'éponges disparues : • <i>Dysidea herbacea</i> (A0/-2), • <i>Clathria rugosa</i> (A0/-2).	☒
Ascidies	
☒	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A2/+ 1).
Bryozoaires	
☒	☒

4.8.2.2 Benthos Transect 08 B

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

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

Tableau n°73 : Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST08B)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
1 nouvelle sp d'algue recensée, l'algue rouge : • <i>Plocamium</i> sp. (A2) Une espèce d'algue disparue : l'algue rouge : • <i>Amphiroa</i> sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	



☒	☒
Cnidaires	
2 espèces de cnidaires disparues : ➤ pour les actiniaires (-1 espèce) : • <i>Heteractis crispa</i> (A0/-1) ; ➤ pour les zoanthaires (-1 espèce) : • <i>Palythoa tuberculosa</i> (A0/-1).	☒
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➤ pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Thelenota anax</i> (A1). 9 espèces d'échinodermes disparues : ➤ pour les astéries (-2 espèce) : • <i>Celerina heffernani</i> (A0/-1), • <i>Nardoa gomophia</i> (A0/-1) ; ➤ pour les échinides (-1 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A0/-1) ; ➤ pour les holothurides (-5 espèce) : • <i>Actinopyga palauensis</i> (A0/-2), • <i>Bohadschia argus</i> (A0/-1), • <i>Holothuria atra</i> (A0/-2), • <i>Holothuria edulis</i> (A0/-2), • <i>Holothuria whitmaei</i> (A0/-1) ; ➤ pour les ophiurides (-1 espèce) : • <i>Ophiure ind.</i> (A0/-2).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➤ pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2/+ 1).
Mollusques	
7 espèces de mollusques disparues : ➤ pour les bivalves (-2 espèce) : • <i>Isognomon isognomon</i> (A0/-2), • <i>Pinna</i> sp. (A0/-1) ; ➤ pour les gastéropodes (-4 sp) : • <i>Drupa ricinus</i> (A0/-1), • <i>Lambis scorpis</i> (A0/-1), • <i>Lambis truncata</i> (A0/-1), • <i>Astraea rhodostoma</i> (A0/-1) ➤ pour les nudibranches (-1 espèce) : • <i>Risbecia tryoni</i> (A0/-2).	☒
Eponges	
2 nouvelles espèces d'éponges recensées : • <i>Hamigera strongylata</i> (A2), • <i>Clathria rugosa</i> (A2).	☒
Ascidies	
2 nouvelles espèces d'ascidies recensées : • <i>Clavelina detorta</i> (A2), • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A1). 2 espèces d'ascidies disparues : • <i>Citorclinum laboutei</i> (A0/-1), • <i>Polycarpa clavata</i> (A0/-1).	Une espèce d'ascidies augmente d'abondance : • <i>Didemnum</i> sp. (blanche) (A2/+ 1).
Bryozoaires	
☒	☒

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	0,03	0,86	1	0,01	0,29	1,0	0,02	0,58
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	1	0,03	1,37				0,5	0,01	0,69
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	1	0,03	0,11	1	0,01	0,01	1,0	0,02	0,06
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	1	0,03	0,50				0,5	0,01	0,25
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	2	0,05	0,73				1,0	0,03	0,36
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	2	0,05	0,51				1,0	0,03	0,26
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	2	0,05	1,00				1,0	0,03	0,50
Epi	<i>Epinephelus Howlandi</i>				1	0,01	1,14	0,5	0,00	0,57
Epi	<i>Epinephelus merra</i>	1	0,03	0,86				0,5	0,01	0,43
Epi	<i>Plectropomus laevis</i>				1	0,01	3,66	0,5	0,00	1,83
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	1	0,03	13,50	4	0,05	74,09	2,5	0,04	43,80
Gob	<i>Amblygobius phalaena</i>				2	0,02	0,07	1,0	0,01	0,04
Lab	<i>Bodianus loxozonus</i>				1	0,01	2,66	0,5	0,01	1,33
Lab	<i>Bodianus perditio</i>				1	0,03	0,03	0,5	0,01	0,02
Lab	<i>Choerodon graphicus</i>				1	0,01	1,77	0,5	0,00	0,89
Lab	<i>Gomphosus varius</i>	1	0,03	0,26				0,5	0,01	0,13
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>				3	0,03	0,03	1,5	0,01	0,02
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	5	0,13	0,86	2	0,02	0,07	3,5	0,07	0,46
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	5	0,13	1,28				2,5	0,06	0,64
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	2	0,05	1,73				1,0	0,03	0,86
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>				2	0,02	0,04	1,0	0,01	0,02
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>				4	0,03	0,08	2,0	0,02	0,04
Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>				5	0,04	0,10	2,5	0,02	0,05
Pom	<i>Amphiprion perideraion</i>				2	0,02	0,04	1,0	0,01	0,02
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	5	0,13	0,07	5	0,04	0,02	5,0	0,08	0,05
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>				6	0,05	0,03	3,0	0,03	0,01
Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>				5	0,04	0,02	2,5	0,02	0,01
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	30	0,75	0,41				15,0	0,38	0,20
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	10	0,25	0,14				5,0	0,13	0,07
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>	3	0,08	3,30				1,5	0,04	1,65
Sig	<i>Siganus doliatus</i>	2	0,05	2,20				1,0	0,03	1,10
Total		75	1,88	29,67	47	0,43	84,18	61,00	1,15	56,92
Biodiversité		18			18			31		
Indice de Shannon =		4,203								
Equitabilité =		0,848								

Sur l'ensemble des transects de la station, 122 individus appartenant à 31 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.15 poissons/m² pour une biomasse de 56.92 g/m².

88 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)

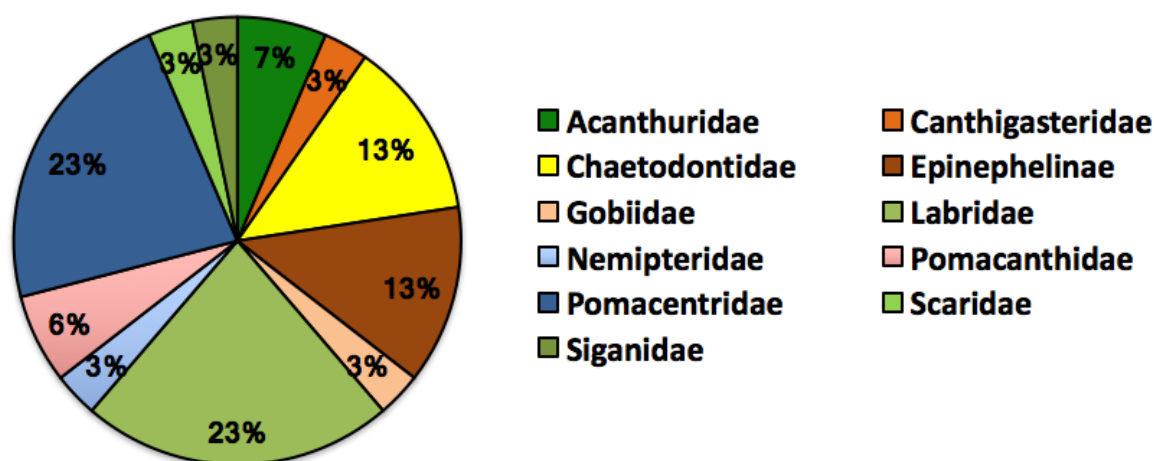
Fam	Espèces	Fam	Espèces	Fam	Espèces
Aca	<i>Acanthurus nigricauda</i>	Lab	<i>Bodianus loxozonus</i>	Pin	<i>Parapercis cylindrica</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Lab	<i>Bodianus perditio</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Poc	<i>Centropyge flavissima</i>
Apo	<i>Cheilodipterus macrodon</i>	Lab	<i>Choerodon graphicus</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>
Apo	<i>Cheilodipterus quinquelineatus</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Poc	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Poc	<i>Pomacanthus sexstriatus</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>
Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Amphiprion perideraion</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Chromis viridis</i>
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopoeion</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Cha	<i>Chaetodon lineolatus</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>	Lab	<i>Oxycheilinus celebicus</i>	Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Lab	<i>Oxycheilinus unifasciatus</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Pom	<i>Neopomacentrus azysron</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	Let	<i>Lethrinus atkinsoni</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Heniochus monoceros</i>	Let	<i>Monotaxis grandoculis</i>	Pri	<i>Priacanthus hamrur</i>
Epi	<i>Epinephelus Howlandi</i>	Lut	<i>Lutjanus bohar</i>	Sca	<i>Cetoscarus ocellatus</i>
Epi	<i>Epinephelus merra</i>	Lut	<i>Lutjanus fulvus</i>	Sca	<i>Chlorurus japanensis</i>
Epi	<i>Plectropomus areolatus</i>	Lut	<i>Lutjanus rivulatus</i>	Sca	<i>Chlorurus microrhinos</i>
Epi	<i>Plectropomus laevis</i>	Mic	<i>Ptereleotris microlepis</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Mon	<i>Pervagor scopas</i>	Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>
Gob	<i>Amblygobius phalaena</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Gra	<i>Diploprion bifasciatum</i>	Mul	<i>Parupeneus cyclostomus</i>	Sca	<i>Scarus rivulatus</i>
Hol	<i>Myripristis kuntze</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Hol	<i>Sargocentron ensifer</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Tet	<i>Arothron mappa</i>
Kyp	<i>Kyphosus cinerascens</i>	Pem	<i>Pempheris oualensis</i>	Zan	<i>Zanclus cornutus</i>
Lab	<i>Anampses melanurus</i>				

Le nombre d'espèces pour chaque famille 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	192	289	352	11/18

Figure n°54 : *Richeur spécifique par famille de poissons (ST08)*Tableau n°77 : *Nombre d'espèces par famille ichthyologique par mission (ST08)*

Familles	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
Acanthuridae	4	3	3	3	1	1	3	2	3	2	3	2	3	3	3	2	2	2
Blenniidae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Caesionidae	0	0	1	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	1	0	0	0
Canthigasteridae	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0	1	0	1	0	1	1	1
Chaetodontidae	4	4	2	4	5	5	4	4	4	5	5	3	4	6	2	3	6	4
Epinephelinae	2	5	2	1	1	2	1	0	1	1	1	1	1	2	0	1	0	4
Haemulidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Labridae	5	7	5	7	3	4	7	6	4	6	6	8	8	6	8	7	4	1
Lethrinidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	7
Microdesmidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0
Mullidae	0	0	2	1	0	1	3	1	0	0	1	0	1	1	2	1	1	0
Nemipteridae	1	1	1	1	0	1	1	1	1	1	0	1	0	2	0	0	1	0
Pomacanthidae	2	2	3	2	1	0	4	3	2	1	3	3	3	0	3	3	2	1
Pomacentridae	7	5	5	5	3	5	4	5	5	5	6	5	7	3	8	9	9	2
Scaridae	1	1	2	2	0	3	3	2	1	4	2	0	1	8	2	4	2	7
Siganidae	0	0	1	1	0	1	2	1	1	0	0	0	0	4	0	1	1	1
Zanclidae	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
Total espèces	28	30	28	29	15	26	33	26	23	26	28	26	29	38	31	33	30	31
Total familles	10	10	12	12	7	12	11	10	10	9	9	10	9	12	10	11	11	11

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 a	Transect A	75,00	1,88	29,67	18		
	Transect B	47,00	0,43	84,18	18		
	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

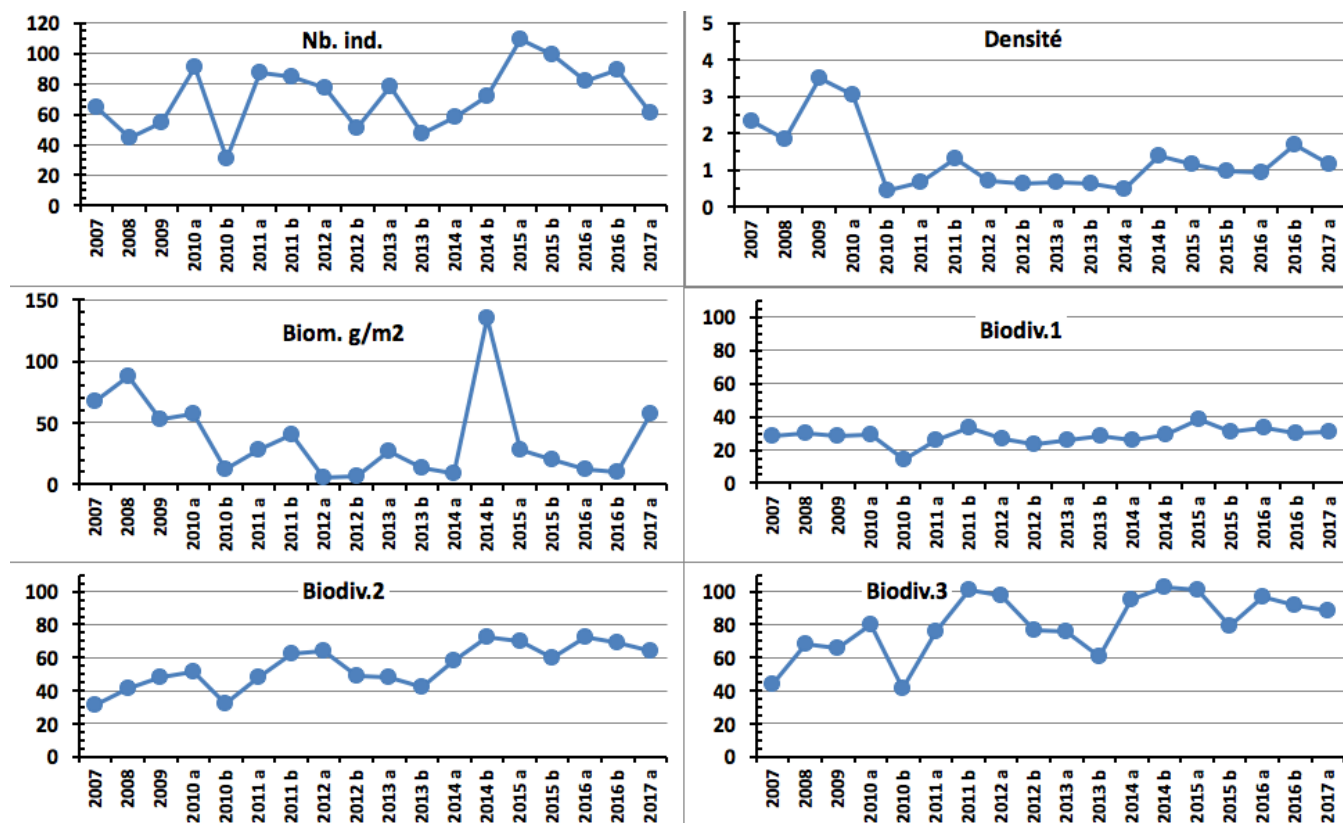
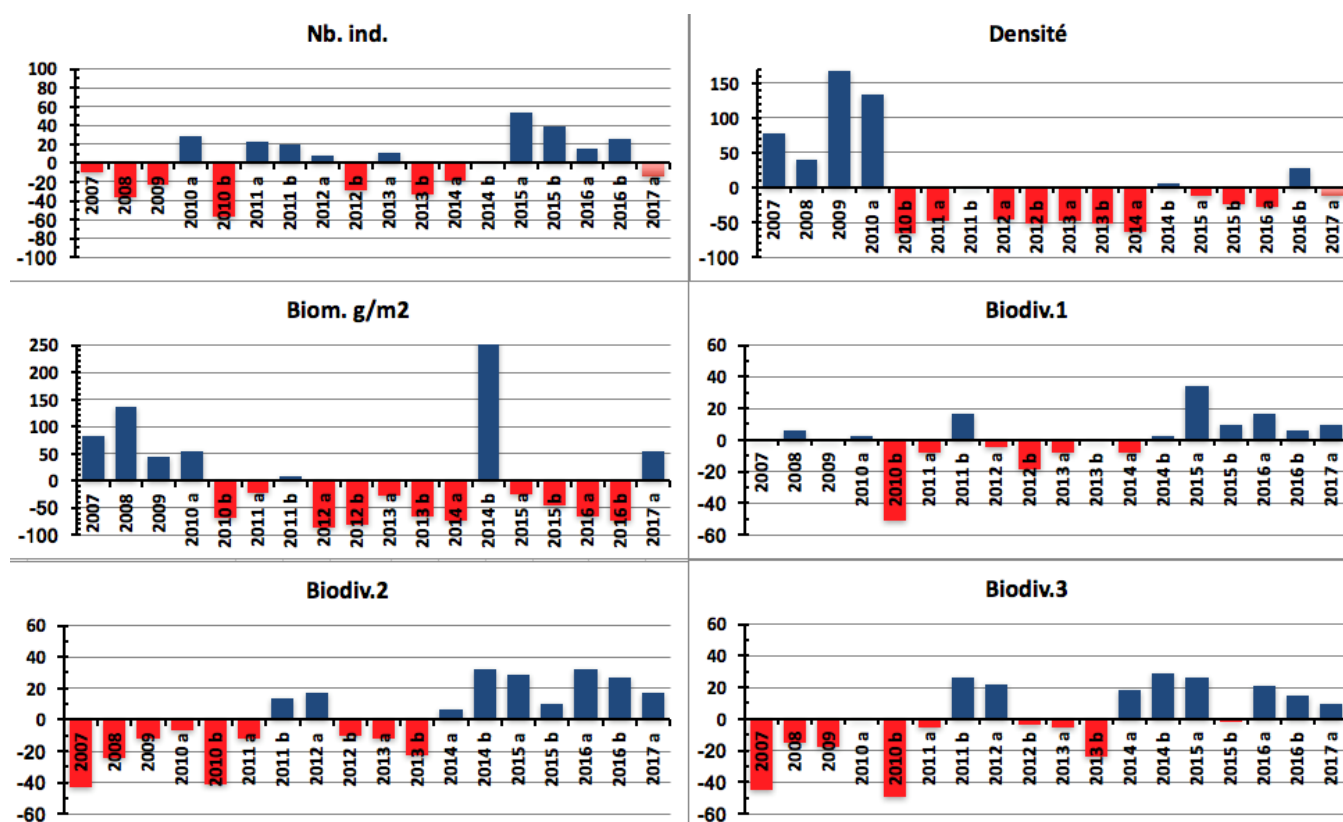
L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i - X_m) / X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. [tableau 79](#) et représentation [figure 56](#).

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

	Nb ind.	Densité	Biom.	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
Variance	439,33	0,77	1175,49	24,12	171,09	353,91
Ecart type	20,96	0,88	34,29	4,91	13,08	18,81
Moyenne	71,25	1,31	37,20	28,33	54,50	80,17
Coef. de Var.	0,29	0,67	0,92	0,17	0,24	0,23

Commentaires :

- Les valeurs des paramètres de biodiversité sont supérieures à la moyenne.
- La biomasse est un peu au dessus de la valeur moyenne.
- Le peuplement est monotone et composé de nombreux juvéniles.
- Notons qu'*Acanthurus reversus* dans le gros 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 ichthyologiques depuis 2007 (ST08)Figure n°56 : Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST08)



4.9 Station 09 = Bancs Kié

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

Variations entre novembre 2016 et avril 2017

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 20% au transect A, 16% en B et 15.5 % en C
- ➤ Blanchissement corallien (surface totale observée) : Octobre 2015 : 0.1% ; Avril 2016 : 0.27% ; Novembre 2016 : 0.27% ; Avril 2017 : 1.1%
- Lésions coralliennes : maladie de la bande blanche (3 colonies *Acropora* tabulaire en A et en B). De plus en A., quelques colonies sont mortes ou nécrosées suite au blanchissement 2016
- 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 et colonies par la houle et le ressac, particulièrement en A & B en fin de transect)

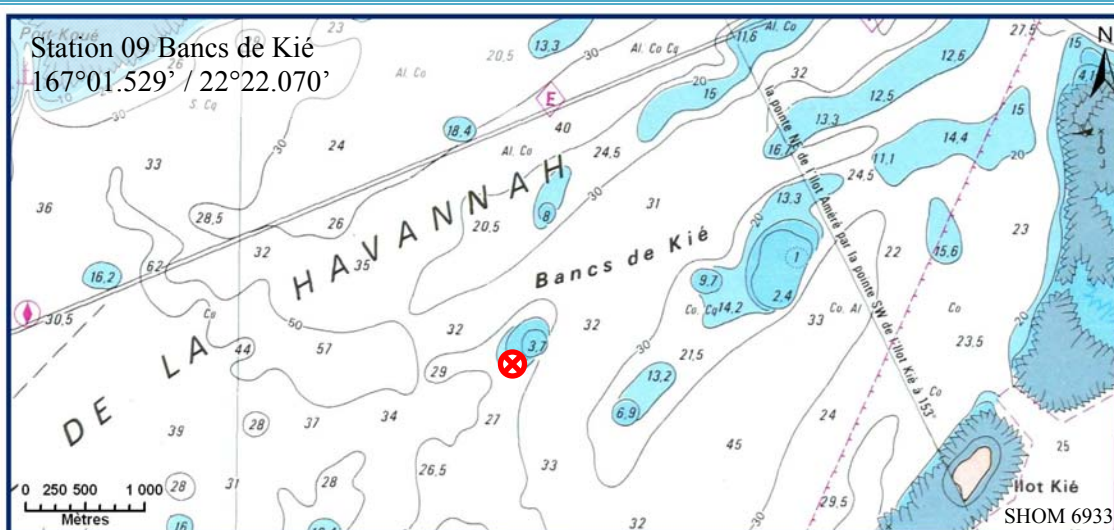
Autres indicateurs :



- Cyanobactéries : recouvrement en augmentation pour B (niveau 2). Elles se développent sur les colonies mortes en place (surtout *Acropora*)
- Le turf algal se développe abondamment sur les débris coralliens et la dalle
- Algue brune *Lobophora* : le recouvrement reste stable : absent en A et faible en B & C (niveau 2)
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : le recouvrement reste stable aux 3 transects (niveau 2).
- *Cliona orientalis* : stable et diminution en C (niveau 3)
- *Cliona jullieni* : stable

Les corallivores :

- Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*
- Absence de *Drupella cornus* : diminution en A et stable en B & C



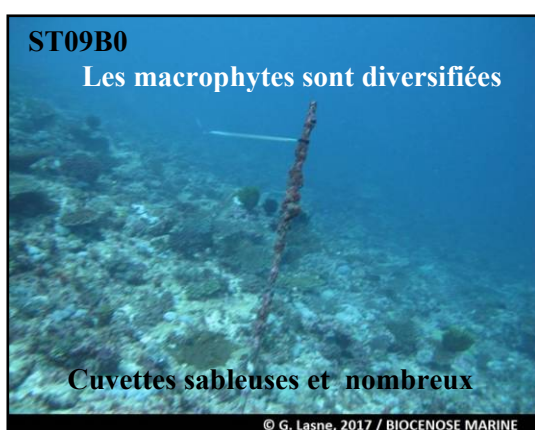
Carte n°11 : Localisation de la station 09 (Bancs Kié)



Photo n°24 : Position en surface (ST09)



**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

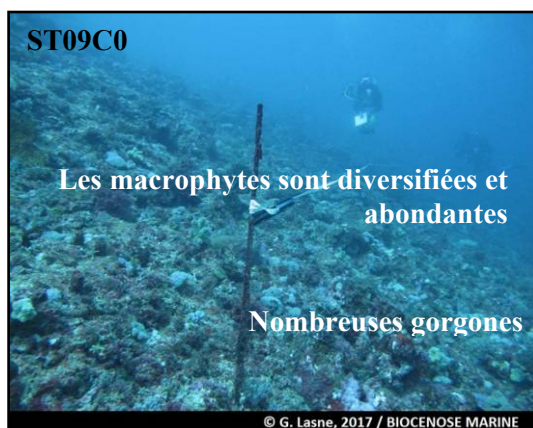


Photo n°25 : Vue d'ensemble des transects (ST09)

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.

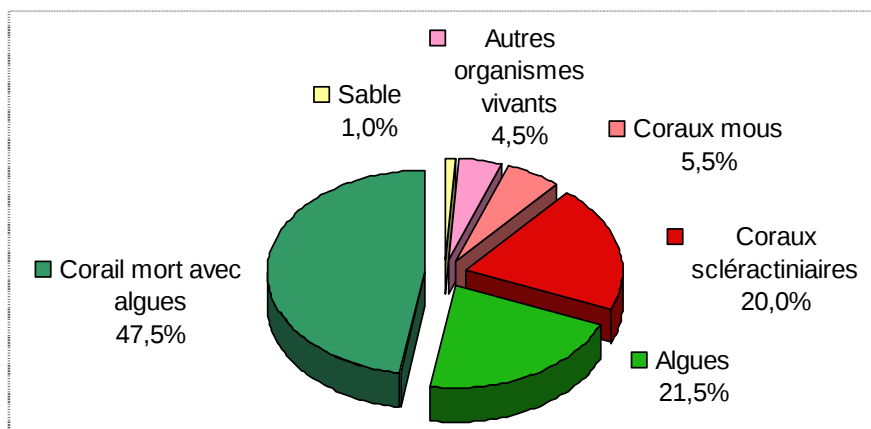


Figure n°57 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09A*

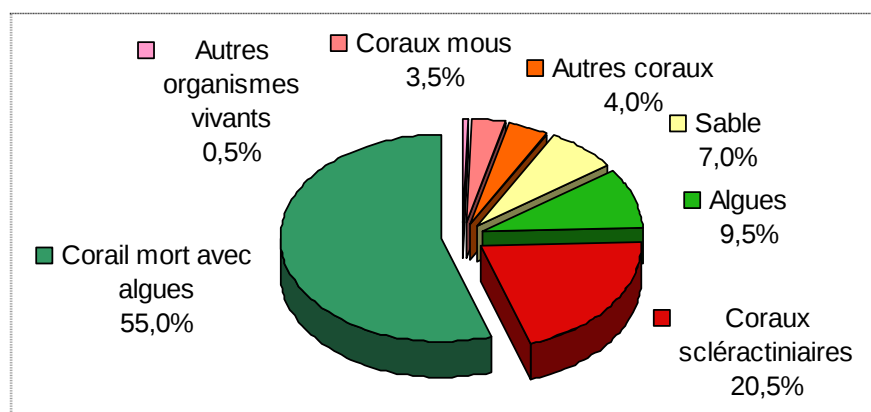


Figure n°58 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09B*

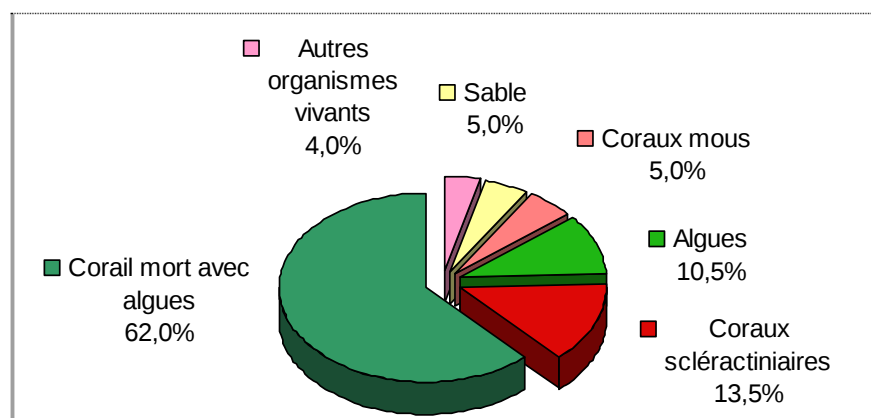


Figure n°59 : *Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST09C*

A cette station, le substrat est majoritairement composé de coraux morts encroûtés (respectivement 47.5%, 55%, 62%) par une multitude d'organismes vivants (dont des algues calcaires) : de ce fait, cette station est remarquable par sa couverture biotique, respectivement : 99%, 93% et 95%, le complément étant surtout du fait des algues. Les coraux scléactiniaires sont moyennement représentés avec respectivement 20%, 20.5% et 13.5%. Absence des cyanobactéries et des coraux blancs pour cette mission 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 avril 2017, la richesse spécifique de la station Bacs Kié (ST09) est composée de :

- **58 espèces d'invertébrés** dont 13 espèces de mollusques ; 15 espèces de cnidaires : alcyonaires (9 taxons), actiniaires (3 taxons), zoanthaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon) ; 10 espèces d'échinodermes : échinides (5 taxons), astéries (3 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 12 espèces d'ascidies
- **21 espèces de macrophytes** : algues vertes (12 taxons), algues rouges (6 taxons), algues brunes (3 taxons)
- **1 espèce de cyanobactérie.**

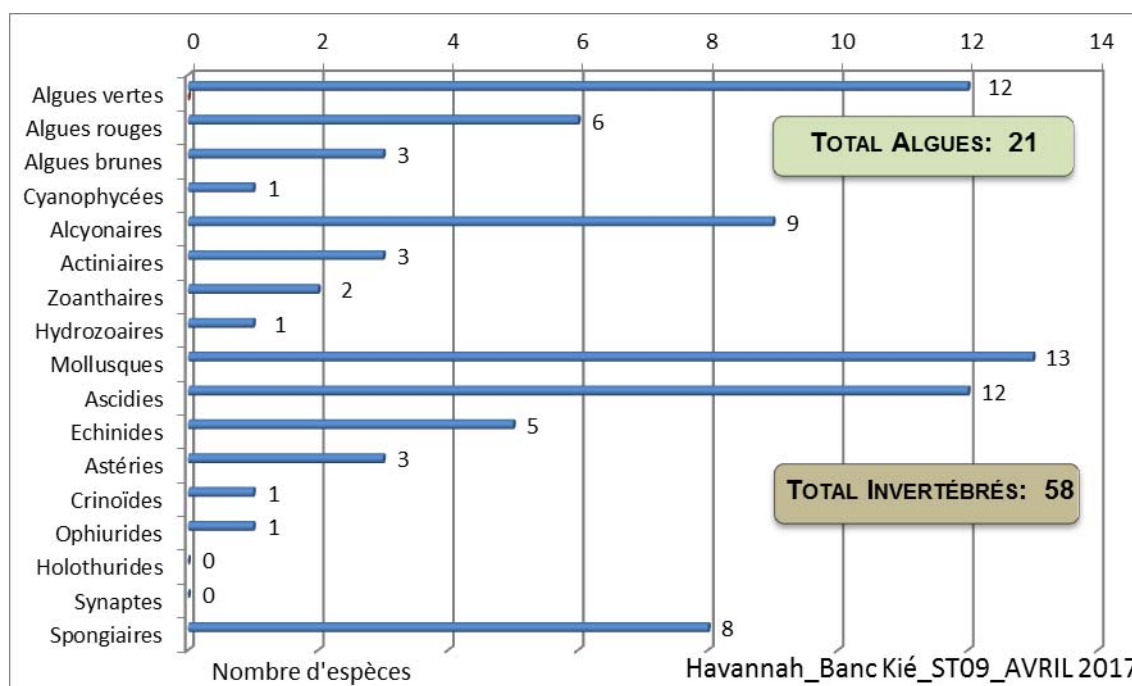


Figure n°60 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST09)

4.9.2.1 Benthos Transect 09 A

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

- 36 espèces d'invertébrés dont 9 espèces de mollusques ; 10 espèces de cnidaires : alcyonaires (8 taxons), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 6 espèces d'échinodermes : échinides (4 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 3 espèces d'éponges ; 8 espèces d'ascidies
- 13 espèces de macrophytes : algues vertes (7 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 novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST09A)

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>Sargassum</i> sp. (A0/-2).	Une espèce d'algue recensée une espèce algues brunes : • <i>Dictyota</i> sp. (A3/+ 1).Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	



☒	☒
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : ➤ pour les échinides (1 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A1). 2 espèces d'échinodermes disparues : ➤ pour les astéries (-2 sp) : • <i>Fromia indica</i> (A0/-1), • <i>Gomophia egyptiaca</i> (A0/-1)	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➤ pour les échinides (1 espèce) : • <i>Echinometrix diadema</i> (A1/- 1)
Mollusques	
Une nouvelle espèce de mollusques recensée : ➤ pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Spondylus</i> sp. (A2). 4 espèces de mollusques disparues : ➤ pour les gastéropodes (-4 espèce) : • <i>Latirolagena smaragdula</i> (A0/-2), • <i>Drupella cornus</i> (A0/-2), • <i>Lambis truncata</i> (A0/-1), • <i>Turbo argyrostomus</i> (A0/-2).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : ➤ pour les gastéropodes (1 espèce) : • <i>Astraea rhodostoma</i> (A1/- 1).
Eponges	
2 espèces d'éponges disparues : • <i>Dysidea herbacea</i> (A0/-2), • <i>Spheciospongia vagabunda</i> (A0/-1).	☒
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée : • <i>Didemnum molle</i> (A2). 2 espèces d'ascidies disparues : • <i>Polycarpa clavata</i> (A0/-1), • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A0/-1).	☒
Bryozoaires	
☒	☒

4.9.2.2 Benthos Transect 09 B

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

- 56 espèces d'invertébrés dont 11 espèces de mollusques ; 15 espèces de cnidaires : alcyonaires (9 taxons), actiniaires (3 taxons), zoanthaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon) ; 10 espèces d'échinodermes : échinides (5 taxons), astéries (3 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 12 espèces d'ascidies
- 21 espèces de macrophytes : algues vertes (12 taxons), algues rouges (6 taxons), algues brunes (3 taxons)
- 1 espèce de cyanobactérie.

Tableau n°81 : Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST09B)

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>Sargassum</i> sp. (A0/-2).	2 sp d'algues augmentent, dont sp algues brunes : • <i>Dictyota</i> sp. (A4/+ 1) ; et l'algue rouge : • <i>Plocamium</i> sp. (A3/+ 1) 1 sp d'algue diminue, l'algue verte : • <i>Codium</i> sp. (A3/-1)
Cyanobactéries	
1 nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : • <i>Phormidium</i> sp. (A2)	☒
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : ➤ pour les actiniaires (-1 sp) : • <i>Cryptodendrum adhaesivum</i> (A0/-1)	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance : ➤ pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Nephthea</i> sp. (A3/- 1).
Echinodermes	
7 espèces d'échinodermes disparues : ➤ pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Nardoa gomophia</i> (A0/-2) ; ➤ pour les échinides (-1 espèce) : • <i>Parasalenia gratiosa</i> (A0/-2) ; ➤ pour les holothurides (-4 sp) : • <i>Actinopyga palauensis</i> (A0/-1), • <i>Holothuria atra</i> (A0/-1), • <i>Holothuria edulis</i> (A0/-2), • <i>Holothuria whitmaei</i> (A0/-1)	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : ➤ pour les échinides (1 espèce) : • <i>Echinometra mathaei</i> (A2/+ 1). Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : ➤ pour les échinides (1 sp) : • <i>Echinometrix diadema</i> (A1/-1)



> pour les ophiurides (-1 sp) : • <i>Ophiomastix caryophyllata</i> (A0/-2)	
Mollusques	
2 nouvelles espèces de mollusques recensées :	
> pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Pinna</i> sp. (A1) ;	
> pour les gastéropodes (1 espèce) : • <i>Drupa morum</i> (A1).	Une espèce de mollusques augmente d'abondance :
5 espèces de mollusques disparues :	> pour les bivalves (1 espèce) :
> pour les gastéropodes (-4 sp) : • <i>Conus miles</i> (A0/-1), • <i>Conus virgo</i> (A0/-1) • <i>Latirolagena smaragdula</i> (A0/-2), • <i>Drupa ricinus</i> (A0/-1) ;	• <i>Pedum spondyloideum</i> (A3/+ 1).
> pour les nudibranches (-1 espèce) : • <i>Cheilidonura varians</i> (A0/-2).	
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée : • <i>Dactylia delicata</i> (A1).	2 espèces d'éponges diminuent d'abondance :
2 espèces d'éponges disparues :	•Spongiaires ind. (noire) (A3/- 1),
• <i>Dysidea herbacea</i> (A0/-2), • <i>Leucetta chagosensis</i> (A0/-2).	• <i>Spheciospongia vagabunda</i> (A2/- 1).
Ascidies	
Une nouvelle espèce d'ascidies recensée :	5 espèces d'ascidies diminuent d'abondance :
• <i>Didemnum molle</i> (A2).	• <i>Polycarpa aurita</i> (A3/- 1), • <i>Didemnum</i> sp. (blanche) (A2/- 1), • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A2/- 1), • <i>Polycarpa nigricans</i> (A3/- 1), • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A1/- 1).
Bryozoaires	
☒	Une espèce de bryozoaires diminue d'abondance :
	• <i>Alcyonidium</i> sp. (A2/- 1).

4.9.2.3 Benthos Transect 09 C

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

- 35 espèces d'invertébrés dont 3 espèces de mollusques ; 11 espèces de cnidaires : alcyonaires (7 taxons), zoanthaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon) ; 5 espèces d'échinodermes : échinides (3 taxons), crinoïdes (1 taxon), ophiurides (1 taxon) ; 6 espèces d'éponges ; 10 espèces d'ascidies
- 20 espèces de macrophytes : algues vertes (12 taxons), algues rouges (6 taxons), algues brunes (2 taxons)
- Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.

Tableau n°82 : Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST09C)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Aucune nouvelle espèce d'algues recensée.	1 sp d'algue recensée une espèce algues brunes : • <i>Dictyota</i> sp. (A3/+1)
1 sp d'algue disparue, l'algue brune : • <i>Sargassum</i> sp. (A0/-2).	Une espèce d'algue diminue : l'algue verte : • <i>Codium</i> sp. (A3/- 1).
Cyanobactéries	
☒	☒
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue :	Une espèce de cnidaires diminue d'abondance :
> pour les actiniaires (-1 espèce) : • <i>Stichodactyla</i> sp. (A0/-2).	> pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Nephtea</i> sp. (A3/- 1).
Echinodermes	
2 espèces d'échinodermes disparues :	2 espèces d'échinodermes augmentent d'abondance :
> pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Linckia multifora</i> (A0/-1) ;	> pour les échinides (2 espèces) : • <i>Diadema setosum</i> (A2/+ 1),
> pour les holothurides (-1 sp) : • <i>Actinopyga palauensis</i> (A0/-1)	• <i>Echinometrix diadema</i> (A2/+ 1).
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue :	☒
> pour les gastéropodes (-1 espèce) : • <i>Drupa morum</i> (A0/-1).	
Eponges	
Une nouvelle espèce d'éponges recensée :	2 espèces d'éponges diminuent d'abondance :
• <i>Cymbastella cantharella</i> (A1).	• <i>Cliona orientalis</i> (A3/- 1), •Spongiaires ind. (noire) (A3/- 1).
2 espèces d'éponges disparues :	



• <i>Dactylia delicata</i> (A0/-1), •Spongiaires ind. (rouge) (A0/-1).	
Ascidies	
☒	1 sp d'ascidies diminue d'abondance : • <i>Didemnum</i> sp. (blanche) (A2/-1)
Bryozoaires	
☒	1 sp de bryozoaires diminue d'abondance : • <i>Alcyonidium</i> sp. (A2/-)

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			Transect			Transect			Station		
		A			B			C			Moyenne		
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	2	0,03	1,37	3	0,04	1,30				1,67	0,02	0,89
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>				2	0,03	0,50				0,67	0,01	0,17
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	1	0,01	0,43							0,33	0,00	0,14
Ant	<i>Pseudanthias dispar</i>							30	0,38	3,84	10,00	0,13	1,28
Ant	<i>Pseudanthias hypselosoma</i>							20	0,25	2,56	6,67	0,08	0,85
Ant	<i>Pseudanthias pictilis</i>	20	0,25	1,08							6,67	0,08	0,36
Ant	<i>Pseudanthias pleurotaenia</i>				25	0,31	3,20				8,33	0,10	1,07
Ant	<i>Pseudanthias squamipinnis</i>	10	0,13	0,54							3,33	0,04	0,18
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>				1	0,01	0,13				0,33	0,00	0,04
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	2	0,03	0,17				3	0,04	0,38	1,67	0,02	0,19
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>				3	0,04	0,26	2	0,03	0,11	1,67	0,02	0,12
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>				1	0,01	0,05	3	0,04	0,09	1,33	0,02	0,05
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	3	0,04	0,26							1,00	0,01	0,09
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>							3	0,04	0,16	1,00	0,01	0,05
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>				2	0,03	0,11				0,67	0,01	0,04
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	3	0,04	0,16							1,00	0,01	0,05
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	1	0,01	0,05							0,33	0,00	0,02
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	2	0,03	0,26							0,67	0,01	0,09
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>							1	0,01	0,18	0,33	0,00	0,06
Epi	<i>Cephalopholis urodeta</i>	2	0,03	1,69	1	0,01	0,84	2	0,03	0,06	1,67	0,02	0,86
Epi	<i>Variola louti</i>	1	0,01	16,00	1	0,01	3,91				0,67	0,01	6,64
Lab	<i>Bodianus perditio</i>							1	0,01	0,25	0,33	0,00	0,08
Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	1	0,01	1,02							0,33	0,00	0,34
Lab	<i>Gomphosus varius</i>	2	0,03	0,26							0,67	0,01	0,09
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	1	0,01	1,46							0,33	0,00	0,49
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>				4	0,05	0,13				1,33	0,02	0,04
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	5	0,06	0,91	5	0,06	1,25	5	0,06	0,64	5,00	0,06	0,93
Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	15	0,19	2,73	5	0,06	0,43				6,67	0,08	1,05
Mul	<i>Parupeneus cyclostomus</i>							4	0,05	8,00	1,33	0,02	2,67
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	3	0,04	0,75	6	0,08	1,50	10	0,13	2,50	6,33	0,08	1,58
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	4	0,05	0,13	7	0,09	0,22	5	0,06	0,08	5,33	0,07	0,14
Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>	3	0,04	0,09	6	0,08	0,19	5	0,06	0,08	4,67	0,06	0,12
Poc	<i>Centropyge flavissima</i>	3	0,04	0,16	3	0,04	0,16	5	0,06	0,08	3,67	0,05	0,13
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	5	0,06	0,16	5	0,06	0,16	5	0,06	0,08	5,00	0,06	0,13
Poc	<i>Pomacanthus imperator</i>				1	0,01	2,32				0,33	0,00	0,77
Poc	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>				1	0,01	2,00				0,33	0,00	0,67
Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>	5	0,06	0,43	4	0,05	0,22				3,00	0,04	0,21
Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>	3	0,04	0,16							1,00	0,01	0,05
Pom	<i>Amphiprion perideraion</i>				5	0,06	0,16				1,67	0,02	0,05
Pom	<i>Chromis fumea</i>				35	0,44	0,56	30	0,38	1,62	21,67	0,27	0,73
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>				5	0,06	0,03				1,67	0,02	0,01
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>	10	0,13	0,16	20	0,25	0,14	8	0,10	0,43	12,67	0,16	0,24

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

Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	40	0,50	0,27	30	0,38	0,20	20	0,25	5,00	30,00	0,38	1,82
Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>				10	0,13	0,31	10	0,13	2,50	6,67	0,08	0,94
Pom	<i>Neopomacentrus azyron</i>				15	0,19	0,10				5,00	0,06	0,03
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>	6	0,08	2,00	5	0,06	0,91				3,67	0,05	0,97
Sca	<i>Scarus forsteni</i>	1	0,01	0,84	1	0,01	0,69				0,67	0,01	0,51
Sca	<i>Scarus ghobban</i>	2	0,03	7,81							0,67	0,01	2,60
Sca	<i>Scarus rubroviolaceus</i>				4	0,05	8,00				1,33	0,02	2,67
Sca	<i>Scarus schlegeli</i>	1	0,01	3,91	2	0,03	0,86				1,00	0,01	1,59
Sca	<i>Scarus spinus</i>	2	0,03	1,37							0,67	0,01	0,46
Sig	<i>Siganus fuscescens</i>							15	0,19	12,66	5,00	0,06	4,22
Total		159	1,99	46,63	218	2,73	30,82	187	2,34	41,31	188	2,35	39,59
Biodiversité		30			30			21			52		
Indice de Shannon =		4,714											
Equitabilité =		0,827											

Sur l'ensemble des transects de la station, 564 individus appartenant à 52 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 2.35poissons/m² pour une biomasse de 39.59 g/m².

114 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>	Epi	<i>Cephalopholis urodeta</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	Epi	<i>Epinephelus fasciatus</i>	Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>
Aca	<i>Acanthurus nigricauda</i>	Epi	<i>Epinephelus merra</i>	Poc	<i>Centropyge flavissima</i>
Aca	<i>Acanthurus pyroferus</i>	Epi	<i>Plectropomus laevis</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>
Aca	<i>Acanthurus xanthopterus</i>	Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Poc	<i>Genicanthus watanabei</i>
Aca	<i>Ctenochaetus binotatus</i>	Epi	<i>Variola louti</i>	Poc	<i>Pomacanthus imperator</i>
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	Gob	<i>Valenciennea strigata</i>	Poc	<i>Pomacanthus semicirculatus</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Lab	<i>Anampses femininus</i>	Pom	<i>Amphiprion chrysopterus</i>
Aca	<i>Naso brachycentron</i>	Lab	<i>Bodianus axillaris</i>	Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>
Aca	<i>Prionurus maculatus</i>	Lab	<i>Bodianus perditio</i>	Pom	<i>Amphiprion perideraion</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Chromis fumea</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Ant	<i>Pseudanthias dispar</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Ant	<i>Pseudanthias hypselosoma</i>	Lab	<i>Halichoeres argus</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Ant	<i>Pseudanthias pictilis</i>	Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>	Pom	<i>Dascyllus trimaculatus</i>
Ant	<i>Pseudanthias pleurotaenia</i>	Lab	<i>Halichoeres prosopoeion</i>	Pom	<i>Neopomacentrus azyron</i>
Ant	<i>Pseudanthias squamipinnis</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon johnstonianus</i>
Apo	<i>Cheilodipterus macrodon</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon lacrymatus</i>
Apo	<i>Cheilodipterus quinquelineatus</i>	Lab	<i>Macropharyngodon meleagris</i>	Pom	<i>Pomacentrus coelestis</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Oxycheilinus diagrammus</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Bal	<i>Pseudobalistes fuscus</i>	Lab	<i>Stethojulis strigiventer</i>	Pom	<i>Pomacentrus nagasakiensis</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	Pom	<i>Pomacentrus nigromarginatus</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Pom	<i>Pomacentrus simsiang</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Sca	<i>Cetoscarus ocellatus</i>
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	Lab	<i>Thalassoma nigrofasciatum</i>	Sca	<i>Chlorurus microrhinos</i>
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	Lut	<i>Aprion virescens</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	Lut	<i>Lutjanus bohar</i>	Sca	<i>Scarus forsteni</i>
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>	Lut	<i>Macolor niger</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>	Mic	<i>Gunnellichthys curiosus</i>	Sca	<i>Scarus rivulatus</i>

Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Mic	<i>Pervagor aspricaudus</i>	Sca	<i>Scarus rubroviolaceus</i>
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Mon	<i>Aluterus scriptus</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Cha	<i>Chaetodon vagabundus</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>	Sca	<i>Scarus spinus</i>
Cir	<i>Cirrhitichthys falco</i>	Mul	<i>Parupeneus cyclostomus</i>	Sco	<i>Scomberomorus commerson</i>
Cir	<i>Cyprinocirrhites polyactis</i>	Mul	<i>Parupeneus multifasciatus</i>	Sig	<i>Siganus fuscescens</i>
Cir	<i>Paracirrhites arcatus</i>	Nem	<i>Pentapodus aureofasciatus</i>	Sig	<i>Siganus punctatus</i>
Cir	<i>Paracirrhites forsteri</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Syn	<i>Saurida gracilis</i>
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	Pin	<i>Parapercis flavissimus</i>	Tet	<i>Arothron mappa</i>
Epi	<i>Cephalopholis miniata</i>	Pin	<i>Parapercis hexophthalma</i>	Tet	<i>Arothron meleagris</i>

Le nombre d'espèces pour chaque famille 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 par mission (ST09)*

Familles	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
Acanthuridae	6	6	6	5	1	3	6	5	3	2	6	6	8	14	7	5	7	3
Anthiinae	3	4	2	2	3	3	4	4	5	5	3	1	6	6	4	4	4	5
Bleniidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1
Caesionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	2	0	1	0	0	0
Canthigasteridae	0	1	2	1	0	1	1	1	1	1	1	0	0	0	1	0	0	0
Carangidae	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Carcharhinidae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetodontidae	5	3	6	3	5	9	9	8	6	10	10	7	8	8	7	9	6	9
Epinephelinae	2	4	2	3	2	1	1	3	1	1	2	3	3	5	5	5	3	3
Labridae	6	6	6	6	6	9	11	11	8	10	8	8	10	11	7	6	5	7
Lethrinidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0
Lutjanidae	1	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0
Mullidae	1	1	1	1	1	2	2	1	2	1	1	1	1	2	1	1	2	1
Nemipteridae	0	0	1	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pomacanthidae	6	3	3	3	4	5	3	4	5	4	5	4	4	4	5	4	4	6
Pomacentridae	4	3	2	3	4	3	3	7	3	7	5	4	5	6	6	6	9	9
Pseudochromidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Scaridae	2	1	2	3	1	2	6	0	2	0	4	2	3	4	3	5	4	6
Siganidae	0	0	1	2	1	0	2	1	0	1	0	0	0	0	1	0	0	1
Total espèces	36	32	35	34	28	43	48	45	37	43	47	39	52	62	50	49	46	52
Total familles	10	10	13	13	10	14	11	10	11	11	12	12	12	11	14	13	11	12

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	222	306	372	11/19

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 87](#) et la [figure 62](#).

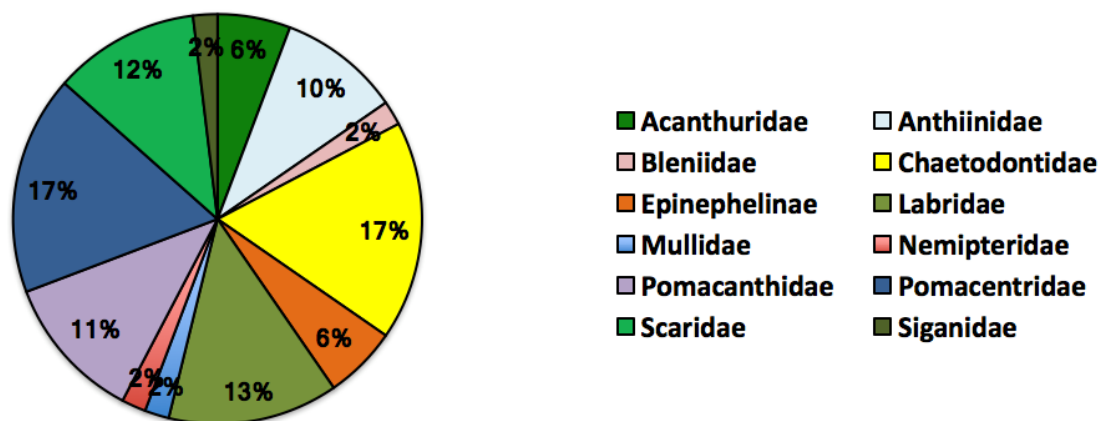


Figure n°61 : *Richesse spécifique par famille de poissons (ST09)*

Tableau n°87 : *Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST09)*

Peuplement de poissons ST09 – Banc KIE		Liste DENV				Toutes espèces	
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m ²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2017 a	Transect A	159	1,99	46,63	30		
	Transect B	218	2,73	30,82	30		
	Transect C	187	2,34	41,31	21		
	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

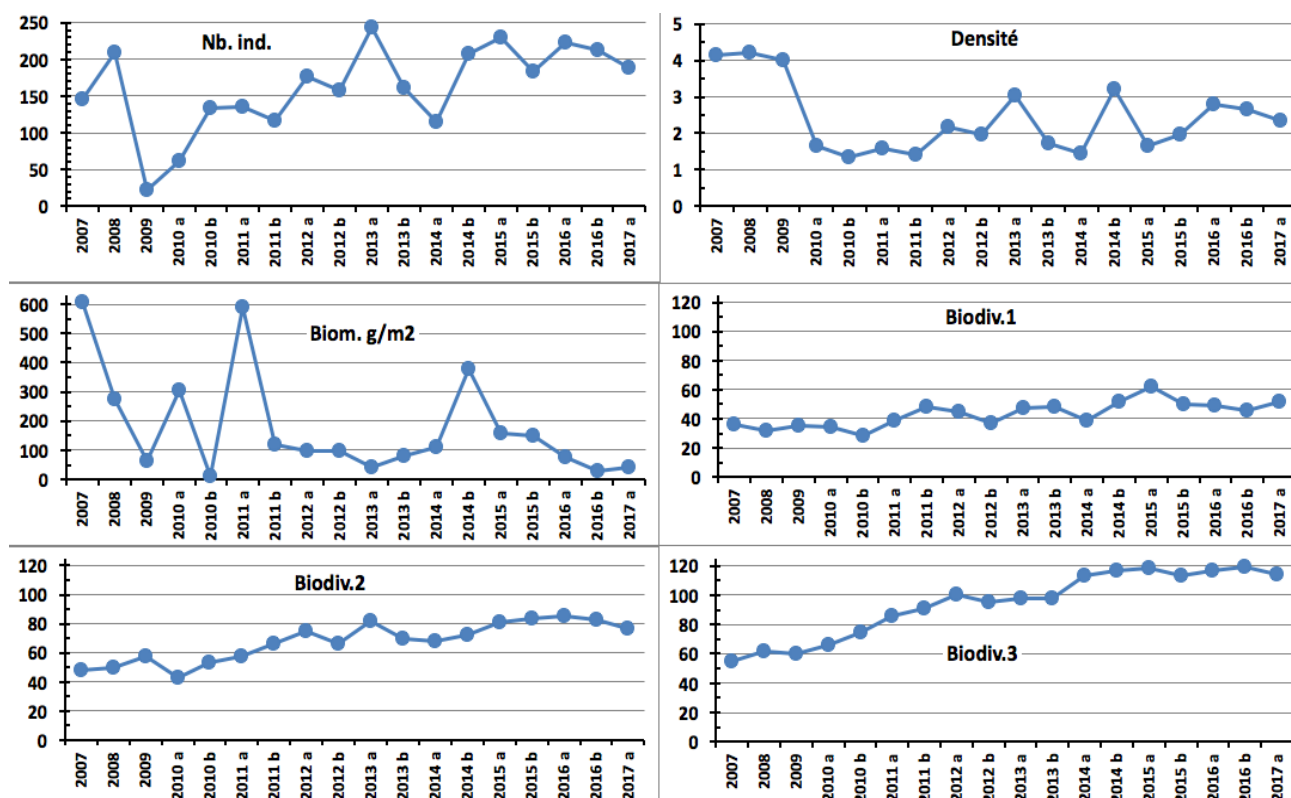
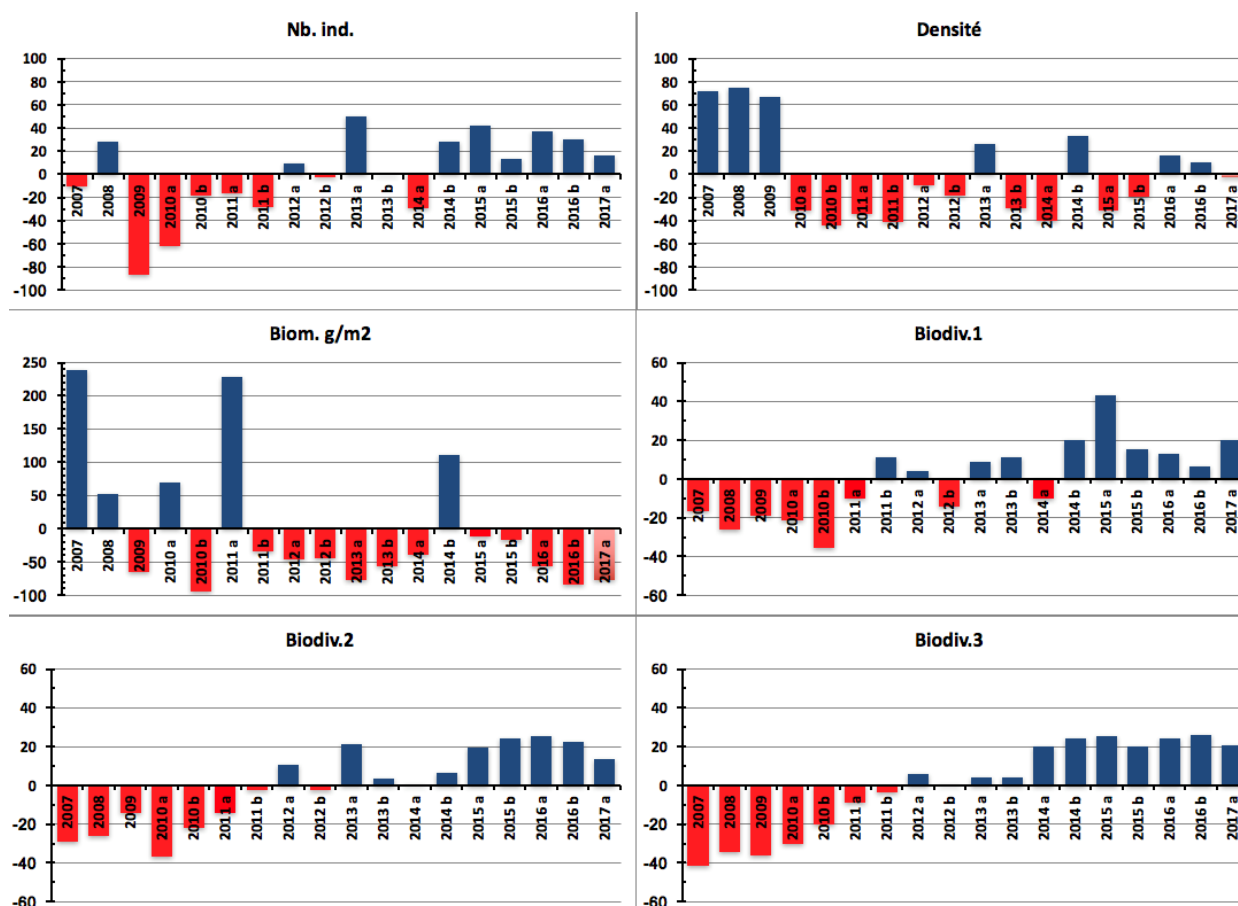
L'écart relatif à la moyenne [$Er_i = (X_i - X_m)/X_m$] pour ces paramètres biologiques peut alors être calculé : cf. [tableau 88](#) et représentation [figure 63](#).

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	3 469,7	0,9	33 015,3	76,1	180,3	492,2
Ecart type	58,9	1,0	181,7	8,7	13,4	22,2
Moyenne	162,4	2,4	179,0	43,3	67,7	94,3
Coef. de Var.	0,4	0,4	1,0	0,2	0,2	0,2

Commentaires :

- La biomasse est plus faible que la moyenne. Les repérages ont été faits avec du courant, si bien que les poissons montent en pleine eau et s'éloignent ainsi du transect. Ce déplacement influence évidemment le résultat dans la méthode des TLV. La densité est moins sensible à ce comportement car ce sont surtout les grosses espèces commerciales qui y sont soumises et moins les petites espèces comme les Pomacentridae, les Anthias, les petits Pomacanthidae etc.
- La biodiversité est toujours supérieure à la moyenne.

Figure n°62 : *Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST09)*Figure n°63 : *Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST09)*

4.10 Station 11 = Récif Toémo

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

Description générale

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

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

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

Caractéristiques principales

- ↳ Les conditions hydrodynamiques sont soutenues durant toute l'année (courant, ressac, houle)
- ↳ Ce récif a subi des dégradations durant les événements cycloniques du début d'année 2011 (Vania, Zelia), le cyclone de janvier 2013 (Fréda) et dans une moindre mesure 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 scléractiniaires 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 novembre 2016 et avril 2017

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 35% au transect A, 29.5% en B et 3% en C
- Blanchissement corallien (surface totale observée) : *Octobre 2015 : 0.4% ; Avril 2016 : 0.57% ; Novembre*



2016 : 0.2% ; Avril 2017 : 0.1%

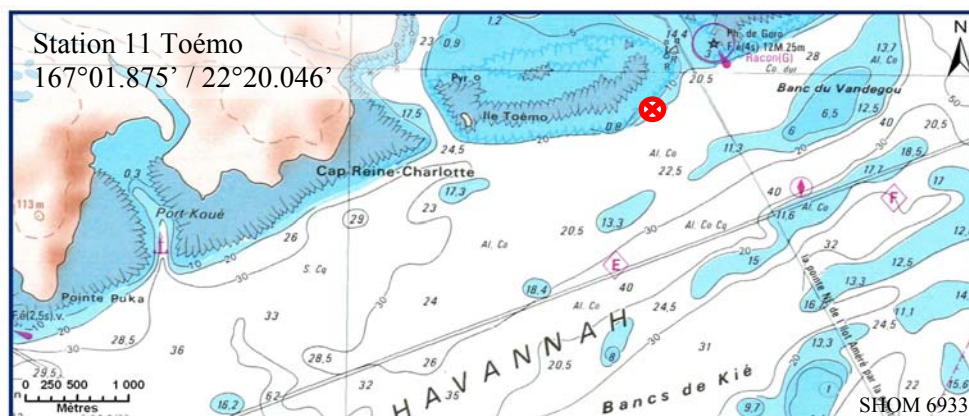
- Lésions coralliennes : Absence de la maladie de la bande blanche. Les anciennes colonies malades en B sont mortes en place
- Dégradations mécaniques (Winston 2016, Cook et Donna, 2017) : remobilisation en B. De nombreuses colonies ne sont plus fixées sur le substrat (remobilisation des débris et colonies par la houle et le ressac)

Autres indicateurs :

- Cyanobactéries : recouvrement en augmentation pour B & C (niveau 2). Elles se développent sur les colonies mortes en place (surtout *Acropora*)
- Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens particulièrement en B & C
- Algue brune *Lobophora* : absente
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente (forte diminution)
- *Cliona orientalis* : stable
- *Cliona jullieni* : stable

Les corallivores :

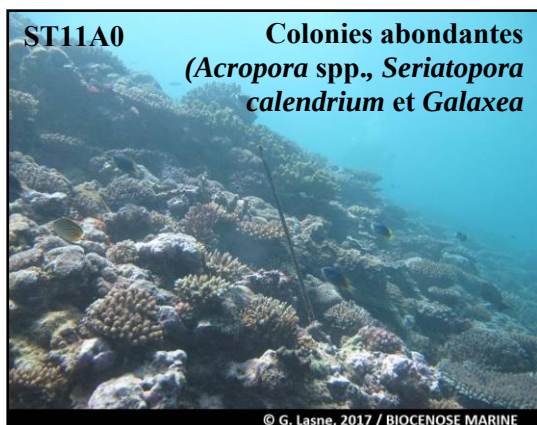
- Absence des *Acanthaster planci* et des *Culcita novaeguineae*
- Absence de *Drupella cornus*



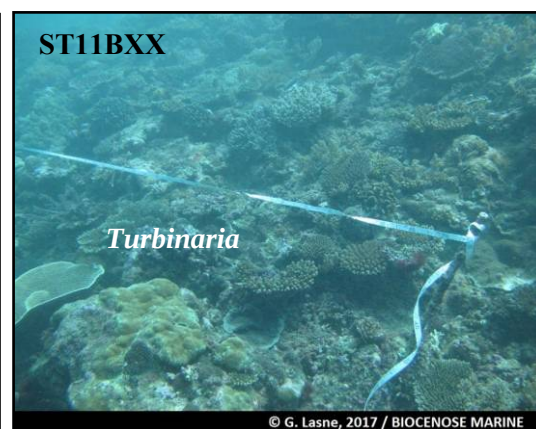
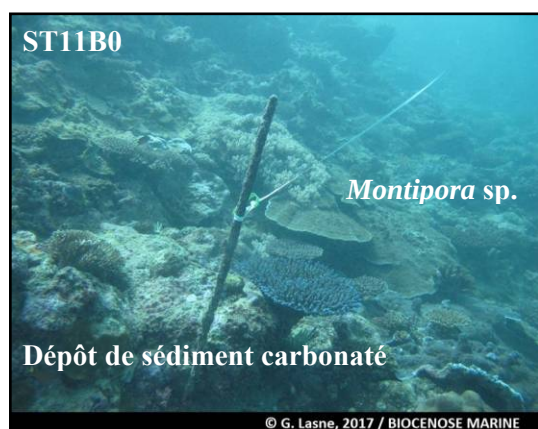
Carte n°12 : Localisation de la station 11 (Toémo)



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 robustes



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



Accumulation de débris coralliens en bas de pente récifale et cuvettes sableuses

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 8652](#) pour le transect B et dans la [figure 66](#) pour le transect C.

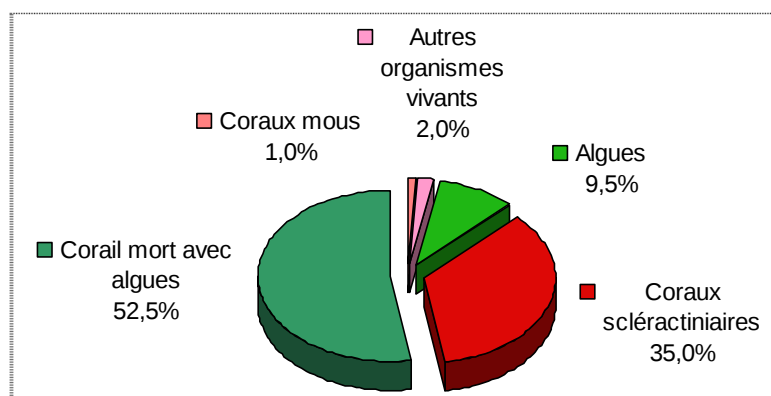


Figure n°64 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11A

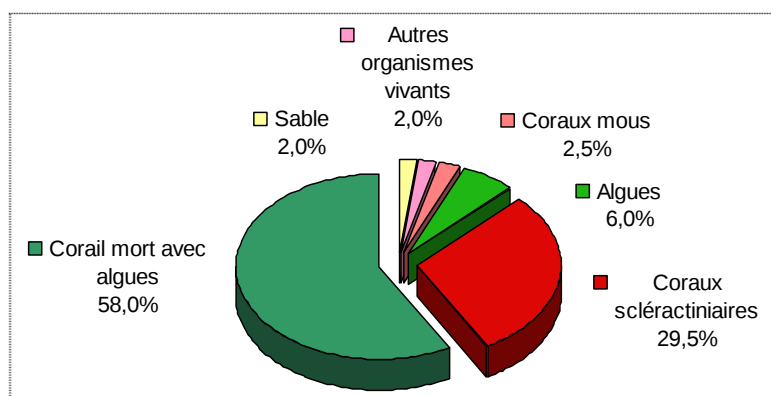


Figure n°65 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST11B

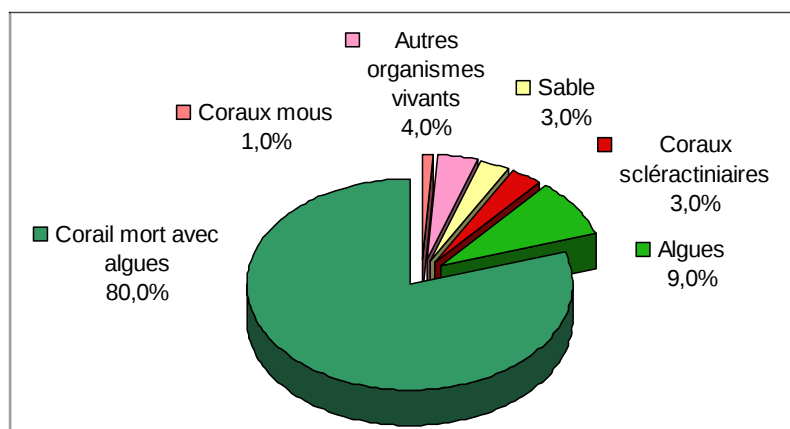


Figure n°66 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST03C

Cette station possède, parmi les plus forts recouvrements biotiques : 100%, 98% et 97% 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 (35% et 29.5%), résultats parmi les plus élevés de toutes les stations (2^{ème} rang).

Pour cette mission : disparition du blanchissement et des cyanobactéries.

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

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

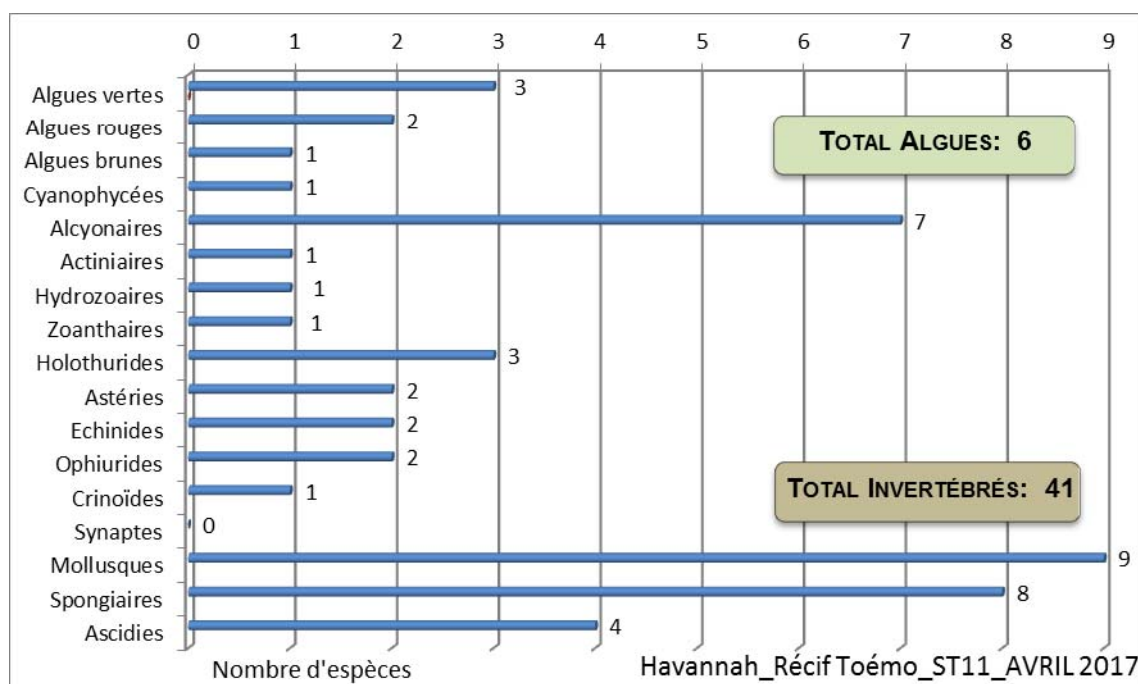


Figure n°67 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST11)

4.10.2.1 Benthos Transect 11 A

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

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

Tableau n°89 : Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST11A)

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. (A2) ; 3 espèces d'algues disparues, dont 2 espèces d'algues brunes : • <i>Sargassum</i> sp. (A0/-2), • <i>Turbinaria ornata</i> (A0/-2) ; et l'algue rouge : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A0/-2).	Une espèce d'algue recensée et l'algue verte : • <i>Chlorodesmis fastigiata</i> (A2/+ 1). Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
☒	☒



Cnidares	
☒	Une espèce de cnidares diminue d'abondance : > pour les alcyonaires (1 sp) : • <i>Nephthea</i> sp. (A3/- 1).
Echinodermes	
2 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : > pour les astéries (1 espèce) : • <i>Gomophia egyptiaca</i> (A1) ; > pour les ophiurides (1 espèce) : • <i>Ophiomastix caryophyllata</i> (A1)	☒
Une espèce d'échinodermes disparue : > pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Nardoa gomophia</i> (A0/-1).	
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : > pour les bivalves (-1 espèce) : • <i>Tridacna squamosa</i> (A0/-1).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : > pour les bivalves (1 sp) : • <i>Tridacna maxima</i> (A1/- 1)
Eponges	
☒	☒
Ascidies	
1 espèce d'ascidies disparue : •Encroûtante (violet/blanc) (A0/-2)	☒
Bryozoaires	
☒	☒

4.10.2.2 Benthos Transect 11 B

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

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

Tous les groupes sont représentés.

Tableau n°90 : Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST11B)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée : l'algue verte : • <i>Codium spongiosum</i> (A2) ; 6 espèces d'algues disparues, dont l'algue brune : • <i>Turbinaria ornata</i> (A0/-2) ; et 2 espèces d'algues rouges : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A0/-3), • <i>Plocamium</i> sp. (A0/-2) ; et 3 espèces d'algues vertes : • <i>Caulerpa</i> sp. (A0/-2), • <i>Codium</i> sp. (A0/-2), • <i>Halimeda</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)	☒
Cnidares	
Une nouvelle espèce de cnidares recensée : > pour les alcyonaires (1 espèce) : • <i>Chironephthya</i> sp. (A1).	2 espèces de cnidares diminuent d'abondance : > pour les alcyonaires (1 sp) : • <i>Nephthea</i> sp. (A3/- 1) > pour les actiniaires (1 sp) : • <i>Discosoma rhodostoma</i> (A2/-1)
Echinodermes	
Une nouvelle espèce d'échinodermes recensée : > pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Actinopyga lecanora</i> (A1). 5 espèces d'échinodermes disparues :	Une espèce d'échinodermes diminue d'abondance : > pour les astéries (1 espèce) : • <i>Nardoa gomophia</i> (A1/- 1).



> pour les astéries (-2 espèce) : • <i>Fromia indica</i> (A0/-1), • <i>Fromia monilis</i> (A0/-1) ; > pour les holothurides (-3 espèce) : • <i>Holothuria</i> sp. (A0/-1). • <i>Actinopyga palauensis</i> (A0/-1), • <i>Holothuria edulis</i> (A0/-2),	
Mollusques	
6 espèces de mollusques disparues : > pour les gastéropodes (-4 sp) : • <i>Conus virgo</i> (A0/-1), • <i>Lambis truncata</i> (A0/-1), • <i>Trochus niloticus</i> (A0/-1), • <i>Astraea rhodostoma</i> (A0/-2) > pour les nudibranches (-2 sp) : • <i>Cheilidonura inornata</i> (A0/-1), • <i>Halgerda</i> sp. (A0/-1)	☑
Eponges	
☑	☑
Ascidies	
3 espèces d'ascidies disparues : • <i>Didemnum</i> sp. (blanche) (A0/-2), • <i>Encroutante violetblanc</i> (A0/-2), • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A0/-2).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : • <i>Polycarpa aurita</i> (A2/- 1).
Bryozoaires	
☑	☑

4.10.2.3 Benthos Transect 11 C

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

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

Tableau n°91 : *Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST11C)*

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
Une nouvelle espèce d'algue recensée, l'algue verte : • <i>Codium spongiosum</i> (A1) ; 3 espèces d'algues disparues, dont l'algue rouge : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A0/-2) ; et 2 espèces d'algues vertes : • <i>Codium</i> sp. (A0/-2), • <i>Halimeda</i> sp. (A0/-2).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
Une nouvelle espèce de cyanobactéries recensée : • <i>Phormidium</i> sp. (A2).	☑
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : > pour les alcyonaires (-1 espèce) : • <i>Cladiella</i> sp. (A0/-1).	☑
Echinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : > pour les astéries (2 espèces) : • <i>Gomophia egyptiaca</i> (A1), • <i>Nardoa gomophia</i> (A1) ; > pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Thelenota ananas</i> (A1). 7 espèces d'échinodermes disparues : > pour les astéries (-3 espèce) : • <i>Celerina heffernani</i> (A0/-1), • <i>Fromia indica</i> (A0/-1), • <i>Gomophia watsoni</i> (A0/-1) ; > pour les échinides (-1 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A0/-1) ;	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : > pour les crinoïdes (1 espèce) : •Crinoïdes ind. (A2/+ 1).



> pour les holothurides (-1 sp) : • <i>Actinopyga palauensis</i> (A0/-1) > pour les ophiurides (-2 sp) : • <i>Ophiomastix caryophyllata</i> (A0/-2), • <i>Ophiure ind.</i> (A0/-2).	
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue :	Une espèce de mollusques diminue d'abondance :
> pour les nudibranches (-1 sp) : • <i>Phyllidiella pustulosa</i> (A0/-1)	> pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Hyotissa hyotis</i> (A1/- 1).
Eponges	
2 nouvelles espèces d'éponges recensées : • <i>Dysidea herbacea</i> (A1), • <i>Clathria rugosa</i> (A2).	☒
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : • <i>Didemnum sp.</i> (blanche) (A0/-2).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : • <i>Polycarpa clavata</i> (A1/- 1).
Bryozoaires	
☒	☒

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 blochii</i>							1	0,01	0,84	0,33	0,00	0,28
Aca	<i>Acanthurus lineatus</i>	12	0,12	5,27							4,00	0,04	1,76
Aca	<i>Acanthurus nigricans</i>	1	0,01	0,82							0,33	0,00	0,27
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	4	0,04	1,38	2	0,04	0,80				2,00	0,03	0,73
Aca	<i>Naso brachycentron</i>				30	0,23	295,38				10,00	0,08	98,46
Aca	<i>Naso lituratus</i>	2	0,02	0,53							0,67	0,01	0,18
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>				4	0,08	0,35				1,33	0,03	0,12
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	3	0,03	0,60	2	0,04	0,80				1,67	0,02	0,47
Ant	<i>Pseudanthias hypselosoma</i>				15	0,30	2,06				5,00	0,10	0,69
Ant	<i>Pseudanthias squamipinnis</i>				10	0,20	1,37				3,33	0,07	0,46
Cae	<i>Pterocaesio pisang</i>				50	0,50	17,28	100	1,00	34,56	50,00	0,50	17,28
Can	<i>Canthigaster valentini</i>				1	0,02	0,05				0,33	0,01	0,02
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	2	0,02	0,29							0,67	0,01	0,10
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	2	0,02	0,29							0,67	0,01	0,10
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	4	0,04	0,17							1,33	0,01	0,06
Cha	<i>Chaetodon ephippium</i>	3	0,03	0,13							1,00	0,01	0,04
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>				2	0,04	0,05				0,67	0,01	0,02
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	2	0,02	0,09							0,67	0,01	0,03
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>	4	0,04	0,05	3	0,06	0,08				2,33	0,03	0,04
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	5	0,05	0,13							1,67	0,02	0,04
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	2	0,02	0,09							0,67	0,01	0,03
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	3	0,03	0,08							1,00	0,01	0,03
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>							2	0,03	1,10	0,67	0,01	0,37
Epi	<i>Epinephelus fasciatus</i>							2	0,03	1,37	0,67	0,01	0,46
Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>				2	0,02	10,80				0,67	0,01	3,60
Lab	<i>Bodianus perditio</i>							1	0,01	0,25	0,33	0,00	0,08
Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>							1	0,01	0,69	0,33	0,00	0,23
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	1	0,01	0,44							0,33	0,00	0,15
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>				4	0,08	0,04				1,33	0,03	0,01
Lab	<i>Thalassoma amblycephalum</i>	50	0,50	2,16							16,67	0,17	0,72
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>							3	0,04	0,16	1,00	0,01	0,05

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

Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>				10	0,17	0,42	10	0,13	0,54	6,67	0,10	0,32
Mic	<i>Ptereleotris evides</i>				3	0,06	0,08	2	0,03	0,06	1,67	0,03	0,05
Mon	<i>Oxymonacanthus longirostris</i>	2	0,02	0,01							0,67	0,01	0,00
Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>				2	0,04	0,27				0,67	0,01	0,09
Mul	<i>Parupeneus cyclostomus</i>				3	0,06	2,64				1,00	0,02	0,88
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>				5	0,10	2,66				1,67	0,03	0,89
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>				4	0,07	0,09	3	0,04	0,09	2,33	0,03	0,06
Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>				2	0,04	0,05				0,67	0,01	0,02
Poc	<i>Centropyge flavissima</i>				2	0,03	0,08				0,67	0,01	0,03
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>				3	0,06	0,03				1,00	0,02	0,01
Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>	15	0,15	0,38	5	0,10	0,43				6,67	0,08	0,27
Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>				3	0,06	0,15				1,00	0,02	0,05
Pom	<i>Chromis fumea</i>	30	0,30	0,38	30	0,60	0,77	12	0,15	0,19	24,00	0,35	0,45
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	3	0,03	0,02	2	0,04	0,05	4	0,05	0,03	3,00	0,04	0,03
Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>							10	0,13	0,07	3,33	0,04	0,02
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	40	0,40	0,22	30	0,60	0,77	15	0,19	0,10	28,33	0,40	0,36
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	10	0,10	0,13	6	0,12	0,15	4	0,05	0,06	6,67	0,09	0,12
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>				4	0,08	1,17				1,33	0,03	0,39
Sca	<i>Scarus rivulatus</i>				1	0,01	6,75				0,33	0,00	2,25
Sca	<i>Scarus schlegeli</i>				2	0,03	7,81				0,67	0,01	2,60
Sig	<i>Siganus doliatus</i>				4	0,05	0,73				1,33	0,02	0,24
Sig	<i>Siganus fuscescens</i>							30	0,38	12,96	10,00	0,13	4,32
Total		200	2,00	13,65	246	3,93	354,16	200	2,25	53,08	215,33	1,84	19,50
Biodiversité		22			31			16			53		
Indice de Shannon =		4,221											
Equitabilité =		0,737											

Sur l'ensemble des transects de la station, 646 individus appartenant à 53 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 1.84 poissons/m² pour une biomasse de 19.5 g/m².

11 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 albipectoralis</i>	Cir	<i>Cirrhitichthys falco</i>	Mon	<i>Amanes scopas</i>
Aca	<i>Acanthurus blochii</i>	Cir	<i>Paracirrhites forsteri</i>	Mon	<i>Oxymonacanthus longirostris</i>
Aca	<i>Acanthurus lineatus</i>	Ech	<i>Echeneis naucrates</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinoides</i>
Aca	<i>Acanthurus mata</i>	Epi	<i>Cephalopholis argus</i>	Mul	<i>Parupeneus cyclostomus</i>
Aca	<i>Acanthurus nigricans</i>	Epi	<i>Cephalopholis urodeta</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>
Aca	<i>Acanthurus nigricauda</i>	Epi	<i>Epinephelus fasciatus</i>	Pin	<i>Parapercis cylindrica</i>
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	Epi	<i>Plectropomus leopardus</i>	Pin	<i>Parapercis millepunctata</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Gra	<i>Diploprion bifasciatum</i>	Ple	<i>Assessor macneilli</i>
Aca	<i>Naso brachycentron</i>	Hae	<i>Plectorhinchus chaetodonoides</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>
Aca	<i>Naso lituratus</i>	Hae	<i>Plectorhinchus lessonii</i>	Poc	<i>Centropyge bispinosa</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Hol	<i>Myripristis murdjan</i>	Poc	<i>Centropyge flavissima</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Hol	<i>Sargocentron ensiferum</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>
Aca	<i>Zebrasoma veliferum</i>	Lab	<i>Anampses femininus</i>	Pom	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>
Ant	<i>Pseudanthias hypselosoma</i>	Lab	<i>Anampses neoguinaicus</i>	Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>
Ant	<i>Pseudanthias squamipinnis</i>	Lab	<i>Bodianus axillaris</i>	Pom	<i>Amphiprion clarkii</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Bodianus diana</i>	Pom	<i>Chromis atripes</i>
Bal	<i>Pseudobalistes flavimarginatus</i>	Lab	<i>Bodianus perditio</i>	Pom	<i>Chromis chrysur</i>
Bal	<i>Sufflamen fraenatus</i>	Lab	<i>Cheilinus chlorourus</i>	Pom	<i>Chromis fumea</i>
Ble	<i>Ecsenius bicolor</i>	Lab	<i>Cheilinus trilobatus</i>	Pom	<i>Chromis margaritifer</i>
Cae	<i>Pterocaesio pisang</i>	Lab	<i>Cirrhilabrus punctatus</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>



Can	<i>Canthigaster valentini</i>	Lab	<i>Coris batuensis</i>	Pom	<i>Chrysiptera taupou</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Lab	<i>Halichoeres hortulanus</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	Lab	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon dickii</i>
Cha	<i>Chaetodon citrinellus</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon johnstonianus</i>
Cha	<i>Chaetodon ephippium</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Cha	<i>Chaetodon flavirostris</i>	Lab	<i>Macropharyngodon meleagris</i>	Pom	<i>Pomacentrus simsiang</i>
Cha	<i>Chaetodon kleinii</i>	Lab	<i>Oxycheilinus diagrammus</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Cha	<i>Chaetodon lunula</i>	Lab	<i>Stethojulis bandanensis</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Lab	<i>Thalassoma amblycephalum</i>	Sca	<i>Scarus rivulatus</i>
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	Lab	<i>Thalassoma hardwicke</i>	Sca	<i>Scarus rubroviolaceus</i>
Cha	<i>Chaetodon mertensii</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Sca	<i>Scarus schlegeli</i>
Cha	<i>Chaetodon pelewensis</i>	Lab	<i>Thalassoma lutescens</i>	Sig	<i>Siganus corallinus</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Lab	<i>Thalassoma nigrofasciatum</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Cha	<i>Chaetodon speculum</i>	Mic	<i>Gunnellichthys monostigma</i>	Sig	<i>Siganus fuscescens</i>
Cha	<i>Chaetodon trifascialis</i>	Mic	<i>Pervagor janthinosoma</i>	Syn	<i>Synodus variegatus</i>
Cha	<i>Heniochus acuminatus</i>	Mic	<i>Ptereleotris evides</i>	Zan	<i>Zanclus cornutus</i>

Le nombre d'espèces pour chaque famille 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 par mission (ST11)*

Familles	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
Acanthuridae	2	1	3	5	7	4	7	4	7	9	4	7	6	8	9	8	7	8
Anthiinae	1	2	0	1	0	2	1	1	1	0	0	0	0	2	2	0	2	2
Balistidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	
Blenniidae	0	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	2	2	1	0	0
Caesionidae	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1
Canthigasteridae	0	0	0	0	1	0	1	1	0	1	0	1	1	1	1	1	7	1
Chaetodontidae	6	7	5	6	8	11	12	11	8	6	7	10	11	14	10	11	2	11
Epinephelinae	2	3	1	3	1	1	1	2	1	1	0	3	2	2	2	5	8	2
Labridae	4	9	4	7	9	9	10	9	10	10	8	11	12	11	12	11	1	7
Lutjanidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Microdesmidae	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1
Monacanthidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Mullidae	1	2	1	2	2	3	2	1	2	1	2	1	2	2	1	1	2	2
Nemipteridae	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	2	1	1	1	1	1	1
Pomacanthidae	3	4	5	4	5	4	2	3	4	4	3	1	4	6	4	4	4	4
Pomacentridae	5	3	6	5	6	6	6	5	3	5	7	4	6	6	6	6	6	7
Pseudochromidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0
Scaridae	2	5	3	5	2	8	4	5	5	3	3	0	4	8	7	6	3	3
Siganidae	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	2
Zanclidae	1	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	1	0	0
Total espèces	28	39	31	42	44	50	48	45	43	42	37	49	51	68	59	57	45	53
Total familles	11	12	11	13	12	11	12	13	11	11	10	12	12	16	14	13	13	15

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	270	306	372	15/18

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

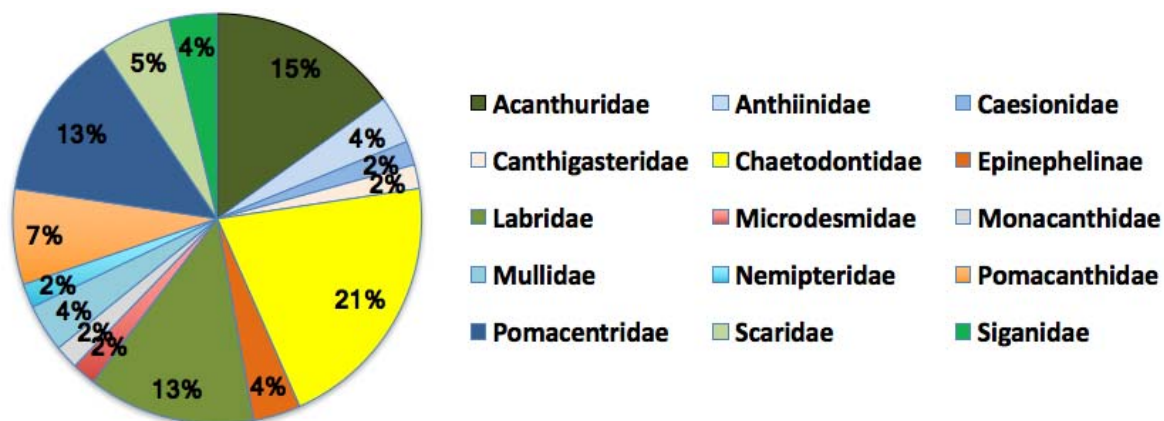


Figure n°68 : Richesse spécifique par famille de poissons (ST11)

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 a	Transect A	200	2,00	13,65	22		
	Transect B	246	3,93	354,16	31		
	Transect C	200	2,25	53,08	16		
	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](#).

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	1 717,19	0,27	22 45,93	91,56	196,94	325,44
Ecart type	41,44	0,52	47,39	9,57	14,03	18,04
Moyenne	130,87	1,66	83,99	46,56	68,33	98,83
Coef. de Var.	0,32	0,31	0,56	0,21	0,21	0,18

Commentaires :

- La densité est légèrement remontée bien que le nombre de poissons observés soit nettement au-dessus de la moyenne.
- La biomasse est au plus faible.
- La biodiversité est plutôt forte 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 absent de la côte Ouest.

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.

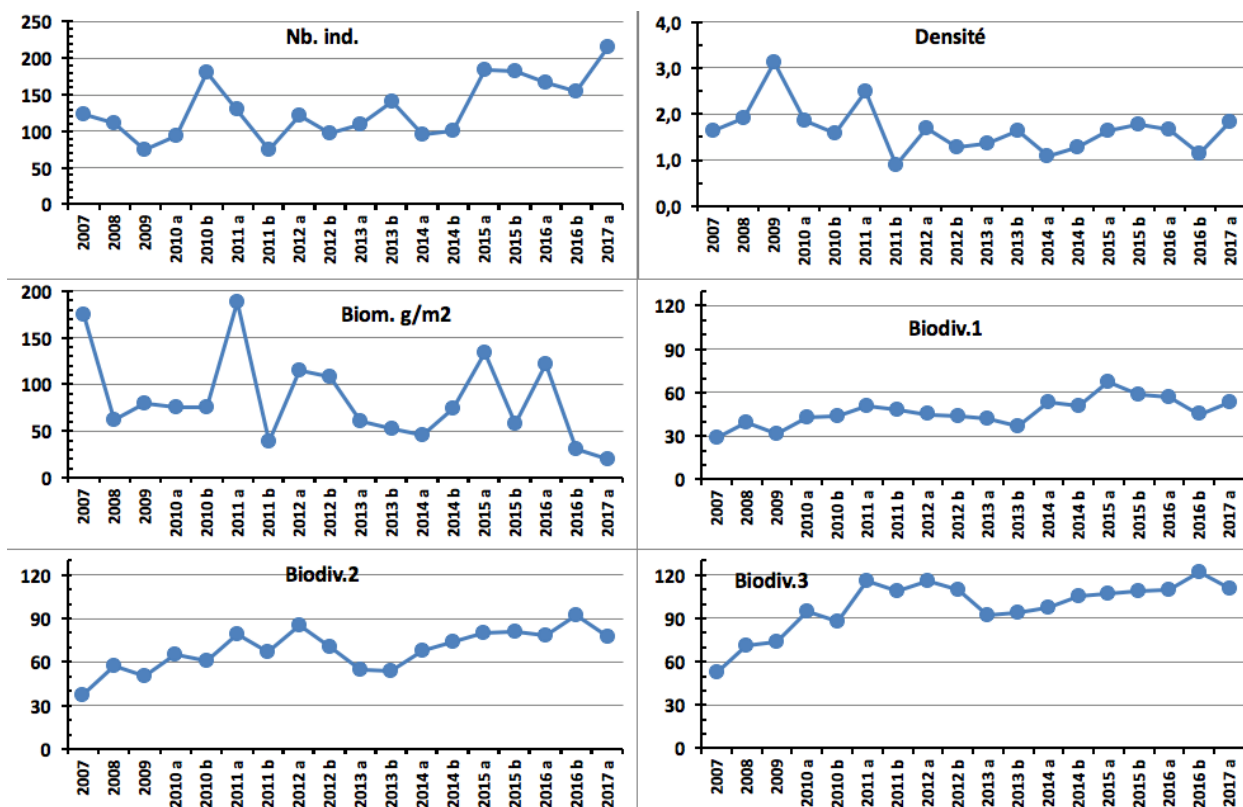


Figure n°69 : *Evolution des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST11)*

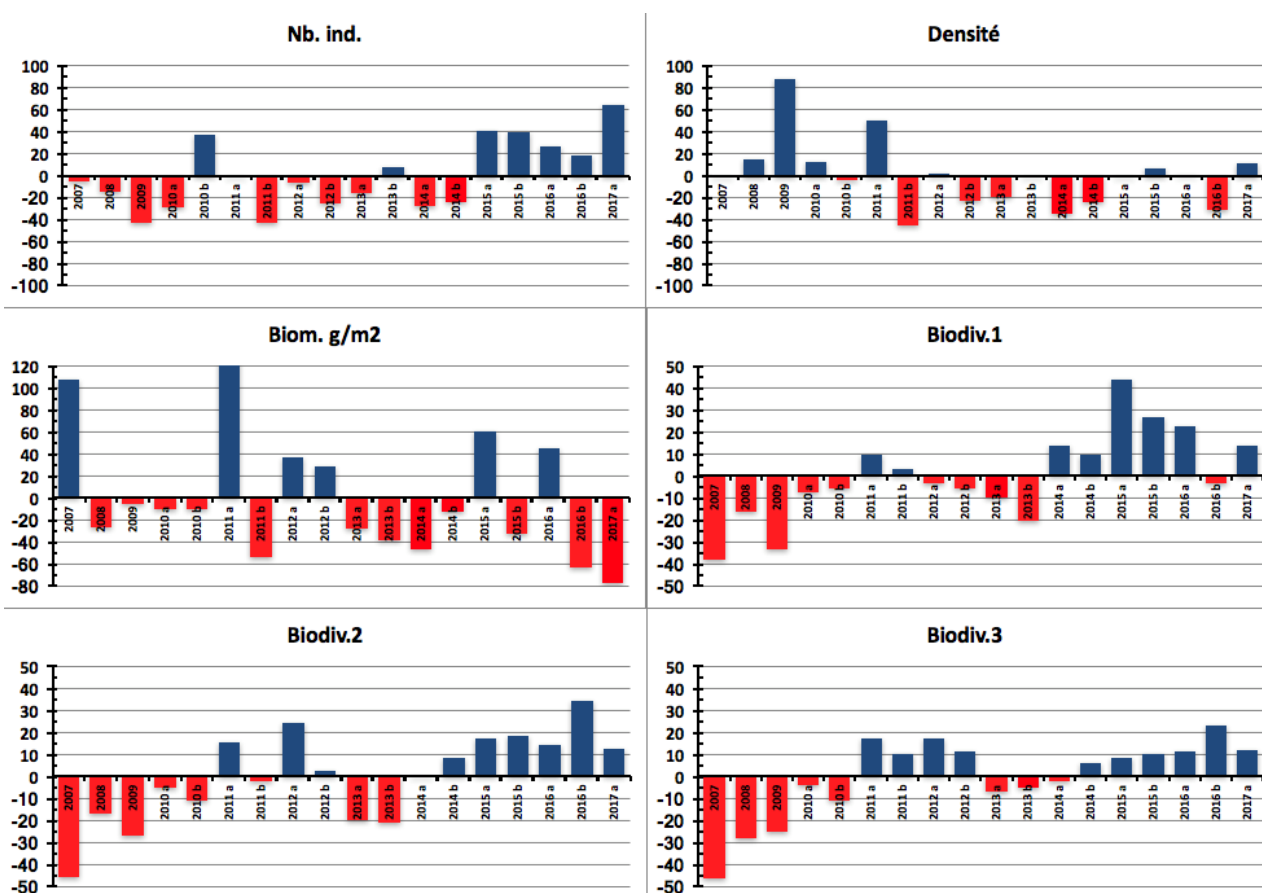


Figure n°70 : *Ecart relatif à la moyenne des paramètres biologiques ichthyologiques depuis 2007 (ST11)*



4.11 Station 12 = Ilot Ugo

Localisation géographique	Partie nord de la façade ouest du récif frangeant sous le vent de l'îlot Ugo (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.
	Il n'y a que 2 transects car sous 14 m de profondeur, les constructions coralliennes deviennent de plus en plus restreintes (gros blocs rocheux et débris coralliens qui ont dévalés la pente). Puis, vers 17 m de profondeur, la pente sédimentaire, composée de sable et inclinée à 35°, peut être colonisée principalement par une grande variété d'holothuries (<i>Holothuria fuscopunctata</i>, <i>Bohadschia argus</i>, <i>Stichopus stichopus</i>, <i>S. variegatus</i>, <i>Thelenota ananas</i>). Ces dernières s'éparpillent à travers le substrat meuble et les quelques débris. Un transect à 20 m n'aurait donc pas été pertinent en termes de suivi (recouvrement biotique très faible et recouvrement corallien proche de nul). Le transect A est installé dans le haut du tombant récifal. Il est composé par de grandes colonies plurimétriques de <i>Porites</i>, d'<i>Acropora</i> branchus et <i>Lobophyllia corymbosa</i>. Cette dernière est disloquée et une partie s'est effondrée sur le niveau inférieur. Le reste des colonies coralliennes sont de taille décimétrique et les débris coralliens sont très nombreux. Deux grands couloirs d'effondrement traversent la pente récifale jusqu'au pied du 2^{ème} transect. Ces derniers sont parsemés par de multiples espèces de Fungiidae. Le niveau bathymétrique du transect B se caractérise par un recouvrement important de débris, de blocs coralliens sur du sable coquillé, avec un couloir d'effondrement sous le début du transect. Un massif corallien du genre <i>Goniopora</i> de taille pluri métrique s'étale sur les débris coralliens. Les autres colonies de madrépores sont de taille décimétrique et sont dispersées de manière éparse.

Description générale

Ce récif est soumis aux courants de marées et subi sur sa façade sud-est l'assaut des vagues dues aux alizés, alors que sa façade nord et nord-ouest est plus protégée.

La station est positionnée sur le front récifal du récif frangeant. Le platier récifal est large, arasé et peu colonisé par les coraux.

Le haut du tombant récifal est structuré en marches d'escalier délimitées par de grandes colonies de *Porites* sp.. Ce niveau bathymétrique est bien colonisé par les scléractiniaires de tailles hétérogènes (décimétrique à plurimétrique). Les massifs coralliens de forme massive se développent particulièrement en haut de récif jusqu'à mi pente, laissant la place au fur et à mesure aux coraux branchus. Cependant, la structure récifale présente deux couloirs d'effondrement avec par place de grandes accumulations de débris et de blocs coralliens. Ces derniers sont recouverts principalement par des corallines. De très nombreux Fungiidae (coraux libres) sont éparpillés et enchevêtrés à travers cette structure mouvante.

Caractéristiques principales

- ↗ Croissance de grandes colonies de *Porites* sp., *Lobophyllia corymbosa* et de grands massifs 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 novembre 2016 et avril 2017

Indicateur Corail :

- Le recouvrement corallien est de 26.5% 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%*
- Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche. Les anciennes colonies malades sont mortes en place en B. Il y a également quelques anomalies de croissance sur des colonies de *Porites* en A et une tâche de syndrome blanc
- 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 diminution en A (niveau 1). Elles se développent très faiblement sur les débris coralliens remobilisés dans les couloirs d'effondrement
- 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* : absente
- Algue rouge *Asparagopsis taxiformis* : absente et en diminution
- *Cliona orientalis* : stable.
- *Cliona jullieni* : diminution en A & B (niveau 2)

Les corallivores :

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

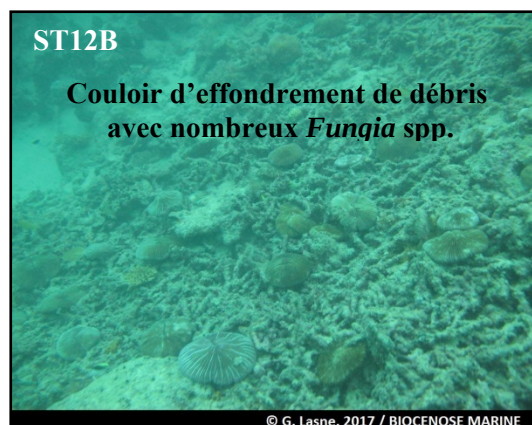
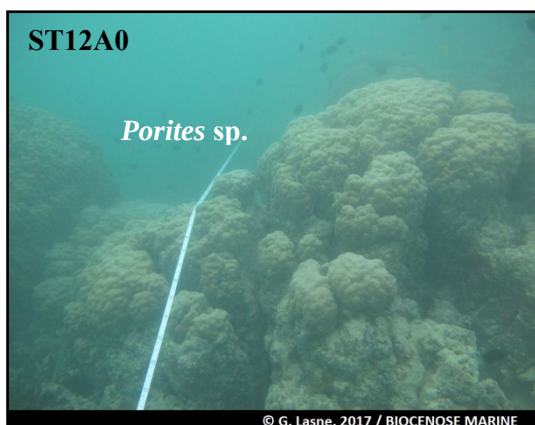
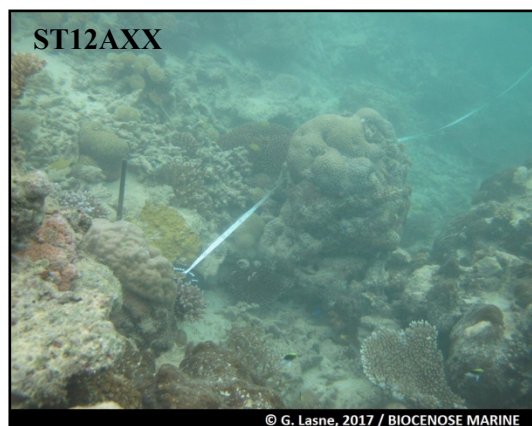




Carte n°13 : Localisation de la station 12 (Ilot Ugo)



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



Nombreux coraux branchus brisés et les débris coralliens forment des couloirs d'effondrement de chaque côté des transects sur la pente sédimentaire



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.

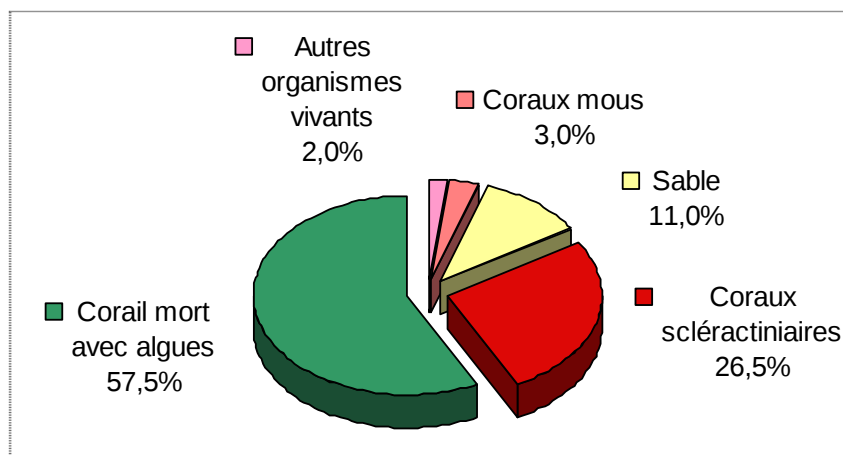


Figure n°71 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12A

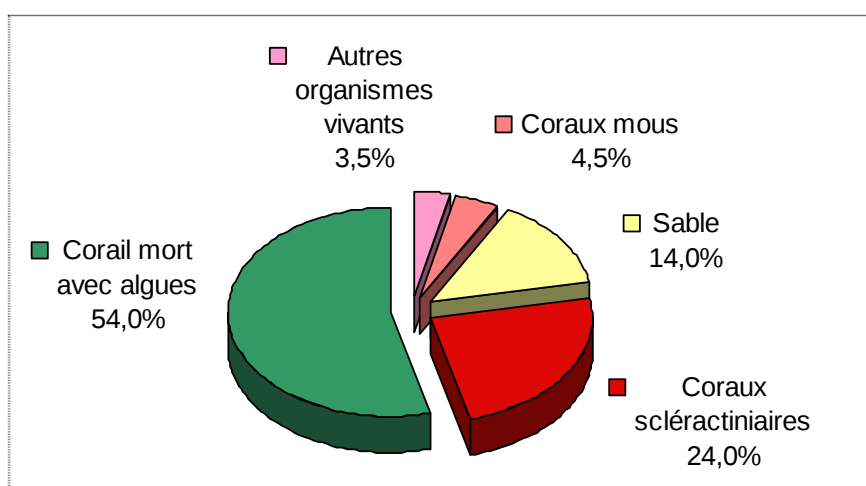


Figure n°72 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat pour ST12B

Les deux transects présentent des taux en coraux scléactiniaires vivants corrects, avec 26.5% (vs 32%, légère baisse due en partie aux mouvements des *Fungia*) et 24% (vs 16% : le *Goniopora* de fin de transect reprend) respectivement chacun.

Le reste du substrat fait une large part aux coraux morts recouverts d'algues (57.5% et 54%).

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

Absence des cyanobactéries et des coraux blancs aux 2 transects.

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

- **40 espèces d'invertébrés** dont 10 espèces de mollusques ; 8 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), zoanthaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon) ; 11 espèces d'échinodermes : astéries (3 taxons), échinides (3 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- **5 espèces de macrophytes** : algues vertes (3 taxons), algues brunes (2 taxons)
- **1 espèce de cyanobactérie**.

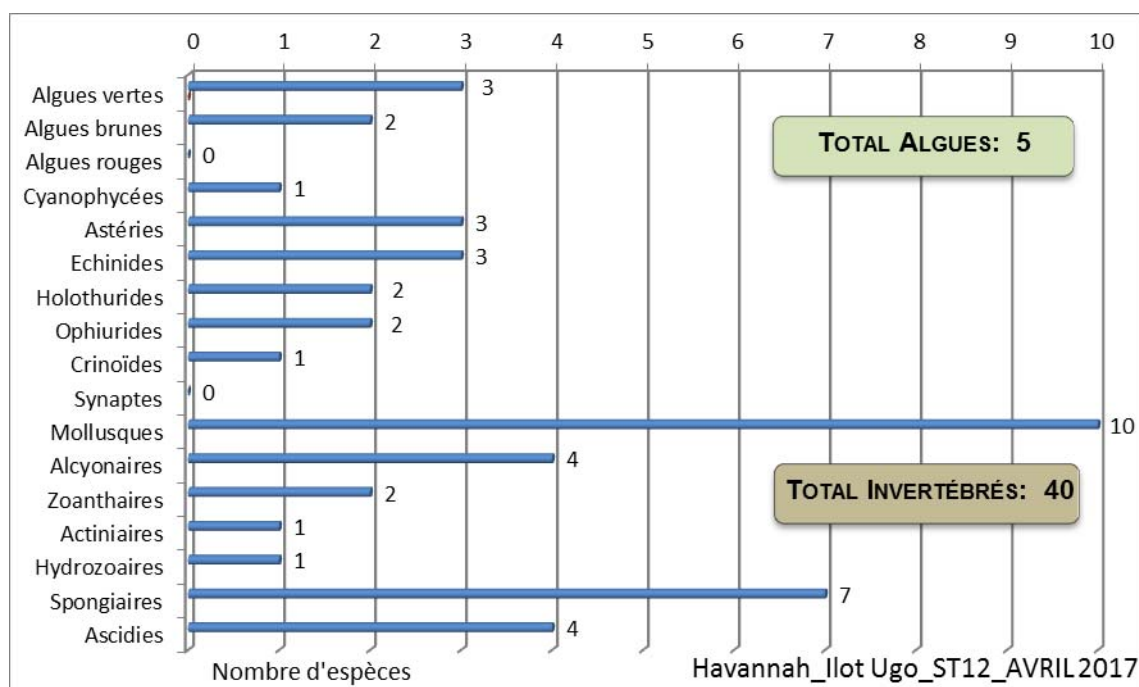


Figure n°73 : Répartition par sous groupe de la richesse spécifique des macrophytes et des invertébrés (hors coraux durs) (ST12)

4.11.2.1 Benthos Transect 12 A

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

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

Tableau n°98 : Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST012A)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
1 nouvelle sp d'algue verte : • <i>Codium spongiosum</i> (A1) ; 3 espèces d'algues disparues, dont l'algue rouge : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A0/-2) ; et 2 espèces d'algues vertes : • <i>Codium</i> sp. (A0/-2), • <i>Halimeda</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)	☒
Cnidaires	
Une espèce de cnidaires disparue : > pour les alcyonaires (-1 espèce) : • <i>Cladiella</i> sp. (A0/-1).	☒
Echinodermes	
3 nouvelles espèces d'échinodermes recensées : > pour les astéries (2 espèces) : • <i>Gomophia egyptiaca</i> (A1), • <i>Nardoa gomophia</i> (A1) ; > pour les holothurides (1 espèce) : • <i>Thelenota ananas</i> (A1). 7 espèces d'échinodermes disparues : > pour les astéries (-3 espèce) : • <i>Celerina heffernani</i> (A0/-1), • <i>Fromia indica</i> (A0/-1), • <i>Gomophia watsoni</i> (A0/-1) ; > pour les échinides (-1 espèce) : • <i>Diadema setosum</i> (A0/-1) ; > pour les holothurides (-1 sp) : • <i>Actinopyga palauensis</i> (A0/-1) > pour les ophiurides (-2 espèce) : • <i>Ophiomastix caryophyllata</i> (A0/-2), • <i>Ophiure</i> ind. (A0/-2).	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : > pour les crinoïdes (1 espèce) : • <i>Crinoïdes</i> ind. (A2/+ 1).
Mollusques	
Une espèce de mollusques disparue : > pour les nudibranches (-1 sp) : • <i>Phyllidiella pustulosa</i> (A0/-1).	Une espèce de mollusques diminue d'abondance : > pour les bivalves (1 espèce) : • <i>Hyotissa hyotis</i> (A1/- 1).
Eponges	
2 nouvelles espèces d'éponges recensées : • <i>Dysidea herbacea</i> (A1), • <i>Clathria rugosa</i> (A2).	☒
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : • <i>Didemnum</i> sp. (blanche) (A0/-2).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : • <i>Polycarpa clavata</i> (A1/- 1).
Bryozoaires	
☒	☒

4.11.2.2 Benthos Transect 12 B

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

- 33 espèces d'invertébrés dont 8 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (3 taxons), zoanthaires (2 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon) ; 8 espèces d'échinodermes : astéries (2 taxons), holothurides (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), échinides (1 taxon) ; 7 espèces d'éponges ; 3 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°99 : Variations entre novembre 2016 et avril 2017 : Les biocénoses* (ST012B)

Evolution de la richesse spécifique des biocénoses*	Evolution de l'abondance
Algues	
1 nouvelle sp d'algue recensée, l'algue brune : • <i>Dictyota</i> sp. (A2) 5 espèces d'algues disparues, dont 2 espèces d'algues brunes : • <i>Padina</i> sp. (A0/-2), • <i>Sargassum</i> sp. (A0/-2) ; et l'algue rouge : • <i>Asparagopsis taxiformis</i> (A0/-2) ; et 2 espèces d'algues vertes : • <i>Halimeda</i> sp. (A0/-2), • <i>Chlorodesmis fastigiata</i> (A0/-1).	Aucune espèce d'algues n'augmente. Aucune espèce d'algues ne diminue.
Cyanobactéries	
1 espèce de cyanobactéries disparue : • <i>Phormidium</i> sp. (A0/-2)	☒
Cnidaires	



☒	☒
Echinodermes	
5 espèces d'échinodermes disparues : > pour les astéries (-1 espèce) : • <i>Celerina heffernani</i> (A0/-1) ; > pour les échinides (-1 sp) : • <i>Echinometrix diadema</i> (A0/-1) > pour les holothurides (-3 espèce) : • <i>Thelenota anax</i> (A0/-1). • <i>Actinopyga palauensis</i> (A0/-1), • <i>Holothuria atra</i> (A0/-1)	Une espèce d'échinodermes augmente d'abondance : > pour les crinoïdes (1 sp) : •Crinoïdes ind. (A3/+1) 2 espèces d'échinodermes diminuent d'abondance : > pour les échinides (1 sp) : • <i>Diadema setosum</i> (A1/-1) > pour les ophiurides (1 sp) : •Ophiure ind.(A1/- 1)
Mollusques	
3 espèces de mollusques disparues : > pour les bivalves (-2 espèce) : • <i>Pinctada margaritifera</i> (A0/-1), • <i>Pteria</i> sp. (A0/-2) ; > pour les nudibranches (-1 sp) : • <i>Halgerda johnsonorum</i> (A0/-1)	☒
Eponges	
☒	Une espèce d'éponges augmente d'abondance : • <i>Hamigera strongylata</i> (A2/+ 1). Une espèce d'éponges diminue d'abondance : • <i>Cliona jullieni</i> (A2/- 1).
Ascidies	
Une espèce d'ascidies disparue : • <i>Polycarpa cryptocarpa</i> (A0/-2).	Une espèce d'ascidies diminue d'abondance : • <i>Polycarpa</i> sp1. (blanche) (A1/- 1).
Bryozoaires	
☒	☒

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		
		A			B			Moyenne		
Fam	Espèces	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom	Nb	Dens	Biom
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	1	0,02	0,24	1	0,02	0,40	1,00	0,02	0,32
Ble	<i>Ecsenius bicolor</i>				1	0,02	0,01	0,50	0,01	0,01
Cae	<i>Pterocaesio pisang</i>	50	0,71	10,41	20	0,40	8,00	35,00	0,56	9,21
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	2	0,03	0,34				1,00	0,02	0,17
Cha	<i>Chaetodon ephippium</i>	2	0,03	0,67				1,00	0,02	0,33
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	3	0,05	0,34	2	0,04	0,17	2,50	0,05	0,26
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	2	0,03	0,23				1,00	0,02	0,11
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	2	0,03	0,14				1,00	0,02	0,07
Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	1	0,02	0,17				0,50	0,01	0,09
Epi	<i>Epinephelus ongus</i>				1	0,02	0,40	0,50	0,01	0,20
Lab	<i>Coris gaimard</i>	1	0,02	0,33				0,50	0,01	0,17
Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>				1	0,02	0,69	0,50	0,01	0,35
Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	2	0,03	0,04				1,00	0,02	0,02
Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	5	0,08	0,36	3	0,06	0,26	4,00	0,07	0,31
Mul	<i>Parupeneus crassilabris</i>	3	0,05	2,74				1,50	0,03	1,37
Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	3	0,06	2,07				1,50	0,03	1,04
Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	4	0,08	0,35				2,00	0,04	0,17
Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	3	0,06	0,15				1,50	0,03	0,08
Poc	<i>Pygoplites diacanthus</i>	1	0,01	0,25				0,50	0,01	0,13
Pom	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>	8	0,16	1,64				4,00	0,08	0,82
Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>	5	0,10	0,43	7	0,14	0,18	6,00	0,12	0,31
Pom	<i>Chromis fumea</i>	20	0,40	0,51	10	0,20	0,11	15,00	0,30	0,31
Pom	<i>Chromis viridis</i>	20	0,40	0,22	15	0,30	0,16	17,50	0,35	0,19
Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>	2	0,04	0,02	4	0,08	0,04	3,00	0,06	0,03
Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>	10	0,20	0,11	10	0,20	0,11	10,00	0,20	0,11
Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>	10	0,20	0,11	15	0,30	0,16	12,50	0,25	0,14
Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>	30	0,60	0,32				15,00	0,30	0,16
Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>	5	0,10	0,13	5	0,10	2,00	5,00	0,10	1,06
Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>	5	0,10	2,00				2,50	0,05	1,00
Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>				4	0,08	2,76	2,00	0,04	1,38
Sig	<i>Siganus vulpinus</i>	2	0,04	0,58				1,00	0,02	0,29
Total		202	3,67	24,92	99	1,98	15,46	151	2,82	20,19
Biodiversité		27			15			31		
Indice de Shannon =		3,872								
Equitabilité =		0,782								

Sur l'ensemble des transects de la station, 302 individus appartenant à 31 espèces différentes ont pu être observés. Ils représentent une densité de 2.82 poissons/m² pour une biomasse de 20.19 g/m².

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

87 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>	Epi	<i>Cephalopholis boenak</i>	Poc	<i>Pygoplites diacanthus</i>
Aca	<i>Ctenochaetus cyanocheilus</i>	Epi	<i>Epinephelus ongus</i>	Pom	<i>Abudefduf sexfasciatus</i>
Aca	<i>Ctenochaetus striatus</i>	Epi	<i>Epinephelus polyphkadion</i>	Pom	<i>Abudefduf whitleyi</i>
Aca	<i>Naso unicornis</i>	Lab	<i>Bodianus diana</i>	Pom	<i>Amblyglyphidodon curacao</i>
Aca	<i>Zebrasoma scopas</i>	Lab	<i>Cheilinus fasciatus</i>	Pom	<i>Chromis fumea</i>
Apo	<i>Apogon doederleini</i>	Lab	<i>Choerodon fasciatus</i>	Pom	<i>Chromis viridis</i>
Apo	<i>Cheilodipterus artus</i>	Lab	<i>Coris aygula</i>	Pom	<i>Chrysiptera rollandi</i>
Apo	<i>Cheilodipterus macrodon</i>	Lab	<i>Coris gaimard</i>	Pom	<i>Dascyllus aruanus</i>
Apo	<i>Cheilodipterus quinquelineatus</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Dascyllus reticulatus</i>
Apo	<i>Ostorhinchus aureus</i>	Lab	<i>Epibulus insidiator</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon melas</i>
Apo	<i>Ostorhinchus capricornis</i>	Lab	<i>Gomphosus varius</i>	Pom	<i>Neoglyphidodon nigroris</i>
Apo	<i>Ostorhinchus compressus</i>	Lab	<i>Hemigymnus fasciatus</i>	Pom	<i>Plectroglyphidodon dickii</i>
Aul	<i>Aulostomus chinensis</i>	Lab	<i>Hemigymnus melapterus</i>	Pom	<i>Pomacentrus aurifrons</i>
Bal	<i>Sufflamen chrysopterum</i>	Lab	<i>Labroides dimidiatus</i>	Pom	<i>Pomacentrus moluccensis</i>
Ble	<i>Ecsenius bicolor</i>	Lab	<i>Labropsis australis</i>	Sca	<i>Chlorurus sordidus</i>
Ble	<i>Meiacanthus atrodorsalis</i>	Lab	<i>Oxycheilinus unifasciatus</i>	Sca	<i>Scarus flavipectoralis</i>
Cac	<i>Triaenodon obesus</i>	Lab	<i>Thalassoma lunare</i>	Sca	<i>Scarus ghobban</i>
Cae	<i>Pterocaesio pisang</i>	Mic	<i>Gunnellithys curiosus</i>	Sca	<i>Scarus globiceps</i>
Cha	<i>Chaetodon auriga</i>	Mon	<i>Oxymonacanthus longirostris</i>	Sca	<i>Scarus longipinnis</i>
Cha	<i>Chaetodon baronessa</i>	Mul	<i>Parupeneus barberinus</i>	Sca	<i>Scarus niger</i>
Cha	<i>Chaetodon bennetti</i>	Mul	<i>Parupeneus crassilabris</i>	Sca	<i>Scarus rivulatus</i>
Cha	<i>Chaetodon ephippium</i>	Mul	<i>Parupeneus indicus</i>	Scr	<i>Pterois volitans</i>
Cha	<i>Chaetodon lunulatus</i>	Mur	<i>Gymnothorax eurostus</i>	Sig	<i>Siganus doliatus</i>
Cha	<i>Chaetodon melannotus</i>	Nem	<i>Scolopsis bilineatus</i>	Sig	<i>Siganus fuscescens</i>
Cha	<i>Chaetodon plebeius</i>	Ost	<i>Ostracion cubicus</i>	Sig	<i>Siganus puellus</i>
Cha	<i>Chaetodon ulietensis</i>	Pin	<i>Parapercis xanthozona</i>	Sig	<i>Siganus spinus</i>
Cha	<i>Heniochus monoceros</i>	Ple	<i>Assessor macneilli</i>	Sig	<i>Siganus vulpinus</i>
Cha	<i>Heniochus singularus</i>	Poc	<i>Centropyge bicolor</i>	Syn	<i>Saurida gracilis</i>
Dus	<i>Spratelloides gracilis</i>	Poc	<i>Centropyge tibicen</i>	Zan	<i>Zanclus cornutus</i>

Le nombre d'espèces pour chaque famille depuis 2009 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	206	315	383	12/22

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

Familles	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
Acanthuridae	Pas d'échantillonnage		3	4	2	1	2	2	2	4	3	3	3	2	2	2	3	1
Anthiinae			0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Blenniidae			2	2	1	1	2	2	2	2	1	1	0	0	1	1	1	1
Caesionidae			1	0	1	1	0	2	2	1	1	2	2	2	2	0	0	1
Canthigasteridae			1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0	0
Carangidae			0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Chaetodontidae			3	6	0	7	2	2	2	2	3	2	3	3	1	2	7	5
Epinephelinae			2	2	0	3	2	3	4	3	3	2	2	3	1	2	1	2
Gobiidae			0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Haemulidae			0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Labridae			2	5	3	4	3	3	3	4	6	4	4	4	2	3	4	4
Lethrinidae			0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Lutjanidae			0	2	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Microdesmidae			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Mullidae			0	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0	1
Nemipteridae			1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Pomacanthidae			2	4	4	3	3	4	4	1	4	3	3	3	4	3	3	3
Pomacentridae			5	8	5	5	6	7	7	3	7	6	6	8	8	8	9	9
Pseudochromidae			0	0	0	0	0	0	1	8	1	1	0	0	0	0	0	0
Scaridae			1	1	1	2	2	2	2	0	3	3	2	2	2	5	5	2
Scorpaenidae			0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Siganidae			0	2	0	0	0	2	0	3	2	0	0	0	0	0	1	1
Total espèces			23	41	18	30	25	32	32	35	37	28	28	30	26	28	36	31
Total familles			11	15	8	12	11	13	13	14	14	11	11	11	12	10	11	12

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)),

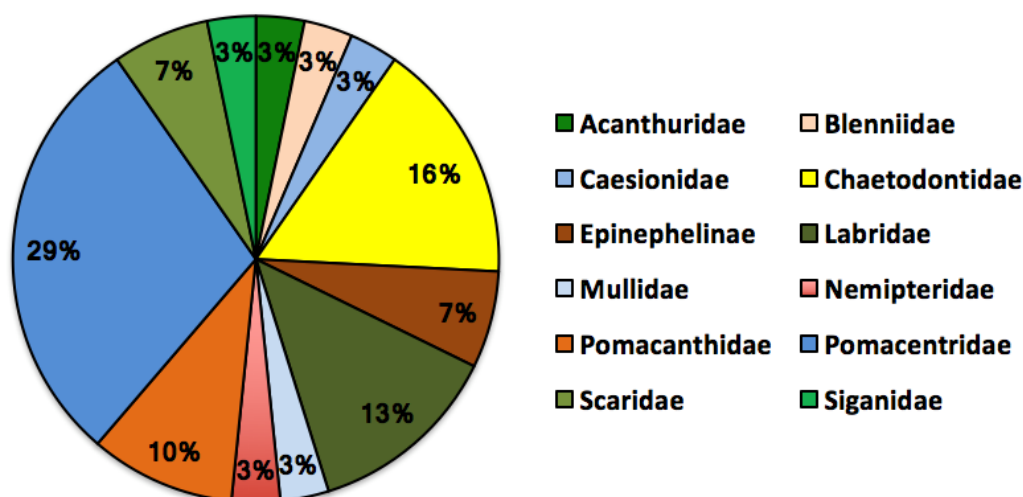
pour toutes les campagnes depuis 2007 sont présentés dans le [tableau 104](#) et la [figure 75](#).

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	10 712,7	0,9	7 445,6	29,9	66,8	99,9
Ecart type	103,50	0,96	86,29	5,47	8,17	10,00
Moyenne	147,41	2,11	78,66	30,25	51,00	82,06
Coef. de Var.	0,70	0,45	1,10	0,18	0,16	0,12

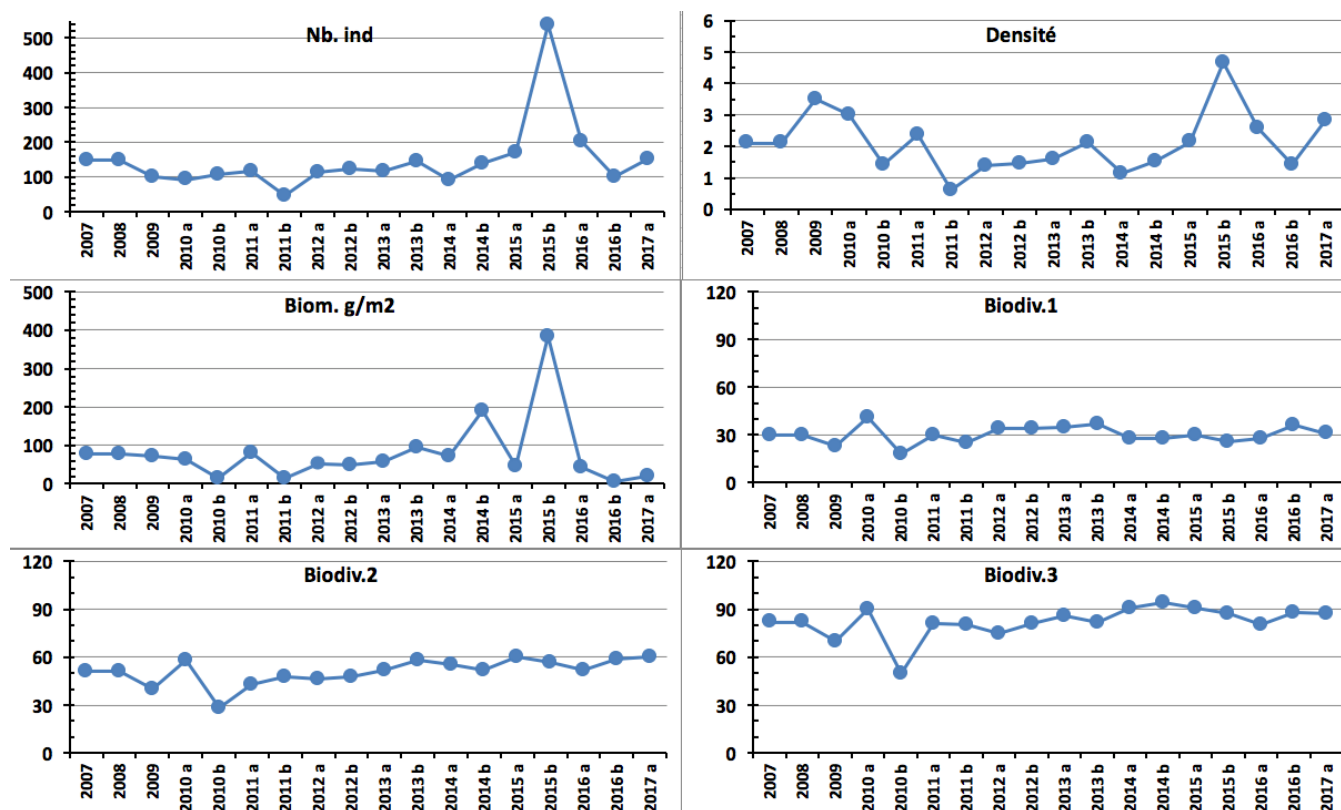
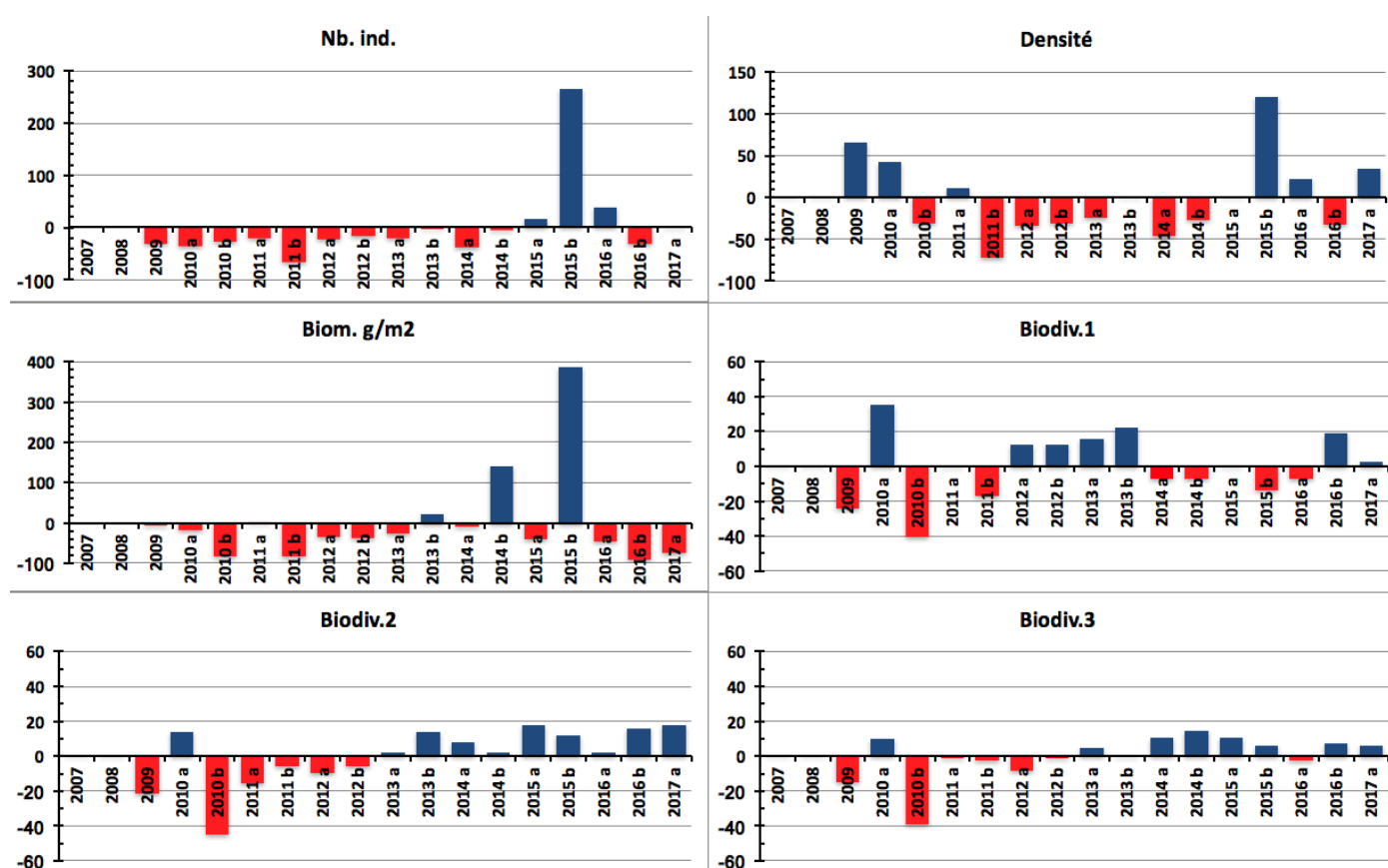


Figure n°74 : *Richeur spécifique par famille de poissons (ST12)*Tableau n°105 : *Synopsis des résultats et récapitulatif des années précédentes (ST12)*

Ugo ST12		Liste DENV				Toutes espèces	
		Transect TLV				Station	Station
		Nb. ind.	Densité	Biom. g/m ²	Biodiv.1	Biodiv.2	Biodiv.3
2017 a	Transect A	202,00	3,67	24,92	27		
	Transect B	99,00	1,98		15		
	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						

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

- La densité est revenue à une valeur moyenne.
- La biomasse est un peu en dessous de la moyenne. Des Caesio sont revenus mais en petit nombre et de petite taille.
- Les paramètres de biodiversité sont voisins de la moyenne.
- L'ichtyofaune de cette station est toujours la plus pauvre des stations du canal de la Havannah.

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

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

5.1 Substrat

Les pourcentages de recouvrement du substrat, pour toutes les catégories, sont présentés dans le [tableau 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 scléractiniaires et le reste (c'est-à-dire, les macrophytes, invertébrés, autres coraux, etc. regroupés sous « macrophytes & invertébrés »),
- ↳ la partie abiotique.

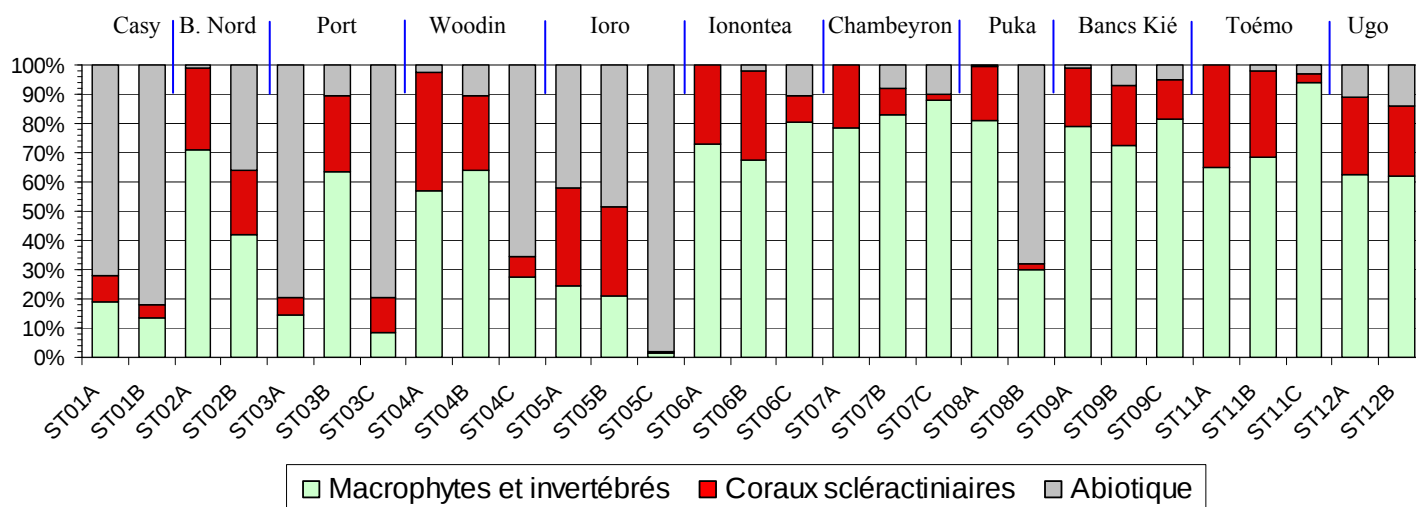


Figure n°77 : Représentation du recouvrement (en %) du substrat partie biotique/abiotique

Les stations situées en **baie de Prony et canal Woodin** (à l'exception notable des transects ST02A, ST03B et ST04A&B) ont globalement un substrat à majorité abiotique (moyenne de plus de 69%).

Ces stations avaient un taux de recouvrement corallien (21.2% en octobre 2015) toujours en légère hausse mission après mission (11.6% au plus bas en juin 2009). Cependant lors de la mission d'avril 2016, du fait d'un blanchissement important suivi d'une mortalité conséquente sur les 2 transects hauts de la ST02 (Creek baie nord) et de la ST04 (Woodin) (respectivement -21% et -23.5%), la moyenne de la zone avait chuté à 15.6% (comme en octobre 2011). Le phénomène s'était arrêté mais quelques colonies blanches étaient mortes postérieurement à la mission et la moyenne en recouvrement corallien avait encore chuté en novembre 2016 à 14.1% (comme entre mars et octobre 2011). Pour cette mission, la résilience est perceptible avec un taux de recouvrement en coraux scléractiniaires qui remonte à 18%.

Les stations (et les transects dans chaque station) dans le **canal de la Havannah** sont très diversifiés. Il ressort cependant une dominance du substrat biotique (excepté pour le transect C de la station ST05 qui est installé sur une pente sédimentaire composée principalement de sable coquillé et pour le transect ST10C qui est positionné en

bas de tombant récifal sur le début de la pente sédimentaire). Ainsi, l'abiotique représente seulement 17.4% en moyenne du recouvrement. La moyenne du taux de recouvrement corallien dans le canal de la Havannah baisse légèrement à 18.7%. Le fait que la station de l'îlot Kié (ST10) qui avait de très fort recouvrement ne soit pas prise en compte joue assurément.

C'était le transect A de la station ST02 (Creek baie nord) qui présentait, régulièrement, le plus fort taux de recouvrement corallien scléractiniaire. Du fait de l'épisode de blanchissement du début d'année 2016, le classement avait été modifié pour les 2 missions de cette année là (1^{er} rang pour la ST10, îlot Kié). Pour cette mission, c'est transect A de la station ST04 (Woodin) qui est le plus riche en recouvrement de coraux avec 40.5%, soit comme en octobre 2015. La résilience à ce niveau est spectaculaire (baisse à 18% en 2016).

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).

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 12 stations réparties en baie de Prony, canal Woodin et canal de la Havannah.

Cette étude doit permettre :

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

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

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

Les observations d'**organismes morts** permettent de donner une alerte mais elles sont peu fréquentes car ils sont rapidement consommés dans la chaîne alimentaire.

Les proliférations d'espèces corallivores sont bien entendu un indicateur du dérèglement de l'écosystème mais cette manifestation n'est pas forcément la source initiale des perturbations.

Les espèces exogènes et les espèces envahissantes sont également recherchées quelle que soit l'embranchement. Quelques espèces mobiles (particulièrement les corallivores pour les gastéropodes et les astéries) ont été sélectionnées comme espèces cibles et caractérisent si leur abondance est excessive des perturbations récifales (Gastéropodes : *Drupella cornus*, *Coralliophila violacea* ; Astéries : *Acanthaster planci*, *Culcita novaeguineae*, Spongiaires : *Cliona orientalis* et *C. jullieni* ; Cyanobactéries...). Mais encore une fois, tous les taxons peuvent

selon le contexte devenir une espèce invasive (espèce envahissante exogène).

Ce suivi est donc un **suivi à long terme** : l'étude des biocénoses benthiques mobiles doit être appréhendée sur plusieurs périodes de suivi ou de manière complémentaire suite à une dégradation de l'habitat (étude des coraux).

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

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

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

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

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

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

Cependant, le cahier des charges imposé par la DENV ne prend pas en compte cet indicateur. Malgré cela, ce compartiment clé a été étudié depuis le début (2007) sur décision volontaire de Vale NC. Malheureusement, les contraintes économiques actuelles font que le budget alloué aux suivis environnementaux ont été diminués et donc pour 2017, il n'a été appliqué que les demandes réglementaires : les coraux n'ont donc pas été inventoriés pour cette mission.

5.2.1.2 Les contraintes naturelles de la zone d'étude

Les biocénoses benthiques se sont adaptées aux conditions environnementales par la sélection d'espèces colonisant les milieux fortement agités pour le canal de la Havannah (houle, ressac et courants de marée) et le canal Woodin (principalement courants de marée) et pour les milieux calmes en baie de Prony (dessalure des eaux de surface et sédimentation importante).

Les assemblages des biocénoses marines de ces trois sites sont donc différents et chacun est en équilibre avec les paramètres physico-chimiques du milieu. Malgré l'adaptation des espèces aux paramètres environnementaux de chaque biotope, des événements exceptionnels (climatiques, dépressionnaires et activités anthropiques) font généralement dépasser les seuils de tolérance de survie pour les espèces les plus sensibles.

- 👉 **De manière générale, les récifs étudiés dans les niveaux supérieurs et médians ont une diversité élevés.** Pourtant ces niveaux bathymétriques sont perturbés par les agents hydrodynamiques, par les anomalies de

salinité de surface, par les panaches turbides et les évènements exceptionnels (naturel ou anthropique).

- ↳ **La biodiversité est plus faible pour les niveaux bathymétriques les plus profonds.** Cela s'expliquant entre autre par la sédimentation, l'effondrement et l'accumulation de débris par gravité et par la baisse de la pénétration de la lumière dans l'eau en fonction de la profondeur. Ce dernier phénomène entraîne une diminution de la photosynthèse, principalement pour les coraux scléractiniaires hermatypiques et les macrophytes qui représentent les habitats principaux de la faune récifale.

Dans le canal de la Havannah et le canal Woodin, les principales dégradations sont d'origine mécanique : nombreux débris, mortalité importante et blanchissement corallien induit par les effondrements. Malgré les courants de marée conséquents dans le canal Woodin, les dégradations mécaniques sont moindres que dans le canal de la Havannah car les récifs sont moins exposés au ressac et à la houle.

Dans la baie de Prony (milieu calme et protégé), les principales dégradations sont originaires d'une dessalure des eaux de surface (colonies blanchies encore en place, mortalité importante pour les niveaux bathymétriques supérieurs des récifs frangeants à proximité des embouchures des creeks et des rivières et des résurgences d'eau douce). La sédimentation influe surtout sur les niveaux bathymétriques inférieurs où les particules sédimentaires ne sont plus remobilisées.

Une synthèse des principaux événements climatiques qui ont pu influencer les biocénoses lors de cette période d'étude est présentée § 7.1.

5.2.1.3 Les contraintes anthropiques de la zone d'étude

Les activités anthropiques, dans la baie de Prony, le canal de la Havannah et le canal Woodin, sont susceptibles d'interagir sur la mobilisation des particules terrigène et sédimentaires (activités minière et portuaire ainsi que le trafic maritime).

L'exploitation des latérites nickélifères de Nouvelle-Calédonie a conduit Vale Nouvelle-Calédonie à mettre en place un procédé de solubilisation du minerai par voie acide produisant des effluents. Le rejet est réalisé à partir d'un émissaire marin d'une longueur de 21 km et composé à son extrémité d'un diffuseur de 1 km. Ce rejet se fait dans le canal de la Havannah, milieu relativement profond, où les courants semblent suffisamment importants pour assurer la dispersion des effluents industriels. Cette pression sur le milieu marin a nécessité de développer des études et un programme intégré ayant pour objectifs de définir avec précision les états de référence biologique et physico-chimique, de comprendre le comportement géochimique de l'effluent avec le milieu naturel, de prédire ses effets biologiques et de modéliser les phénomènes de dispersion.

La mise en place d'un réseau de surveillance permet actuellement de conduire un suivi environnemental du milieu marin d'un point de vue physico-chimique, écotoxicologique et biologique (l'étude des communautés récifales étant l'objet d'une partie de ce rapport).

De plus l'installation de l'usine d'acide en amont du Creek baie nord peut être une source de perturbations à l'embouchure du creek et en périphérie (accident 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 scléractiniaires
- ↳ les autres coraux durs (millépores, antipathaires, stolonifères, gorgones)
- ↳ les macrophytes
- ↳ les invertébrés (hors coraux durs).

Entre 2007 et 2016, les 4 grands groupes ont été étudiés.

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 14 à 56 taxa par transect pour l'ensemble de la zone (avec une moyenne de 30 taxa par transect vs 35.6 : 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 5.3 taxa par transect vs 6.3 : 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 scléractiniaires hermatypiques et les macrophytes qui représentent les habitats principaux de la faune récifale.

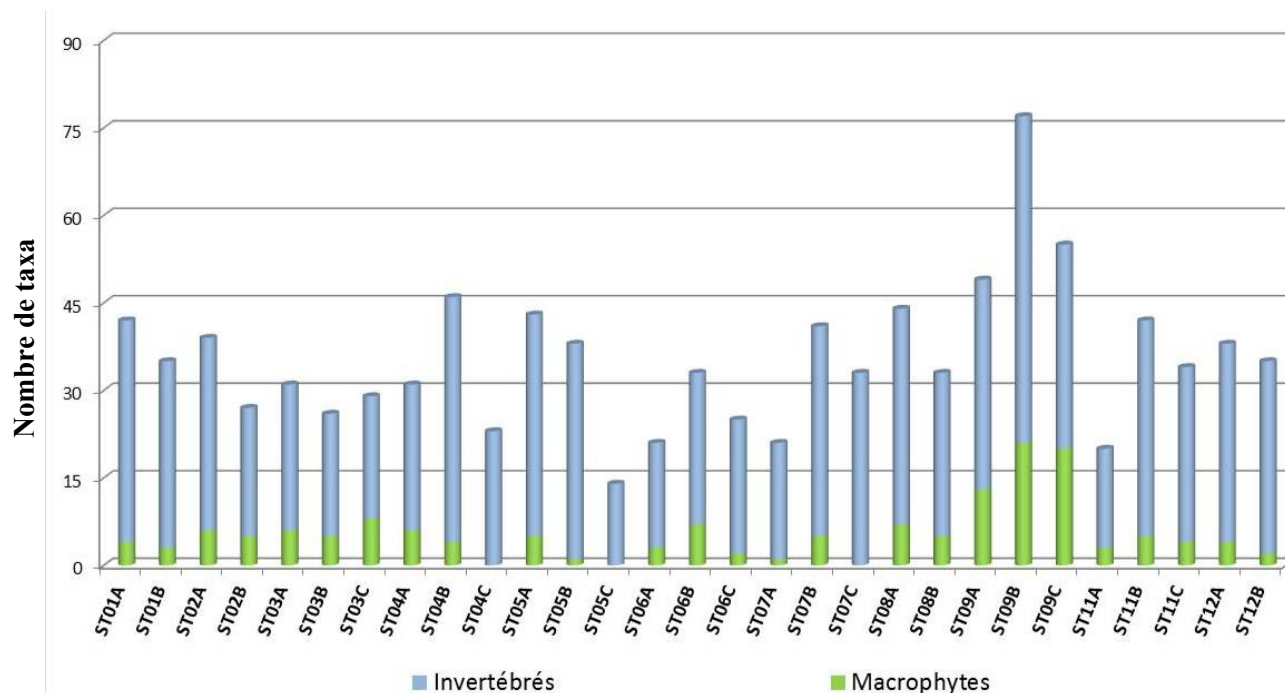


Figure n°78 : Richesse taxonomique du benthos dans 2 groupes clés

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 scléractiniaires pour toutes les stations sauf en ST04 (Woodin) où le recouvrement biotique est particulièrement représenté par les coraux (les autres groupes sont très minoritaires). Ces observations rentrent dans le cycle naturel. Cependant, l'évolution de ces groupes biotiques est à surveiller au regard des perturbations potentielles dans cette zone (perturbations d'origine anthropique et/ou d'origine naturelle exceptionnelle).

Le degré d'exposition des habitats à l'hydrodynamisme conduit à distinguer les milieux de mode battu du mode calme. L'agitation de l'eau crée des forces variant en fonction de son intensité (courants de marées, de houle et ressac). De ce fait, les organismes sont sélectionnés sur les récifs du canal de la Havannah et du canal Woodin par leur capacité à résister aux forces d'arrachement. La zone de balancement des marées et de vagues constitue l'étage supérieur du système récifal.

D'autre part, la baie de Prony est un regroupement de rades (Grande Rade, Rade du Nord et Rade de l'Est), qui constitue une baie semi-fermée qui est particulièrement protégée des agents hydrodynamiques. De nombreux creeks et rivières se déversent dans cette baie charriant des particules sédimentaires (apports conséquents). Les organismes sont sélectionnés sur ces récifs par leur capacité à résister aux dépôts sédimentaires, à la diminution de la pénétration de la lumière dans la colonne d'eau et par endroit à la dessalure des eaux de surface.

5.2.3.1 Assemblage spécifique du benthos dans le canal de la Havannah

En avril 2017, la richesse spécifique du site Havannah est composée de :

- **93 espèces d'invertébrés** dont 26 espèces de mollusques ; 19 espèces de cnidaires : alcyonaires (11 taxons), actiniaires (5 taxons), zoanthaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon) ; 26 espèces d'échinodermes : holothurides (11 taxons), astéries (7 taxons), échinides (5 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 10 espèces d'éponges ; 12 espèces d'ascidies
- **23 espèces de macrophytes** : algues vertes (12 taxons), algues rouges (7 taxons), algues brunes (4 taxons)
- **1 espèce de cyanobactérie.**

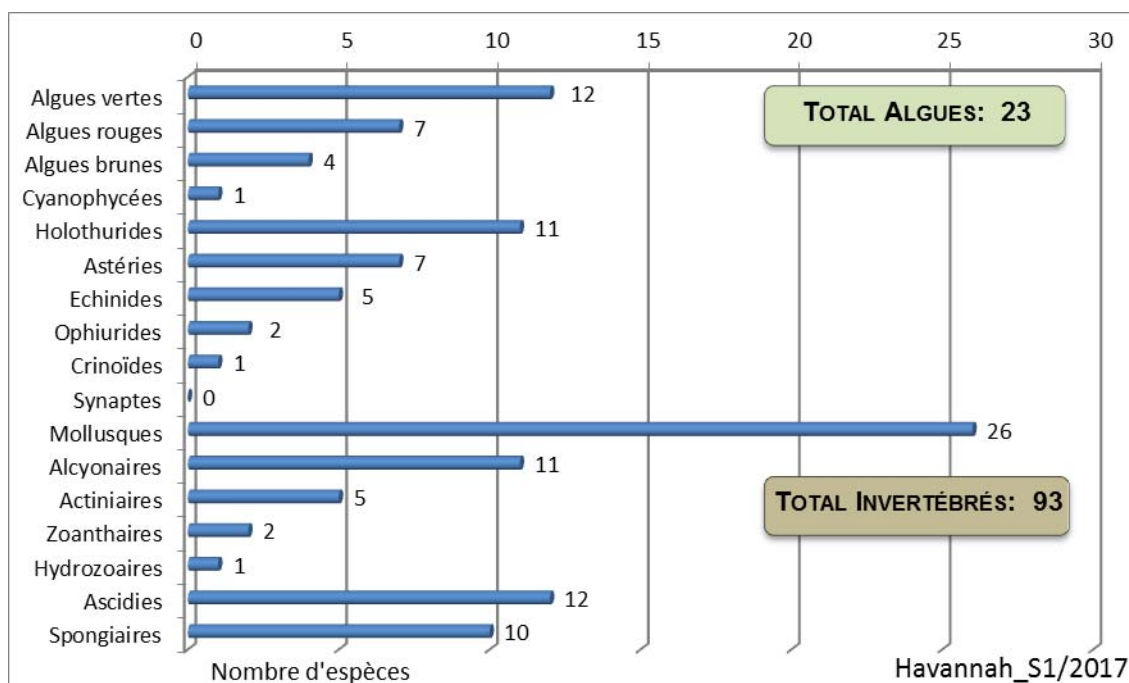


Figure n°79 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal de la Havannah

5.2.3.2 Assemblage spécifique du benthos dans le canal Woodin

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

- **45 espèces d'invertébrés** dont 12 espèces de mollusques ; 7 espèces de cnidaires : alcyonaires (4 taxons), actiniaires (1 taxon), hydrozoaires (1 taxon), zoanthaires (1 taxon) ; 10 espèces d'échinodermes : échinides (4 taxons), astéries (2 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon), holothurides (1 taxon) ; 9 espèces d'éponges ; 7 espèces d'ascidies
- **6 espèces de macrophytes** : algues brunes (3 taxons), algues vertes (3 taxons)
- **Aucun taxon n'a été recensé dans le groupe des cyanobactéries.**

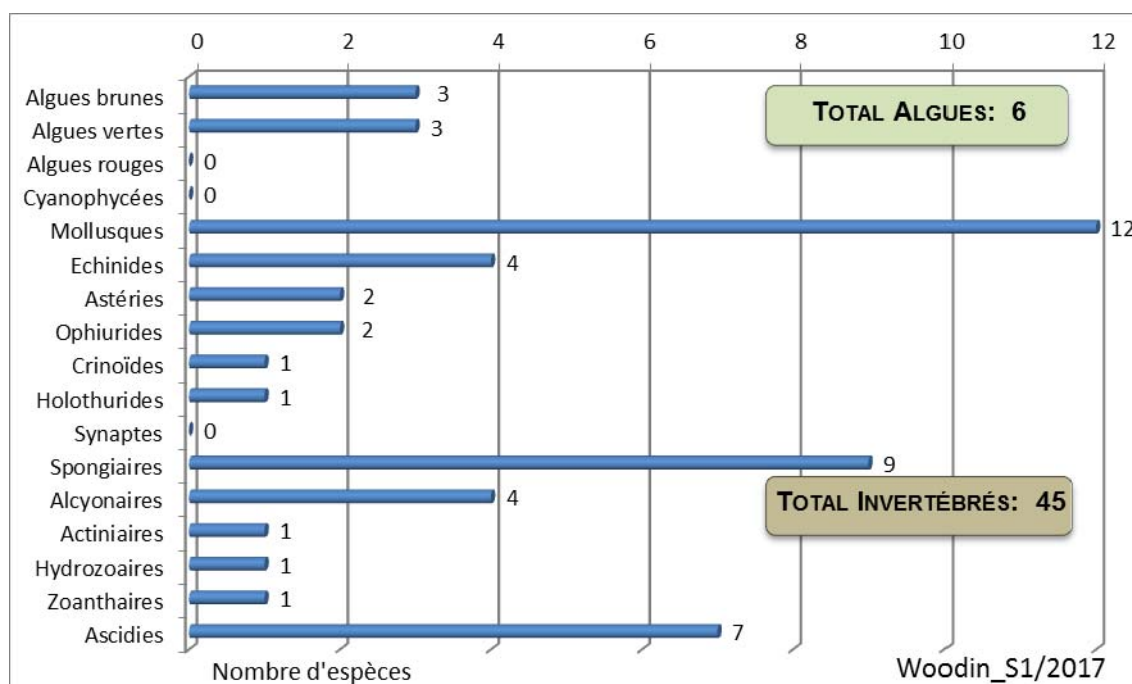


Figure n°80 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour le canal Woodin

5.2.3.3 Assemblage spécifique du benthos dans la baie de Prony

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

- **60 espèces d'invertébrés** dont 13 espèces de mollusques ; 16 espèces de cnidaires : alcyonaires (11 taxons), actiniaux (2 taxons), zoanthaires (2 taxons), hydrozoaires (1 taxon) ; 19 espèces d'échinodermes : holothurides (6 taxons), astéries (5 taxons), échinides (5 taxons), ophiurides (2 taxons), crinoïdes (1 taxon) ; 8 espèces d'éponges ; 4 espèces d'ascidies
- **10 espèces de macrophytes** : algues vertes (6 taxons), algues brunes (3 taxons), algues rouges (1 taxon)
- **1 espèce de cyanobactérie.**

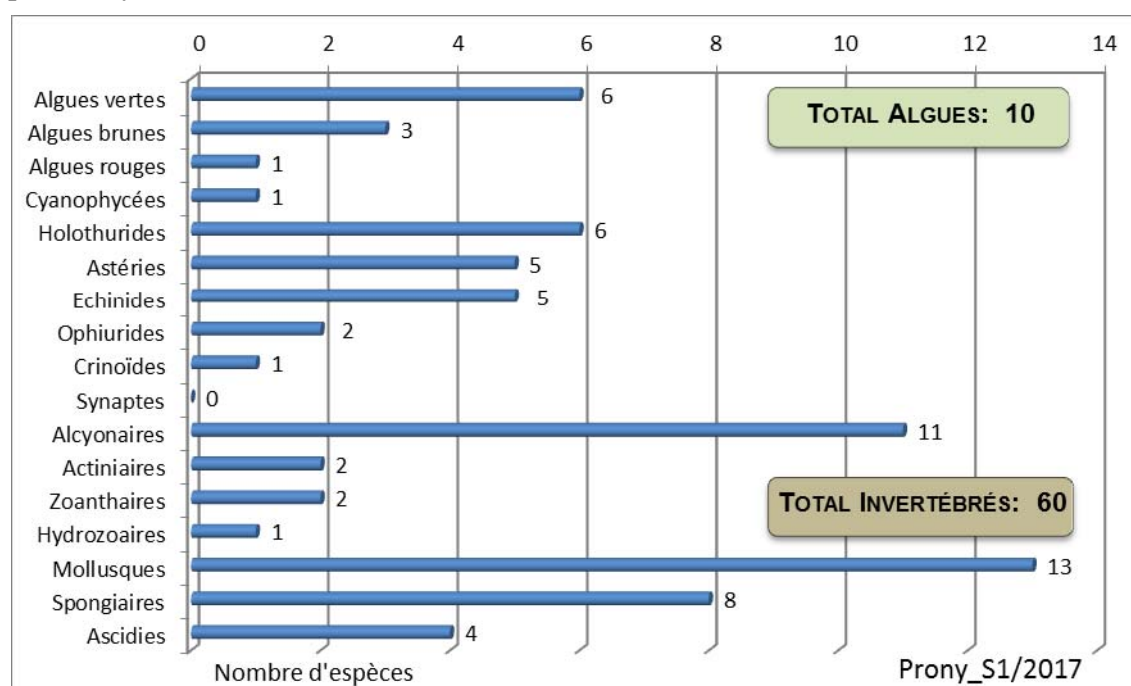


Figure n°81 : Répartition par groupe de la richesse spécifique des macrophytes et invertébrés (hors coraux durs) pour la baie de Prony

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 8 stations sont étudiées dans le canal de la Havannah, 3 stations dans la baie de Prony et une station seulement dans le canal Woodin.

5.2.4.1 La biodiversité des invertébrés

La liste complète des invertébrés comprend les sous-groupes suivants : alcyonaires, spongiaires, mollusques, ascidies, échinodermes (astéries, crinoïdes, échinides, holothurides, ophiurides, synaptes), actiniaires, zoanthaires, hydrozoaires et bryozoaires.

L'assemblage spécifique est composé principalement par les mollusques, les alcyonaires, les spongiaires et les échinodermes (astéries, holothuries, échinides). Les ascidies sont également très diversifiées dans le canal de la Havannah. Ces assemblages sont décrits précisément dans les § 4.x.2 précédents.

Cette diversité des invertébrés est contrastée dans la zone d'étude :

Selon les sites : Havannah : 117 taxons, Prony : 71 taxons et Woodin : 51.

Selon les stations : 41 à 80 espèces ont été dénombrées (respectivement ST06 et ST09).

Selon les transects : 14 à 78 espèces ont été dénombrées (respectivement ST05C et ST09B).

Pour cette mission, la diversité moyenne sur tous les sites (baie de Prony, canal Woodin et canal de la Havannah) par transect est de **30.0 (+/- 9.07) taxons**.

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 : 23 taxons, Prony : 10 taxons et Woodin : 6 taxons.

Selon les stations : 5 à 21 espèces ont été dénombrées (respectivement ST01-ST05-ST12 et ST09).

Selon les transects : 0 à 20 espèces ont été dénombrées (respectivement ST04C-ST05C-ST07C et ST09B).

NB : aucune espèce de macrophytes identifiable *in situ* n'a été comptabilisée pour les transects ST04C-ST05C-ST07C.

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 **5.35 (+/- 5.01) taxons**.

La station ST09 a une richesse spécifique très importante pour les macrophytes (avec 13, 21 et 20 espèces respectivement pour les transects A, B et C soit 21 espèces au total pour la station).

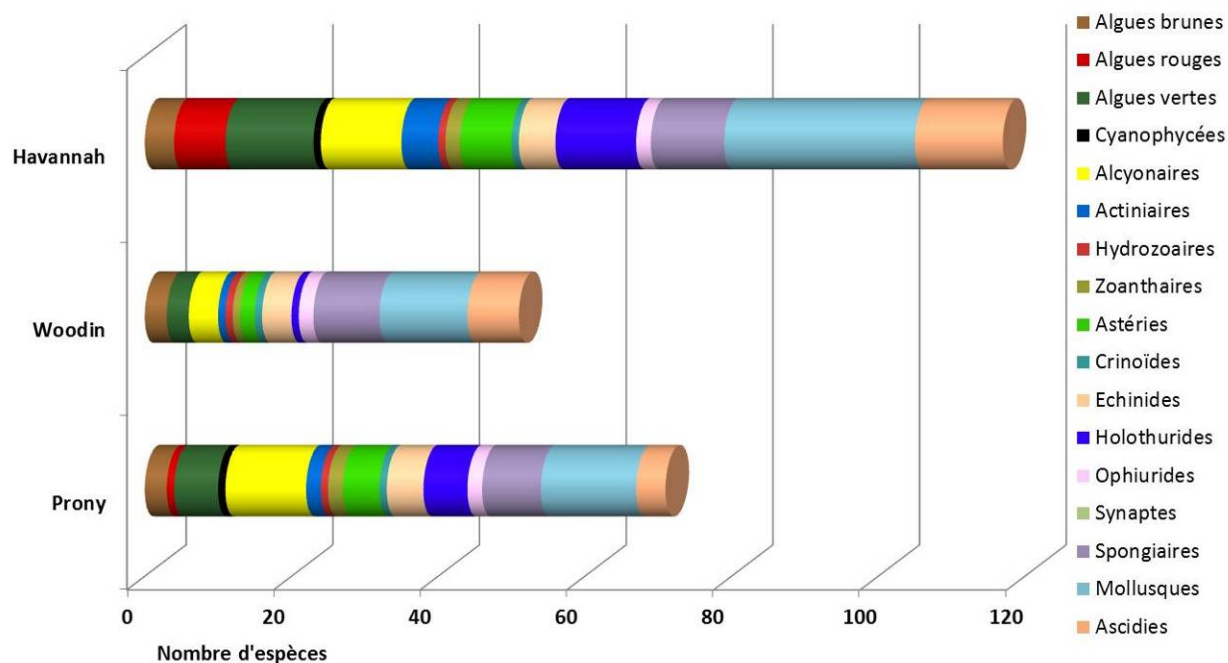


Figure n°82 : Assemblage des invertébrés (hors coraux durs) et des macrophytes par groupe pour les trois sites

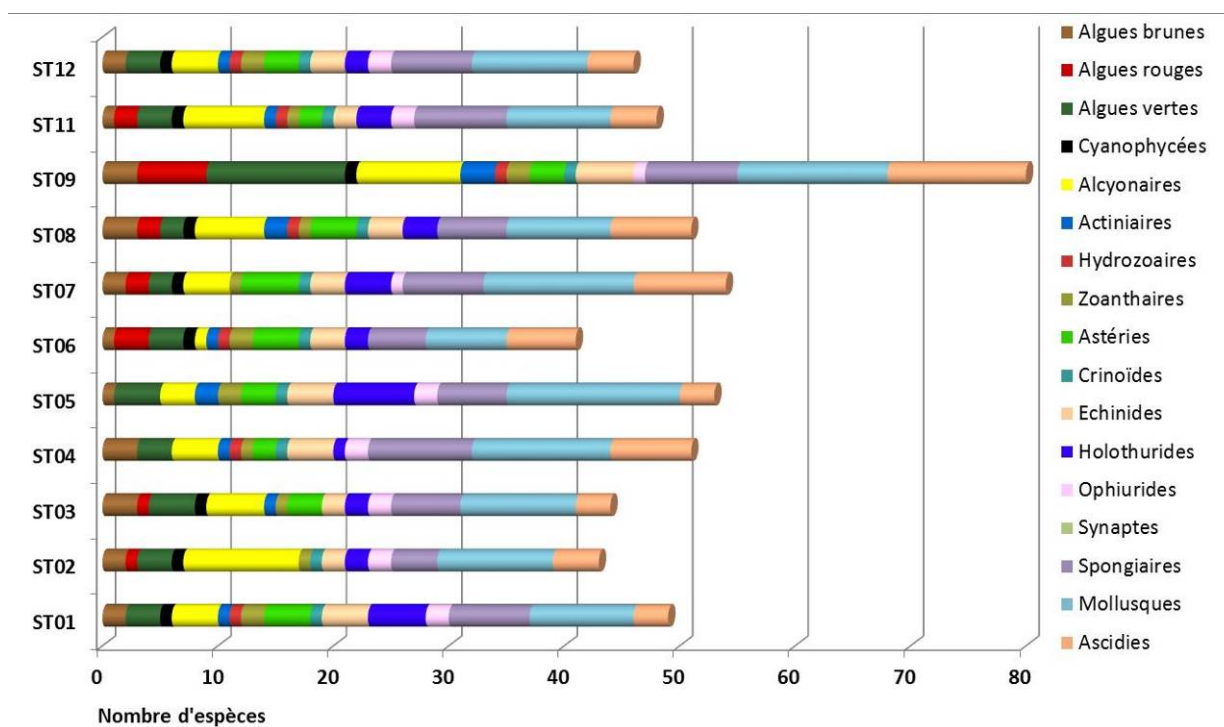


Figure n°83 : Richesse spécifique des biocénoses* benthiques selon les groupes par station

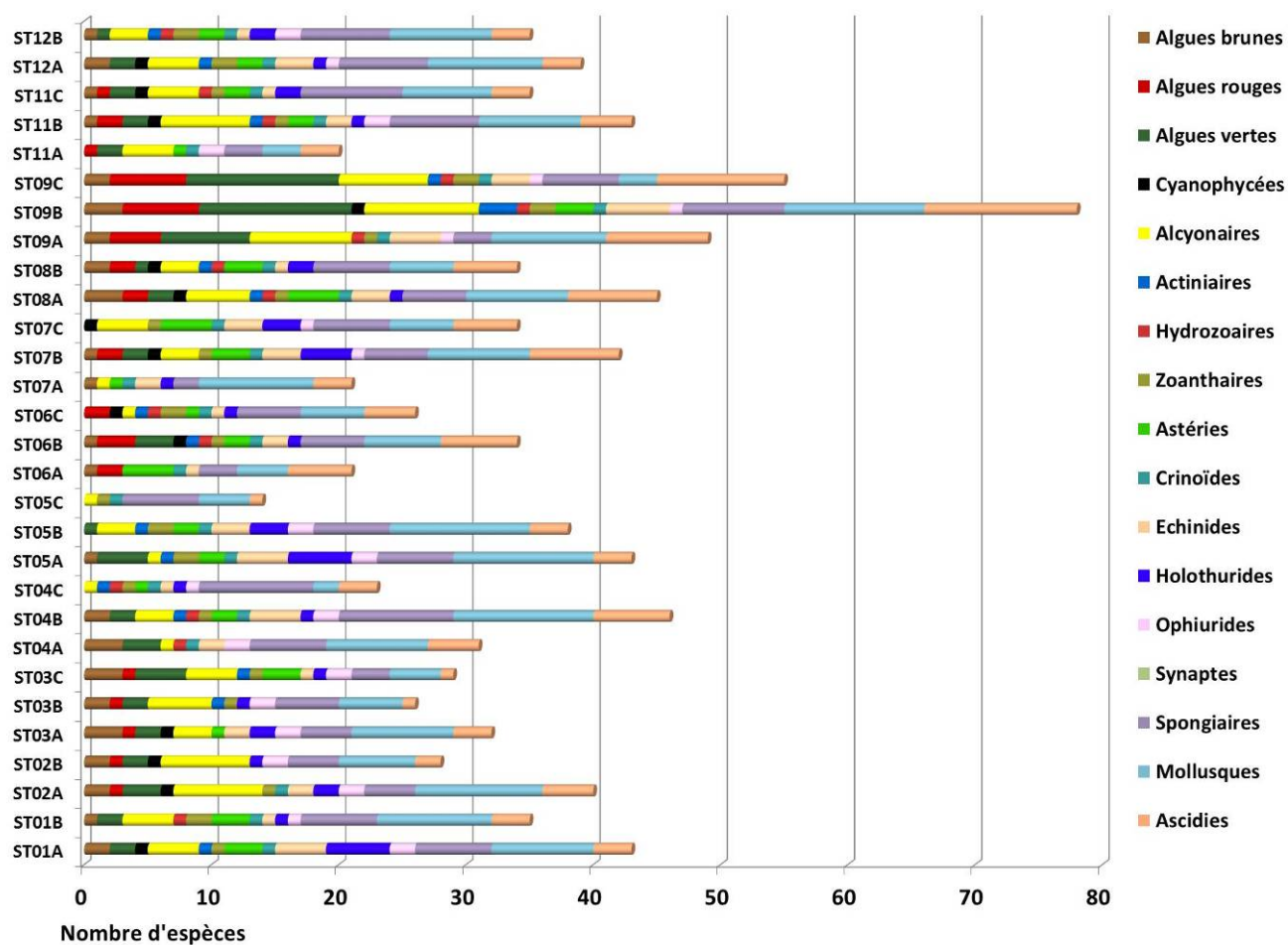


Figure n°84 : Richesse spécifique des biocénoses* benthiques selon les groupes par transect

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*

2017 a	Stations	Nb	Dens	Biom	Biod.1	Biod.2	Biod.3	Ish	Eq
Baie de PRONY	ST01 ILOT CASY	136,00	2,27	12	24	47	75	3,342	0,729
	ST02 CREEK BAIE NORD	88,50	0,98	16	20	30	53	3,329	0,770
	ST03 PORT	61,33	1,00	2	16	43	60	3,156	0,789
	Variances (σ^2)	369	0,00	94	8,00	84,50	24,50	0,01	0,00
	Ecart types (σ)	19	0,01	10	2,83	9,19	4,95	0,12	0,01
	Moyennes (μ)	75	0,99	9	18,00	36,50	56,50	3,24	0,78
	Coef. de Var(σ/μ)	0,26	0,01	1,09	0,16	0,25	0,09	0,04	0,02
	Int. de Conf. 95%	13	0,01	6	1,89	6,13	3,30	0,08	0,01
Canal de la HAVANNAH	ST04 WOODIN	472,00	5,65	250	73	97	126	4,716	0,762
	ST05 IORO	131,33	0,96	170	43	67	94	4,347	0,801
	ST06 IONONTEA	290,67	3,48	527	66	85	125	4,517	0,747
	ST07 B. CHAMBEYRON	202,33	2,91	275	66	83	117	4,995	0,826
	ST08 PUKA	61,00	1,15	57	31	64	88	4,203	0,848
	ST09 BANCS KIE	188,00	2,35	40	52	77	114	4,714	0,827
	ST011 TOEMO	215,33	1,84	19	53	77	111	4,221	0,737
	ST012 UGO	150,50	2,82	20	31	60	87	3,872	0,782
	Variances (σ^2)	15362	2,23	31412	256,70	150,50	253,64	0,13	0,00
	Ecart types (σ)	124	1,49	177	16,02	12,27	15,93	0,36	0,04
	Moyennes (μ)	214	2,65	170	51,88	76,25	107,75	4,45	0,79
	Coef. de Var(σ/μ)	0,58	0,56	1,04	0,31	0,16	0,15	0,08	0,05
	Int. de Conf. 95%	83	1,00	118	10,68	8,18	10,62	0,24	0,03

Nb : nombre moyen de poissons sur un transect ; **Dens.** : Densité (Nb/m^2) moyenne sur la station ; **Biom.** : Biomasse (g/m^2) moyenne sur la station ; **Biod.1** : Espèces de la liste du Cahier des charges présentes sur les transects ; **Biod.2** : Espèces de la liste du Cahier des charges présentes sur la station ; **Biod.3** : Toutes espèces présentes sur la station ; **Ish** : Indice de Shannon ; **Eq** : Indice d'équitabilité ; **Int. de Conf.** : Intervalle de confiance de la moyenne au risque $\alpha = 0,025$.

C'est la station ST03 (Port) qui présente les plus faibles chiffres pour la richesse spécifique la biomasse et l'indice de Shannon. Ce sont, respectivement, ST08 (Puka), ST05 (Ioro) et ST11 (Toémo) qui présentent les valeurs les plus basses pour l'abondance, la densité et l'équitabilité.

La ST08 possède l'indice d'équitabilité le plus élevé : c'est donc une station avec une structure des populations relativement 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 ST10 qui est particulièrement riche en abondance, richesse spécifique et densité et c'est la ST06 qui se distingue pour la biomasse.

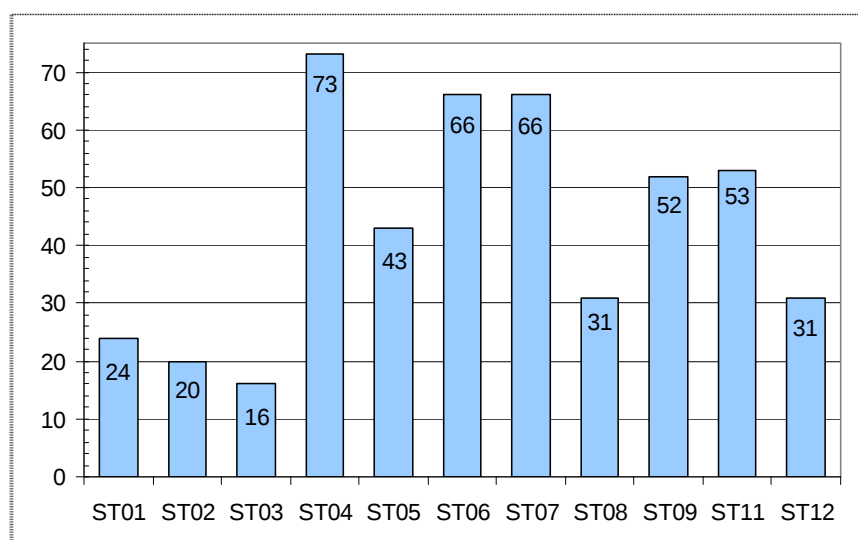
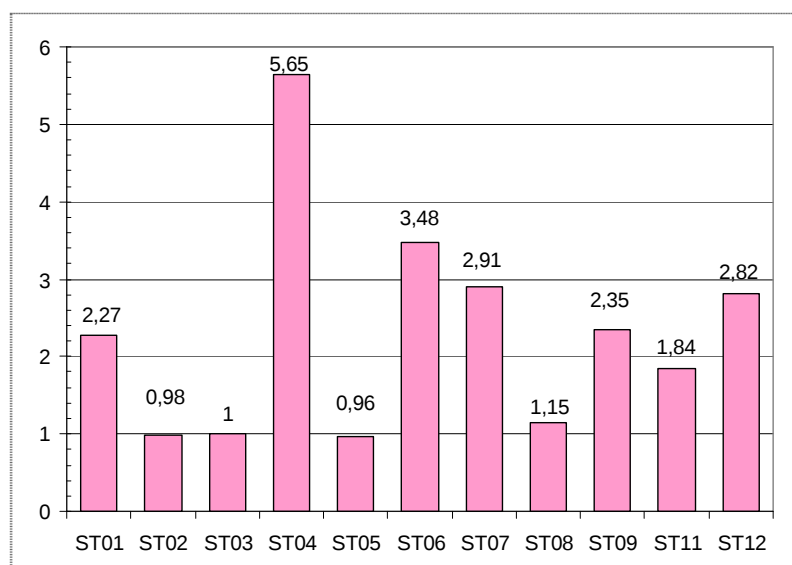


Figure n°85 : Richesse spécifique de l'ichtyofaune par station



ST01	Casy
ST02	Creek baie nord
ST03	Port
ST04	Woodin
ST05	Ioro
ST06	Ionontea
ST07	Chambeyron
ST08	Puka
ST09	Bancs Kié
ST10	Illet Kié
ST11	Toémo
ST12	Ugo

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

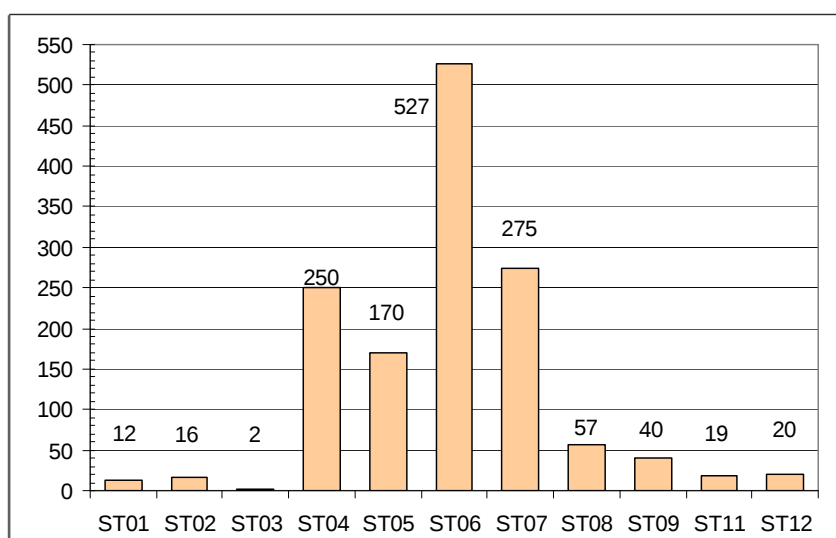


Figure n°87 : Biomasse (g/m²) de l'ichtyofaune par station

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 / invasives

Les activités minières et industrielles de la société Vale Nouvelle-Calédonie génèrent un haut niveau de risque d'introduction, d'installation et de diffusion d'espèces exogènes notamment par l'importance du trafic de marchandises (en particulier via le port de Prony) et par les nombreuses voies de pénétration ouvertes dans les milieux naturels.

Au vu de l'étendue de la zone géographique (baie de Prony, canal Woodin et canal de la Havannah), de la complexité et la multiplicité des habitats présents et à la diversité importante des taxons potentiels, nos observations sur les stations d'étude biologique sont mineures et seraient à préciser et renforcer avec un plan d'échantillonnage et une méthodologie plus adaptés à la problématique des espèces exogènes, si celle-ci venait à être identifiée par les administrations compétentes.

Cependant, au cours des différentes plongées, au fur et à mesure de la détermination des espèces rencontrées, quel que soit l'embranchement, nous essayons de détecter la présence d'espèces exogènes, invasives ou non.

A ce jour aucune espèce exogène n'a été répertoriée dans les stations de suivi biologique de la zone d'étude. Il n'y a donc pas, au vu de la taille de notre échantillon, de phénomène d'invasion actuellement.

5.4.3 Espèces envahissantes

Par rapport aux taxons (indigènes) qui sont observés durant ces suivis :

- L'abondance des espèces indigènes et les variations de leur recouvrement durant l'année (depuis le suivi d'août 2007), ne présentent pas, de manière permanente, d'anomalie caractéristique d'espèce envahissante qui pourrait nuire à l'environnement.
- Cependant, une attention particulière doit être portée sur l'évolution du recouvrement de deux genres de macrophytes (*Asparagopsis* et *Lobophora*). Des investigations complémentaires seraient à mettre en place avec un pas de temps plus court (trimestriel) et une méthodologie adaptée (quadras) afin d'évaluer leur potentielle nuisance sur l'environnement ainsi que leur développement dans le temps et dans l'espace.

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.

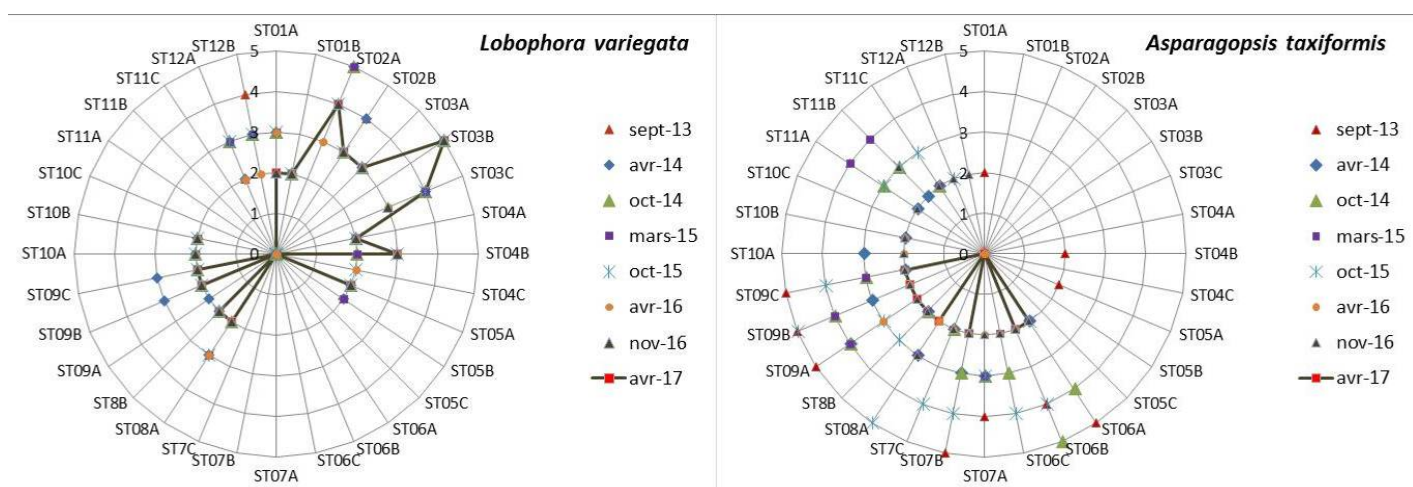


Figure n°88 : Abondance semi quantitative (1 à 5) d'*Asparagopsis taxiformis* et de *Lobophora variegata* entre septembre 2013 et avril 2017

5.4.3.1 *Asparagopsis taxiformis*

L'algue rouge du genre *Asparagopsis* présente un développement saisonnier très important (particulièrement durant la fin de l'hiver austral et le début de l'été austral : mission septembre/octobre), dans les zones caractérisées par un hydrodynamisme intense du canal de la Havannah comme le banc Ionontea (ST06), le banc de Chambeyron (ST07), les bancs Kié (ST09) et le récif Toémo (ST11). Son développement peut également être très important durant les mois de novembre/décembre sur la station de Puka (ST08). Du fait de sa prolifération, cette algue rouge pourrait entraîner des perturbations non négligeables sur les coraux durant cette période (compétition spatiale non négligeable).

Il faut noter qu'à contrario, cette algue ne se développe presque pas en baie de Prony et dans le canal Woodin.

En avril 2017 l'algue rouge *Asparagopsis* est toujours absente dans la baie de Prony et le canal Woodin (milieux non adaptés au développement de cette algue). Son recouvrement diminue largement dans le canal de la Havannah et elle est nouvellement absente des transects ST06C, ST07AC, ST11 et ST12.

5.4.3.2 *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 avril 2017, le recouvrement de *Lobophora* est stable par rapport à la mission précédente. Seul le transect ST03C (niveau 4) présente une augmentation du recouvrement.

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*).

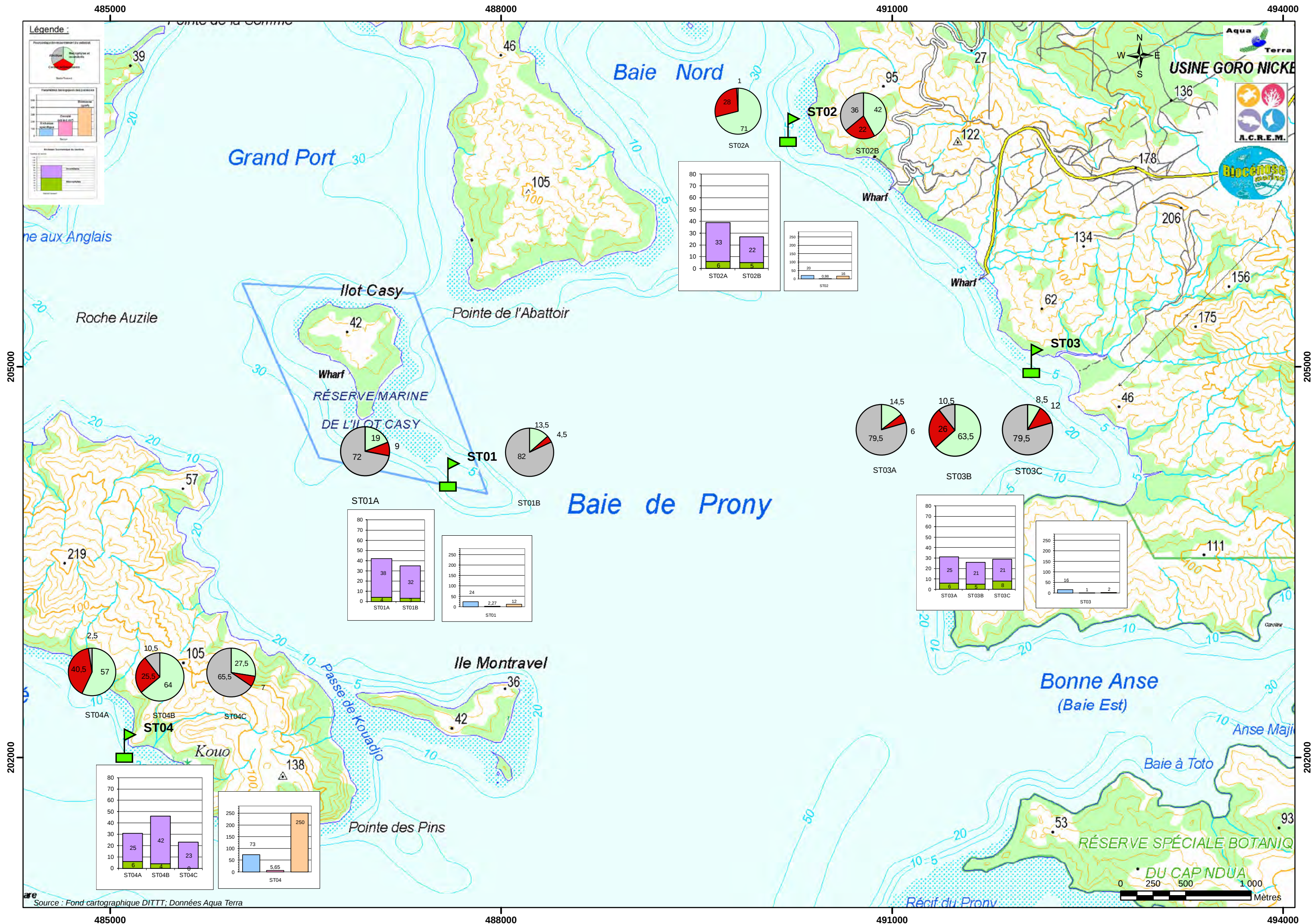
→ Cette constatation caractérise un bon état de santé du récif, les paramètres environnementaux sont favorables à une croissance importante des coraux.

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.

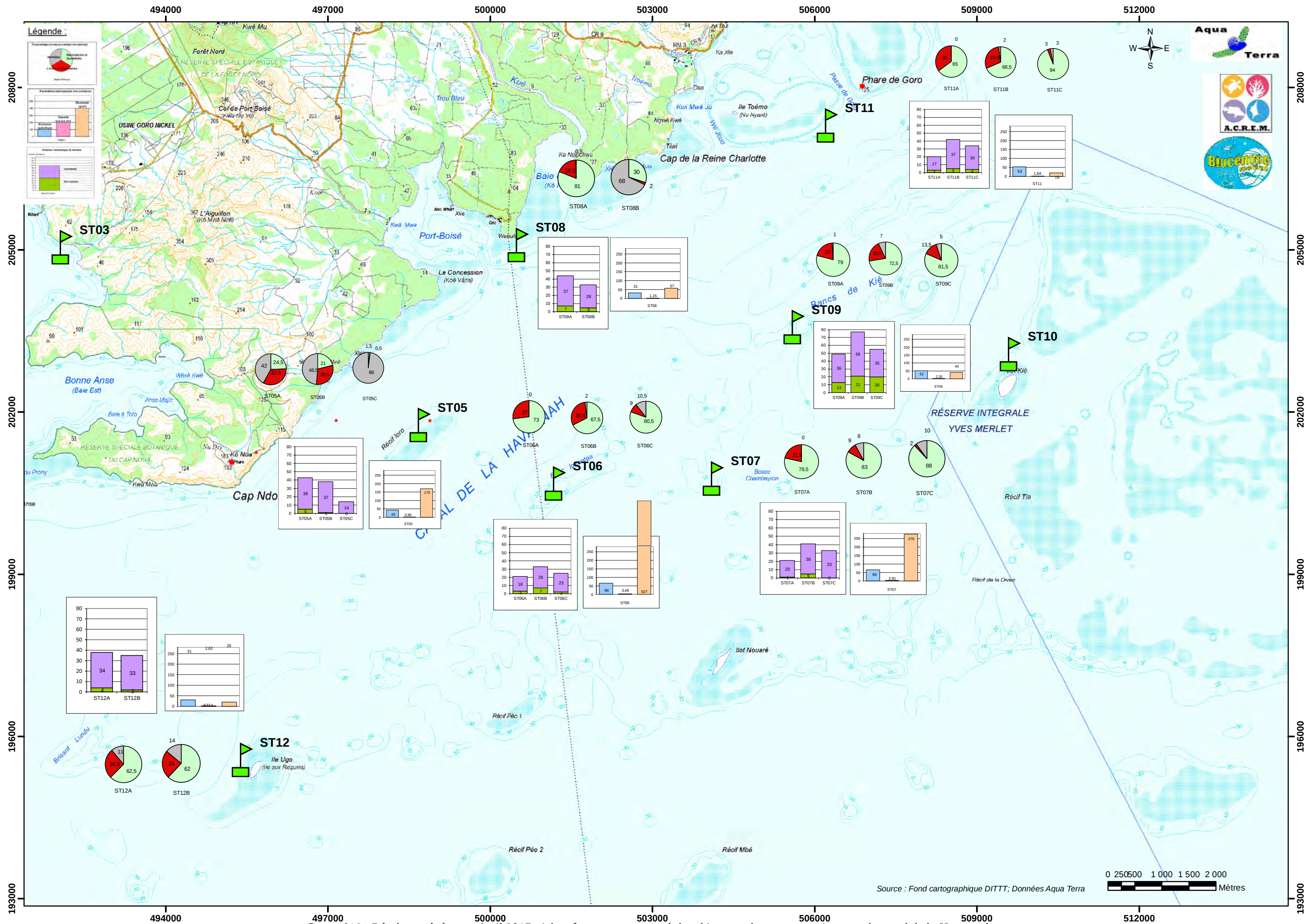
La compétition spatiale est soutenue entre les coraux et les algues brunes (surtout en ST03B)

→ 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 - Avril 2017 : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station de la baie de Prony – canal Woodin



Carte n°16 : Résultats généraux - Avril 2017 : ichtyofaune, communautés benthiques, substrat par station pour le canal de la Havannah



6 Comparaison avec les données historiques

6.1 Substrat

Pour suivre une évolution globale, les résultats (en pourcentage de recouvrement) du biotique (en deux groupes : les coraux scléractiniaires et les autres organismes vivants, rangés sous le terme de « macrophytes et invertébrés ») et des fonds abiotiques ont été comparés (tableau 117).

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, nous n'avons donc gardé que la marge supérieure à 20% de fluctuation.

Rappel des résultats des missions précédentes (avril et novembre 2016) :

En début d'année 2016, hormis pour les transects supérieurs des stations ST02 et ST04, globalement, il y avait très peu de variations générales : les stations apparaissaient stables notamment en ce qui concerne le pourcentage de recouvrement en coraux scléractiniaires, comme les missions précédentes.

Au niveau individuel, les variations qui ressortaient étaient peu nombreuses puisque seuls 2 transects étaient concernés, avec des mouvements dans le recouvrement par les sédiments fins.

Pour les transects supérieurs des stations ST02 (Creek baie nord) et ST04 (Woodin) : il y avait en avril 2016 une baisse significative dans le recouvrement par les coraux scléractiniaires : - 21% et - 23.5%.

Le phénomène de blanchissement qui a touché la Nouvelle-Calédonie en début d'année 2016 avait été particulièrement enregistré ici.

En novembre 2016, de façon globale les stations étaient stables.

Au niveau des transects, seul le transect bas (B) de la ST12 (Ugo) enregistrait une variation importante : - 25.5% dans le recouvrement abiotique dû à la disparition du sable au profit de la classe « corail mort avec algues ». Cette variation était antagoniste de celle notée en avril 2016 et ramenait le recouvrement des différents substrats dans des répartitions notées historiquement.

Pour ce qui est du recouvrement en scléractiniaires, les 2 transects particulièrement touchés en début d'année (ST02A et ST04A) étaient stables pour cette mission (+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 (conséquence d'une anomalie positive de température de l'eau, cf. § 7.1). 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.

Résultats pour cette mission :

Globalement les stations sont toujours stables.

Il y a comme régulièrement des **inversions dans les taux biotique / abiotique** dû à des changements dans le recouvrement :

- baisse de la proportion de vase en faveur de la classe « corail mort avec algues » en ST02B
- baisse de la classe « corail mort avec algues » en faveur de la vase en ST03A (ce qui donne les proportions d'octobre 2014) et en faveur du sable ST08B (retrouvant les taux de mars 2015).

Pour ce qui est du **recouvrement en scléractiniaires** :

- Il y a une explosion (+ 22%) en ST04A (Woodin), ce qui ramène au taux d'octobre 2015. Ainsi, la reconstruction du récif serait effective en une année : la mortalité de 2016 n'est plus apparente ici.
- Le transect haut de la ST02 (Creek baie nord) gagne 1% et n'est donc pas « remis » de la moratilité enregistrée en avril 2016. Par contre, le transect moyen (B) gagne 11%, ce qui rattrape la baisse





enregistré en novembre 2016.

- Il faut aussi noter une hausse à Ioro (ST05) : + 10.5% et 6.5% respectivement pour les 2 transects supérieurs.
- A contrario, le transect haut de ST08 (Puka) a encore perdu 2%. Il est à surveiller particulièrement.

Pour cette mission, la moyenne des variations du recouvrement en scléactinaires par rapport à la mission précédente (novembre 2016) est un gain de 1.7%. Cela contrebalance les pertes enregistrées en 2016 (-1.4% en avril et -0.6% en novembre) et prouve la résilience des récifs de la zone d'étude.

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 15 missions précédentes (à savoir celles de 2010 à 2017) 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,

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

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

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

Il n'est pas concevable de prendre les différents niveaux bathymétriques comme 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.
- 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 scléractiniaires (indicateur le plus performant). De plus, contrairement aux coraux, les mêmes individus sont très rarement observés d'une mission à l'autre (grande mobilité et turn over des invertébrés).

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

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

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

D'autre part, il apparaît également qu'un nombre important d'invertébrés mobiles se protègent et se cachent sous les débris, des anfractuosités ou dans le sédiment (mollusques, astéries, ophiures, crustacés...) ainsi ils ne peuvent pas être comptabilisés dans les inventaires.

6.2.1.2 Pour les invertébrés, depuis la dernière mission

La liste des invertébrés demandée dans le cahier des charges ne concerne que les échinodermes (astéries, crinoïdes, échinides, holothurides), les cliones, les bénitiers et les trocas. Cela n'est pas suffisant pour une bonne appréciation de la qualité des biocénoses.

De ce fait, **la liste des invertébrés traités dans cette étude** est bien plus complète et comprend les sous-groupes qui contribuent le plus à la composition caractéristique et unique de chaque récif, soient : alcyonaires, spongiaires, mollusques, ascidies, échinodermes (astéries, crinoïdes, échinides, holothurides, ophiurides, synaptes), actiniaires, zoanthaires et hydrozoaires. Elle **ne comprend pas les coraux durs**.

Par ailleurs, dans les données de richesses spécifiques, depuis octobre 2012 (compris), les décapodes et les crustacés ne sont plus pris en compte (impossibilité sur le terrain d'échantillonner tous ces organismes, donc leur biodiversité était obligatoirement largement sous-estimée). Les moyennes pour les années précédentes ont été reprises aussi de fait.



De novembre 2016 à avril 2017, la richesse spécifique absolue des invertébrés a évoluée de -15 à +2 espèces selon les transects. Cette évolution est majoritairement négative sur l'ensemble des récifs. Le cyclone Cook (avril 2017) a perturbé de manière majeure l'ensemble de la zone d'étude (contraintes hydrodynamiques et/ou dessalure des eaux de surface importantes).

- Les transects présentant la plus grande **baisse de diversité absolue** (comprise entre -15 et -4 espèces) sont ST01, ST02, ST03, ST05B, ST06BC, ST07A, ST08, ST09, ST11BC, ST12.

- Les transects présentant la plus grande **augmentation de diversité absolue** (comprise entre +1 et +2 espèces) sont ST04AC, ST06A, ST07B.

6.2.1.3 Pour les invertébrés, depuis le début

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

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

Biodiversité α	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	38	44	44	51	44	47	48	48	39	42	32	27	24	23	23
ST01B	32	39	35	42	46	39	37	41	29	33	28	23	18	17	18
ST02A	33	38	34	40	40	38	38	37	33	27	25	21	20	15	17
ST02B	22	27	30	32	29	28	31	28	26	30	26	24	19	17	19
ST03A	25	30	34	32	33	35	38	31	25	32	20	20	16	17	15
ST03B	21	27	30	35	29	28	35	33	26	26	22	15	9	7	5
ST03C	21	25	29	25	22	24	28	24	18	30	23	19	17	15	13
ST04A	25	24	19	30	23	28	31	24	19	22	21	22	16	18	17
ST04B	42	42	40	44	44	43	47	45	35	32	28	26	20	21	20
ST04C	23	22	23	28	24	22	28	20	18	20	24	26	24	21	19
ST05A	38	40	39	45	42	39	42	42	27	28	24	23	15	17	16
ST05B	37	42	30	32	36	34	35	40	30	33	30	31	23	22	23
ST05C	14	16	16	16	20	20	21	21	20	19	20	21	21	19	20
ST06A	18	16	17	17	13	20	26	15	19	16	20	20	7	11	15
ST06B	26	33	36	42	39	45	38	41	36	34	26	28	16	14	17
ST06C	23	32	31	28	21	28	29	38	27	26	25	25	13	14	16
ST07A	20	25	29	20	25	20	18	15	26	14	17	14	8	17	17
ST07B	36	35	39	44	36	40	38	39	31	25	27	27	20	19	19
ST07C	33	35	40	33	28	31	27	32	24	18	25	28	18	19	21
ST08A	37	41	36	39	42	42	39	34	35	50	39	34	23	24	26
ST08B	28	43	36	31	36	34	36	29	23	29	30	27	24	24	27
ST09A	36	43	39	37	44	49	46	43	39	34	32	31	20	22	26
ST09B	56	67	60	66	71	78	80	64	63	49	44	38	25	26	26
ST09C	35	40	40	47	56	57	53	54	45	44	37	36	24	25	26
ST11A	17	18	18	29	23	31	30	33	27	30	42	43	18	15	19
ST11B	37	49	41	47	53	53	50	48	45	37	45	39	22	20	24
ST11C	30	35	36	38	38	39	39	29	35	31	35	34	24	25	25
ST12A	34	44	37	46	53	41	39	40	37	38	30	20	14	19	19
ST12B	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 15 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°108 : *Analyse de la Variance de la biodiversité α des invertébrés (hors coraux durs), depuis 2010*

k1=p-1	14	F obs.	59.29
K2=n-p	478	F95%	1.71
		F99%	2.12



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

	04/17*	11/16	04/16*	10/15	03/15*	10/14	04/14	09/13	04/13*	10/12	03/12	10/11	03/11*	09/10	03/10
Richesse spécifique moyenne	30,00	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	9,07	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)	3,37	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	0,30	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- Zelia (début d'année 2011), Fréda (début d'année 2013), Pam (début d'année 2015), Winston (début d'année 2016), Cook (avril 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 et septembre 2013 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).

Analyse de Variance pour les Macro-invertébrés (ANOVAR) (BM* hors Coraux durs, Algues et Cyanobactéries)

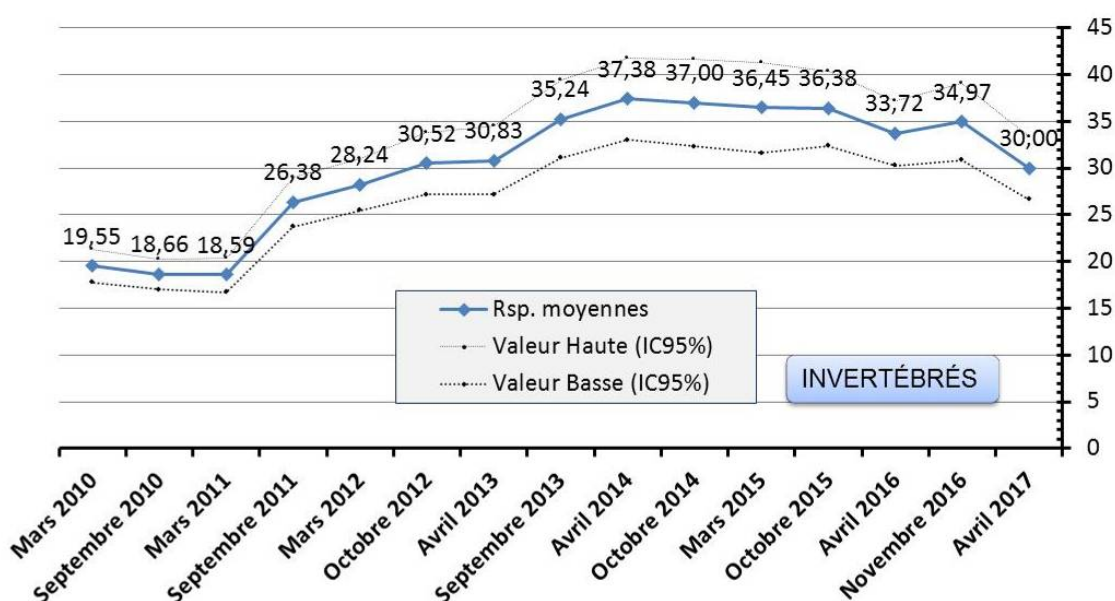


Figure n°89 : *Valeur de la richesse spécifique moyenne des invertébrés (hors coraux durs) depuis 2010*

Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance

En 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.

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 15).

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

KHI 2 obs.	234.7			
Ddl = 14	Khi² 95%	Khi² 97,5%	Khi² 99%	Khi² 99,5%
Valeur Khi²	23.685	26.119	29.141	31.319

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'ordonnancement des séries de données marque des ruptures à chaque période dépressionnaire. Cependant, une tendance à l'augmentation dans le temps (résilience du récif) peut être notée.

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	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	6,5	10	10	15	10	13	13	13	6,5	8	5	4	2	2	2
ST01B	7	11,5	9	14	15	11,5	10	13	6	8	5	4	2	2	2
ST02A	7,5	11	11	14,5	14,5	11	11	11	7,5	6	5	4	3	1,5	1,5
ST02B	4	9	12,5	15	12,5	9	12,5	9	6,5	12,5	6,5	5	2,5	1	2,5
ST03A	6,5	8	13	10	13	13	15	10	6,5	10	4,5	4,5	2	2	2
ST03B	5,5	9	12	14,5	10,5	10,5	14,5	13	7,5	7,5	5,5	4	2,5	2,5	1
ST03C	6,5	11,5	14	11,5	6,5	9,5	13	9,5	4,5	15	8	4,5	3	2	1
ST04A	11	11	4,5	14,5	8	13	14,5	11	4,5	8	6	8	1,5	3	1,5
ST04B	9	9	9	13	13	13	13	13	7	6	5	4	1,5	3	1,5
ST04C	10	6	10	14,5	10	6	14,5	3,5	1,5	3,5	10	13	10	6	1,5
ST05A	8	12	12	12	12	12	12	12	6	6	6	4	1,5	3	1,5
ST05B	13	15	5,5	9,5	12	9,5	9,5	14	5,5	9,5	5,5	5,5	2	2	2
ST05C	1	3	3	3	11	11	11	11	11	5,5	11	11	11	5,5	11
ST06A	9,5	5,5	9,5	9,5	3	13	15	5,5	9,5	5,5	13	13	1	2	5,5
ST06B	4,5	7,5	10	13,5	12	15	10	13,5	10	7,5	4,5	6	2	2	2
ST06C	5	14	13	11	4	11	11	15	9	7	7	7	2	2	2
ST07A	9,5	12,5	15	9,5	12,5	9,5	9,5	3	14	3	6	3	1	6	6
ST07B	9	9	12,5	15	9	12,5	12,5	12,5	7	4	5,5	5,5	2	2	2
ST07C	11,5	14	15	11,5	8,5	11,5	7	11,5	5	1,5	6	8,5	1,5	3	4
ST08A	9	13	9	9	13	13	9	5	5	15	9	5	2	2	2
ST08B	5	15	13	10	13	11	13	7,5	2	7,5	9	5	2	2	5
ST09A	6,5	12	9,5	8	12	14,5	14,5	12	9,5	6,5	4,5	4,5	1,5	1,5	3
ST09B	7	12	8	10	13	14	15	10	10	6	4,5	4,5	2	2	2
ST09C	4	8	8	11	14,5	14,5	12	13	10	8	6	5	2	2	2
ST11A	3,5	3,5	3,5	10,5	7	10,5	10,5	13	8	10,5	14,5	14,5	3,5	3,5	3,5
ST11B	4,5	11,5	7	10	14	14	14	11,5	8,5	4,5	8,5	6	2	2	2
ST11C	5	8,5	11	13,5	13,5	13,5	13,5	4	8,5	6	8,5	8,5	1	2,5	2,5
ST12A	6	11,5	7,5	14	15	11,5	11,5	11,5	7,5	9	5	2,5	2,5	2,5	2,5
ST12B	6	14	10,5	10,5	15	10,5	10,5	7	10,5	10,5	3	3	3	3	3
Somme des rangs (ΣRg)	201	297,5	287,5	337,5	327	341,5	352	298,5	214,5	217,5	197,5	177	75,5	75,5	80
Ordonnement	6*	10	9*	13	12*	14	15	11	7*	8	5	4	1,5*	1,5	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 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 hivernal. *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 recoupent.

Le nombre d'espèces de macrophytes d'un milieu variera peu car il reste souvent quelques thalles, c'est plutôt leur abondance ou recouvrement qui va évoluer selon les saisons (été/hiver/période el Niño).

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	Avril 2017*	Nov. 2016	Avril 2016*	Oct. 2015	Mars 2015*	Oct. 2014	Avril 2014	Sept. 2013	Avril 2013*	Oct. 2012	Mars 2012	Sept. 2011	Mars 2011*	Sept. 2010	Mars 2010
ST01A	4	8	5	6	7	8	6	8	5	9	7	8	7	7	6
ST01B	3	5	5	6	7	8	7	8	7	8	7	9	7	8	6





ST02A	6	5	6	6	7	6	5	5	6	8	5	5	5	5	5
ST02B	5	5	5	6	5	5	4	4	5	5	5	5	5	5	5
ST03A	6	5	7	8	7	6	6	6	8	10	8	7	6	8	8
ST03B	5	8	6	8	5	5	6	5	6	6	6	5	5	5	5
ST03C	8	5	6	6	5	4	4	3	4	5	5	5	5	5	5
ST04A	6	5	4	4	5	5	5	7	4	8	7	5	4	4	5
ST04B	4	4	4	6	5	4	6	7	4	5	4	3	3	3	3
ST04C	0	1	2	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1
ST05A	5	6	5	7	5	7	7	9	6	8	6	4	4	5	5
ST05B	1	2	2	2	4	5	5	5	3	4	3	2	2	1	4
ST05C	0	0	0	0	1	1	1	3	1	1	1	1	2	2	2
ST06A	3	2	1	3	3	4	2	2	2	5	3	5	2	6	6
ST06B	7	5	6	7	8	8	7	7	4	8	5	7	4	7	5
ST06C	2	4	5	4	7	6	6	5	3	7	5	7	3	4	3
ST07A	1	2	3	4	4	4	3	3	1	3	4	3	2	4	7
ST07B	5	3	4	6	5	8	7	5	3	6	4	2	0	2	4
ST07C	0	2	3	4	4	6	6	2	2	4	3	4	0	0	0
ST08A	7	11	8	8	9	8	10	8	6	13	8	9	6	5	5
ST08B	5	5	4	5	6	6	7	4	4	8	6	10	4	4	4
ST09A	13	14	10	11	12	17	18	11	10	13	10	7	5	4	6
ST09B	21	22	17	21	22	24	20	14	15	16	13	9	8	9	9
ST09C	20	21	17	19	19	20	17	12	9	16	12	9	9	7	11
ST11A	3	5	1	9	4	9	6	8	4	6	6	7	3	3	7
ST11B	5	10	6	9	8	11	7	7	8	9	9	8	6	6	4
ST11C	4	6	6	5	4	4	4	4	7	8	3	6	3	1	2
ST12A	4	8	4	10	9	9	6	5	3	7	4	3	4	4	3
ST12B	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 154 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°113 : *Analyse de la Variance de la biodiversité α des macrophytes depuis 2010*

k1=p-1	14	F obs.	12.17
K2=n-p	478	F95%	1.71
		F99%	2.12

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

	07/17*	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	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	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)	1,82	1,88	1,41	1,60	1,63	1,84	1,62	1,13	1,13	1,37	1,05	1,00	0,81	0,84	0,86
Coefficient de Variation	0,94	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

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.



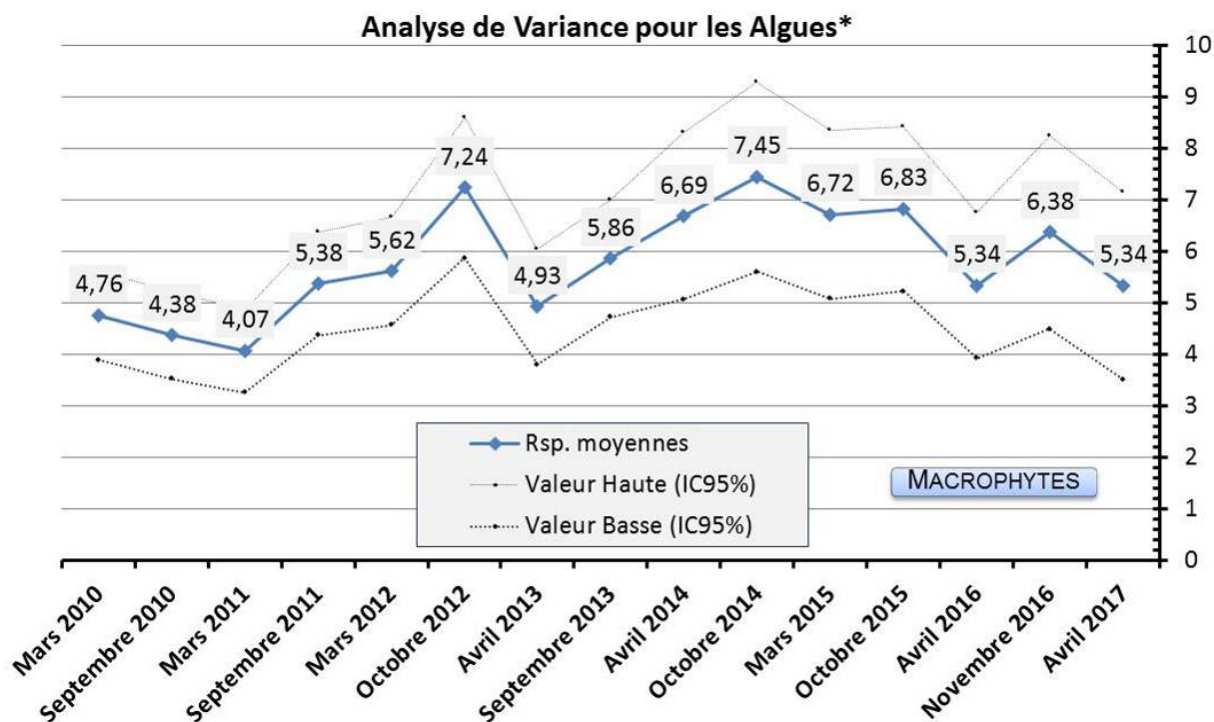


Figure n°90 : Valeur de la richesse spécifique moyenne des macrophytes depuis 2010
Les valeurs hautes et basses représentent l'intervalle de confiance

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 15).

Tableau n°115 : Analyses non paramétriques Friedman (analyse en colonne) de la richesse spécifique des macrophytes depuis 2010

KHI 2 obs.	78.7			
Ddl = 14	Khi² 95%	Khi² 97,5%	Khi² 99%	Khi² 99,5%
Valeur Khi²	23.685	26.119	29.141	31.319

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 apparaît que ces résultats confirment que :

- Le classement des missions n'est pas chronologique.
- Les valeurs de biodiversité des macrophytes sont faibles durant la saison hivernale en août 2007 (saison fraîche et sèche) et mars 2010, mars 2011, avril 2013, mars 2015 et avril 2016 (saison humide et fin de saison chaude).
- Cependant, en avril 2014 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 dans une moindre mesure mars 2015). 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 octobre 2008, septembre 2011, octobre 2012, septembre 2013, octobre 2014, octobre 2015 et novembre 2016. Les algues rouges se développent durant cette période.



→ La diversité dépend des paramètres environnementaux et elle est contrainte par la saisonnalité et les événements 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 Invertébrés	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	2	13	2	5	8,5	13	5	13	2	13	8,5	13	8,5	8,5	5
ST01B	1	3,5	3,5	3,5	8	13	8	13	8	13	8	13	8	13	3,5
ST02A	11	4,5	11	11	14	11	4,5	4,5	11	15	4,5	4,5	4,5	4,5	4,5
ST02B	8,5	8,5	8,5	15	8,5	8,5	1,5	1,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
ST03A	3,5	3,5	8	12	8	3,5	3,5	3,5	12	15	12	8	3,5	12	12
ST03B	7	14,5	7	14,5	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
ST03C	15	8,5	13,5	13,5	8,5	3	3	1	3	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5	8,5
ST04A	12	8,5	3	3	8,5	8,5	8,5	13,5	3	15	13,5	8,5	3	3	8,5
ST04B	7,5	7,5	7,5	13,5	11,5	7,5	13,5	15	7,5	11,5	7,5	2,5	2,5	2,5	2,5
ST04C	1	7	14	14	7	7	14	7	7	7	7	7	7	7	7
ST05A	4	9	4	12	4	12	12	15	9	14	9	4	4	4	4
ST05B	1,5	5	5	5	11	14	14	14	8,5	11	8,5	5	5	1,5	11
ST05C	2,5	2,5	2,5	2,5	8	8	8	15	8	8	8	8	13	13	13
ST06A	8,5	4	1	8,5	8,5	11	4	4	4	12,5	8,5	12,5	4	14,5	14,5
ST06B	11	3	6	11	11	11	11	11	3	11	3	11	3	11	3
ST06C	2,5	6	9	6	14	11,5	11,5	9	2,5	14	9	14	2,5	6	2,5
ST07A	1,5	3,5	7	12	12	12	7	7	1,5	7	12	7	3,5	12	15
ST07B	10	3,5	7	12,5	10	15	14	10	3,5	12,5	7	3,5	1	3,5	7
ST07C	2,5	6	8,5	11,5	11,5	14,5	14,5	6	6	11,5	8,5	11,5	2,5	2,5	2,5
ST08A	5	14	8	8	11,5	8	13	8	2,5	15	8	11,5	2,5	2,5	2,5
ST08B	8	8	3,5	8	11	11	13	3,5	3,5	14	11	15	3,5	3,5	3,5
ST09A	11	13	7	7	11	14,5	14,5	7	7	11	7	3	3	1	3
ST09B	13	13	9	13	13	13	10	6,5	6,5	6,5	6,5	2,5	2,5	2,5	2,5
ST09C	12,5	15	9	12,5	12,5	12,5	9	4,5	4,5	9	4,5	4,5	4,5	1	4,5
ST11A	3	7	1	14,5	5,5	14,5	9	13	5,5	9	9	11,5	3	3	11,5
ST11B	1,5	14	4	12	9	15	6,5	6,5	9	12	12	9	4	4	1,5
ST11C	6	12	12	10	6	6	6	6	14	15	6	12	6	1	2
ST12A	5	12	5	14	14	14	10	5	5	11	5	5	5	5	5
ST12B	4	13,5	9	13,5	13,5	13,5	9	4	4	9	9	1	9	4	4
Somme des rangs (ΣRg)	181,5	243	195,5	298,5	286,5	313	264,5	234	176,5	326,5	236,5	232	142,5	170	179,5
Ordonnement	5*	10	6*	13	12*	14	11	8	3*	15	9	7	1*	2	4

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



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, prédateurs). Chacune de ces perturbations a des caractéristiques propres sur le terrain qui sont observées par les spécialistes.

L'augmentation de l'intensité lumineuse ou de la température entraîne une augmentation de la photosynthèse des algues symbiotiques qui se mettent à produire de nombreuses molécules oxygénées toxiques. Ce sont ces molécules qui seraient à l'origine de l'expulsion et de la mort des zooxanthelles. Cela se traduit par le blanchissement des colonies coralliennes (avec maintien des polypes).

Bien sûr si les colonies sont dépourvues de polypes (maladie de la bande blanche, étouffement par les dépôts sédimentaire et/ou prédation), elles meurent en place.

D'autre part, les paramètres de l'environnement vont le plus varier dans les niveaux bathymétriques supérieurs (hydrodynamisme, température, dessalure, ...). Certaines espèces coralliennes sont plus sensibles que d'autres aux variations de ces paramètres (*Seriatopora hystrix*, *Pocillopora damicornis*, *Stylophora pistillata*, *Acropora* branchu et tabulaire, *Isopora palifera*...). Mais paradoxalement ces espèces vont coloniser ces niveaux bathymétriques supérieurs car elles ont besoins de lumière pour se développer. Elles sont donc vouées à être perturbées.

Ainsi le blanchissement corallien va dépendre des variations des paramètres de l'environnement, du recouvrement corallien disponible mais aussi de l'assemblage des espèces, de leur abondance et de leur répartition sur un récif.

La période du 10 février au 15 avril 2016 marque le phénomène de blanchissement corallien le plus important observé autour de la Nouvelle-Calédonie depuis 1996.

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 réintégrées une partie (voir l'intégralité) de leurs zooxanthelles ou alors elles étaient mortes (cf. § mortalité corallienne rapport précédent [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 est relativement faible. Cependant, quelques transects présentent des dégradations. Les perturbations ont différentes origines selon les habitats (prédation d'*Acanthaster planci*, 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 en station suivantes :

- *Acanthaster planci* : ST01A (3,5 m²)
- Maladie de la bande blanche : ST04AB, ST06AB (1,5 m² et 1,2 m²), ST09ABC (1,1 m², 1,2 m² et 1 m²).

6.2.2.2 Les maladies et les lésions coralliennes

Les coraux, comme tous les animaux, sont susceptibles d'être malades. Les maladies se manifestent par des lésions caractéristiques et semblent imputables à divers facteurs (naturels et/ou anthropiques). Ces lésions peuvent avoir des causes infectieuses (parasites, virus, bactéries, champignon, algues cellulaires, protozoaires) ou non infectieuses (blanchissement dû à l'élévation de la température, prédateurs, hyper sédimentation). Les maladies des coraux ont parfois des conséquences importantes sur l'état de santé des récifs car elles affectent le cycle de la vie, l'abondance, la reproduction, la performance et la tolérance du métabolisme au stress naturel ou anthropique [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 Indo-Pacifique. L'explosion de certaines maladies (comme la maladie de la bande blanche) est maintenant connue et augmente en fréquence à travers l'Indo-Pacifique 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. Les maladies coralliennes (bandes blanches, tâches noires, tâches roses et anomalies de croissance) 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

 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 plateaux 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, cependant une mortalité corallienne localisée sur les stations les plus perturbées (particulièrement en ST04A et ST03A hors couloir) perdure.

En **avril 2017**, malgré les précipitations induites par le cyclone Cook, aucun blanchissement massif des récifs n'a été enregistré lors de ce suivi. Cependant, les colonies coralliennes sont fragilisées dans les niveaux bathymétriques supérieurs. Les transects présentant le plus de dégradations sont ST04A, ST08A et ST03A hors couloir.



Octobre 2015
Bon état de santé



Avril 2016
Blanchissement très important : perte des zooxanthelles



Novembre 2016
Certaines colonies ont réintégré leurs zooxanthelles, mais développement de lésions coralliennes ou mortalité. Cette colonie de *Pocillopora damicornis* sur le piquet est en partie morte au milieu



Avril 2017
Résilience des colonies coralliennes et recrutement

Photo n°30 : Evolution du blanchissement sur les 4 dernières missions (ST04A)

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 **avril 2017**, les transects présentant le plus de dégradations mécaniques sont ST06BC, ST07B, ST09ABC, ST11B (remobilisation des débris et blocs générés lors des cyclones Cook et Donna d'avril 2017).

Les lésions liées à la sédimentation



Elles sont susceptibles d'affecter toutes les espèces. Chaque espèce a ses propres caractéristiques face à cette perturbation (sécrétion de mucus, croissance rapide, long polypes). Mais lorsque le dépôt sédimentaire est important et que la colonie ne peut s'en extraire, cette dernière présentera une perte de tissu partielle ou totale. Dans ce dernier cas on parlera de colonies mortes en place. Ces dégradations sont enregistrées principalement dans les baies à l'embouchure des creeks et rivières et dans les récifs alentours (ST02, ST03, ST04A et ST08).

En **avril 2017**, les transects présentant le plus de dégradations liées à la sédimentation sont ST03BC et ST08A et dans une moindre mesure ST02B. De nombreuses colonies sont partiellement mortes en place et même les espèces normalement résistantes à la sédimentation sont perturbées. En effet, ces récifs sont affaiblis depuis quelques missions par de multiples perturbations (cyclones, anomalie de températures, salinité, UV, etc.) et désormais les colonies coralliennes ont certainement moins de résistance et d'énergie pour se dégager des dépôts sédimentaire.

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.

En **avril 2017**, une prolifération d'*Acanthaster planci* (12 spécimens / 100 m²) a été recensée en ST01A. Les colonies coralliennes mortes en place, sans polype, représentent 3.5 m².

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*.

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 présentent 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, *Seriatothoa*. Les transects (ST02A, ST05A) ne présentent 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.

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 heliophora* 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 **avril 2017**, seule une colonie de *Porites* en ST05B et ST12A sont touchées. 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 quatre dernières missions.



6.2.2.3 Les principales espèces concurrentes

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

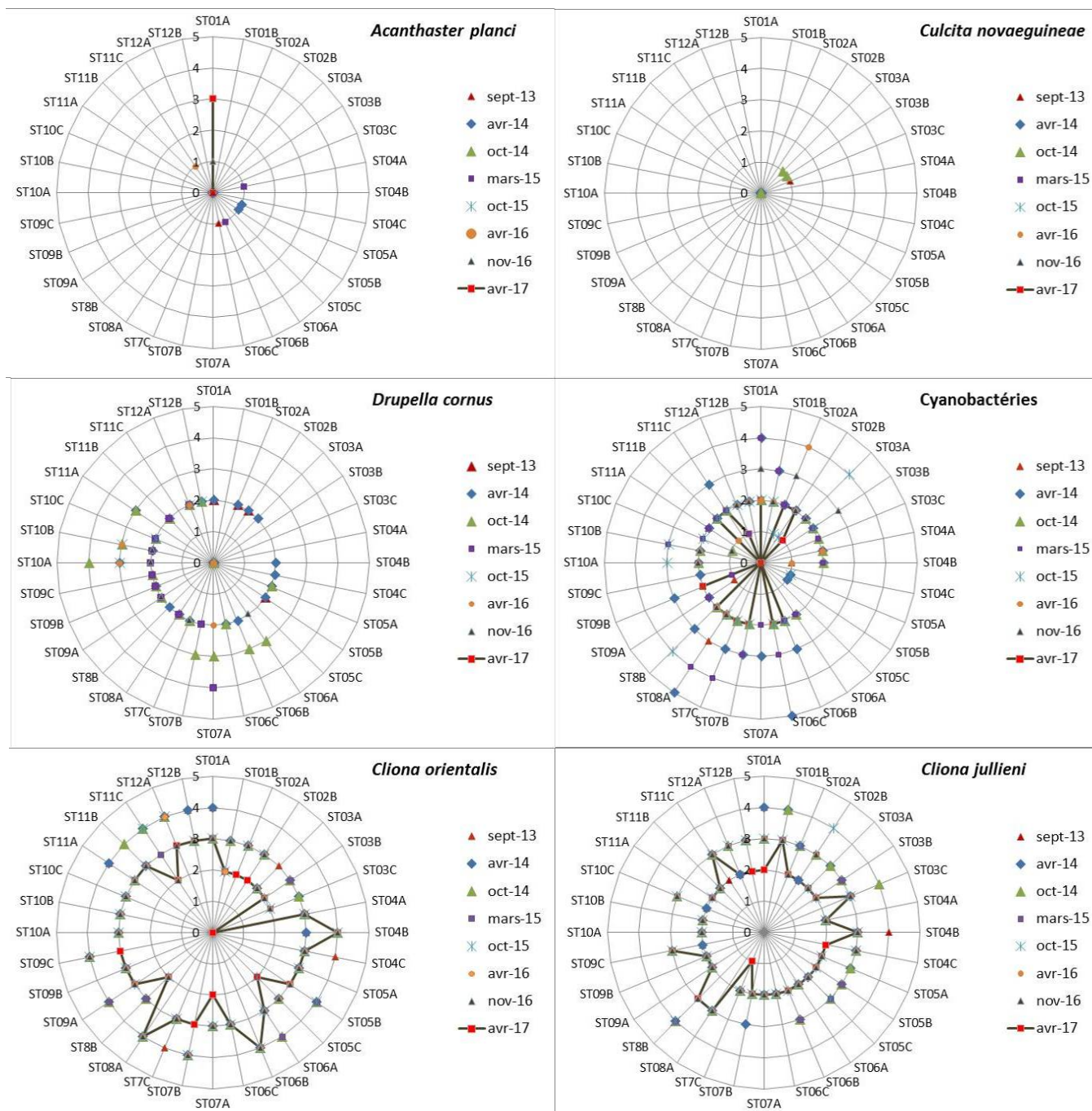


Figure n°91 : Abondance semi-quantitative (1 à 5) des principales espèces cibles depuis septembre 2013



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 pourraient 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).

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.

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.

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 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.



Les éponges encroûtante

Les éponges incrustantes *Cliona orientalis* et *Cliona jullieni* sont susceptibles de bénéficier des phases de dégradation corallienne pour se développer (plaques décimétriques à plurimétriques). Elles se déploient naturellement sur tous les substrats durs comme des débris et la dalle, mais une lutte chimique se réalise avec les coraux scléractiniaires pour le développement spatial.

Le développement des Cliones est à surveiller avec une grande attention car ces éponges sont en forte compétition spatiale avec les coraux. En effet, elles peuvent profiter de l'affaiblissement des coraux pour se développer.

De manière générale, l'espèce *Cliona orientalis* se développe plus facilement dans le niveau bathymétrique supérieur et l'espèce *C. jullieni* a un développement plus en profondeur (influence possible de la pénétration de la lumière).

Ces éponges sont abondantes dans toute la zone d'étude. Leur développement reste relativement stable mais il peut légèrement varier suite à des perturbations (mécanique ou sédimentaire).

Comme les coraux, suite aux événements dépressionnaires, le recouvrement diminue légèrement dans les zones très exposées et turbide.

En octobre 2014, leur développement varie peu par rapport aux missions précédentes. Cependant, quelques plaques décimétriques supplémentaires de *Cliona jullieni* 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 jullieni* : les transects couloirs ayant légèrement diminué d'abondance sont ST01B, ST03A, ST03C, ST05A et une très légère augmentation pour ST11A.

- *Cliona orientalis* : les transects couloirs ayant légèrement diminué d'abondance sont ST01B, ST03C, ST011B&C, ST05A.

En octobre 2015, le recouvrement des Cliones 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 jullieni* : le recouvrement se stabilise également, avec une légère 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 jullieni* : 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 jullieni* : diminution d'abondance en ST01A, ST02B, ST04C ST07C et ST12AB.

- *Cliona orientalis* : diminution d'abondance en ST01B, ST02AB, ST03C, ST05C, ST07A, ST09C.

6.2.3 Evolution globale des stations par rapport à novembre 2016

Les particularités de chaque station de suivi environnemental et les variations entre la mission de novembre 2016 et celle-ci (avril 2017) sont présentées dans le [tableau 119](#).



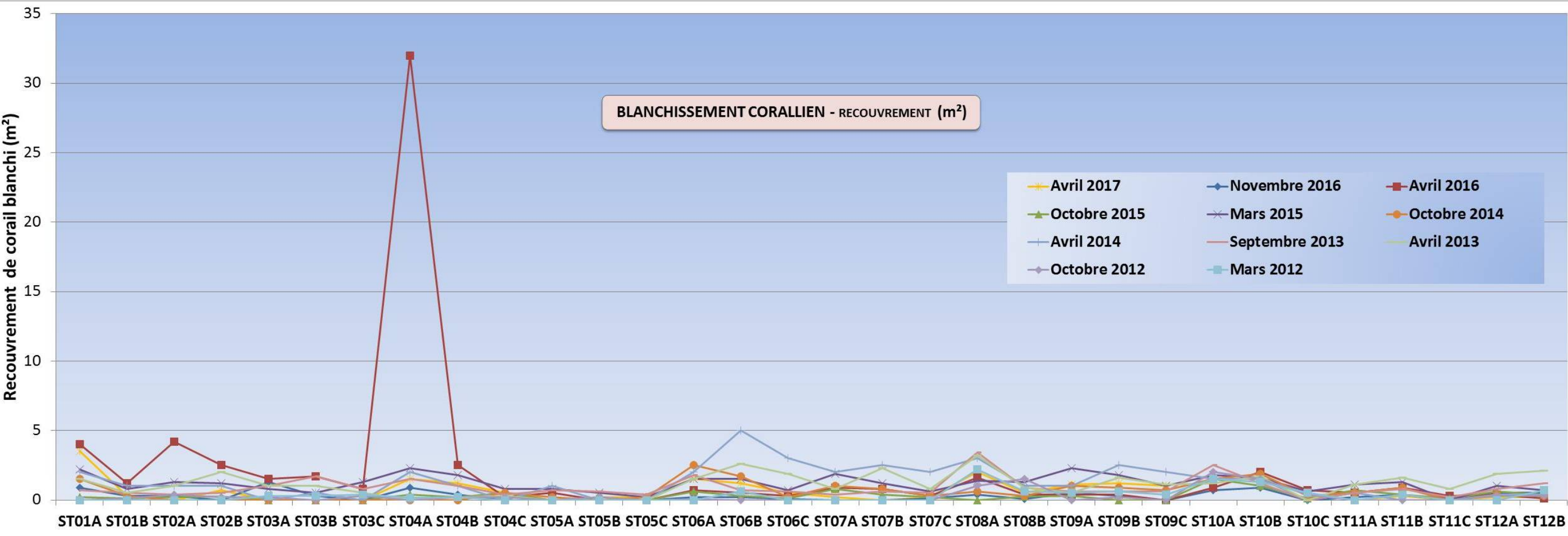


Figure n°92 : Comparaison du recouvrement de corail blanchi, par transect, depuis 2012
NB : Le protocole n'a jamais fois évolué depuis (cf. § 6.2.1).

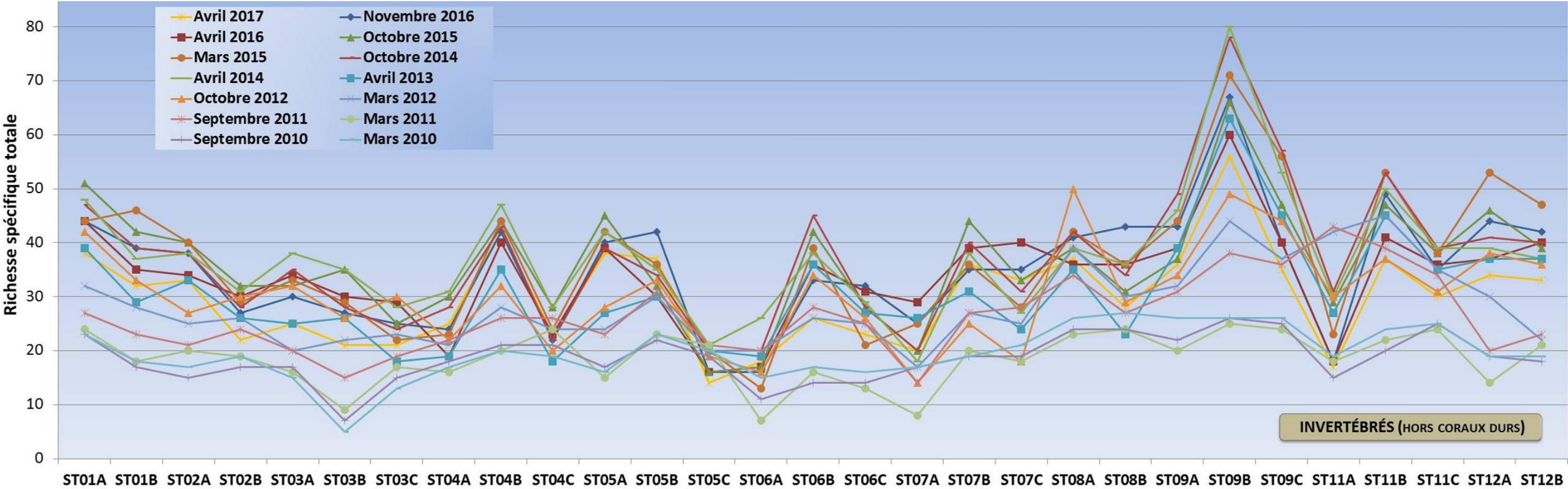


Figure n°93 : Comparaison des richesses spécifiques (invertébrés, hors coraux durs), par transect, depuis 2010
NB : Le protocole a plusieurs fois évolué depuis mars 2010 (cf. § 6.2.1).

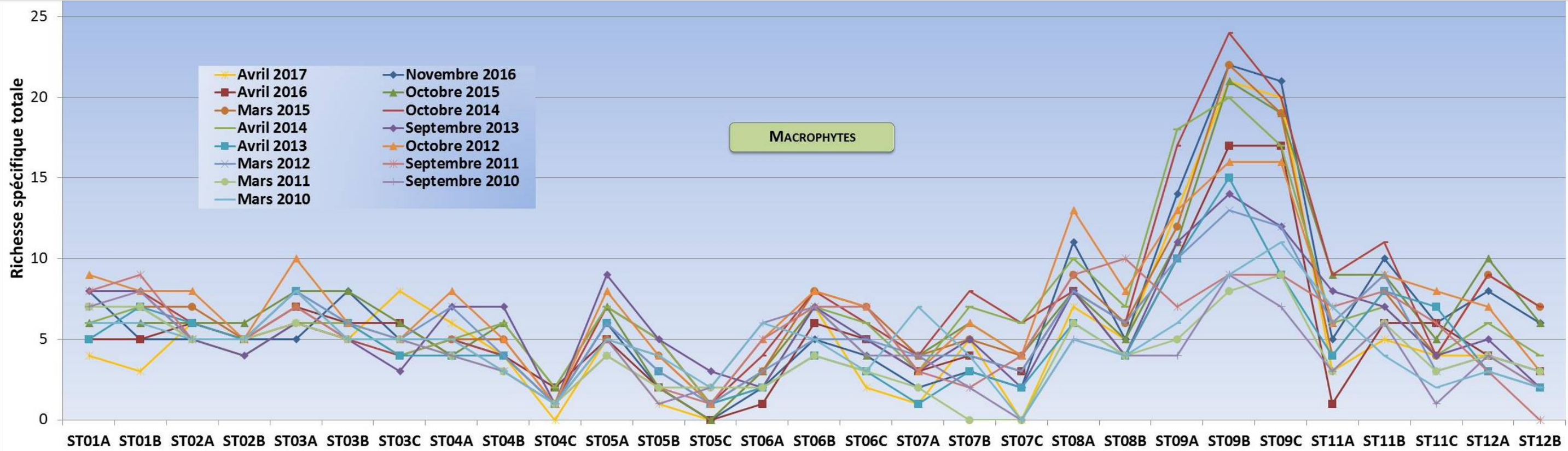


Figure n°94 : Comparaison des richesses spécifiques (macrophytes), par transect, depuis 2010
NB : Le protocole n'a jamais évolué depuis (cf. § 6.2.1).

Tableau n°117 : Evolution du taux de recouvrement du substrat entre novembre 2016 et avril 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	2	1	0	21	-35	7	-8	-22,5	-1	4	-13,5	3,5	-4	1	-3	2,5	1,5	4,5	-4,5	1,5	-52,5	0	-4,5	-1	-0,5	2	6	4,5	-12,5
Coraux scléractiniaires	4,5	0	1	11	0,5	-4,5	0,5	22	3	1,5	10,5	6,5	0,5	-0,5	1,5	-2,5	-1,5	-4,5	0	-2	0,5	0	4,5	-2	1	-0,5	-4	-5,5	8
Abiotique	-6,5	-1	-1	-32	34,5	-2,5	7,5	0,5	-2	-5,5	3	-10	3,5	-0,5	1,5	0	0	0	4,5	0,5	52	0	0	3	-0,5	-1,5	-2	1	4,5

Code couleur :

- Le taux de recouvrement a augmenté en avril 2017 par rapport à novembre 2016
- Le taux de recouvrement est équivalent (à +/- 20%) entre novembre 2016 et avril 2017
- Le taux de recouvrement a diminué en avril 2017 par rapport à novembre 2016

Tableau n°118 : Evolution de la richesse spécifique du benthos (hors coraux durs) entre novembre 2016 et avril 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	-4	-2	1	0	1	-3	3	1	0	-1	-1	-1	0	1	2	-2	-1	2	-2	-4	0	-1	-1	-1	-2	-5	-2	-4	-4
Cyanobactéries	0	-1	-1	0	-1	-2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	1	0	-1
Invertébrés	-6	-7	-5	-5	-5	-6	-4	1	0	1	-2	-5	-2	2	-7	-9	-5	1	-2	-4	-15	-7	-11	-5	-1	-12	-5	-10	-9
Richesse taxonomique totale	-10	-10	-5	-5	-5	-11	-1	2	0	0	-3	-6	-2	3	-4	-10	-6	4	-3	-8	-15	-8	-11	-6	-3	-16	-6	-14	-14

Code couleur :

- La richesse taxonomique a augmenté en avril 2017 par rapport à novembre 2016
- La richesse taxonomique est équivalente (à +/-2 taxa prêt) entre novembre 2016 et avril 2017
- La richesse taxonomique a diminué en avril 2017 par rapport à novembre 2016

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°119 : Particularités de chaque station et évolution entre novembre 2016 et avril 2017

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre novembre 2016 et avril 2017
Baie de Prony	ST01	Casy	↗ Etude de croissance de 7 colonies de <i>Pocillopora damicornis</i> colonisant les piquets du transect A depuis octobre 2008. En avril 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'<i>Acropora</i> 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 <i>Sarcophyton</i>) ↗ Compétition spatiale entre les alcyonaires, les éponges encroûtantes et les coraux ↗ Recouvrement modéré des éponges encroûtantes (<i>Cliona</i>) ↗ Richesse spécifique importante des macrophytes et des alcyonaires ↗ Présence des algues brunes <i>Sargassum</i> spp. (selon les saisons)	Indicateur Corail : - Le recouvrement corallien est de 9% au transect A et 4.5% en B - ↗ Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>Octobre 2015 : 0.15% ; Avril 2016 : 2.6% ; Novembre 2016 : 0.6% ;</i> Avril 2017 : 1.9% (lié à <i>Acanthaster planci</i>) - Lésions coralliennes : les colonies blanchies (3.5 m²) sont mortes en place et sans polype. Elles ont été mangées par les <i>Acanthaster planci</i>. Absence de la maladie de la bande blanche (ancienne colonies affectées sont mortes en place). De plus, quelques colonies supplémentaires sont mortes en place suite au blanchissement corallien du début d'année 2016 - Perturbations sédimentaires : RAS pour cette mission, absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes Autres indicateurs : - Cyanobactéries : recouvrement en baisse (niveau 2 et 0). 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 modéré (niveau 2) et stable - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : absente - <i>Cliona orientalis</i> : stable et diminution au transect A (niveau 2) - <i>Cliona jullieni</i> : stable et diminution au transect B (niveau 2) Les corallivores : - Absence de <i>Culcita novaeguineae</i> - Présence de 12 spécimens d'<i>Acanthaster planci</i> en A (prolifération) - Absence de <i>Drupella cornus</i>
	ST02	Creek baie nord	↗ 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'<i>Acropora</i> et <i>Anacropora</i> 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 (<i>Sarcophyton</i>) ↗ Hyper sédimentation : les petites colonies corallienne 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	Indicateur Corail : - Le recouvrement corallien est de 28% au transect A et 22% en B - Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>Octobre 2015 : 0.23% ; Avril 2016 : 3.35% ; Novembre 2016 : 0.15% ;</i> Avril 2017 : 0.35%. -Lésions coralliennes : maladie de la bande (1 colonie d'<i>Acropora</i> tabulaire), quelques taches noires (hypermycose endolithique) induites par la sédimentation. De plus, suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, quelques colonies sont mortes en place -Perturbations sédimentaires : fine couche sédimentaire sur les colonies coralliennes Autres indicateurs : - Cyanobactéries : recouvrement en diminution pour A (niveau 2) et stable en B. 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> : diminution aux 2 transects (niveau 2) - <i>Cliona jullieni</i> : stable et diminution au transect B (niveau 2) Les corallivores : - Absence des <i>Acanthaster planci</i> et des <i>Culcita novaeguineae</i> - Absence de <i>Drupella cornus</i>

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre novembre 2016 et avril 2017
	ST03	Port	↳ Originalité des espèces coralliennes adaptées à un milieu turbide - Présence de <i>Heliofungia actiniformis</i> aux transects A & B - 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 ↳ 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>	Indicateur Corail : - Le recouvrement corallien est de 6% au transect A, 26% en B et 12% en C - Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>Octobre 2015 : 0% ; Avril 2016 : 1.33% ; Novembre 2016 : 0.53% ;</i> Avril 2017 : 0%. - Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche. Par contre suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, des colonies d'<i>Acropora</i> tabulaires et branchues sont mortes en place dans les pourtours du transect A. De plus, la sédimentation et les algues brunes, <i>Lobophora</i>, entraînent des lésions irréversibles à la base des colonies branchues (surtout en B & C). - Perturbations sédimentaires : légers dépôts sédimentaires sur des colonies coralliennes aux 3 transects Autres indicateurs : - Cyanobactéries : recouvrement en diminution pour A & B (respectivement niveau 1 et absentes). Elles se développent sur les débris coralliens et à la base des <i>Acropora</i> branchus - Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens et les colonies mortes en place - Algue brune <i>Lobophora</i> : le recouvrement est modéré en A (niveau 3) et important en B (augmentation) et C (niveau 5 et 4) → caractère envahissant potentiel - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : absente - <i>Cliona orientalis</i> : stable et diminution au transect C (absent) - <i>Cliona jullieni</i> : stable Les corallivores : - Absence des <i>Acanthaster planci</i> et <i>Culcita novaeguineae</i> - Absence de <i>Drupella cornus</i>
Canal Woodin	ST04	Woodin	↳ 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	Indicateur Corail : - Le recouvrement corallien est de 40.5% au transect A, 25.5% en B et 7% en C - Le recouvrement corallien en A a fortement réaugmenté - Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>Octobre 2015 : 0.37% ; Avril 2016 : 11.57% ; Novembre 2016 : 0.43% ;</i> Avril 2017 : 1.07% - Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche. Les colonies anciennement affectées sont mortes en place. De plus, suite au blanchissement corallien du début d'année 2016, de nombreuses colonies sont mortes en place. La mortalité concerne principalement les colonies de <i>Seriatopora hystrix</i>, <i>Pocillopora damicornis</i> et d'<i>Acropora</i> spp. - Perturbations sédimentaires : RAS pour cette mission, absence de dépôt sédimentaire sur les colonies coralliennes. Cependant, selon les précipitations un petit creek se déverse sur le platier au-dessus de la station. Les transects A & B sont perturbés par les particules sédimentaires (colonies mortes en place ou nécrosées) Autres indicateurs : - Cyanobactéries : absentes (stabilité depuis les dernières missions) - 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>...). Son développement est modéré sur les débris coralliens et les colonies coralliennes mortes en place (au niveau médian de la pente récifale) - Algue brune <i>Lobophora</i> : le recouvrement reste stable en A & B (respectivement niveau 2 et 3) et il stable en C (absent) - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : absente - <i>Cliona orientalis</i> : stable et diminution au transect C (niveau 2) - <i>Cliona jullieni</i> : stable Les corallivores : - Absence des <i>Acanthaster planci</i> et des <i>Culcita novaeguineae</i> - Absence de <i>Drupella cornus</i>

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre novembre 2016 et avril 2017
Canal Havannah	ST05	Ioro	- 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 heliopora</i> - Mortalité corallienne (colonies en place) et nombreux débris - Les spongiaires (<i>Cliona jullieni</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 - Présence occasionnelle d’<i>Acanthaster planci</i>	Indicateur Corail : - Le recouvrement corallien est de 33.5% au transect A, 30.5% en B et 0.5% en C - Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>Octobre 2015 : 0% ; Avril 2016 : 0.17% ; Novembre 2016 : 0% ;</i> Avril 2017 : 0.13%. - Lésions coralliennes : maladie de la bande blanche (1 colonie <i>Acropora</i> tabulaire en A) et anomalie de croissance sur la grande colonie de <i>Diploastrea heliopora</i> (transect B) - Perturbations mécaniques et sédimentaires : RAS pour cette mission Autres indicateurs : - Cyanobactéries : absentes (stabilité depuis les dernières missions) - 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 en A (niveau2) et absent en B & C - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : absente - <i>Cliona orientalis</i> : stable et diminution en C (niveau 2) -<i>Cliona jullieni</i> : stable Les corallivores : - Absence d’<i>Acanthaster planci</i> et de <i>Culcita novaeguineae</i> - Absence de <i>Drupella cornus</i>
	ST06	Ionontea	- Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d’hydrodynamisme très important (courant de marée, houle et ressac) - Dégradation des communautés benthiques sur l’ensemble de la station à cause de l’hydrodynamisme important : arrachement et casse des colonies coralliennes au transect A, puis remobilisation et accumulation de débris et de blocs coralliens pour les autres transects B & C (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 jullieni</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>	Indicateur Corail : - Le recouvrement corallien est de 27% au transect A, 30.5% en B et 9% en C -  Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>Octobre 2015 : 0.33% ; Avril 2016 : 0.5% ; Novembre 2016 : 0.15% ;</i> Avril 2017 : 1.07% - Lésions coralliennes : maladie de la bande blanche (3 et 4 colonies <i>Acropora</i> tabulaire aux transects A & B). De plus en A, quelques colonies sont mortes ou nécrosées suite au blanchissement 2016 - 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 et colonies par la houle et le ressac) (hydrodynamisme important et remobilisation des débris par la houle et le ressac) Autres indicateurs : - Cyanobactéries : recouvrement en augmentation pour B & C (niveau 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 transects A & B (niveau 2) et diminue en C (absent) - <i>Cliona orientalis</i> : stable -<i>Cliona jullieni</i> : stable Les corallivores : - Absence des <i>Acanthaster planci</i> et des <i>Culcita novaeguineae</i> - Absence de <i>Drupella cornus</i> (diminution en A)
	ST07	Basse Chambeyron	- Originalité des peuplements coralliens adaptés à un milieu d’hydrodynamisme très important (courant de marée, houle et ressac) et taille relativement petite des colonies - 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 jullieni</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	Indicateur Corail : - Le recouvrement corallien est de 21.5% au transect A, 9% en B et 2% en C - Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>Octobre 2015 : 0.47% ; Avril 2016 : 0.67% ; Novembre 2016 : 0.03% ;</i> Avril 2017 : 0.13% - Lésions coralliennes : maladie de la bande blanche (4 colonies <i>Acropora</i> tabulaire en B). De plus en A, quelques colonies sont mortes ou nécrosées suite au blanchissement de 2016 - Dégradations mécaniques (Winston 2016, Cook et Donna, 2017) avec remobilisation des débris et de colonies en B. De nombreuses colonies ne sont plus fixées sur le substrat Autres indicateurs : - Cyanobactéries : recouvrement en augmentation pour les transects B & C (niveau 2). Elles se développent sur les colonies mortes en place (surtout <i>Acropora</i>)

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre novembre 2016 et avril 2017
			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>	- 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 en B (niveau 2) et diminue en A & C (absent) - <i>Cliona orientalis</i> : stable et diminution en A (niveau 2) -<i>Cliona jullieni</i> : stable et diminution en C (niveau 1) Les corallivores : - Absence des <i>Acanthaster planci</i> et des <i>Culcita novaeguineae</i> - Absence de <i>Drupella cornus</i> aux 3 transects (diminution en C)
	ST08	Puka	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) - baisse recouvrement et diversité corallienne : mortalité importante, coraux tabulaires retournés et nombreux débris coralliens - maladies coralliennes affectant un grand nombre d'espèce depuis mars 2011 - développement des spongiaires (<i>Cliona</i>) - développement des corallivores (<i>Drupella cornus</i>) - développement de turf algal et de cyanobactéries Les colonies coralliennes malades sont pour la plupart mortes en place en octobre 2014 (maladie de la bande blanche et perte de tissu) → 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)	Indicateur Corail : - Le recouvrement corallien est de 18.5% au transect A et 2% en B - ➤ Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>Octobre 2015 : 0.13% ; Avril 2016 : 1% ; Novembre 2016 : 0.23% ;</i> Avril 2017 : 1.25% - Lésions coralliennes : maladie de la bande blanche (4 colonies <i>Acropora</i> tabulaire en A). La maladie de la tâche noire (hypermycose endolithique) ne paraît 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 - Perturbations sédimentaires : fine couche sédimentaire en A. Des nécroses sont observées sur des colonies coralliennes Autres indicateurs : - Cyanobactéries : recouvrement stable (niveau 2). Elles colonisent principalement quelques colonies coralliennes mortes en place et les débris coralliens - 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 et stable en B (niveau 2) - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : le recouvrement diminue en A (niveau 2) et reste stable en B (niveau 2) - <i>Cliona orientalis</i> : stable -<i>Cliona jullieni</i> : stable Les corallivores : - Absence des <i>Acanthaster planci</i> et des <i>Culcita novaeguineae</i> - Absence de <i>Drupella cornus</i>
	ST09	Bancs Kié	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 : - 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>)	Indicateur Corail : - Le recouvrement corallien est de 20% au transect A, 16% en B et 15.5 % en C - ➤ Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>Octobre 2015 : 0.1% ; Avril 2016 : 0.27% ; Novembre 2016 : 0.27% ;</i> Avril 2017 : 1.1% - Lésions coralliennes : maladie de la bande blanche (3 colonies <i>Acropora</i> tabulaire en A et en B). De plus en A., quelques colonies sont mortes ou nécrosées suite au blanchissement 2016 - 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 et colonies par la houle et le ressac, particulièrement en A & B en fin de transect) Autres indicateurs : - Cyanobactéries : recouvrement en augmentation pour B (niveau 2). Elles se développent sur les colonies mortes en place (surtout <i>Acropora</i>) - Le turf algal se développe abondamment sur les débris coralliens et la dalle - Algue brune <i>Lobophora</i> : le recouvrement reste stable : absent en A et faible en B & C (niveau 2) - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : le recouvrement reste stable aux 3 transects (niveau 2). - <i>Cliona orientalis</i> : stable et diminution en C (niveau 3)

Localisation	Station		Particularités des stations	Variations des biocénoses entre novembre 2016 et avril 2017
			- 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	-<i>Cliona jullieni</i> : stable Les corallivores : - Absence des <i>Acanthaster planci</i> et des <i>Culcita novaeguineae</i> - Absence de <i>Drupella cornus</i> : diminution en A et stable en B & C
	ST11	Toémo	☞ Les conditions hydrodynamiques sont soutenues durant toute l'année (courant, ressac, houle) ☞ Ce récif a subi des dégradations durant les événements cycloniques du début d'année 2011 (Vania, Zelia), le cyclone de janvier 2013 (Fréda) et dans une moindre mesure 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 scléractiniaires 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	Indicateur Corail : - Le recouvrement corallien est de 35% au transect A, 29.5% en B et 3% en C - Blanchissement corallien (surface totale observée) : <i>Octobre 2015 : 0.4% ; Avril 2016 : 0.57% ; Novembre 2016 : 0.2% ; Avril 2017 : 0.1%</i> - Lésions coralliennes : Absence de la maladie de la bande blanche. Les anciennes colonies malades en B sont mortes en place - Dégradations mécaniques (Winston 2016, Cook et Donna, 2017) : remobilisation en B. 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 pour B & C (niveau 2). Elles se développent sur les colonies mortes en place (surtout <i>Acropora</i>) - Le turf algal se développe modérément sur les débris coralliens particulièrement en B & C - Algue brune <i>Lobophora</i> : absente - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : absente (forte diminution) - <i>Cliona orientalis</i> : stable -<i>Cliona jullieni</i> : stable Les corallivores : - Absence des <i>Acanthaster planci</i> et des <i>Culcita novaeguineae</i> - Absence de <i>Drupella cornus</i>
	ST12	Ugo	☞ 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 jullieni</i> et <i>C. orientalis</i>) sont relativement bien développées et colonisent les massifs coralliens vivants et les blocs coralliens	Indicateur Corail : - Le recouvrement corallien est de 26.5% 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%</i> - Lésions coralliennes : absence de la maladie de la bande blanche. Les anciennes colonies malades sont mortes en place en B. Il y a également quelques anomalies de croissance sur des colonies de <i>Porites</i> en A et une tâche de syndrome blanc - 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 diminution en A (niveau 1). Elles se développent très faiblement sur les débris coralliens remobilisés dans les couloirs d'effondrement - 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> : absente - Algue rouge <i>Asparagopsis taxiformis</i> : absente et en diminution - <i>Cliona orientalis</i> : stable. -<i>Cliona jullieni</i> : diminution en A & B (niveau 2) Les corallivores : - Absence des <i>Acanthaster planci</i> et des <i>Culcita novaeguineae</i> - Absence de <i>Drupella cornus</i>

6.3 Ichtyologie

Ce chapitre présente les résultats obtenus en avril 2017 sur le peuplement de poissons et les comparent aux résultats des missions précédentes qui lui sont comparables à savoir celles de 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015 et 2016.

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 : $B\gamma = \cup B\alpha_i$

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 précédent [10].

6.3.1.1 Comparaison entre années

Ho : Homogénéité des missions. En d'autres termes : Pour un même paramètre, trouve-t-on lors de chaque mission un schéma spatial (dispersion des valeurs du paramètre) similaire à celui de la période d'étude toute entière ?

6.3.1.1.1 La densité

Tableau n°120 : Analyse de la Variance des 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
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
	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
	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
	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
	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
	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
	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
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
	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
	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
	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
	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
	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
	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
	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
	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
	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
	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
	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

μ = moyenne ; σ = écart type ; IC $\pm$ = intervalle de confiance ; CV. = coefficient de variation

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)

ANOVA	k1	k2	F _{obs}	F _{0,95}	Ho
Prony	17	36	2,40	1,92	Ref
Havannah.	17	126	2,81	1,69	Ref

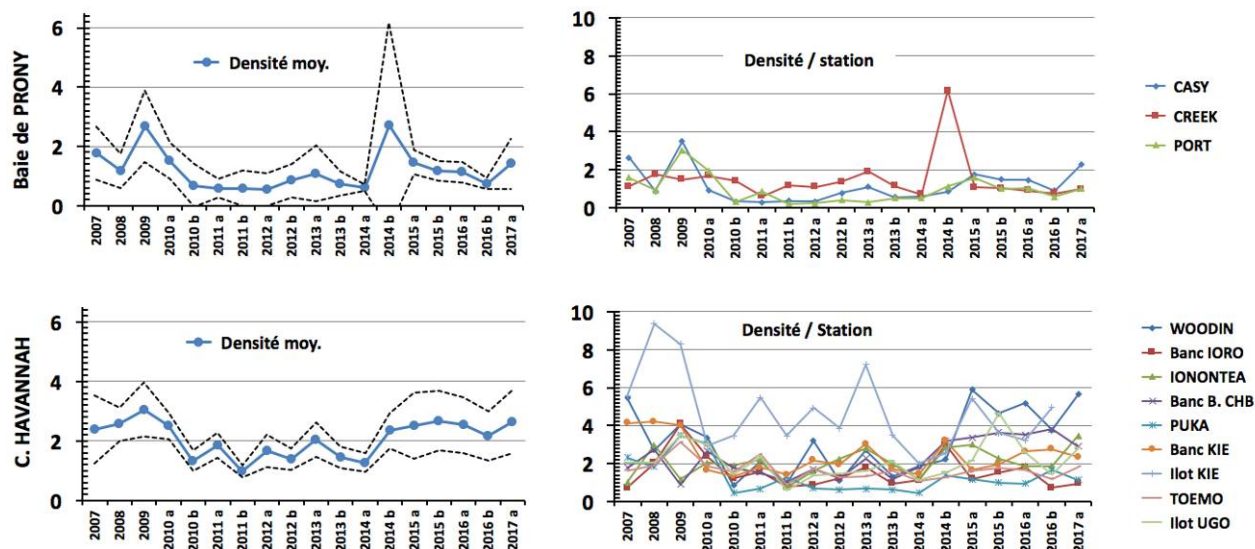


Figure n°95 : Evolution des densités ichtyologiques moyennes depuis 2007, par campagne

L'analyse des variances de la densité pour les différentes campagnes (cf. [tableau 167](#)) montre une **hétérogénéité pour toutes les stations**.

6.3.1.1.2 La biomasse

Tableau n°121 : Analyse de la Variance des 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
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
	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
	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
	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
	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
	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
	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
Havannah	ST04	408	268	456	461	39	731	65	447	106	87	98	86	392	510	610	747	108	250
	ST05	48	58	316	94	38	661	41	51	100	130	126	84	416	174	241	127	52	170
	ST06	1322	386	227	488	93	688	77	152	353	760	192	69	622	750	211	151	151	527
	ST07	155	147	57	85	104	855	71	176	179	175	62	111	874	359	439	260	283	275
	ST08	67	88	53	58	12	28	40	5	7	27	13	9	135	28	20	12	10	57
	ST09	608	274	63	303	11	593	119	96	99	41	79	109	377	158	149	75	31	40
	ST10	882	452	294	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
	ST12	50	50	73	64	14	80	14	52	49	58	95	72	189	46	383	42	7	20
	μ	413	198	180	214	107	537	91	129	136	178	279	89	378	328	283	195	92	170
	σ	446	152	148	176	180	353	104	130	103	231	571	56	249	294	197	222	92	177
	IC ±	297	101	99	117	120	235	69	87	69	154	380	38	166	196	131	148	61	125
	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

μ = moyenne ; σ = écart type ; IC ± = intervalle de confiance ; CV. = coefficient de variation

ANOVA	k1	k2	F _{obs}	F _{0,95}	Ho
Prony	17	36	1,27	1,93	Acc
Havannah.	17	126	3,13	1,69	Ref

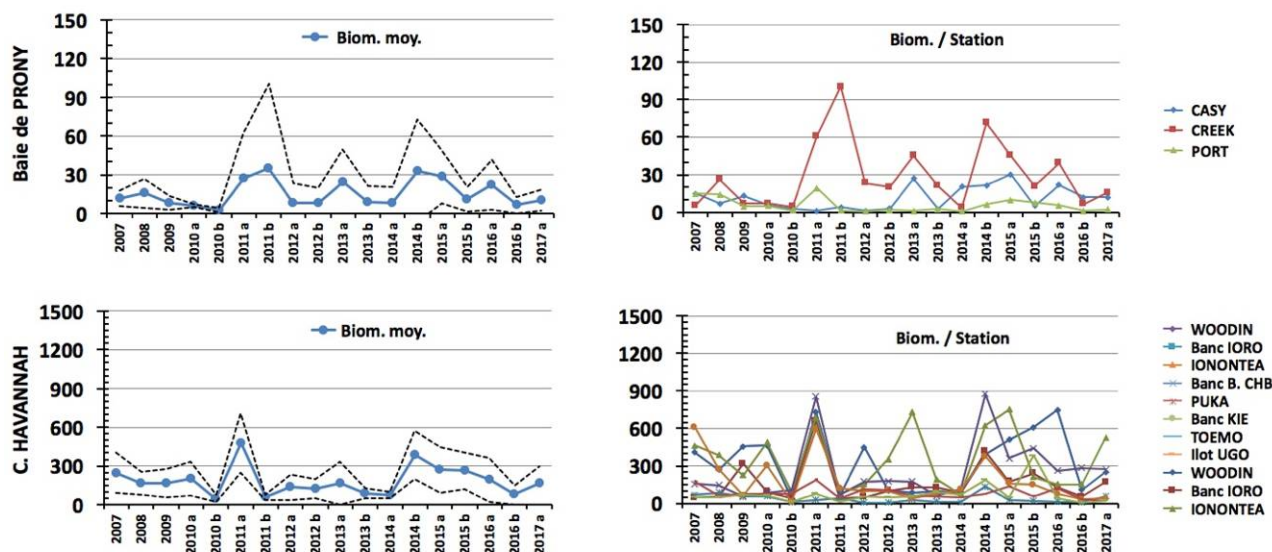


Figure n°96 : Evolution des biomasses ichthyologiques moyennes depuis 2007, par campagne

L'analyse des variances de la biomasse 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**.

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 122](#)) montre une **hétérogénéité pour toutes les stations**.

Tableau n°122 : Analyse de la Variance des biodiversités 1 ichthyologiques par campagne

Biodiversi té 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
Prony	ST01	16	9	11	13	11	12	13	9	12	18	9	20	21	30	19	20	29	24
	ST02	6	12	9	10	8	13	16	14	16	8	29	10	27	30	17	20	22	20
	ST03	15	14	9	10	11	16	13	14	18	13	23	22	20	27	30	23	23	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
	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
	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
	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
Havann ah	ST04	37	39	35	54	26	64	42	51	48	47	47	52	50	71	72	80	70	73
	ST05	22	30	44	42	24	56	43	36	41	48	44	47	51	64	56	62	54	43
	ST06	45	41	31	44	37	51	46	44	53	80	58	40	49	80	58	55	55	66
	ST07	33	44	29	45	38	46	43	44	53	46	52	43	64	70	66	58	62	66

ST08	28	30	28	29	14	26	33	27	23	26	28	26	29	38	31	33	30	31
ST09	36	32	35	34	28	39	48	45	37	43	48	39	52	62	50	49	47	52
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
ST12	28	28	23	41	18	30	25	34	34	35	37	28	28	30	26	28	37	31
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
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
IC $\pm$	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
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

μ = moyenne ; σ = écart type ; IC $\pm$ = intervalle de confiance ; CV. = coefficient de variation

ANOVA	k1	k2	F _{obs}	F _{0,95}	Ho
Prony	17	36	5,08	1,92	Ref
Havannah.	17	126	3,60	1,69	Ref

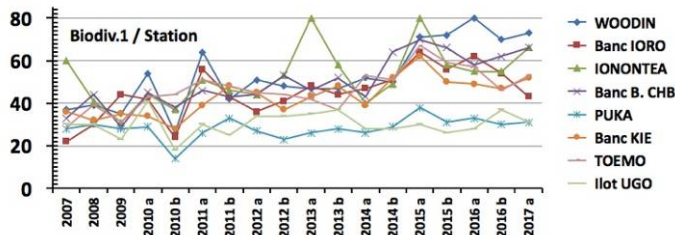
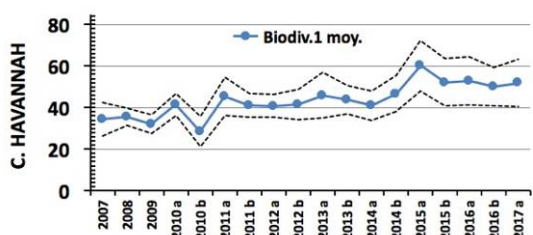
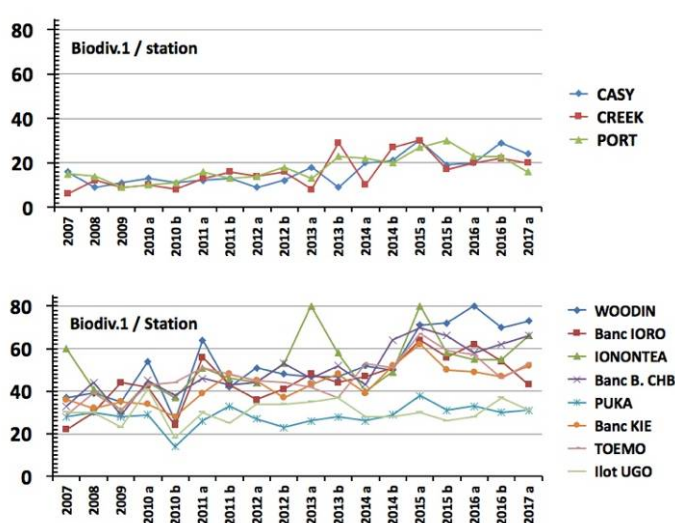
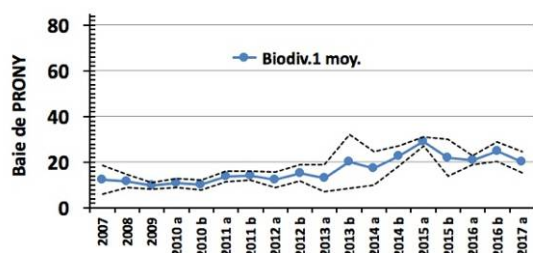


Figure n°97 : Evolution des biodiversités 1 ichtyologiques moyennes depuis 2007, par campagne

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 123](#)) montre une **hétérogénéité pour toutes les stations.**

Tableau n°123 : Analyse de la Variance des 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
Prony	ST01	34	47	56	66	55	37	37	56	49	58	39	72	75	76	73	44	78	75
	ST02	33	30	34	47	55	35	54	52	51	68	61	54	69	69	70	41	66	53
	ST03	34	47	39	50	64	64	66	59	55	62	53	53	66	74	74	41	72	60
	μ	34	41	43	54	58	45	52	56	52	63	51	60	70	73,0	72,3	42,0	72,0	62,7
	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
	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
	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	0,11
Havannah	ST04	54	89	81	110	92	111	88	108	90	110	92	122	115	140	120	124	114	126
	ST05	50	52	69	79	66	94	84	88	96	115	104	114	91	113	109	108	103	94
	ST06	60	67	81	94	81	102	124	125	123	140	117	113	126	156	112	119	119	125
	ST07	56	82	106	113	86	97	91	100	102	114	101	112	114	116	111	120	115	117
	ST08	44	68	66	80	41	76	101	98	77	76	61	95	103	101	79	98	94	88

ST09	55	62	60	66	75	86	91	100	95	98	98	113	117	118	113	117	119	114
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
ST12	77	77	70	92	50	81	80	75	81	86	82	91	94	91	87	80	89	87
μ	59	71	80	100	77	99	101	106	101	109	100	113	113	120	110	114	114	108
σ	13	11	19	29	22	18	21	21	19	25	24	19	18	21	20	18	18	16
IC $\pm$	9	7	13	20	15	12	14	14	13	17	16	13	12	14	13	12	12	11
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

μ = moyenne ; σ = écart type ; IC $\pm$ = intervalle de confiance ; CV. = coefficient de variation

ANOVA	k1	k2	F _{obs}	F _{0,95}	Ho
Prony	17	36	5,67	1,92	Ref
Havannah.	17	126	9,52	1,69	Ref

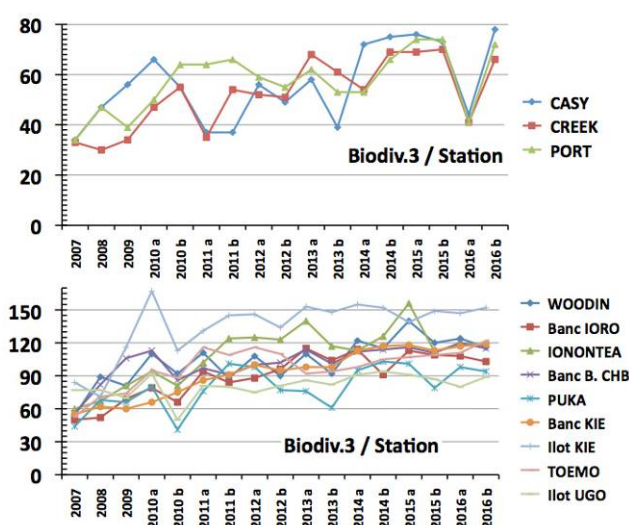
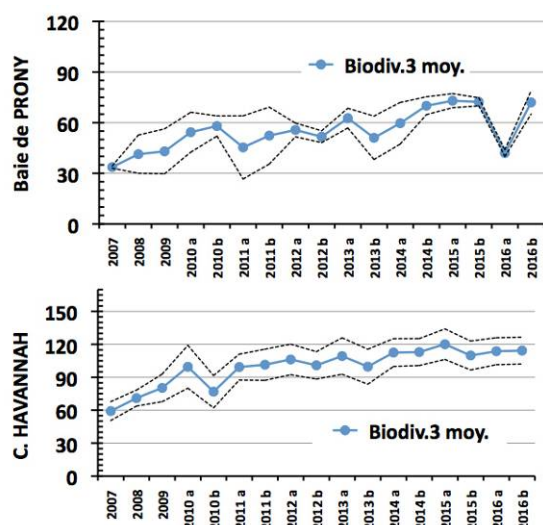


Figure n°98 : Evolution des biodiversités 3 ichtyologiques moyennes depuis 2007, par campagne

6.3.1.2 Comparaison entre stations

Ho : Homogénéité des stations. En d'autres termes : Pour un même paramètre, trouve t-on 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 124](#)) 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°124 : 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
2017a	2,27	0,98	1,00	5,65	0,96	3,48	2,91	1,15	2,35		2,82	5,65
μ	1,17	1,46	0,95	3,17	1,55	2,16	2,28	1,31	2,41		1,66	2,11
σ	0,88	1,23	0,72	1,7	0,9	0,7	1,0	0,9	1,0		0,5	1,0
Int. de C.	0,42	0,58	0,34	0,8	0,4	0,3	0,5	0,4	0,4		0,2	0,5
Coef. de Var.	0,76	0,84	0,76	0,5	0,6	0,3	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}			$F_{0,95} (F_{0,9995})$					
PRONY	2	51		1,27			3,18 (8,88)			Acceptée		
C. HAVANNAH	7	136		6,31			2,09 (4,06)			Rejetée		

n : nombre de missions depuis 2007 ; μ : moyennes ; σ : écart type ; **Int. de C.** : intervalle de confiance

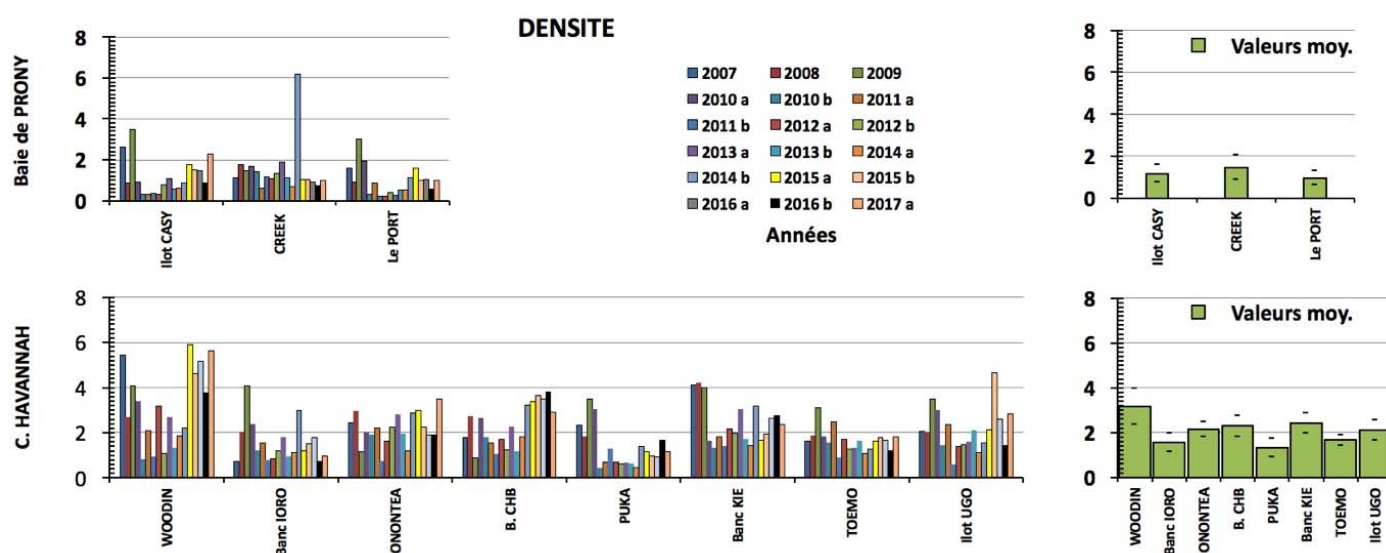


Figure n°99 : Evolution des densités ichthyologiques moyennes depuis 2007, par station

6.3.1.2.2 La biomasse

L'analyse des variances de la biomasse pour les différentes stations (cf. [tableau 125](#)) montre une **hétérogénéité pour toutes les campagnes**, quelque soit le site.

Tableau n°125 : 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	1322	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	1015	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	1795	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	19	20	250
μ σ Int. de C. Coef. de Var.	11,3	29,0	5,5	326,0	162,5	351,6	256,8	37,2	179,2		83,8	75,4
	9,4	26,8	5,5	235,1	161,0	237,2	237,4	34,3	182,3		47,2	86,8
	4,4	12,7	2,6	110,8	75,9	111,8	111,9	16,2	85,9		22,3	40,9
	0,8	0,9	1,0	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		51	9,65				3,18 (8,88)		Rejetée		
C. HAVANNAH	7		136	8,42				2,09 (4,06)		Rejetée		

n : nombre de missions depuis 2007 ; μ : moyennes ; σ : écart type ; Int. de C. : intervalle de confiance

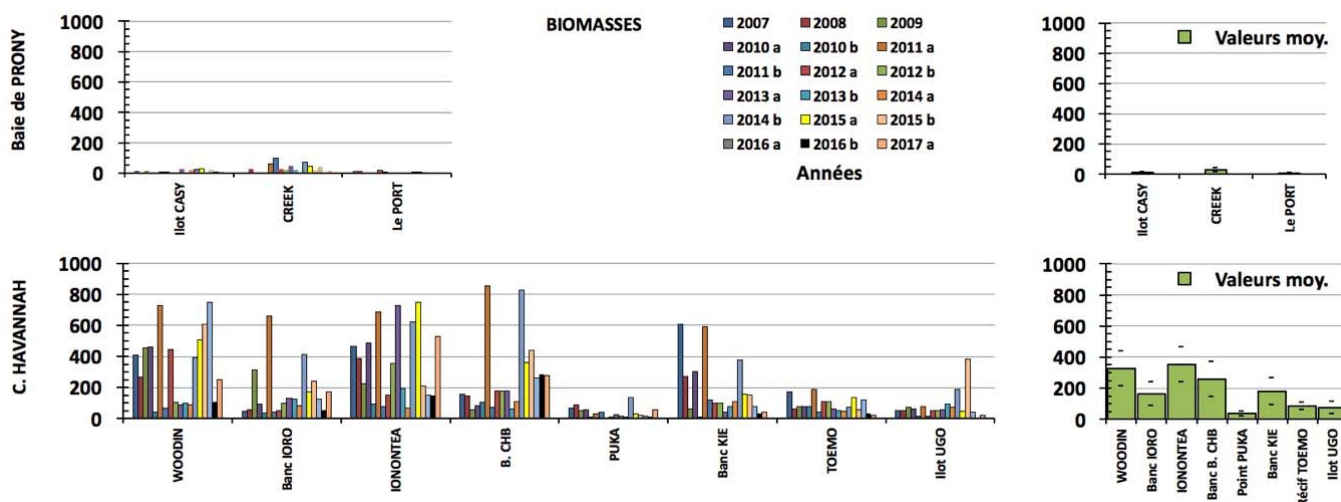


Figure n°100 : Evolution des biomasses ichthyologiques moyennes depuis 2007, par station

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

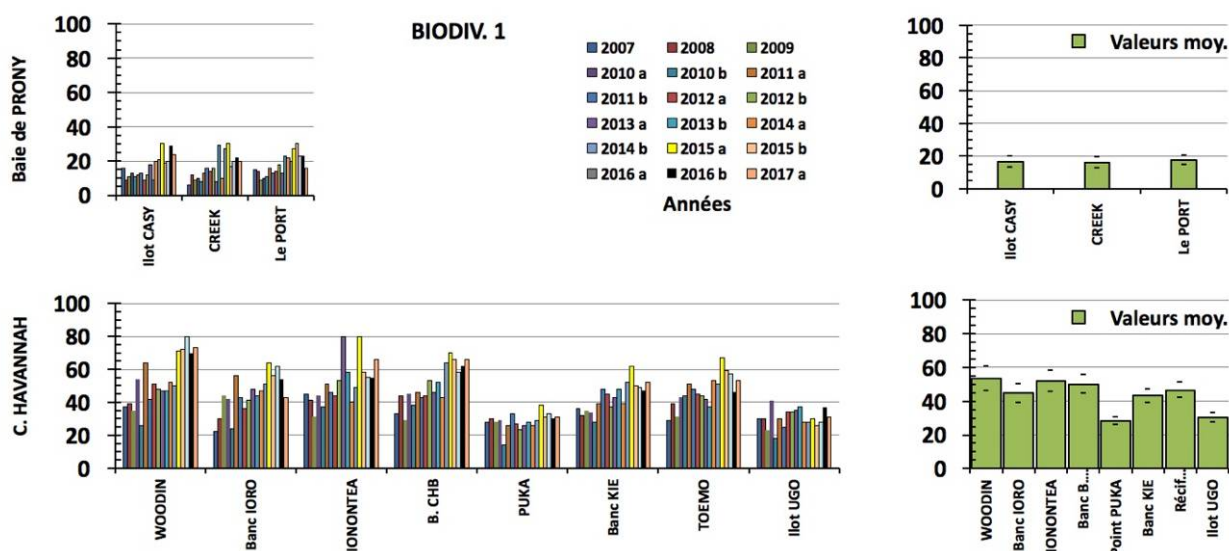
La biodiversité 1 correspond aux espèces de la liste restreinte rencontrées sur les transects.

L'analyse des variances de la biodiversité 1 pour les différentes stations (cf. [tableau 126](#)) montre une **hétérogénéité pour toutes les campagnes**, quelque soit le site.

Tableau n°126 : *Analyse de la Variance des biodiversités 1 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	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
μ	16,4	15,9	17,6	53,2	44,8	51,8	50,1	28,3	43,1		46,6	30,3
σ	6,6	7,4	6,0	15,3	11,7	13,3	12,0	4,9	8,7		9,6	5,5
Int. de C.	3,1	3,5	2,8	7,2	5,5	6,3	5,6	2,3	4,1		4,5	2,6
Coef. de Var.	0,40	0,46	0,34	0,29	0,26	0,26	0,24	0,17	0,20		0,21	0,18
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		51	3,40			3,18 (8,88)			Refusée		
C. HAVANNAH	7		136	14,08			2,09 (4,06)			Refusée		

n : nombre de missions depuis 2007 ; μ : moyennes ; σ : écart type ; Int. de C. : intervalle de confiance

Figure n°101 : *Evolution des biodiversités 1 ichthyologiques 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 127](#)) 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°127 : *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
μ	58,8	53,6	58,6	104,9	90,5	110,2	102,9	80,3	94,3		98,9	81,7
σ	15,6	13,3	11,2	20,5	20,4	25,0	16,1	18,9	22,2		18,1	10,3
Int. de C.	7,4	6,3	5,3	9,7	9,6	11,8	7,6	8,9	10,5		8,5	4,8
Coef. de Var.	0,27	0,25	0,19	0,20	0,23	0,23	0,16	0,24	0,24		0,18	0,13
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		51	1,13			3,18 (8,88)			Acceptée		
HAVANNAH	7		136	5,61			2,09 (4,06)			Refusée		

n : nombre de missions depuis 2007 ; μ : moyennes ; σ : écart type ; Int. de C. : intervalle de confiance

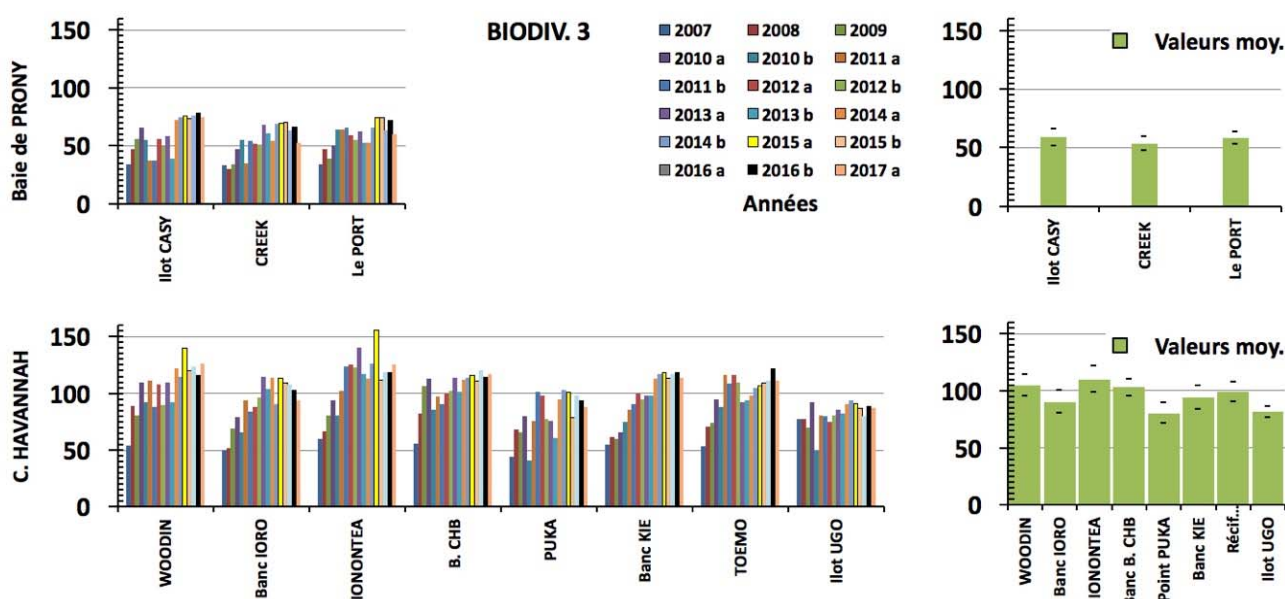


Figure n°102 : *Evolution des biodiversités 3 ichtyologiques moyennes depuis 2007, par station*

6.3.1.3 Synthèse

Les tableaux 128 et 129 récapitulent les résultats quant aux tests d'homogénéités des résultats selon les années et selon les stations.

Tableau n°128 : *Récapitulatif de la comparaison temporelle*

Ho = Hypothèse d'égalité des variances : homogénéité des missions (17)					
	Paramètres testés	Densité	Biomasse g/m ²	Biodiv 1	Biodiv 3
pour	les stations de Prony	Rejet *	Accep. *	Rejet ***	Rejet ***
	les stations du Canal	Rejet *	Rejet **	Rejet **	Rejet ***

Tableau n°129 : *Récapitulatif de la comparaison spatiale*

Ho = Hypothèse d'égalité des variances : homogénéité des stations (12)					
	Paramètres testés	Densité	Biomasse g/m ²	Biodiv 1	Biodiv 3
pour	les stations de Prony	Accep. *	Rejet ***	Rejet *	Accep. **
	les stations du Canal	Rejet ***	Rejet ***	Rejet ***	Rejet **

A Prony, les biomasses sont toujours globalement faibles (tableau 128) mais contrastées (tableau 129) et c'est l'inverse pour les densités. La biodiversité présente des aléas dans le temps mais réagit de façon unanime d'une station à l'autre.

Rappelons qu'il s'agit d'un groupe de seulement 3 stations et très pauvres.

Dans le canal de la Havannah, il y a de grandes disparités entre les stations et entre les missions. Malgré tout, quelques groupages de stations et de missions peuvent être réalisées (cf. § suivant).

En marge du questionnement principal, il est possible de comparer les variances spatiales (entre stations) des variances temporelles (entre missions) afin de se faire une idée comparative globale entre les variations des paramètres d'une mission à l'autre : i.e. dans le temps, et une idée comparative globale entre les variations des paramètres d'une station à l'autre : i.e. dans l'espace.

Le tableau 130 présente le résultat d'un F-test entre les variances dans l'espace et les variances dans le temps. i.e. entre stations et les variances entre missions et pour les 3 paramètres.

Tableau n°130 : *Comparaisons des variances ichthyologiques entre missions vs entre stations*

ZONES	Paramètres	Ho : $Var(Stations) = Var(Missions)$				CV
		F _{obs}	ddl	F _{0,95}	Interprétation	
Baie de Prony	Densité	6,54	k ₁ =2	3,59	Ho rejetée	0,52
	Biomasse	1,43	k ₂ =17		Ho accept.	0,89
	Biodiversité 3	2,50			Ho accept.	0,14
Canal de la Havannah	Densité	1,06	k ₁ =7	2,61	Ho accept.	0,43
	Biomasse	1,09	k ₂ =17		Ho accept.	0,87
	Biodiversité 3	2,32			Ho accept.	0,16

$$CV \text{ (Coef. de Variation)} = \sigma/\mu$$

Cette comparaison montre que dans les deux zones, baie de Prony et canal de la Havannah, les variations des 3 paramètres entre missions sont du même ordre de grandeur que les variations entre stations, sauf pour la densité à Prony, ceci sans doute du fait de la visibilité.

Rappelons une nouvelle fois que la baie de Prony est peuplée de nombreux juvéniles – soulignons qu'au niveau des transects, la station du Port (ST03) ne présente **que** des juvéniles – qui se renouvellent dans l'année au rythme des pontes des différentes espèces. Ce caractère s'ajoute aux différences entre les stations de Prony et celles du canal de la Havannah.

6.3.2 Test non paramétrique

Les résultats des ANOVA montrent que la nature des variances qui sont associées aux mesures des paramètres choisis (densité, biomasse et biodiversité limitée) obère la description des liens dynamiques qui animent le milieu marin du sud. L'importance des variances spatiales, c'est-à-dire entre stations et l'importance des variances temporelles, c'est-à-dire entre missions, ne permettent pas d'avoir une vision informative satisfaisante sur ce qui se passe réellement dans cet environnement marin.

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 interchangeables¹⁸. 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.

- 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 préétabli. 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 12, si bien que la somme en colonne correspond à un classement des années. Ce classement sera pertinent si l' H_0 est rejetée. Sinon les différences observées sont fortuites, le tableau est homogène.

¹⁸ 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.

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 17, si bien que la somme en ligne correspond à un classement des stations. Ce classement sera pertinent si l' H_0 est rejetée. Sinon les différences observées sont fortuites.

Ce traitement sera appliqué à chaque paramètre.

Formule du χ^2 de Friedman :

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

Où :

Y est la somme des rangs en colonne (1) ou en ligne (2) ;

En (1), p désigne le nombre de stations et q est le nombre de missions ;

En (2), p désigne le nombre de missions et q est le nombre de stations.

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

Tableau n°131 : *Test de Friedman (analyses spatiales et temporelles, ichtyologie)*

(A) Toutes STATIONS (ddl = 10)				
(11 stations)	Densité	Biomasse	Biodiv. 1	Biodiv. 3
χ^2_{obs}	86,33	131,9	146,2	139,4
$\chi^2_{\text{tab } 0,95} = 19,7$ $\chi^2_{\text{tab } 0,999} = 33,1$				

(D) Toutes MISSIONS depuis 2007 (ddl = 17)				
2007—2016b	Densité	Biomasse	Biodiv. 1	Biodiv. 3
χ^2_{obs}	74,02	67,21	71,26	114,45
$\chi^2_{\text{tab } 0,95} = 27,6$ $\chi^2_{\text{tab } 0,999} = 42,9$				

(B) STATIONS de la baie de Prony (ddl = 2)				
(3 stations)	Densité	Biomasse	Biodiv. 1	Biodiv. 3
χ^2_{obs}	1,33	11,08	0,86	6,78
$\chi^2_{\text{tab } 0,95} = 5,99$ $\chi^2_{\text{tab } 0,999} = 15,2$				

(C) STATIONS du canal de la Havannah (ddl = 7)				
(8 stations)	Densité	Biomasse	Biodiv. 1	Biodiv. 3
χ^2_{obs}	40,73	88,09	72,15	62,94
$\chi^2_{\text{tab } 0,95} = 14,1$ $\chi^2_{\text{tab } 0,999} = 26,0$				

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

Le tableau 131 montre que toutes les valeurs des parties A, C et D rejettent l' H_0 bien au-delà de la probabilité P(0,999) voire même P(0,9995). En B (Prony) en revanche, l' H_0 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 132).

Tableau n°132 : *Classement des stations (A) et des missions (B) (ichtyologie)*

A - Stations	Classement des Stations					
	D	B	B α 1	note	Rangs	
					2017a	2016b
CASY	6	2	3	3,50	9	9
CREEK	2	3	2	2,25	10	10
PORT	3	1	1	1,50	11	11
WOODIN	11	9	11	10,50	1	2
IORO	1	8	6	5,25	7	5
IONONTEA	10	11	9	9,75	2	3
B. CHBEY	9	10	10	9,75	2	1
PUKA	4	7	4	4,75	8	8
Banc KIE	7	6	7	6,75	4	4
Ilot KIE						
TOEMO	5	4	8	6,25	5	6
UGO	8	5	5	5,75	6	7
Rappel : Note = (Densité + Biomasse + 2 * B α .1)/4.						

B - Missions	Classement des Missions					
	D	B	B α 1	note	Rangs	
					2017a	2016b
2007	3	2	16	9,25	9	9
2008	8	10	15	12,00	5	8
2009	1	9	17	11,00	8	7
2010 a	6	7	12	9,25	10	10
2010 b	16	14	18	16,50	1	1
2011 a	12	1	7	6,75	12	13
2011 b	18	17	13	15,25	2	3
2012 a	13	13	14	13,50	4	5
2012 b	15	12	10	11,75	6	4
2013 a	10	8	8	8,50	11	12
2013 b	14	15	9	11,75	7	6
2014 a	17	18	11	14,25	3	2
2014 b	2	3	6	4,25	17	15
2015 a	7	4	1	3,25	18	17
2015 b	5	5	4	4,50	16	16
2016 a	9	6	3	5,25	15	14
2016 b	11	7	2	5,50	14	11
2017 a	4	11	5	6,25	13	

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

Biodiversité

Les classements diffèrent très sensiblement des précédents.

Le tableau 131A relatif au classement des stations présente toujours 4 groupes¹⁹, mais les stations y sont encore une fois, très nettement remaniées et montrent une tendance globale légère à la dégradation.

Deux points sont à mettre en exergue :

- Il n'y a plus que Woodin dans le groupe de tête (l'Ilot Kié (ST10) a été retiré de l'échantillonnage)
- Basse Chambeyron et Ionontea ont chuté mais restent bien classées
- les Bancs Kié sont nettement déclassés
- tandis que les autres (4) stations gardent leur classement.

Groupe	Station	Note	Remarque
1	Creek ; Casy ; Port	de 0 à 4,0	Pratiquement inchangées
2	Puka ; Ugo ; Toémo ; Bancs Kié ; Ioro	> 4,0 à 7,0	Promotion de Puka et descente de Ioro
3	Ionontea ; Chambeyron	> 7,0 à 10,0	Promotion de Bancs Kié
4	Woodin	> 10,0 à 12	Descente de Ionontea et Basse Chambeyron

6.3.3 Indice Global Annuel (IGA) et Indice Annuel par Station (IAS)

Pour permettre une communication simple et rapide des résultats, des indices synoptiques ont été imaginés. Ils servent à apprécier la « qualité », et sans avoir recours à la comparaison, d'une année par rapport aux autres ou celle d'une station durant l'année écoulée.

L'Indice Annuel d'une Station (**IAS**) est la moyenne des valeurs de Densité, Biomasse et de Biodiversité 1.

L'Indice Global Annuel (**IGA**) est la moyenne des valeurs moyennes de Densité, Biomasse et Biodiversité 1.

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 133).

Mais il faut deux grilles. L'une sera propre aux stations de la baie de Prony et l'autre propre 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 de Prony seraient toujours en rouge et cette grille ne serait pas informative.

Tableau n°133 : *Clé de cotation des Indices ichtyologiques*

Cotations pour la baie de Prony	1	2	3	4
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
Indice moyen	1 à 1,50	1,75 à 2,25	2,50 à 3,00	≥ 3,25
Codes couleurs				
Cotations pour le canal de la Havannah	1	2	3	4
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

¹⁹ Le test *a posteriori* de comparaisons, de Student–Newman–Keuls ou SNK [30, 31] montre qu'il existe quelques groupages de moyennes possibles. Le groupage des stations de la baie de Prony avec les stations Ugo et Puka, puis Toémo et Ioro et enfin, les quatre autres de la Havannah avec celle de Woodin. Ce dernier groupage est limite. En effet, la station des bancs Kié change de groupe d'une mission à l'autre et Woodin ou l'Ilot Kié peuvent également s'isoler du 3^e groupe comme Woodin en 2016a.

Indice moyen	1 à 1,50	1,75 à 2,25	2,50 à 3,00	≥ 3,25
Codes couleurs	mauvais	médiocre	bonne	très bonne

Les cotations obtenues pour la présente mission, avec un rappel des missions précédentes sont présentées : pour les stations [tableau 134](#) et pour les missions [tableau 135](#).

Tableau n°134 : *Cotation des stations depuis 2007 : IAS (ichtyologie)*

Stations	Cotations			IAS	Rappels des IAS précédents									
	Dens.	Biom.	Bα.1	2017a	2016b	2016a	2015b	2015a	2014b	2014a	2013b	2013a	2012b	2012a
CASY	4	2	3	3,00	3,00	3,50	2,50	3,75	2,75	3,25	1,75	3,25	1,75	1,50
CREEK	2	2	3	2,50	2,25	3,50	2,25	3,50	3,50	1,25	3,50	3,00	2,75	3,00
PORT	2	1	3	2,25	2,25	3,00	2,25	3,00	2,50	2,75	2,75	2,00	2,50	1,95
WOODIN	4	3	4	3,75	3,50	4,00	4,00	4,00	3,50	2,75	3,50	3,00	3,50	3,50
IORO	1	2	3	2,25	2,00	3,00	3,25	3,00	4,00	2,75	2,75	3,00	2,50	2,50
IONONTEA	4	4	4	4,00	3,00	3,00	3,50	4,00	3,75	2,75	3,00	3,75	3,50	3,50
B. CHB	3	3	4	3,50	3,75	4,00	4,00	3,75	4,00	3,00	3,75	3,25	3,25	3,00
PUKA	2	1	3	2,25	2,25	2,00	2,00	2,25	3,00	1,50	1,50	1,50	1,75	1,75
Bancs KIE	3	1	3	2,50	2,50	3,00	3,00	3,00	3,75	2,50	2,75	3,25	3,00	3,00
Ilot KIE				Ind.	3,50	3,75	4,00	4,00	3,50	3,50	4,00	3,75	4,00	4,00
TOEMO	2	1	3	2,25	2,25	3,00	2,75	3,00	2,75	2,75	2,25	2,75	3,00	3,00
UGO	3	2	3	2,75	2,25	2,00	2,75	2,00	2,00	1,75	2,50	2,25	1,75	2,00

Tableau n°135 : *Cotation des missions depuis 2007 : IGA (ichtyologie)*

	Indices par mission			
	Dens.	Biom.	Biodiv.(1)	IGA
2007	3	3	2	2,50
2008	3	2	2	2,25
2009	3	2	2	2,25
2010 a	3	2	3	2,75
2010 b	2	1	2	1,75
2011 a	2	4	3	3,00
2011 b	2	1	3	2,25
2012 a	2	1	3	2,25
2012 b	2	2	3	2,50
2013 a	3	2	3	2,75
2013 b	2	3	3	2,75
2014 a	2	1	3	2,25
2014 b	3	3	3	3,00
2015 a	3	3	4	3,50
2015 b	3	3	3	3,00
2016 a	2	2	4	3,00
2016 b	3	2	3	2,75
2017 a	3	2	3	2,75

En avril 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 ichthyologiques étudiés (calculées sur l'ensemble des missions) par station sont présentées [tableau 136](#).

La **Densité** est jusqu'à 4 fois plus forte dans le canal de la Havannah qu'en baie de Prony.

Les **Biomasses** entre les stations du canal varient d'un facteur 1 à 25 et de 1 à 8 dans la baie. Entre ces deux zones le rapport moyen est de 1 à 17 et de 1 à 26 entre les valeurs extrêmes.

La **Biodiversité** moyenne à Prony est 3 fois plus faible que dans le canal de la Havannah...

Un même contraste existe entre certaines stations du canal, comme Ugo vs Woodin.

Les stations de Prony sont homogènes (biomasse exceptée) ; celles du Canal sont très hétérogènes sur les 3 paramètres.

Tableau n°136 : *Moyennes des paramètres ichthyologiques étudiés (calculées sur l'ensemble des missions) par station*

Stations	Densité			Biomasse			Biodiv 1			Biodiv 3		
	2017a	Moy.	σ	2017a	Moy.	σ	2017a	Moy.	σ	2017a	Moy.	σ
Ilot CASY	2,27	1,2	0,5	12	11	5	24	16,0	3,6	75	56,0	8,4
CREEK	0,98	1,5	0,7	16	29	15	20	15,7	4,2	53	52,3	7,7
Le PORT	1,00	1,0	0,4	2	5	3	16	17,7	3,4	60	57,2	6,8
WOODIN	5,65	3,2	0,9	250	326	295	73	52,1	8,3	126	103,6	11,3
IORO	0,96	1,6	0,5	170	163	92	43	44,9	6,7	94	90,3	11,6
IONONTEA	3,48	2,2	0,4	527	399	189	66	51,0	7,3	125	109,4	14,2
B. CHB	2,91	2,3	0,5	275	259	139	66	49,2	6,4	117	102,1	9,0
PUKA	1,15	1,3	0,5	57	37	19	31	28,2	2,8	88	79,9	10,8
Bancs KIE	2,35	2,4	0,5	40	179	102	52	42,6	4,8	114	93,1	12,4
TOEMO	1,04	1,7	0,3	19	84	25	53	46,2	5,4	111	98,2	10,2
UGO	2,82	2,1	0,5	20	75	49	31	30,0	3,2	87	81,2	5,9
Moyenne	2,31		1,4	126		166	43,2		20,1	95,5		25,4

6.3.4.2 Synopsis des résultats par mission

Les moyennes des paramètres ichthyologiques étudiés (calculées sur l'ensemble des stations), par mission sont présentées [tableau 137](#).

Tableau n°137 : *Moyennes des paramètres ichthyologiques étudiés (calculées sur l'ensemble des stations), par mission*

Missions	2007	2008	2009	2010 a	2010 b	2011 a	2011 b	2012 a	2012 b
Densité	2,67 ± 1,1	2,85 ± 1,5	3,39 ± 1,2	2,30 ± 0,4	1,80 ± 0,9	1,84 ± 1,4	1,09 ± 0,5	1,67 ± 0,8	1,46 ± 0,5
Biom (g/m2)	336 ± 274	161 ± 100	137 ± 89	162 ± 107	87 ± 91	410 ± 219	77 ± 55	99 ± 72	104 ± 67
Biodiv. CDC	28,5 ± 08,0	29,7 ± 07,9	27,8 ± 07,8	34,8 ± 09,5	27,9 ± 10,3	38,6 ± 10,8	35,7 ± 08,9	34,6 ± 08,8	36,0 ± 08,8
Biodiv. Totale	53 ± 10	64 ± 10	71 ± 14	88 ± 19	72 ± 12	86 ± 17	89 ± 17	93 ± 17	89 ± 16

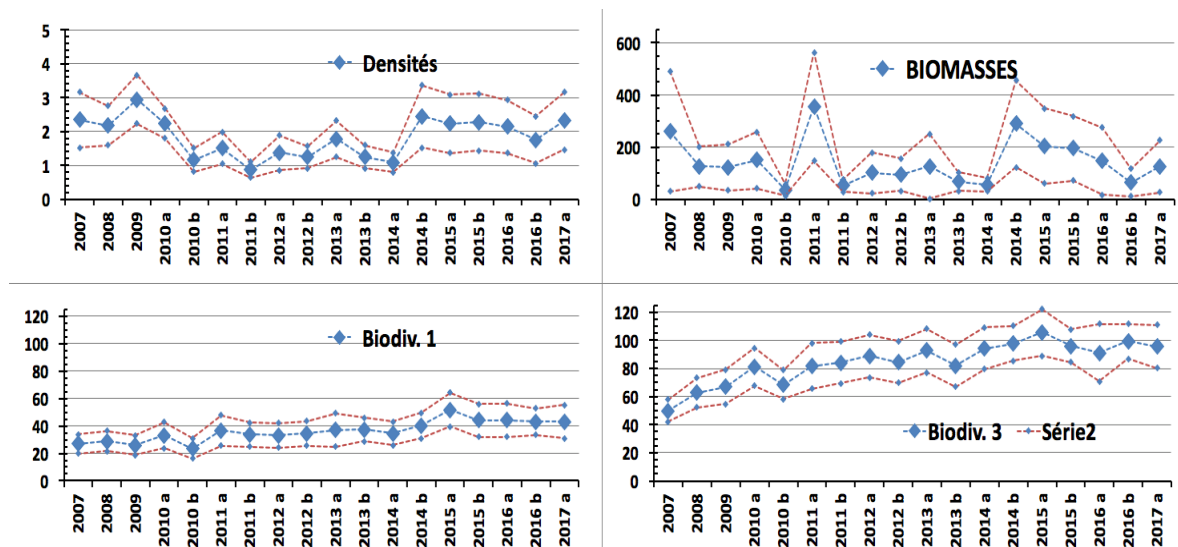
Missions	2013 a	2013 b	2014 a	2014 b	2015 a	2015 b	2016 a	2016 b	2017 a
Densité	2,23 ± 1,0	1,44 ± 0,5	1,16 ± 0,3	2,36 ± 0,5	2,49 ± 1,0	2,38 ± 0,80	2,24 ± 0,73	2,0 ± 0,4	2,3 ± 0,99
Biom (g/m2)	140 ± 121	211 ± 290	68 ± 35	378 ± 166	253 ± 165	242 ± 120	152 ± 118	164 ± 55	138 ± 114
Biodiv. CDC	38,6 ± 11,7	38,8 ± 08,4	35,9 ± 08,3	47,6 ± 07,8	53,0 ± 11,6	44,9 ± 07,8	45,0 ± 11,3	37,4 ± 3,9	45,1 ± 13,4
Biodiv. Totale	98 ± 17	88 ± 18	99 ± 17	113 ± 12	108 ± 16	100 ± 14	95,8 ± 20,8	88,2 ± 8,5	97,5 ± 17,2

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).

Les biomasses d'exception sont dues à la présence de bancs de Sprats (*Sprattelloides gracilis*) comme à Basse

Chambeyron (ST07) en 2011a. Par ailleurs, le positionnement conjectural des gros poissons sur les transects ou d'un banc sédentaire comme un banc de *Caesio*, explique la grande variabilité observée de ce paramètre.



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. Ceci, notamment pour les familles très diversifiées comme les Labridés, Scaridés, Acanthuridés, etc.

L'examen des listes d'espèces montre que :

- Près de 300 espèces sont vues à chaque mission sur l'ensemble des stations et le peuplement total inventorié depuis 2007 approche les 700 espèces.
- L'ubiquité²⁰ spatiale des espèces entre stations est faible. Moins de 10% des espèces se retrouvent aux différentes stations au cours d'une même mission.
- L'ubiquité temporelle des espèces (entre missions sur une même station) est également faible. Seules 14% des espèces peuvent être qualifiées de sédentaires, c'est-à-dire qu'elles sont vues au moins lors de 11 missions sur les 18 réalisées, alors que plus de 50% des espèces ont été vues au plus 4 fois. Certaines espèces peuvent disparaître d'une station durant plusieurs années et revenir ensuite et certaines n'ont même été vues qu'une seule fois depuis 2007.

Classement

Le peuplement de poissons peut être considéré comme stable depuis 2007. Sa note (sur 12) a 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 le calcul de l'IGA, le peuplement de poissons d'avril 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°138 : Cotation des missions depuis 2007 par rapport à l'IGA (Ichtyologie)

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		
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 calédonniennes
- ↳ Les causes de dégradations de ces récifs
- ↳ Le recrutement et les taux de croissance corallien
- ↳ Les proliférations de cyanobactéries.

Lors des différentes missions de « **suivi du Creek baie nord** », plusieurs missions ont été réalisées, et à cette occasion, une synthèse bibliographique a été réalisée sur ces sujets :

Pour la 1^{ère} mission (avril 2009, rapport [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 [35, 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 marquant par année

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 la dépression **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 apparaît que le phénomène a aussi bien touché des espèces mobiles que sédentaires et semble avoir touché uniquement des espèces côtières présentes à proximité des embouchures. »

7.1.1.3 2015

Le cyclone tropical très intense 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.

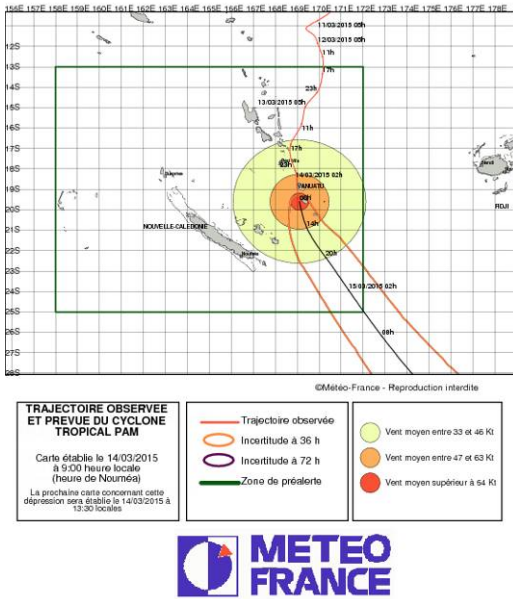
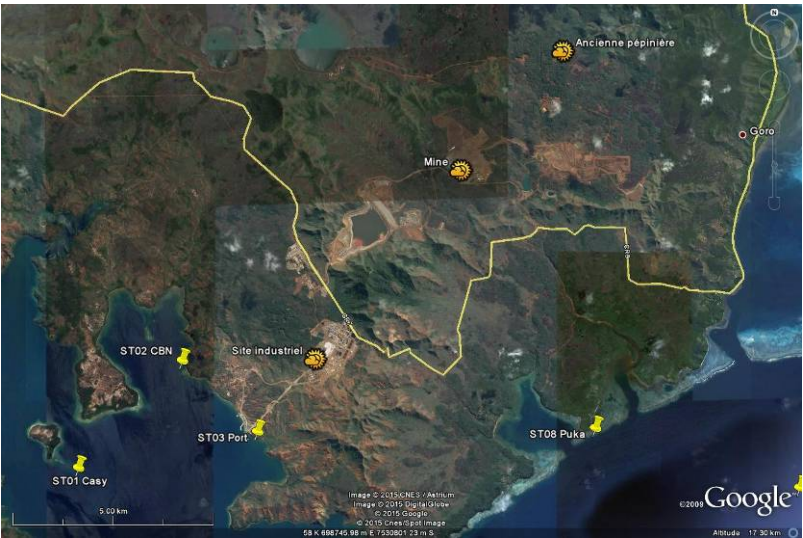
Les stations météorologiques situées sur le site de Vale NC (cf. [figure 103](#)) ont enregistré un maximum d'intensité de vent et de précipitation le samedi 14 mars (selon les 3 stations : le maximum des précipitations était compris entre 34.2 et 72.2 mm et le maximum de vent entre 23.3 et 24.9 m/s soit entre 83.9 et 89.6 km/h).

La hauteur de houle n'est pas enregistrée dans la zone d'étude cependant un vent de cette intensité engendre de forte houle et du ressac sur les récifs exposés.

Bien que la trajectoire du cyclone Pam soit éloignée de la partie sud de la Nouvelle-Calédonie, cet évènement cyclonique extrême a engendré des perturbations mécaniques (houle et ressac) ainsi qu'une dessalure des eaux de surface sur les récifs situés dans la zone d'étude le 14 mars 2015.

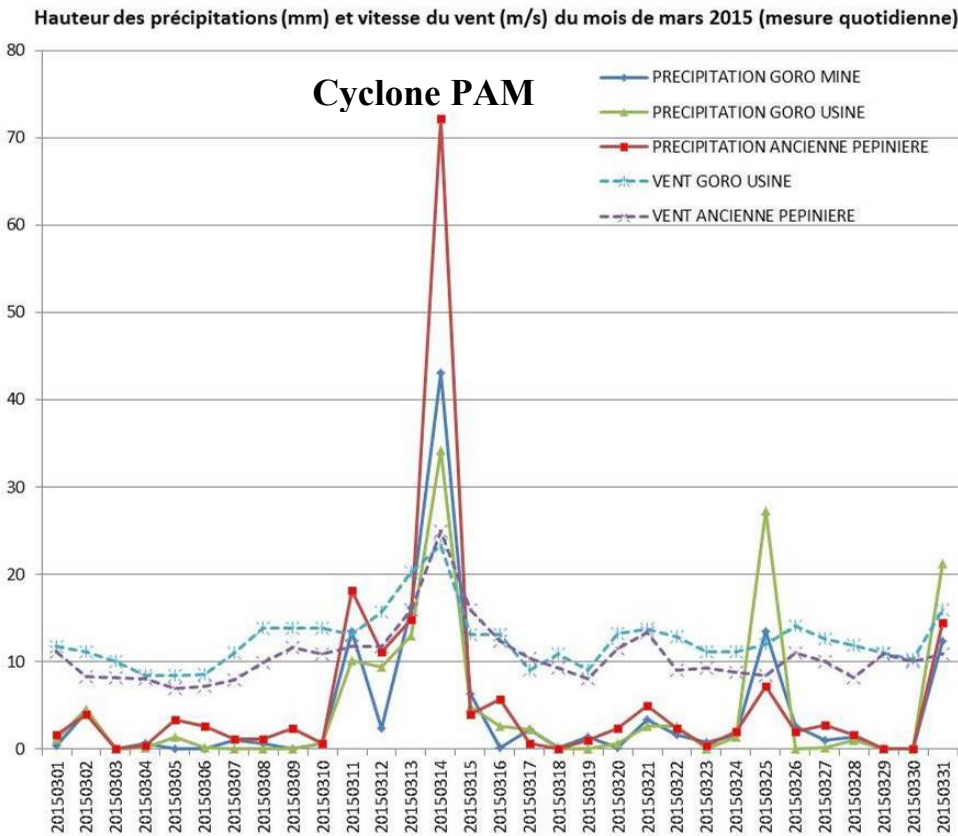
Les perturbations les plus importantes sont mécaniques et elles concernent particulièrement les récifs du canal de la Havannah et du canal Woodin puis dans une moindre mesure les perturbations liées à la dessalure des eaux de surface sont localisées préférentiellement dans les baies et à l'embouchure des creeks et rivières.

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)



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°103 : 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.

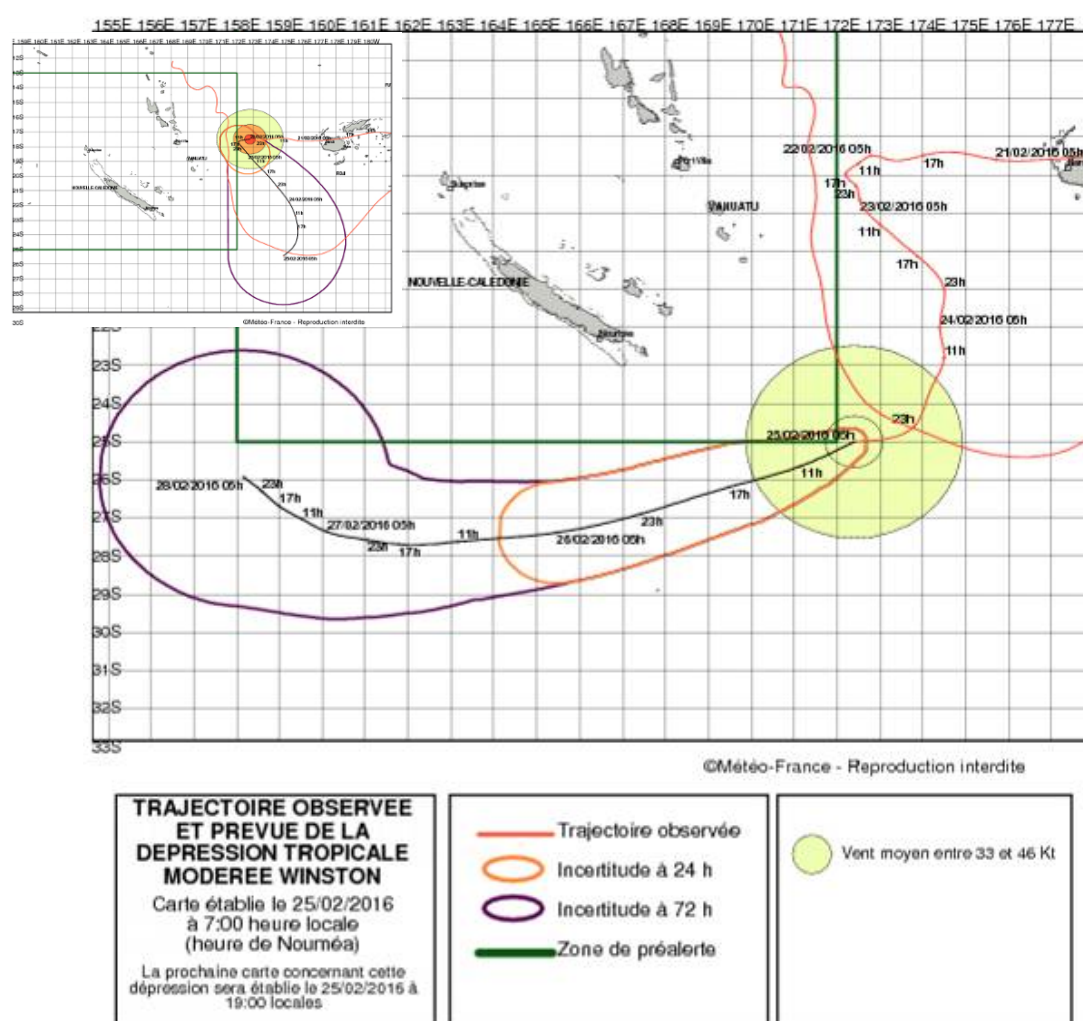


Figure n°104 : Trajectoire du cyclone Winston entre le 22 et le 26 février 2016
 (Source : Météo France)

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 105](#) : > 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...).

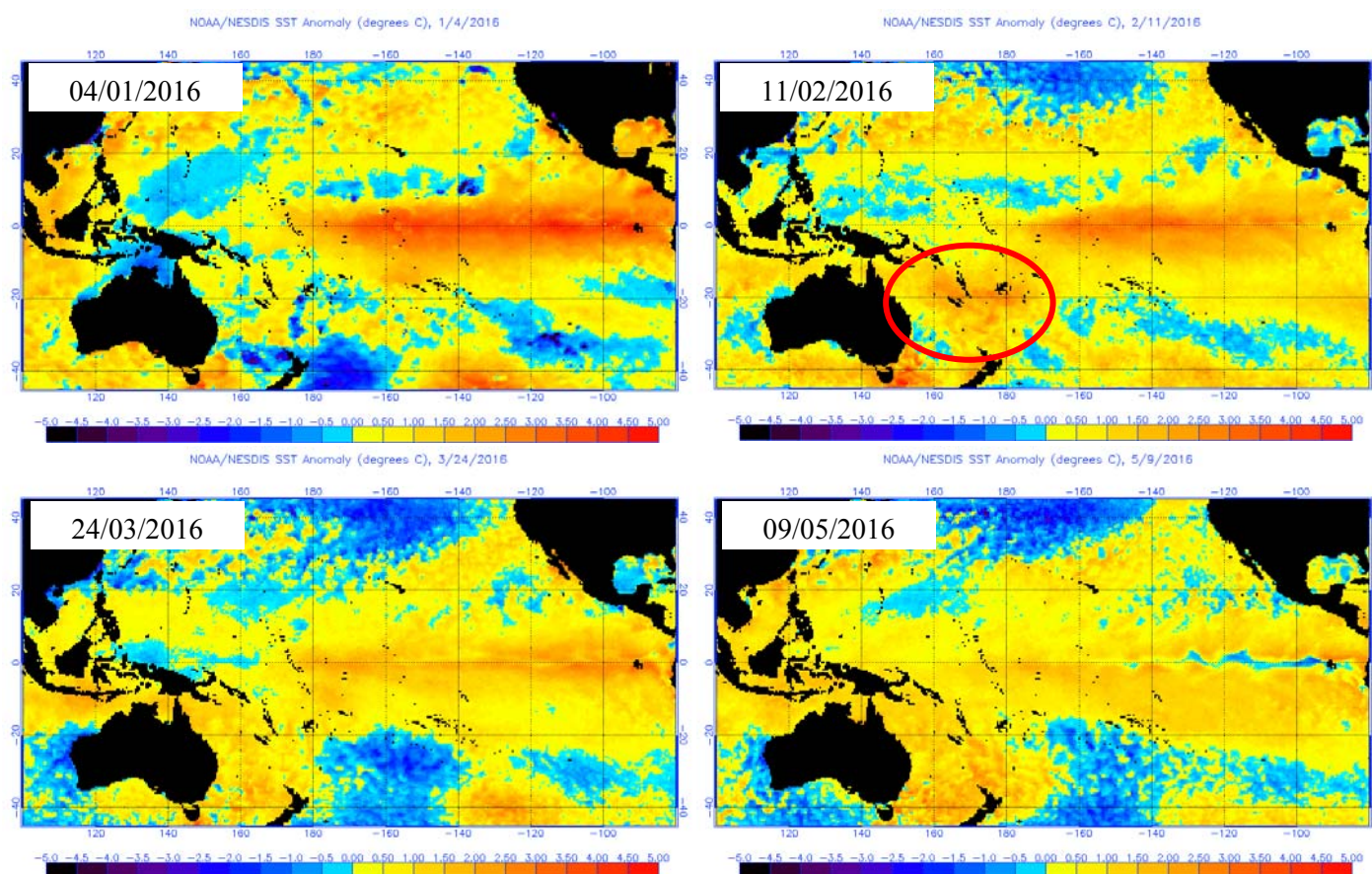


Figure n°105 : Cartes des anomalies de température de surface de la mer dans le Pacifique, début 2016

7.1.1.5 2017

Le cyclone tropical Cook (7 au 12 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 décro et il s'est éloigné vers le sud le 10 mai.

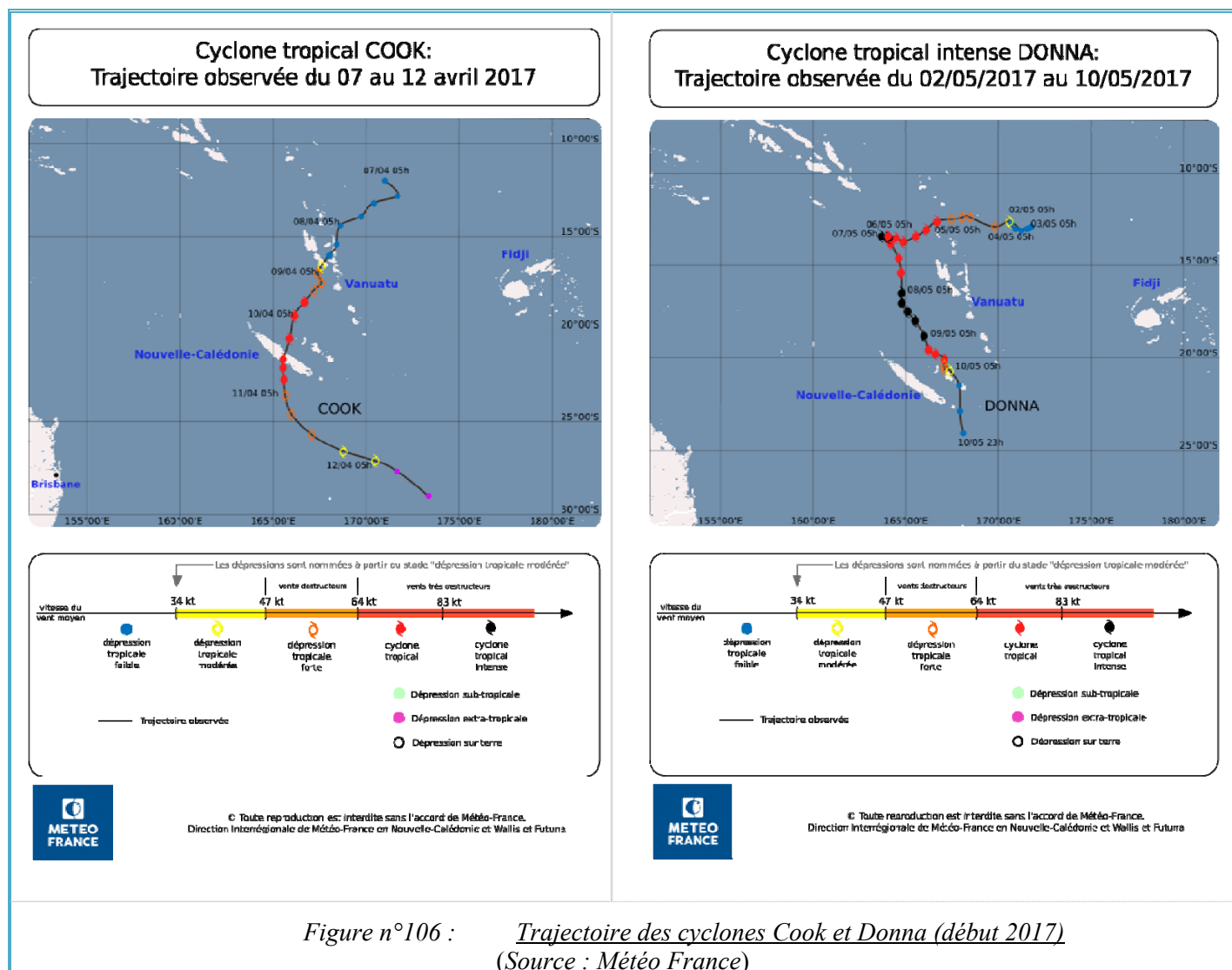


Figure n°106 : Trajectoire des cyclones Cook et Donna (début 2017)
(Source : Météo France)

7.1.2 Le phénomène ENSO

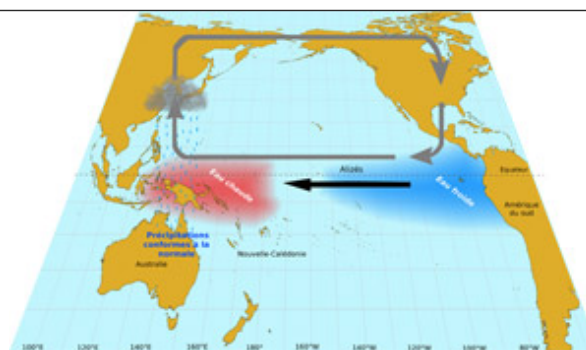
7.1.2.1 Généralités

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.

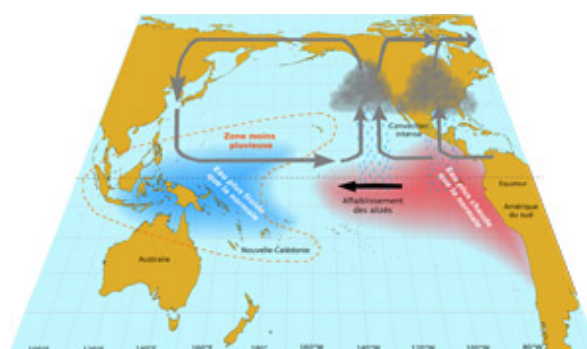
Trois phases peuvent être distinguées :

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



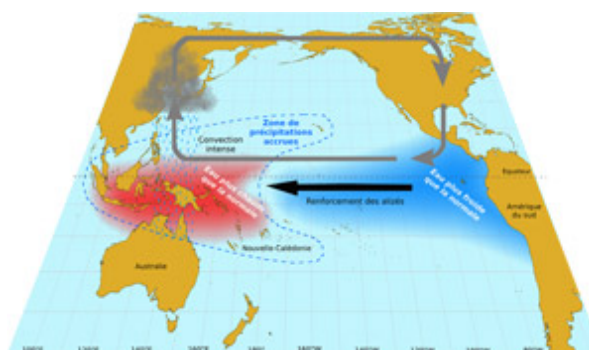
Circulations et principales caractéristiques climatiques dans le Pacifique en phase neutre pendant l'été austral (adaptée de [56]).

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 $+0,5^{\circ}\text{C}$) 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 $-0,5^{\circ}\text{C}$) 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 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).

7.1.2.3 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).

7.2 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 scléractiniaires et les bénitiers sont les mieux référencés mais le reste des invertébrés est le plus souvent enregistré comme « données insuffisantes » (data deficient).

Les coraux scléractiniaires

Plusieurs espèces de coraux durs sont inscrites sur cette liste rouge.

Pour rappel : le cahier des charges ne prévoyant pas l'étude des coraux ceux-ci n'ont pas été échantillonnés pour cette mission et il n'y a donc pas de listing disponible. Cependant, ce travail supplémentaire, non oblogatoire, avait été réalisé les missions précédentes 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 139](#) 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 ».

Tous le transects sont concernés à l'exception de celui bas de la station 05 (ST05C).

Tableau n°139 : Invertébrés inscrits sur la liste UICN et échantillonnés en avril 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 ;

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.

²² 2^{ème} édition, avril 2016

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 140](#).

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. Cela a été le cas encore cette fois ci :

- Pour 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*) qui 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°140 : 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 § 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 de 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 scléractiniaires et les groupes biotiques en général).

Aucune grande variation temporelle n'est relevable : **les pourcentages des différentes composantes sont globalement stables par rapport à la mission précédente**. Les variations, quand il y en a, sont dues à des fluctuations du recouvrement par le sable ou la vase (abiotique) en opposition avec du « corail mort avec algues » (biotique) : ST02B, ST03A et ST08B. Ces mouvements des sédiments sont cycliques et opposés d'une mission à l'autre.

Cependant, il faut noter :

- **Le taux de recouvrement des coraux scléractiniaires**, en ne prenant pas en compte l'Ilot Kié (qui a le meilleur résultat de la zone) **est en hausse** (18.50% vs 16.80% en moyenne pour l'ensemble des 29 transects) ;
- Cette augmentation moyenne de +1.7% est inégale selon les transects, avec de petites baisses (au maximum -5.5% en ST12a) et deux fortes augmentations : +11% en ST02B et +22% en ST04A.
- Pour cette mission **le recouvrement en cyanobactéries a légèrement augmenté** (taux les plus bas de la série temporelle lors de la mission précédente) **mais reste à des niveaux qui ne sont pas alarmants** :
 - ↳ seuls 5 transects sont concernés
 - ↳ les taux varient entre 0.5% et 2.5% au maximum.

Malgré tout, cet indicateur reste à surveiller précisément.

Les baisses de la mission précédente (novembre 2016) étaient les suites à long terme du phénomène de blanchissement du début d'année 2016 (conséquence d'une anomalie positive de température de l'eau, cf. § 7.1). L'état de santé de la majorité des stations était cependant stable voire en légère augmentation par rapport à la mission d'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.

Effectivement lors de cette mission le taux de recouvrement des scléractiniaires est en hausse et particulièrement sur les transects qui avait été le plus durement touchés en 2016 : le transect médian du Creek baie nord (ST02B) et supérieur de Woodin (ST04A).

Il faut cependant noter que :

- le transect supérieur du Creek baie nord où avait été enregistrée une baisse de 21% en avril 2016 ne voit pas de reprise significative
- la perte légère enregistrée en novembre 2016 sur le transect supérieur de Puka (ST08A) de -7.5% s'est encore accentuée avec -2% à cette mission.

Cette station (Puka ST08) est régulièrement perturbée depuis le début du suivi du fait de sa localisation à la confluence de plusieurs facteurs négatifs pour la qualité du milieu pour les organismes vivants, dont des apports sédimentaires de la baie Kwé et une pollution organique de la baie de Port Boisé.

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 d'avril 2017 (non demandé dans le cahier des charges).

Ce compartiment biologique a été suivi sur la période d'août 2007 à novembre 2016 et les informations recueillies ont été déterminantes pour détecter les perturbations dans la zone d'étude. En effet, les coraux sont des sentinelles avancées car fixent 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 / macrophytes

L'assemblage des espèces d'invertébrés (hors coraux durs) reste très diversifié dans le temps : il ne présente pas de lacune, ni de prolifération d'espèce invasive. 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 avril 2017, la richesse spécifique absolue des invertébrés (hors coraux durs) a évolué de manière négative par rapport à la dernière mission (jusqu'à moins de 15 espèces par transect).

Cette évolution négative est enregistrée sur l'ensemble des récifs. Les groupes faunistiques représentant ces fluctuations sont surtout des espèces mobiles (échinodermes, gastéropodes, nudibranches) et dans une moindre mesure les espèces sessiles (bivalves, ascidies et les spongiaires). Les alcyonnaires ont très bien résisté aux perturbations dépressionnaires.

→ Le cyclone Cook (avril 2017) a perturbé l'ensemble de la zone d'étude (contraintes hydrodynamiques, sédimentation et/ou dessalure des eaux de surface).

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.

Aucune espèce exogène n'a été répertoriée dans les stations de suivi biologique de la zone d'étude. L'abondance des espèces indigènes et les variations de leur recouvrement durant l'année (suivi depuis août 2007), ne présentent pas, de manière permanente, d'anomalie caractéristique d'espèce envahissante qui pourrait nuire à l'environnement.

« **Espèces cibles** » : depuis le début du suivi en 2007, une attention particulière est portée sur l'évolution de 8 espèces pouvant nuire à l'environnement si leur développement s'avérait trop important. En effet, la compétition spatiale (*Asparagopsis taxiformis*, *Lobophora* sp., les cyanobactéries, *Cliona orientalis* et *C. jullieni*) ou la prédation (*Acanthaster planci*, *Culcita novaeguineae* et *Drupella cornus*) avec les coraux scléactiniaires peuvent être très importante.

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 d'avril 2017, son recouvrement est faible (niveau < 2).

Lobophora sp. est une algue brune, recensée dans la baie de Prony (milieu calme et turbide). Son développement est plus pérenne durant l'année, 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.

→ Son développement est conséquent en ST02 (niveau 4/5 ; Creek baie nord) et particulièrement important et préoccupant en ST03 (niveau 5/5 ; Port) (cf. § 5.4.3).

Acanthaster planci est une étoile de mer corallivore (prédatrice de corail). Depuis le début du suivi de 2007, le développement de cette astérie est anecdotique dans l'ensemble de zone d'étude.

→ Lors de cette dernière mission d'avril 2017, son développement est anormal en ST01A (12 spécimens / 100 m² = prolifération).

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, l'exposition aux agents hydrodynamiques et aux agents météorologiques et 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 groupes : invertébrés hors coraux durs et macrophytes).

Bien que le protocole ait été amélioré au fur et à mesure des missions jusqu'à octobre 2012, 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 du type : mortalité corallienne, développement de turf algal, de cyanobactéries, de lésions coralliennes, prédation des corallivores, instabilité des récifs et effondrement de débris et/ou hyper sédimentation
- mais aussi par des phases de résilience des récifs, comprenant : recrutement, réintégration des zooxanthelles, croissance des coraux, 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 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 le 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 évènement 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 évènement exceptionnel. Les récifs du canal de la Havannah ont été beaucoup moins touchés par ces anomalies car la circulation des masses d'eaux est importante dans ce secteur.

En avril 2017, malgré les précipitations induites par le cyclone Cook, 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.

Cependant, une **baisse de diversité non négligeable des invertébrés** (hors coraux durs) est constatée pour l'ensemble du réseau de suivi. Les stations de la baie de Prony étant plutôt protégées de l'hydrodynamisme, les organismes benthiques mobiles ont peut-être été perturbés par des variations de salinité et/ou turbidité. Il faut noter que les coraux n'ont pas été étudiés pour cette mission d'avril 2017.

→ La résilience des récifs est lente mais présente depuis les perturbations du début d'année 2016.

Les perturbations d'ordre mécanique

Les perturbations d'ordre mécanique sont enregistrées 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 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 (les coraux scléractiniaires constructeurs de récifs).

Dans un second temps, suite à ces perturbations d'intensité extrême, au fur et à mesure du temps, les agents hydrodynamiques remobilisent les débris et les blocs sur les pentes récifales (effondrement de débris). Il s'ensuit une phase de dégradations secondaires liées à la remobilisation des débris au cours de l'année et à des réactions en chaîne sur les parties médianes et basses des tombant récifaux. Les cyanobactéries (et le turf) peuvent alors se développer (mais leur présence n'est pas obligatoirement pérenne dans le temps).

Le cyclone Cook du début d'année 2017 et les évènements dépressionnaires précédents déstabilisent de plus en plus les récifs exposés du canal de la Havannah.

En avril 2017, les transects les plus dégradés ne concernent pas forcément les niveaux bathymétriques supérieurs (transects A) des récifs les plus exposés.

Le cyclone Cook, a bien eu un impact mécanique sur les récifs (forte houle et ressac) mais ce phénomène n'a pas dû être intense dans la zone d'étude. En effet, la majorité des organismes benthiques n'ont pas été arrachées de leur substrat au sommet des récifs. Par contre, les colonies déjà désolidarisées, les blocs et les débris ont dévalé sur les pentes récifs. Ces effondrements ont entraîné quelques dégradations des organismes sessiles sur leur passage et surtout une migration des organismes mobiles des niveaux médians et plus profonds (transects B&C).

Les perturbations d'ordre sédimentaire

Une attention particulière doit être portée à l'augmentation de particules sédimentaires charriées ou remobilisées dans les baies (Prony et particulièrement la baie Kwé) ainsi que sur leurs récifs avoisinants respectifs.

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 baie 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.

Remarque :

- 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 de Kwé et en baie de Port Boisé.

En avril 2017, des dégradations sédimentaires sont à nouveau observées pour les stations ST03 (Port) et

ST08 (Puka) et dans une moindre mesure en ST02 (Creek baie Nord).

Ces dégradations se caractérisent par :

- des colonies partiellement mortes en place (même les espèces normalement résistantes à la sédimentation sont perturbées)
- l'algue brune *Lobophora* a un développement alarmant en ST03 (compétition spatiale importante avec les coraux).

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).

8.2.3 Synthèse

De manière générale, la zone d'étude est composée par de multiples biotopes bien diversifiés (récifs coralliens variés et pentes sédimentaires à massifs coralliens).

Les observations sur les indicateurs coralliens et les espèces cibles s'orientent sur **un état de santé relativement « BON » pour l'ensemble des récifs du réseau de suivi sauf pour les stations ST03 (Port) et ST08 (Puka) où l'état de santé peut être qualifié de « MOYEN ».**

L'ensemble des récifs ont subi de lourdes perturbations naturelles depuis plusieurs missions consécutives. Les dégradations sur les biocénoses benthiques sont localisées et elles peuvent être relativement conséquentes pour certaines stations. Elles vont dépendre 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.

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.

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.

8.3 Les populations ichtyologiques

8.3.1 Résultats

Cette nouvelle mission ne présente pas de valeur ni d'événement exceptionnel.

Les stations sont toujours très dissemblables. Toutefois, l'analyse 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 141](#), où les stations stables sont en noir et celles changeant de groupe en rouge).

Tableau n°141 : Classement par groupes des stations (ichtyologie)

Groupe	2017 a	2016 b	2016 a	2015 b	2015 a
1	Creek, Casy, Port	Creek, Casy, Port	Creek, Casy, Port, Puka	Casy, Creek, Port, Puka	Casy, Creek, Port, Puka
2	Puka, Ugo, Toémo, Ioro, Bances Kié	Puka, Ugo, Toémo, Ioro	Bances Kié, Toémo, Ugo	Ugo, Ioro, Bances Kié	Ugo, Ioro, Ionontea, Bances Kié
3	Ionontea, Chambeyron	Bances Kié, Ionontea	Ioro, Chambeyron, Ionontea, Ilot Kié	Toémo, Ionontea, Ilot Kié	Toémo, Chambeyron
4	Woodin	Woodin, Ilot Kié, Chambeyron	Woodin	Chambeyron, Woodin	Woodin, Ilot Kié

Notons que Woodin n'a jamais quitté le groupe 4, contrairement à la station de l'Ilot Kié pourtant située dans la réserve Y. Merlet.

Comparaison de la mission d'avril 2017 à la moyenne des précédentes, par station

Les quatre graphiques de la [figure 107](#) présentent station par station, l'écart relatif de la valeur de novembre 2016 à la moyenne de la station sur la période du suivi :

$$\Delta = (X_{2016\ b} - X_{\text{moy}}) / X_{\text{moy}}$$

La **Densité** est assez proche de la moyenne, plutôt en hausse.

La **Biomasse** est plutôt plus faible mais proche de la moyenne.

La **Biodiversité 1** est partout plus forte, à part au Port et à Ioro.

La **Biodiversité 3** (totale) est partout très légèrement supérieure à la moyenne.

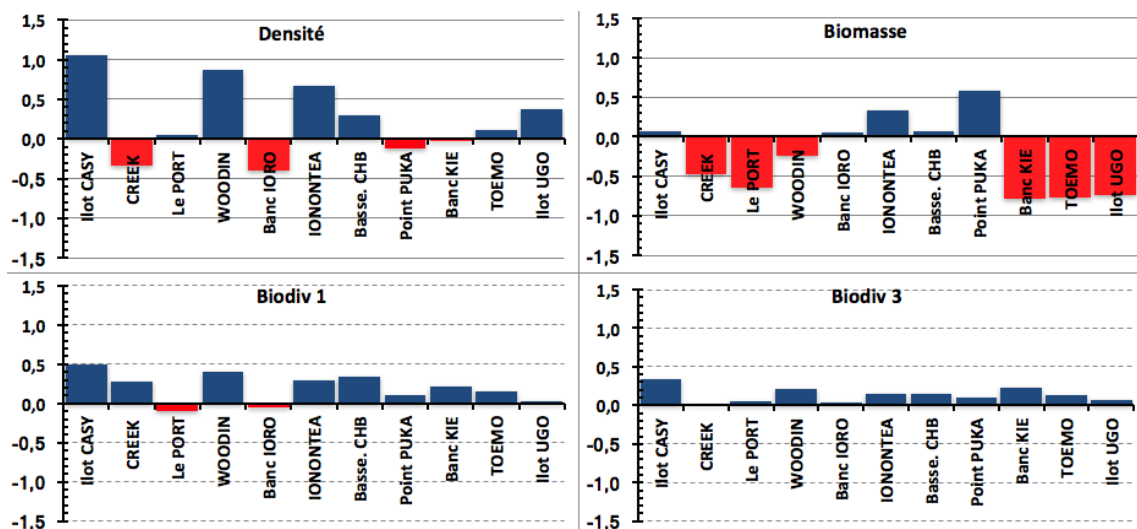


Figure n°107 : Ecarts des valeurs obtenues en avril 2017 à chaque station, avec la moyenne sur 2007-2017 (Ichtyologie)

Comparaison de la mission d'avril 2017 à la moyenne globale des stations, par mission

Les quatre graphiques de la [figure 108](#) 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 :

$$\Delta = (X_{2016\ b} - X_{\text{moy}}) / X_{\text{moy}}$$

Les écarts à la moyenne sont très faibles que ce soit en négatif (biomasse) ou en positif pour les 3 autres paramètres.

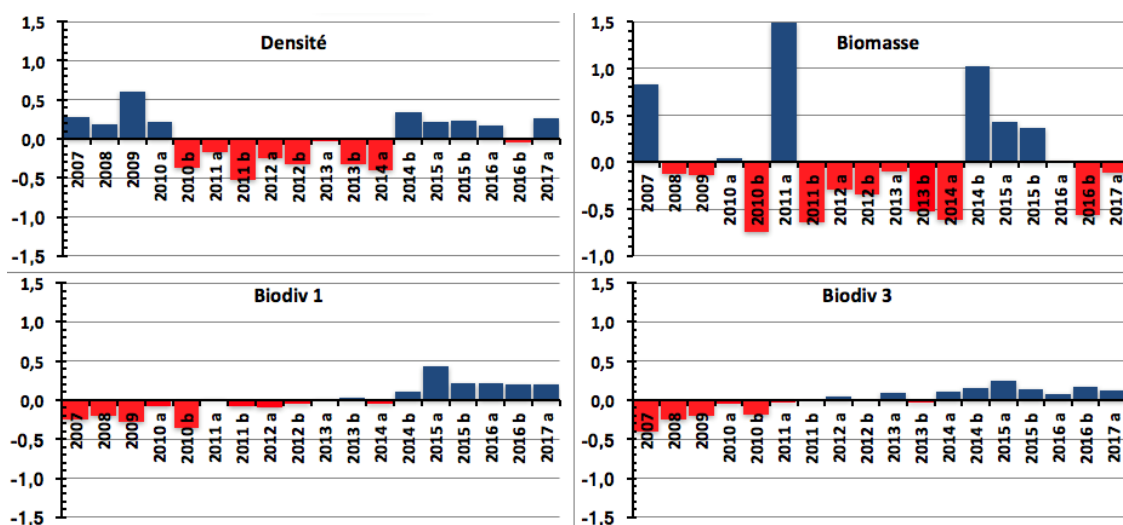


Figure n°108 : Ecarts par mission des résultats ichtyologiques en avril 2017 de l'ensemble des stations, avec la moyenne sur 2007-2017 (Ichtyologie)

Indices Globaux Annuels sur la zone depuis 2007

Une appréciation synthétique globale de qualité peut être donnée par la prise en compte des 11 stations de la zone dans une cotation comparative à 4 niveaux et douze degrés au total (cf. § 6.3.3).

L'application aux 18 dernières missions est donnée dans le [tableau 142](#).

Tableau n°142 : *Classement des missions (IGA) 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		
2010 a	8	2012 a	6	2014 a	8	2016 a	8		

Ces Indices Globaux Annuels intègrent les paramètres de Densité, de Biomasse et de Biodiversité α en donnant un poids double à ce dernier.

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

C'est la 18^{ème} mission de récoltes de données relatives aux poissons. Tout au long de ces 11 années, tous les paramètres (densité, biomasse, biodiversités) ont été recensés de la même manière et par le même opérateur.

Le résultat principal est que les valeurs obtenues fluctuent dans une gamme de 1 à 12 pour la **densité** et de 1 à 70 pour la **biomasse**. Et cela, aussi bien entre les stations lors d'une même mission qu'au niveau d'une même station entre les missions.

Ces fluctuations et leur amplitude sont en fait dues aux comportements des poissons (divagations naturelles et/ou réaction vis-à-vis du plongeur) et sont de plus consubstantielles de la méthode du TLV. Ceci et cela ensemble, font que les deux paramètres de densité et biomasse du peuplement de poissons sont de bien piètres indicateurs pour rendre compte de l'état de santé du milieu et surtout pour servir de « sonnette d'alarme » dans le cas où son état venait à se détériorer.

En revanche, la **biodiversité** des poissons apparaît comme un paramètre plus stable et pourrait être plus informatif s'il n'était malheureusement entravé par les restrictions imposées dans le cahier des charges. L'encadrement de la liste des espèces à prendre en compte obère l'intérêt de ce paramètre car cette restriction en tamponne les variations. Une liste toutes espèces – *éventuellement en supprimant quelques familles et non des espèces dans toutes les familles* – serait plus informative, et ceci notamment si l'analyse de la biodiversité obtenue était faite sous l'angle de vue des régimes alimentaires et donc au travers du fonctionnement du peuplement ichthyologique. En effet, le fonctionnement du peuplement est influencé par la qualité du milieu alors que les aspects quantitatifs du peuplement sont surtout influencés par la pêche.

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] 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 - le manquement du TLV à ce dernier point [63 à 65] est d'ailleurs démontré dans l'article de Kulbicki et Sarra-megna (1999) [66] .

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](#)).

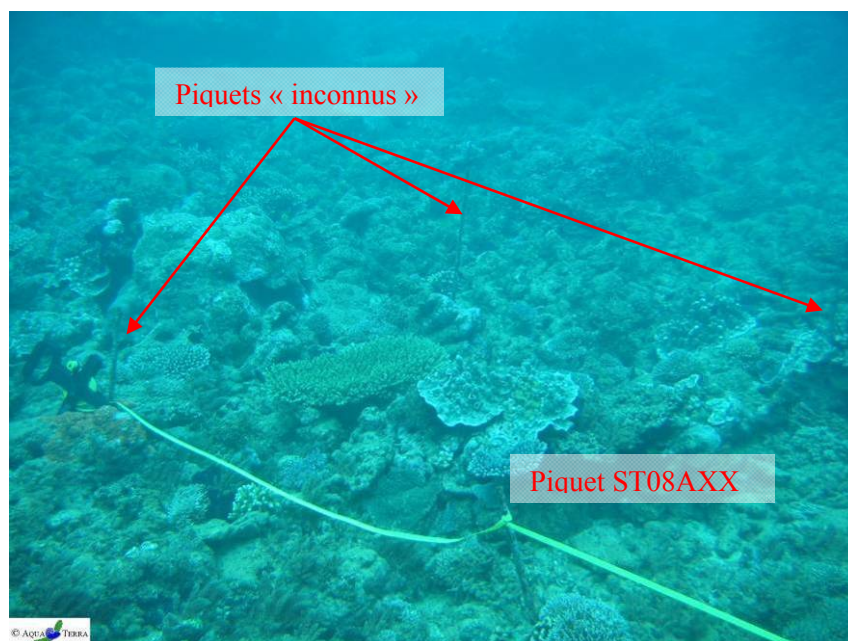


Photo n°31 : Station 08 : fin de transect A : 3 autres piquets formant un quadrat

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 109](#)).

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.

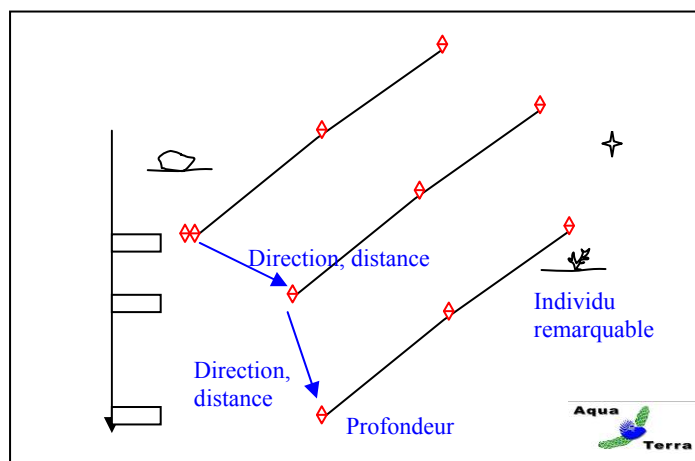


Figure n°109 : Exemple de schéma descriptif d'une station

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 que l'on échantillonne car les espèces se répartissent à travers le récif (ainsi le nombre potentiel d'espèces recensées augmente généralement avec la surface prospectée).

La diversité entre les trois sites est très contrastée mais le plan d'échantillonnage est également très disparate dans la zone d'étude car 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 organiques 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 maintenue 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 pour cette 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 fixés 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 questionnaire, 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 réplicats

Les transects fixes existants (trois théoriquement pour chaque station) permettent, sous réserve d'être échantillonnés exactement au même endroit chaque année, de quantifier la stabilité ou non de la zone, **mais considérée globalement**.

C'est un suivi global, dans le temps, car c'est la « différence annuelle » qui sert de variable aléatoire. La variable statistique sera donc l'ensemble des différences « année n-1/année n » obtenues à chaque station, chacune des stations donnant donc une valeur et une seule, à cette variable.

Pour permettre un suivi statistique temporel station par station, il faut une variable aléatoire par station. Pour ce faire, l'échantillonnage de transects en réplicats aléatoires - en plus des transects existants - est nécessaire.

La mise en œuvre de ces réplicats est donc à étudier, car ils permettront d'une part d'affiner la probabilité de l'avis donné pour l'ensemble de la zone (dans le temps) et d'autre part de préciser (dans l'espace) s'il y a des différences spatiales et donc juger de ces différences le long d'un gradient d'éloignement des sources potentielles de pollution de manière à préciser si, dans le cas où l'on détecterait des variations, ces variations sont dues ou non à l'usine.

Prises de photographies de spécimens remarquables

Le cahier des charges ne prévoit pas la surveillance des stations par un suivi photographique, comme cela est possible par différentes méthodes.

Cependant, certains spécimens, à certaines stations étant remarquables (par leur taille, leur emplacement, leur espèce, etc.), leur identification est facilitée et leur évolution temporelle peut donc être envisagée facilement par photographie.

Nous proposons de faire établir une liste (avec leur position, et notamment sur les schémas descriptifs des stations) de ces spécimens, pour ensuite les photographier à chaque mission.

9.3 Suggestions au niveau provincial ou territorial

Guide d'échantillonnage

L'étude de 2008 avait permis de montrer que les chiffres globaux biotiques/abiotiques de certaines stations avaient beaucoup évolué par rapport à la campagne précédente de 2007.

Cependant, cette évolution n'était pas du fait d'un changement dans la structure des fonds des stations étudiées, mais plutôt de la différence d'appréciation et d'interprétation du substrat par les opérateurs sous l'eau lors de l'échantillonnage LIT.

C'est pourquoi nous suggérons la réalisation d'un « Guide de l'interprétation des catégories pour le LIT », qui comprendrait le listing des classes, leur description précise et surtout des photos prises *in situ*, sur les stations concernées. Ce travail pourrait être entrepris au niveau de toute la Nouvelle-Calédonie (ou au moins la Province Sud) et par exemple sous pilotage de l'ŒIL.

Cela permettrait ainsi à Vale Nouvelle-Calédonie mais aussi à tous les autres intervenants (autres miniers, décideurs, etc.) de limiter les risques d'interprétations différentes selon les échantillonneurs et d'obtenir une base de données générale et comparable.

9.4 Suggestions au niveau des activités anthropiques

Afin d'améliorer l'état de santé des récifs dans la zone d'étude, il est recommandé de **réduire l'apport de particules terrigènes en baie Kwé** (surveillance et gestion des eaux de ruissellement provenant des bassins versants de la mine).

De même, un **bilan complet des rejets d'eaux usées de l'hôtel situé à Port Boisé** devrait être effectif : lieux, volume, composition, Au vu des dégradations cycliques enregistrées à la station Puka, un plan de surveillance et de réduction de la pollution organique est nécessaire.

La **remobilisation des sédiments par les hélices et les chaînes de bateaux** en baie de Prony au niveau du port ne doit pas être négligée et devrait faire l'objet d'une étude complémentaire plus détaillée. Le développement de l'algue brune du genre *Lobophora* (compétitrice spatiale avec les coraux) devient préoccupant.

Par ailleurs, les mouillages fréquents des bateaux provoquent la destruction des fonds.

L'étude de la mise en place de **coffres d'amarrage** pour les bateaux en attente d'accostage à quai devrait être réalisée.

Toutes les observations et photographies de ce document ont été réalisées en avril 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. *Journal of Marine and Freshwater Research*. <http://dx.doi.org/10.1071/MF14151>
- Adjeroud M. et Lasne G., 2011. Fiche n° 19 : Abondance des colonies coralliennes. In Beliaeff B., Bouvet G., Fernandez J.-M., David C., Laugier T. Guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie. Programme ZONECO et programme CNRT Nickel et son environnement, pages 152-153
- Adjeroud M. et Lasne G., 2011. Fiche 20 : Recouvrement corallien. In Beliaeff B., Bouvet G., Fernandez J.-M., David C., Laugier T. Guide pour le suivi de la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie. Programme ZONECO et programme CNRT Nickel et son environnement, pages 154-155
- 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-Stations00a05-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 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 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 E45335. 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 E54932. 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 « Herbière 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
- Avias J., 1959. Les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie et quelques-uns de leurs problèmes. Extrait du Bul. Soc. Géo. Fr, 7è série, t.I, p 424-430
- 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 Beliaff B., Bouvet G., Fernandez J-M., David C., Laugier T., 2011. Guide pour la qualité du milieu marin en Nouvelle-Calédonie. Programme ZONECO et programme CNRT Le Nickel. 169p
- 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. *Applied Statistics* 41, 63:76
- 59 Buckland S. T., 2006. Point transect surveys for songbirds: robust methodologies. *The Auk*, 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. *Oxford University Press*, Oxford
- 61 Buckland S. T., Anderson D. R., Burnham K. P., Laake J. L., Borchers D. and Thomas L., 2004. *Advanced Distance Sampling*. Oxford University Press, Oxford
- 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 îlot 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'îlot 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. *Biometrika* 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. *Marine Biology* 27 : 357-366
- Chevalier J.P., 1971. Les Scléractiniaires 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.) : Biology and geology of coral reefs. New York : Acad. Press. Vol 1, Geol. 1 : 143-166
- Chevalier J.P., 1975. Les Scléractiniaires de la Mélanésie française. 2ème partie. in : Expéd. fr. sur les récifs coralliens de la Nouvelle-Calédonie. Paris : Singer-Polignac. Vol. 7 : 407 p
- Chevalier J.P., 1980. Les coraux du lagon de la Nouvelle-Calédonie. in : DUGAS F., DEBENAY J.P. Carte sédimentologique et carte annexe du lagon de Nouvelle-Calédonie à 1/50 000. Feuille la Tontouta. Paris : ORSTOM. Not. Explic., 86 : 17-22
- Clua E., Legendre P., Vigliola L., Magron F., Kulbicki M., Saramegna S., Galzin R., 2006. Medium scale approach (MSA) for improved assessment of coral reef fish habitat. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 333(2), 219-230
- 22 Cochran W.G., 1947. Some consequences when the assumptions for the analysis of variance are not satisfied. *Biometrics* 3, 22-38
- Cochran W. G., 1951. Testing a linear relation among variances. *Biometrics* 7: 17-32
- Dagnelie P., 1980. Théorie et méthodes statistiques, Les Presses Agronomiques de Gembloux, (Vol II) 463 p
- 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. J. Amer. Statist. Ass. 63. 660-676
- Douillet P. et Fernandez J.M., 2009. Etude sur le comportement, la dispersion et les effets biologiques des effluents industriels dans le lagon sud de

- la NC. Modélisation et simulation du transport des formes particulières d'origine naturelle. Simulation annuelle de la sédimentation des particules naturelles en contact avec l'effluent. Convention IRS/Goro-Ni n°1124, 55p
- 1 English S. and *al.*, 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. Coral list Vol4 Issue 28
 - 29 Friedman M., 1937. The use of ranks to avoid the normality implicit in the analysis of variance. J. Amer. Statist. Ass. (32) 675-701p
 - Frontier S., 1982. Réflexions pour une théorie des écosystèmes. Bull. Ecol. 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. Analyse Ecorégionale Marine de la Nouvelle-Calédonie
 - Garrigue C. & Tsuda R.T., 1988. Catalog of marine benthic algae from New Caledonia. Micronesica, 21, 53-70
 - 24 Geary, 1956. Test de la normalité. Ann. Inst. Poincaré 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. Biometrika 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 – Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons : méthodes et problèmes. Revue d'Ecologie (Terre et Vie), vol. 40 : 80p
 - Horsnell G., 1953. The effect of unequal group variances on the F-test for homogeneity of group means. Biometrika 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. Biometrics 14, 69-77
 - 31 Keuls M., 1952. The use of the studentized range in connection with an analysis of variance. Euphytica 1, 112-122
 - 17 Kinne O., 1980. Introduction to the treatise and to Volume 1, in : Kinne, O. (1980). Diseases of marine animals : 1. General aspects, Protozoa to Gastropoda. pp. 1-11
 - 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. Journal of the American Statistical Association 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. Cybium 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. Aquatic Living Resources 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. Synthèse bibliographique des coraux de Nouvelle-Calédonie. C. de coord. CRISP / IRD 93p
 - Lasne G., 2007. Les coraux de Nouvelle-Calédonie : Synthèse bibliographique. Cellule de coordination CRISP, IRD, WWF, MNHN, EPHE. 93p
 - Lasne G., 2009. Inventaire des coraux scléractiniaires du Grand Lagon Nord – Mission CoRalCal 3-IRD. (CRISP). 119p
 - Lasne G., 2010. Inventaire des coraux scléractiniaires du Grand Lagon Nord de la Nouvelle-Calédonie – Campagne CORALCAL III, 10-30 mars 2009. 122p / Cellule de coordination CRISP, IRD. 120p
 - Lasne G., 2014. Estimation temporelle de la colonisation biotique sur la partie rompue de l'émissaire marin et évaluation de l'état de santé des communautés récifales aux abords de cette rupture. Rap 135-2014_V02. 19p
 - Lasne G. in Clua E., McKenna S., Vieux C., 2011. Contribution à l'inventaire biologique et à l'évaluation des ressources des récifs des Chesterfield – Apia, Samoa : SPREP
 - Legendre P., Borcard D. and Peres-Neto R.P., 2005. Analysing Beta Diversity : Ecological Monographs, 75 (4) :435-50
 - Legendre P. et Legendre L., 1998. Numerical Ecology. Ed. : Elsevier. p 852
 - 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. Utilisation des prévisions saisonnières en Nouvelle-Calédonie. Note de la DP no. 6, Direction de la Météorologie, MétéoFrance. 169 pp
 - Levi C., Bargibant G., Menou J.L., Laboute P., 1998. Sponges of the New Caledonian Lagoon. Edition de l'ORSTOM. 214p
 - 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
 - Œil, 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, Ascidiées,



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 scléractiniaires 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. *et al.*, 2007. Biodiversité des coraux scléractiniaires 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 *Griffithsia tenuis* 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 *Pocillopora damicornis* (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
- Thomas L., Laake J., Rexstad E., Strindberg S., Marques F., Buckland S., Borchers D., Anderson D., Burnham K., Burt M., Hedley S., Pollard J.,
- 62 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 *Acropora* (Scleractinia: Astrocoeniina: Acroporidae) from Indo-Pacific locations. Invert. Tax. 8: 961-88
- Wallace C., 1997. New species of the coral genus *Acropora* 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 *Acropora*. (ed) CSIRO Publishing pp. 422p
- Wallace C. & Willis B.L., 1994. Systematics of the coral genus *Acropora* : 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 *Acropora* 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/ln-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°1	:	Méthodologie générale d'échantillonnage des communautés benthiques
Annexe n°2	:	Caratéristiques terrain de la campagne d'échantillonnage de avril 2017
Annexe n°3	:	Résultats bruts de l'échantillonnage LIT de avril 2017
Annexe n°4	:	Résultats bruts de l'échantillonnage du benthos de avril 2017
Annexe n°5	:	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 Intercept 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, Bénéitiers
	Algues	Assemblages	AA	
		Calcaire	CA	
		Halimeda	HA	
		Macroalgue	MA	
		Filamenteuse	F	NB : les cyanobactéries ont été placées ici
	Corail mort avec algues	Corail mort avec algues	DCA	Corail mort recouvert d'algues
Abiotique	Corail mort	Corail mort	DC	Couleur blanche
	Sable	Sable	S	Particules < 2 cm
	Débris	Débris	R	Particules > 2 cm
	Vase	Vase	SI	
	Eau	Eau	W	Crevasse de plus de 50 cm
	Dalle - Roche	Dalle - Roche	RC	

Les cellules grisées correspondent à ce qui est noté « macrophytes et invertébrés » pour le suivi du benthos.

Tous les poissons seront comptabilisés avec un traitement particulier pour ceux qui sont listés dans le [tableau 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>adettii</i>	<i>Symphorus</i>	<i>nematophorus</i>
Caesionidae		spp		
Haemulidae	<i>Diagramma</i>	<i>pictum</i>	<i>Plectorhinchus</i>	spp
Lethrinidae	<i>Lethrinus</i>	<i>nebulosus</i>	Autres bossus et bec	spp
Nemipteridae	<i>Scolopsis</i>	<i>bilineatus</i>		
Mullidae		spp		
Kyphosidae		spp		
Ephippidae	<i>Platax</i>	spp		
Chaetodontidae	<i>Chaetodon</i>	<i>auriga</i>	<i>Chaetodon</i>	<i>speculum</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>baronessa</i>	<i>Chaetodon</i>	<i>semeion</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>bennetti</i>	<i>Chaetodon</i>	<i>trifascialis</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>citrinellus</i>	<i>Chaetodon</i>	<i>lunulatus</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>ephippium</i>	<i>Chaetodon</i>	<i>uliensis</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>flaviviridis</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>melanotus</i>	<i>Forcipiger</i>	<i>longirostris</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>mertensii</i>	<i>Hemitaurichthys</i>	<i>polylepis</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>ornatissimus</i>	<i>Heniochus</i>	<i>acuminatus</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>pelewensis</i>	<i>Heniochus</i>	<i>chrysostomus</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>plebeius</i>	<i>Heniochus</i>	<i>monoceros</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>rafflesi</i>	<i>Heniochus</i>	<i>singularis</i>
	<i>Chaetodon</i>	<i>reticulatus</i>	<i>Heniochus</i>	<i>varius</i>
Pomacanthidae	<i>Centropyge</i>	<i>bicolor</i>	<i>Chaetodontoplus</i>	<i>conspicillatus</i>
	<i>Centropyge</i>	<i>bispinosus</i>	<i>Pomacanthus</i>	<i>imperator</i>
	<i>Centropyge</i>	<i>flavissima</i>	<i>Pomacanthus</i>	<i>semicirculatus</i>
	<i>Centropyge</i>	<i>heraldi</i>	<i>Pomacanthus</i>	<i>sextarius</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>
Gobiidae	<i>Amblygobius</i>	<i>phalaena</i>		
Ptereleotridae	<i>Ptereleotris</i>	<i>evides</i>	<i>Ptereleotris</i>	<i>microlepis</i>
Acanthuridae	<i>Acanthurus</i>	<i>dussumieri</i>	<i>Ctenochaetus</i>	spp
	<i>Acanthurus</i>	<i>blochii</i>	<i>Naso</i>	<i>unicornis</i>
	<i>Acanthurus</i>	<i>triestegus</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 avril 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 jasant	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	Jasant	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 jasant	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 jasant	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 jasant	Ilot Kié	OK	Couvert 100% pluie	SSE 12 nds	Clapot ESE 0,2 m	Faible	15 à 17 m	224,9°C à 13,5 m
26/11/2016	8h30/10h30	Fin jasant	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
	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			
Vendredi	25/11/2016	4:50	0,9
		10:34	0,71
		16:44	1,03
		23:11	0,52
Samedi	26/11/2016	5:43	0,98
		11:28	0,69
		17:29	1,05
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

Prony / Woodin			
Jeudi	24/11/2016	3:34	0,77
		9:26	0,51
		15:43	0,97
		22:19	0,39
Mardi	29/11/2016	0:58	0,15
		7:31	1,13
		13:31	0,43
		19:13	1,01



Annexe n° 03

Résultats bruts de l'échantillonnage LIT de avril 2017

Annexe 03 : Tableau a : Recouvrement du susbtrat (en %) pour toutes les catégories

	Station	CASY		CREEK BAIE NORD		PORT			CANAL WOODING			IORO			IONANTEA			CHAMBEYRON			PUKA		BANCS KIE			TOEMO			UGO	
Substrat	/ Transect	A	B	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	A	B	C	A	B	C	A	B
Code	Catégories																													
ACB	Acropora branchu	6	3,5	25	15	2	17,5	2	17,5	2,5	1	5,5	1	0	3	4	0,5	7	2,5	0,5	4	0	3	2,5	0	6,5	5,5	0	7,5	2
ACE	Acropora 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
ACS	Acropora 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
ACD	Acropora 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
ACT	Acropora tabulaire	0	0	0	0	0	0	0	0	9	0	3	2	0	1,5	0	0	2	1	0	3	0	1	2,5	2,5	1,5	2,5	0	5,5	0
CB	Corail branchu	0	0,5	0	0	1	0,5	2	19	7,5	6	0	1	0	6	6,5	0,5	2,5	3	0,5	3	0	4,5	5,5	4,5	11,5	2,5	0	1	0,5
CE	Corail encroûtant	2,5	0	3	2	0	1,5	5	1	3,5	0	12,5	9,5	0,5	11,5	5	6,5	8	1,5	0	4,5	0	7	7,5	6,5	8	16	0	2	5
CF	Corail foliaire	0	0	0	1,5	0	0	1	0,5	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	1,5	0
CM	Corail massif	0	0	0	2,5	3	6	1,5	1	2	0	11,5	16	0	5	14,5	1,5	2	1	1	2	2	4,5	2,5	0	1	0,5	3	5,5	14
CS	Corail submassif	0,5	0,5	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1,5	0	0	0	0	6,5	1	0	1	1
CMR	Fungia	0	0	0	0	0	0,5	0,5	1,5	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	2,5	1,5
CME	Millepora	0	0	2	0,5	0	0	0	19	5,5	0	0,5	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0
SC	Coraux mous	9	7,5	12,5	9	0,5	1	1	0	0	0	0,5	0	0	2	0	0	0,5	1	0	2,5	3,5	5,5	3,5	5	1	2,5	1	3	4,5
SP	Éponges	0	0	0	0,5	1,5	0,5	0	0	2	0	1,5	1,5	0	1,5	2,5	1	1	2	2,5	0	6,5	2	0,5	2	1	1	3	2	3,5
ZO	Zoanthaires	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5,5	0	0	1	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	1	1	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	0	2	1	1	1	0	0
AA	Assemblages algales	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16,5	2,5	0	3	0	0	0	0
CA	Algue calcaire	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0,5	4,0	6	8,0	7,5	7,5	7,5	0	0	5	7	6,5	6	6	8,5	0	0
HA	Halimeda	0	0	7	0,5	2,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0,5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0,5	0	0	0	0
MA	Macroalgue	0	0	7	1	0	30	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0,5	0	0	0	2	0	0	0,5	0	0
F	Algue filamenteuse	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,5	0,5	0	2,5	0,5	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
DCA	Corail mort avec algues	10	6	40,5	30,5	10	31	6,5	38	55,5	21	22	19	0	65,5	56	71,0	68	70	77,5	76	20	47,5	55	62	52,5	58	80	57,5	54
DC	Corail mort	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
S	Sable	72	82	0	0	0	0	0	0	10,5	65,5	42	47,5	98	0	2	10,5	0	8	10	0,5	68	1	7	5	0	2	3	11	14
R	Débris	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
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
SI	Vase	0	0	1	36	79,5	10,5	79,5	2,5	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	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Abiotique	6	3,5	25	15	2	17,5	2	17,5	2,5	1	5,5	1	0	3	4	0,5	7	2,5	0,5	4	0	3	2,5	0	6,5	5,5	0	7,5	2
	Biotique	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
	Dont coraux scléractiniaïtres	13,5	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	0	0	0

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	19	13,5	71	42	14,5	63,5	8,5	57	64	27,5	24,5	21	1,5	73	67,5	80,5	78,5	83	88	81	30	79	72,5	81,5	65	68,5	94	62,5	62
Coraux sléractinaires	9	4,5	28	22	6	26	12	40,5	25,5	7	33,5	30,5	0,5	27	30,5	9	21,5	9	2	18,5	2	20	20,5	13,5	35	29,5	3	26,5	24
Abiotique	72	82	1	36	79,5	10,5	79,5	2,5	10,5	65,5	42	48,5	98	0	2	10,5	0	8	10	0,5	68	1	7	5	0	2	3	11	14



Annexe n° 04

Résultats bruts de l'échantillonnage du benthos de avril 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	UICN	PS	ST01A	ST01B	ST02A	ST02B	ST03A	ST03B	ST03C	ST04A	ST04B	ST04C
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	Dictyota	sp.	/				2	2	2	2	3	2	2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	Lobophora	variegata	DD		2	2	4	3	3	5	4	2	3	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	Padina	sp.	/		2	-2			2	-2	1	-2		
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	Sargassum	sp.	/		-2	-2								
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	Turbinaria	ornata	DD		-2							2		
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	Amphiroa	sp.	/				2	2	2	3	3	-2	-2	-2
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	Caulerpa	racemosa	DD		-1									
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	Caulerpa	sp.	/									2		
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	Codium	sp.	/		-2	1				2	2			
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	Neomeris	vanbosseae	DD								2	-2		
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	Halimeda	sp.	/		1	2	5(3spp)	2(2spp)	3(2spp)	2	3(2spp)	2	2	
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	Chlorodesmis	fastigiata	DD		1									
Algues vertes	Chlorophycées	Valoniaceae	Ventricaria	ventricosa	DD							-2		2	2	
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	Didemnum	molle	DD										2	
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	Didemnum	sp. (blanche)	/									2	2	
Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	Clavelina	detorta	DD									-2		
Ascidies	Ascidies	Styelidae	Polycarpa	aurita	DD		3	2	2	2	2	-2		-2	2	
Ascidies	Ascidies	Styelidae	Polycarpa	clavata	DD										1	1
Ascidies	Ascidies	Styelidae	Polycarpa	cryptocarpa	DD		2	2	2		2	-2		1	2	2
Ascidies	Ascidies	Styelidae	Polycarpa	nigricans	DD		3	3	3	2	2	2	2	2	2	2
Ascidies	Ascidies	Styelidae	Polycarpa	sp1. (blanche)	/				1					1		
Bryozoaires	Cyclostomes	Tetraplariidae	Alcyonidium	sp.	/				2					2	4	3
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	Discosoma	rhodostoma	DD		2								2	1
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	Discosoma	sp.	/							2	2			
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	Cladiella	sp.	/				2			2				
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	klyxum	sp.	/					2						
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	Lobophytum	sp.	/				2							
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	Sarcophyton	sp.	/		5	5	5(2spp)	5(2spp)	2	3	3		2	
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	Simularia	dura	DD				2	2		2	3			
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	Simularia	flexibilis	DD		2	2								
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	Simularia	leptocladus	DD				2	2						
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	Simularia	sp.	/		3	2		2	2	3	3		2	-2
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	Dendronephthya	sp.	/						-1			1		
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	Nephthea	sp.	/		2	2	-1	2	2	2	2			
Cnidaires	Alcyonaires	Nidaliidae	Chironephthya	sp.	/				2						1	1
Cnidaires	Hydrozoaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/			2						2	2	2
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	Indéterminé	sp.	/			2				2	2			
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	Palythoa	tuberculosa	/		2	2	2		-1				2	1
Cyanobactéries	Cyanophycées	Phormidiaceae	Phormidium	sp.	/		2	-2	2	2	1	-2				
Cyanobactéries	Cyanophycées	Phormidiaceae	Symploca	hydnoïdes	DD				-3		-2	-3				
Echinodermes	Astéries	Acanthasteridae	Acanthaster	planci	DD		3									
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Celerina	heffernani	DD			-1	-1		-1		1		1	-1
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Fromia	indica	DD			-1							-1	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Fromia	milleporrella	DD		-1	1								
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Fromia	monilis	DD					-1						-1
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Gomophia	egyptiaca	DD		1	1					1		2	2
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Linckia	multifora	DD						-1					
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	Nardoa	gomophia	DD		1	2	-1		1		1		-1	-1
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/		2	2	2					2	3	3
Echinodermes	Echinides	Cidaridae	Phyllacanthus	imperialis	DD										1	
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	Diadema	savignyi	DD		1	1								
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	Diadema	setosum	DD		1		1		1		1	2	2	-2
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	Echinometrix	diadema	DD			-1								
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	Echinometra	mathaei	DD		1							2	1	
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	Echinostrephus	aciculatus	DD		2									
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	Parasalenia	gratiosa	DD				2		1	-1			1	1
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Actinopyga	lecanora	DD		1									
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Actinopyga	palauensis	LR-lc		-1									
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Holothuria	atra	LR-lc			-1								
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Holothuria	edulis	LR-lc		2	-2	2	1	2	-2	-2	-1	1	2
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Holothuria	flavomaculata	LR-lc				2	-2	2	2	3			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Holothuria	fuscopunctata	LR-lc		2	2								
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	Holothuria	whitmaei	EN		1									
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	Stichopus	herrmanni	VU		1			-1						
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	Ophiomastix	caryophyllata	DD		2	-2	2	3	2	2	2	2	2	
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	Ophiure	sp.	/		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Echinodermes	Synaptes	Synaptidae	Euapta	godeffroyi	DD					-1						



Eponges	Spongiaires	Anchinoidae	<i>Hamigera</i>	<i>strongylata</i>	DD		2	2									-2	2	3	2		
Eponges	Spongiaires	Axinellidae	<i>Cymbastella</i>	<i>cantharella</i>	DD			2							1		2	2	2	2		
Eponges	Spongiaires	Callyspongiidae	<i>Dactylia</i>	<i>delicata</i>	DD													2	2	2		
Eponges	Spongiaires	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>jullieni</i>	DD		2	3	2	2	2	2	2	2	2	2	3	2	3	2		
Eponges	Spongiaires	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>orientalis</i>	DD		3	2	2	2	2	2	2	2	2	2	-2	3	4	3		
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	<i>Dysidea</i>	<i>arenaria</i>	DD												2		1	1		
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	<i>Dysidea</i>	<i>herbacea</i>	DD														-1			
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp. (noire)	/		2	2	3	2	2	2	2	2	2	2		2	3	2		
Eponges	Spongiaires	Microcionidae	<i>Clathria</i>	<i>rugosa</i>	DD		2												2	2		
Eponges	Spongiaires	Spirastrellidae	<i>Spheciospongia</i>	<i>vagabunda</i>	DD		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	2	2		
Mollusques	Bivalves	Gryphaeidae	<i>Hyothissa</i>	<i>hyotis</i>	DD		1	1	1						2	1			2	2		
Mollusques	Bivalves	Isognomonidae	<i>Isognomon</i>	<i>isognomon</i>	DD		3	2	3	3	2	2	2	2	2	2	3	2	3	-2		
Mollusques	Bivalves	Mytilidae	<i>Septifer</i>	<i>bilocularis</i>	DD		3	2	3	2	2	2	2	2	2	2		3	3			
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	<i>Saccostrea</i>	<i>cucullata</i>	DD									2								
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	<i>Saccostrea</i>	sp.	/				3											2		
Mollusques	Bivalves	Pinnidae	<i>Pinna</i>	sp.	/												-2	1	1			
Mollusques	Bivalves	Pteridae	<i>Pinctada</i>	<i>margaritifera</i>	DD				-1													
Mollusques	Bivalves	Pteridae	sp.	/	/		-2	2	2	2	2	2	2	-1					2			
Mollusques	Bivalves	Spondylidae	<i>Pedum</i>	<i>spondyloideum</i>	DD		3	2	2	2	2	2	2	2	2	2		3	3			
Mollusques	Bivalves	Spondylidae	<i>Spondylus</i>	sp.	/		2	2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	2	2	2		
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>maxima</i>	LR-cd					1								-1				
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>squamosa</i>	LR-cd					-1								-1				
Mollusques	Gastéropodes	Cerithiidae	<i>Cerithium</i>	sp.	/		-1															
Mollusques	Gastéropodes	Conidae	<i>Conus</i>	<i>miles</i>	DD				-1													
Mollusques	Gastéropodes	Coralliophillidae	<i>Coralliophila</i>	<i>violacea</i>	DD		2	2	2	2	2	2	2	-2					2			
Mollusques	Gastéropodes	Fasciariidae	<i>Latirolagena</i>	<i>smaragdula</i>	DD		-2	-2										-1	-2			
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	<i>Lambis</i>	<i>lambis</i>	DD		-1			-1					1							
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	<i>Lambis</i>	<i>scorpius</i>	DD						-1											
Mollusques	Gastéropodes	Strombidae	<i>Lambis</i>	<i>truncata</i>	DD														-1			
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	<i>Trochus</i>	<i>niloticus</i>	DD		-1															
Mollusques	Gastéropodes	Turbinidae	<i>Astraea</i>	<i>rhodostoma</i>	DD		1	1	1	-2	1	-1						2	2			
Mollusques	Nudibranches	Aglagidae	<i>Cheilidonura</i>	<i>inornata</i>	DD		-1												-1			
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	<i>Chromodoris</i>	<i>leopardus</i>	DD														-1			
Mollusques	Nudibranches	Chromodorididae	<i>Risbecia</i>	<i>tryoni</i>	DD							-1										
Mollusques	Nudibranches	Dorididae	<i>Halgerda</i>	<i>johnsonorum</i>	DD										-1							
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	<i>Phyllidia</i>	<i>ocellata</i>	DD														-1			
Mollusques	Nudibranches	Phyllidiidae	<i>Phyllidiella</i>	<i>pustulosa</i>	DD													2	-1	-1		
Vers	Annélides polychètes	Serpulidae	<i>Spirobranchus</i>	<i>giganteus</i>	DD		3	3	3	3	2	2						3	3	2		

Annexe 04 : Tableau b : Inventaire des Macrophytes et des Invertébrés et leur abondance (1 à 5) (stations du canal de la Havannah)

Groupe	Sous groupe	Famille	Genre	Espec	UICN	PS	ST05A	ST05B	ST05C	ST06A	ST06B	ST06C	ST07A	ST07B	ST07C	ST08A	ST08B	ST09A	ST09B	ST09C	ST11A	ST11B	ST11C	ST12A	ST12B
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	<i>Dictyota</i>	sp.	/					2	2			2		2	2	3	4	3		2	2	2	2
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	<i>Lobophora</i>	<i>variegata</i>	DD		2									2	2		2	2					
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	<i>Padina</i>	sp.	/											-2								2	-2
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	<i>Sargassum</i>	sp.	/													-2	-2	-2	-2			-2	-2
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	<i>Turbinaria</i>	<i>ornata</i>	DD		-2						2			2		3	2		-2	-2		-2	-2
Algues rouges	Rhodophycées	Bonnemaïsonniaceae	<i>Asparagopsis</i>	<i>taxiformis</i>	DD					2	2	-2	-2	2	-2	2	2	2	2	2	-2	-3	-2	-2	-2
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	<i>Amphiroa</i>	sp.	/		-2			2	2	2	-2	-2	-2	-2	-2	2	3	3		2	2		
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	<i>Plocamium</i>	sp.	/						2	2		2		2	2	2	3	2		-2			
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	<i>Actinotrichia</i>	sp.	/											-2		2	2	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	Caulerpacae	<i>Caulerpa</i>	sp.	/											-2			2(2spp.)	2(2spp.)		-2		-1	
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	<i>Codium</i>	<i>platyclados</i>	DD														3	3					
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	<i>Codium</i>	sp.	/											-2			3	3				-2	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	Halimédaceae	<i>Halimeda</i>	sp.	/		2(2spp)	2			2	-1		2(2spp)		2	2	2(2spp)	3(2spp)	3(2spp)	2	-2	-2	2	-2
Algues vertes	Chlorophycées	Siphonocladaceae	<i>Dictyosphaeria</i>	<i>verluytii</i>	DD													3	3	2					
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	<i>Chlorodesmis</i>	<i>fastigiata</i>	DD		2				1					2		2	3	3	2	2	2	2	-1
Algues vertes	Chlorophycées	Valoniaceae	<i>Ventricaria</i>	<i>ventricosa</i>	DD		-2	-2			2	-2							2	2					
Ascidies	Ascidies	Diazonidae	<i>Atrium</i>	<i>robustum</i>	DD														2	2					
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	<i>Didemnum</i>	<i>molle</i>	DD									2				2	2	2	2	2			
Ascidies	Ascidies	Didemnidae	<i>Didemnum</i>	sp. (blanche)	/					2	2	-1		2	2	2	2	2	2	2		-2	-2		
Ascidies	Ascidies	Indéterminé	Encroûtante	verte	/													3	2	2					
Ascidies	Ascidies	Indéterminé	Encroûtante	violet/blanc	/													3	2	2	-2	-2			
Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	<i>Citorclium</i>	<i>laboutei</i>	DD								-1				-1		1	1					
Ascidies	Ascidies	Polycitoridae	<i>Clavelina</i>	<i>detorta</i>	DD					2	2			2		2	2	2	2	2				-2	
Ascidies	Ascidies	Styelidae	<i>Polycarpa</i>	<i>aurita</i>	DD		2	2	2	3	2	2	2	2	2	3	2	3	3	3	2	2	2	2	2
Ascidies	Ascidies	Styelidae	<i>Polycarpa</i>	<i>clavata</i>	DD			-1	-1		1	2		-2	2	1	-1	-1	2	2		1	1		
Ascidies	Ascidies	Styelidae	<i>Polycarpa</i>	<i>cryptocarpa</i>	DD		1	1		2	2	2	1	1	1	2		2	2	2		-2		1	-2

Ascidies	Ascidies	Styelidae	<i>Polycarpa</i>	<i>nigricans</i>	DD		3	2		3	3	3	3	3	2	2	3	3	3	3	2	2	2
Ascidies	Ascidies	Styelidae	<i>Polycarpa</i>	sp1. (blanche)	/			-1					1		1	-1	1	1			-2	1	
Bryozoaires	Cyclostomes	Tetraplariidae	<i>Alcyonidium</i>	sp.	/		3	3			2			2	2	2	2	2		2	2		
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	<i>Discosoma</i>	<i>rhodostoma</i>	DD									2						2		2	2
Cnidaires	Actiniaires	Actinodiscidae	<i>Discosoma</i>	sp.	/			2			1	1					2	2					
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	<i>Heteractis</i>	<i>aurora</i>	DD		1								1								
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	<i>Heteractis</i>	<i>crispa</i>	DD										-1								
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	<i>Heteractis</i>	<i>magnificus</i>	DD												1						
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	<i>Heteractis</i>	sp.	/												1						
Cnidaires	Actiniaires	Stichodactylidae	<i>Stichodactyla</i>	sp.	/													-2					
Cnidaires	Actiniaires	Thalassianthidae	<i>Cryptodendrum</i>	<i>adhaesivum</i>	DD					-1							-1						
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	<i>Cladiella</i>	sp.	/								2		2	2		2	2	-1			
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	<i>klyxum</i>	sp.	/										2	2							
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	<i>Lobophytum</i>	sp.	/						2		1		2	4	2	2	3	3	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	2	5	5	
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	<i>Simularia</i>	<i>dura</i>	DD															2			
Cnidaires	Alcyonaires	Alcyoniidae	<i>Simularia</i>	sp.	/								2	2	3	2	2	2	3	2	2	2	2
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	<i>Dendronephthya</i>	sp.	/						2	2			2	3	4		2				
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	<i>Nephthea</i>	sp.	/								2		3	3	3	3	3		2	2	
Cnidaires	Alcyonaires	Nephtheidae	<i>Xenia</i>	sp.	/								2		2	3	2						
Cnidaires	Alcyonaires	Nidaliidae	<i>Chironephthya</i>	sp.	/			2	2		1		1						1	1			
Cnidaires	Hydrozoaires	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/					2	2			2	2	2	3	3		2	2		2
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	Indéterminé	sp.	/		2	2	2		2						2	2			2	2	
Cnidaires	Zoanthaires	Zoanthidae	<i>Palythoa</i>	<i>tuberculosa</i>	/		2	2			2	1		2	2	2	-1	2	2	2	2	2	2
Cyanobactéries	Cyanophycées	Phormidiaceae	<i>Phormidium</i>	sp.	/					2	2		2	2	2	2		2		2	2	1	-2
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	<i>Celerina</i>	<i>heffernani</i>	DD					1		1		-1	1	-1					-1		-1
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	<i>Fromia</i>	<i>indica</i>	DD		-1	1					-2		1	2	-1	1		-1	-1		1
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	<i>Fromia</i>	<i>milleporrella</i>	DD					1													
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	<i>Fromia</i>	<i>monilis</i>	DD					1	1			1	1	1				-1			
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	<i>Gomophia</i>	<i>egyptiaca</i>	DD		1			2	2		-1	-1		2	1	-1	1		1	1	1
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	<i>Gomophia</i>	<i>watsoni</i>	DD																-1		
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	<i>Linckia</i>	<i>multifora</i>	DD			-1			-1			1	1	1	1		-1				
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	<i>Nardoa</i>	<i>gomophia</i>	DD		1	1					1	2		-1	-1		-2		-1	1	1
Echinodermes	Astéries	Ophiasteridae	<i>Neoferdina</i>	<i>cumingi</i>	DD						-1												
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	3
Echinodermes	Echinides	Cidaridae	<i>Phyllacanthus</i>	<i>imperialis</i>	DD									-1									
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>savignyi</i>	DD		1						-2					1				1	
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>setosum</i>	DD		1	1	-1				2	-1		2	1	-1	1	2	2	1	1
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	<i>Echinometrix</i>	<i>diadema</i>	DD				-1	1			-2				1	1	2	2			-1
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	<i>Echinometra</i>	<i>mathaei</i>	DD		2	1					2	2	2	2		2	2	2		-1	
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	<i>Echinostrephus</i>	<i>aciculatus</i>	DD		2	2		2	2		2	2	2	2	1	2	2	2	2	2	
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	<i>Parasalenia</i>	<i>gratiosa</i>	DD													-2					
Echinodermes	Echinides	Temnopleuridae	<i>Salmacis</i>	<i>belli</i>	DD								-1										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Actinopyga</i>	<i>lecanora</i>	DD															1			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Actinopyga</i>	<i>palauensis</i>	LR-lc			-1				1	2	1		-2		-1	-1		-1	-1	-1
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Bohadschia</i>	<i>argus</i>	LR-lc		1						-2		-1	-2	-1						
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>atra</i>	LR-lc		-2				-1		1	2	-1	-2		-1				-1	-1
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>edulis</i>	LR-lc		2	1		2		-2	-1	2	2	1	-2		-2		-2	1	1
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>fuscopunctata</i>	LR-lc		-1	1			-1			-1		1						-1	1
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	sp.	/															-1			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>whitmaei</i>	EN			1								-1		-1					
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	<i>Stichopus</i>	<i>herrmanni</i>	VU		1						-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	-1			-2		1	2	-2	2	2
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	<i>Ophiure</i>	<i>ind.</i>	/		1	2	-2		-2	-2		2	2	-2	-2	2	2	2	2	-2	-2
Eponges	Spongiaires	Anchinoidae	<i>Hamigera</i>	<i>strongylata</i>	DD		1	2	2		2	2		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Eponges	Spongiaires	Axinellidae	<i>Cymbastella</i>	<i>cantharella</i>	DD						-2			1				2	1		2	2	2
Eponges	Spongiaires	Callyspongiidae	<i>Dactylia</i>	<i>delicata</i>	DD												1	-1			1		
Eponges	Spongiaires	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>jullieni</i>	DD		2	2	2	2	2	2	2	1	3	3	2	2	3	2	2	3	2
Eponges	Spongiaires	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>orientalis</i>	DD		3	3	2	3	4	3	2	3	4	2	3	3	3	3	2	3	3
Eponges	Spongiaires	Dysideidae	<i>Dysidea</i>	<i>herbacea</i>	DD									-2		-2	-2		2	2	1		
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp. (noire)	/		2	2	2	2	2		2	2	2	3	3	3		2	2	2	2
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp. (orange)	/												2						
Eponges	Spongiaires	Indéterminé	Indéterminé	sp. (rouge)	/													-1					
Eponges	Spongiaires	Leucetidae	<i>Leucetta</i>	<i>chagosensis</i>	DD												-2						
Eponges	Spongiaires	Microcionidae	<i>Clathria</i>	<i>rugosa</i>	DD		2	2	2				1	-2	2					2	2	2	2
Eponges	Spongiaires	Spirastrellidae	<i>Sphecciospongia</i>	<i>vagabunda</i>	DD		2	2	1		2	1		-2	2	2	-1	2	2		2	2	2
Mollusques	Bivalves	Arcidae	<i>Arca</i>	<i>ventricosa</i>	DD		2	2								2				2	2	2	2
Mollusques	Bivalves	Gryphaeidae	<i>Hyotissa</i>	<i>hyotis</i>	DD		2	2		2	2		2				1	2		2	1	2	2
Mollusques	Bivalves	Gryphaeidae	<i>Hyotissa</i>	sp.	/																		
Mollusques	Bivalves	Isognomonidae	<i>Isognomon</i>	<i>isognomon</i>	DD		2	2							2	-2						2	2
Mollusques	Bivalves	Mytilidae	<i>Septifer</i>	<i>bilocularis</i>	DD		3	3	2		2	2		2	2	2	3	2	2		2	2	3
Mollusques	Bivalves	Ostreidae	<i>Saccostrea</i>	<i>cucullata</i>	DD															2	2		



Annexe 04 : Tableau c : Richesse spécifique des biocénoses* benthiques par groupes et transect (*hors coraux durs)

Groupe	Sous-groupe	ST01 A	ST01 B	ST02 A	ST02 B	ST03 A	ST03 B	ST03 C	ST04 A	ST04 B	ST04 C	ST05 A	ST05 B	ST05 C	ST06 A	ST06 B	ST06 C	ST07 A	ST07 B	ST07 C	ST08 A	ST08 B	ST09 A	ST09 B	ST09 C	ST11 A	ST11 B	ST11 C	ST12 A	ST12 B
Algues brunes	Phéophycées	2	1	2	2	3	2	3	3	2	0	1	0	0	1	1	0	1	1	0	3	2	2	3	2	0	1	1	2	1
Algues rouges	Rhodophycées	0	0	1	1	1	1	1	0	0	0	0	0	0	2	3	2	0	2	0	2	2	4	6	6	1	2	1	0	0
Algues vertes	Chlorophycées	2	2	3	2	2	2	4	3	2	0	4	1	0	0	3	0	0	2	0	2	1	7	12	12	2	2	2	2	1
Cyanobactéries	Cyanophycée	1	0	1	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	1	0	0	1	1	1	0
Cnidaires	Alcyonaires	4	4	7	7	3	5	4	1	3	1	1	3	1	0	0	1	1	3	4	5	3	8	9	7	4	7	4	4	3
Cnidaires	Actiniaires	1	0	0	0	0	1	1	0	1	1	1	1	0	0	1	1	0	0	0	1	1	0	3	1	0	1	0	1	1
Cnidaires	Hydrozoaires	0	1	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	1	1	1	1	0	1	1	0	1
Cnidaires	Zoanthaires	1	2	1	0	0	1	1	0	1	1	2	2	1	0	1	2	0	1	1	1	0	1	2	2	0	1	1	2	2
Echinodermes	Astéries	3	3	0	0	1	0	3	0	2	1	2	2	0	4	2	1	1	3	4	4	3	0	3	0	1	2	2	2	2
Echinodermes	Crinoïdes	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Echinodermes	Echinides	4	1	2	0	2	0	1	2	4	1	4	3	0	1	2	1	2	3	3	3	1	4	5	3	0	2	1	3	1
Echinodermes	Holothurides	5	1	2	1	2	1	1	0	1	1	5	3	0	0	1	1	1	4	3	1	2	0	0	0	0	1	2	1	2
Echinodermes	Ophiurides	2	1	2	2	2	2	2	2	1	2	2	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	1	1	1	2	2	0	1	2
Echinodermes	Synapses	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
Eponges	Spongiaires	6	6	4	4	4	5	3	6	9	9	6	6	6	3	5	5	2	5	6	5	6	3	8	6	3	7	8	7	7
Mollusques	Mollusques	8	9	10	6	8	5	4	8	11	2	11	11	4	4	6	5	9	8	5	8	5	9	11	3	3	8	7	9	8
Ascidies	Ascidies	3	3	4	2	3	1	1	4	6	3	3	3	1	5	6	4	3	7	5	7	5	8	12	10	3	4	3	3	3
Total		43	35	40	28	32	26	29	31	46	23	43	38	14	21	34	26	21	42	34	45	34	49	78	55	20	43	35	39	35
Sous-total Invertébrés		38	32	33	22	25	21	21	25	42	23	38	37	14	18	26	23	20	36	33	37	28	36	56	35	17	37	30	34	33

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	2	2	3	3	1	1	2	3	3	1	2
Algues rouges	Rhodophycées	0	1	1	0	0	3	2	2	6	2	0
Algues vertes	Chlorophycées	3	3	4	3	4	3	2	2	12	3	3
Cyanobactéries	Cyanophycée	1	1	1	0	0	1	1	1	1	1	1
Cnidaires	Alcyonaires	4	10	5	4	3	1	4	6	9	7	4
Cnidaires	Actiniaires	1	0	1	1	2	1	0	2	3	1	1
Cnidaires	Hydrozoaires	1	0	0	1	0	1	0	1	1	1	1
Cnidaires	Zoanthaires	2	1	1	1	2	2	1	1	2	1	2
Echinodermes	Astéries	4	0	3	2	3	4	5	4	3	2	3
Echinodermes	Crinoïdes	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Echinodermes	Echinides	4	2	2	4	4	3	3	5	2	2	3
Echinodermes	Holothurides	5	2	2	1	7	2	4	3	0	3	2
Echinodermes	Ophiurides	2	2	2	2	2	0	1	0	1	2	2
Echinodermes	Synaptes	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Eponges	Spongiaires	7	4	6	9	6	5	7	6	8	8	7
Mollusques	Mollusques	9	10	10	12	15	7	13	9	13	9	10
Ascidies	Ascidies	3	4	3	7	3	6	8	7	12	4	4
Total		49	43	44	51	53	41	54	51	80	48	46
Sous-total Invertébrés		43	36	35	45	48	33	47	43	58	41	40
Sous-total Algues		5	6	8	6	5	7	6	7	21	6	5
Sous-total Cnidaires		8	11	7	7	7	5	5	10	15	10	8
Sous-total Echinodermes		16	7	9	10	17	10	14	11	10	10	11

Annexe 04 : Tableau e : Richesse spécifique du macrobenthos par site

Groupe	Sous-groupe	Prony	Woodin	Havannah
Algues brunes	Phéophycées	3	3	4
Algues rouges	Rhodophycées	1	0	7
Algues vertes	Chlorophycées	6	3	12
Cyanobactéries	Cyanophycée	1	0	1
Cnidaires	Alcyonaires	11	4	11
Cnidaires	Actiniaires	2	1	5
Cnidaires	Hydrozoaires	1	1	1
Cnidaires	Zoanthaires	2	1	2
Echinodermes	Astéries	5	2	7
Echinodermes	Crinoïdes	1	1	1
Echinodermes	Echinides	5	4	5
Echinodermes	Holothurides	6	1	11
Echinodermes	Ophiurides	2	2	2
Echinodermes	Synaptes	0	0	0
Eponges	Spongiaires	8	9	10
Mollusques	Mollusques	13	12	26
Ascidies	Ascidies	4	7	12
Total		71	51	117
Sous-total Invertébrés		60	45	93
Sous-total Algues		10	6	23
Sous-total Cnidaires		16	7	19
Sous-total Echinodermes		19	10	26

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	Transect Espèce	UICN	PS	ST01A 7 m	ST01B 12 m	ST02A 9 m	ST02B 12 m	ST03A 5 m	ST03B 10 m	ST03C 14 m	ST04A 5 m	ST04B 10 m	ST04C 20 m
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	<i>Dictyota</i>	sp.	/				2	2	2	2	3	2	2	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	<i>Lobophora</i>	<i>variegata</i>	DD		2	2	4	3	3	5	4	2	3	
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	<i>Padina</i>	sp.	/		2	-2			2	-2	1	-2		
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	<i>Sargassum</i>	sp.	/		-2	-2								
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	<i>Turbinaria</i>	<i>ornata</i>	DD		-2							2		
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	<i>Amphiroa</i>	sp.	/				2	2	2	3	3	-2	-2	-2
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	<i>Caulerpa</i>	<i>racemosa</i>	DD		-1									
Algues vertes	Chlorophycées	Caulerpaceae	<i>Caulerpa</i>	sp.	/									2		
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	<i>Codium</i>	sp.	/		-2	1				2	2			
Algues vertes	Chlorophycées	Dasycladaceae	<i>Neomeris</i>	<i>vanbosseae</i>	DD								2	-2		
Algues vertes	Chlorophycées	Halimedaceae	<i>Halimeda</i>	sp.	/		1	2	5(3spp)	2(2spp)	3(2spp)	2	3(2spp)	2	2	
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	<i>Chlorodesmis</i>	<i>fastigiata</i>	DD		1									
Algues vertes	Chlorophycées	Valoniaceae	<i>Ventricaria</i>	<i>ventricosa</i>	DD							-2		2	2	
Echinodermes	Astéries	Acanthasteridae	<i>Acanthaster</i>	<i>planci</i>	DD		3									
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Celerina</i>	<i>heffernani</i>	DD			-1	-1		-1		1		1	-1
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Fromia</i>	<i>indica</i>	DD			-1							-1	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Fromia</i>	<i>milleporrella</i>	DD		-1	1								
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Fromia</i>	<i>monilis</i>	DD					-1						-1
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Gomophia</i>	<i>egyptiaca</i>	DD		1	1					1		2	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		1		-1	-1
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	Indéterminé	sp.	/		2	2	2					2	3	3
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		1		1		1		1	2	2	-2
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	<i>Echinometrix</i>	<i>diadema</i>	DD			-1								
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	<i>Echinometra</i>	<i>mathaei</i>	DD		1							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			1	1
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Actinopyga</i>	<i>lecanora</i>	DD		1									
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Actinopyga</i>	<i>palauensis</i>	LR-lc		-1									
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>atra</i>	LR-lc			-1								
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>edulis</i>	LR-lc		2	-2	2	1	2	-2	-2	-1	1	2
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>flavomaculata</i>	LR-lc				2	-2	2	2	3			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>fuscopunctata</i>	LR-lc		2	2								
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>whitmaei</i>	EN		1									
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	<i>Stichopus</i>	<i>herrmanni</i>	VU		1			-1						
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	<i>Ophiomastix</i>	<i>caryophyllata</i>	DD		2	-2	2	3	2	2	2	2	2	2
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	<i>Ophiure</i>	sp.	/		2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
Echinodermes	Synaptes	Synaptidae	<i>Eupta</i>	<i>godeffroyi</i>	DD					-1						
Eponges	Spongiaires	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>jullieni</i>	DD		2	3	2	2	2	2	3	2	3	2
Eponges	Spongiaires	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>orientalis</i>	DD		3	2	2	2	2	2	-2	3	4	3
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>maxima</i>	LR-cd				1					-1		
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>squamosa</i>	LR-cd				-1					-1		
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	<i>Trochus</i>	<i>niloticus</i>	DD		-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	Transects		PS	ST05A	ST05B	ST05C	ST06A	ST06B	ST06C	ST07A	ST07B	ST07C	ST08A	ST08B	ST09A	ST09B	ST09C	ST11A	ST11B	ST11C	ST12A	ST12B
				Espece	UICN		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	4	3		2	2	2	2
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	<i>Lobophora</i>	<i>variegata</i>	DD		2									2	2		2	2					
Algues brunes	Phéophycées	Dictyotaceae	<i>Padina</i>	sp.	/											-2								2	-2
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	<i>Sargassum</i>	sp.	/													-2	-2	-2	-2			-2	-2
Algues brunes	Phéophycées	Sargassaceae	<i>Turbinaria</i>	<i>ornata</i>	DD		-2						2			2		3	2		-2	-2		-2	
Algues rouges	Rhodophycées	Bonnemaisoniaceae	<i>Asparagopsis</i>	<i>taxiformis</i>	DD				2	2	-2	-2	2	-2	-2	2	2	2	2	2	-2	-3	-2	-2	-2
Algues rouges	Rhodophycées	Coralinaceae	<i>Amphiroa</i>	sp.	/		-2		2	2	2	-2	-2	-2	-2	-2	-2	2	3	3		2	2		
Algues rouges	Rhodophycées	Florideophyceae	<i>Plocamium</i>	sp.	/					2	2			2		2	2	2	3	2		-2			
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	<i>Actinotrichia</i>	sp.	/																2	2			
Algues rouges	Rhodophycées	Galaxauraceae	<i>Galaxaura</i>	sp.	/											-2		2	2	2					
Algues rouges	Rhodophycées	Indéterminé	<i>Indéterminé</i>	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			2(2spp.)	2(2spp.)		-2		-1	
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	<i>Codium</i>	<i>platyclados</i>	DD														3	3					
Algues vertes	Chlorophycées	Codiaceae	<i>Codium</i>	sp.	/											-2		2	3	3		-2	-2	-2	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(2spp)	2			2	-1		2(2spp)		2	2	2(2spp)	3(2spp)	3(2spp)	2	-2	-2	2	-2
Algues vertes	Chlorophycées	Siphonocladaceae	<i>Dictyosphaeria</i>	<i>verluyssii</i>	DD													3	3	2					
Algues vertes	Chlorophycées	Udoteaceae	<i>Chlorodesmis</i>	<i>fastigiata</i>	DD		2				1					2		2	3	3	2		2	2	-1
Algues vertes	Chlorophycées	Valoniaceae	<i>Ventricaria</i>	<i>ventricosa</i>	DD		-2	-2			2	-2							2	2					
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Celerina</i>	<i>heffernani</i>	DD					1		1		-1	1		-1						-1		-1
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Fromia</i>	<i>indica</i>	DD		-1	1					-2		1	2	-1	1				-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						-1			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Gomophia</i>	<i>egyptiaca</i>	DD		1			2	2		-1	-1		2	1	-1	1		1	1	1	1	1
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Gomophia</i>	<i>watsoni</i>	DD																	-1			
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Linckia</i>	<i>multifora</i>	DD			-1			-1			1	1	1	1		1	-1					
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Nardoa</i>	<i>gomophia</i>	DD		1	1					1	2		-1	-1		-2		-1	1	1	1	
Echinodermes	Astéries	Ophidiasteridae	<i>Neoferdina</i>	<i>cumingi</i>	DD						-1														
Echinodermes	Crinoïdes	Indéterminé	<i>Indéterminé</i>	sp.	/		2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	3	2	2	2	2	3	3
Echinodermes	Echinides	Cidaridae	<i>Phyllacanthus</i>	<i>imperialis</i>	DD										-1										
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>savignyi</i>	DD		1						-2						1					1	
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	<i>Diadema</i>	<i>setosum</i>	DD		1	1	-1		2	-1		2	2	1	-1	1	2	2		1	-1	2	1
Echinodermes	Echinides	Diadematidae	<i>Echinometrix</i>	<i>diadema</i>	DD						-1	1	-2					1	1	2					-1
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	<i>Echinometra</i>	<i>mathaei</i>	DD		2	1					2	2	2	2		2	2					-1	
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	<i>Echinostrephus</i>	<i>aciculatus</i>	DD		2	2		2	2		2	2	2	2	1	2	2	2		2	2	2	
Echinodermes	Echinides	Echinometridae	<i>Parasalenia</i>	<i>gratiosa</i>	DD														-2						
Echinodermes	Echinides	Temnopleuridae	<i>Salmacis</i>	<i>belli</i>	DD										-1										
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Actinopyga</i>	<i>lecanora</i>	DD																	1			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Actinopyga</i>	<i>palauensis</i>	LR-lc			-1					1	2	1		-2		-1	-1		-1	-1	-1	-1
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Bohadschia</i>	<i>argus</i>	LR-lc		1						-2		-1	-2	-1								
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>atra</i>	LR-lc		-2					-1		1	2	-1	-2		-1					-1	-1
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>edulis</i>	LR-lc		2	1			2	-2	-1	2	2	1	-2		-2			-2	1	1	2
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>fuscopunctata</i>	LR-lc		-1	1				-1			-1		1						-1	-1	1
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	sp.	/																	-1			
Echinodermes	Holothurides	Holothuriidae	<i>Holothuria</i>	<i>whitmaei</i>	EN		1										-1		-1						
Echinodermes	Holothurides	Stichopodidae	<i>Stichopus</i>	<i>herrmanni</i>	VU		1								-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								-1
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	<i>Ophiomastix</i>	<i>caryophyllata</i>	DD		2	2					-2	-1					-2		1	2	-2	2	2
Echinodermes	Ophiurides	Ophiocomidae	<i>Ophiure</i>	<i>ind.</i>	/		1	2	-2		-2	-2		2	2	-2	-2	2	2	2	2	2	3	-2	1
Eponges	Spongiaires	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>jullieni</i>	DD		2	2	2	2	2	2	2	2	1	3	3	2	2	3	2	2	3	2	2
Eponges	Spongiaires	Clionidae	<i>Cliona</i>	<i>orientalis</i>	DD		3	3	2	3	4	3	2	3	3	4	2	3	3	3	3	3	2	3	3
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>crocea</i>	LR-lc		2												2						
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>derasa</i>	VU													1							
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>maxima</i>	LR-cd		2			1	-2		2	-2		-1		2	2		1	2		1	
Mollusques	Bivalves	Tridacnidae	<i>Tridacna</i>	<i>squamosa</i>	LR-cd		-1			-1			1			-1					-1			-1	
Mollusques	Gastéropodes	Trochidae	<i>Trochus</i>	<i>niloticus</i>	DD		1															-1		-1	



Annexe n° 05

Nomenclature UICN

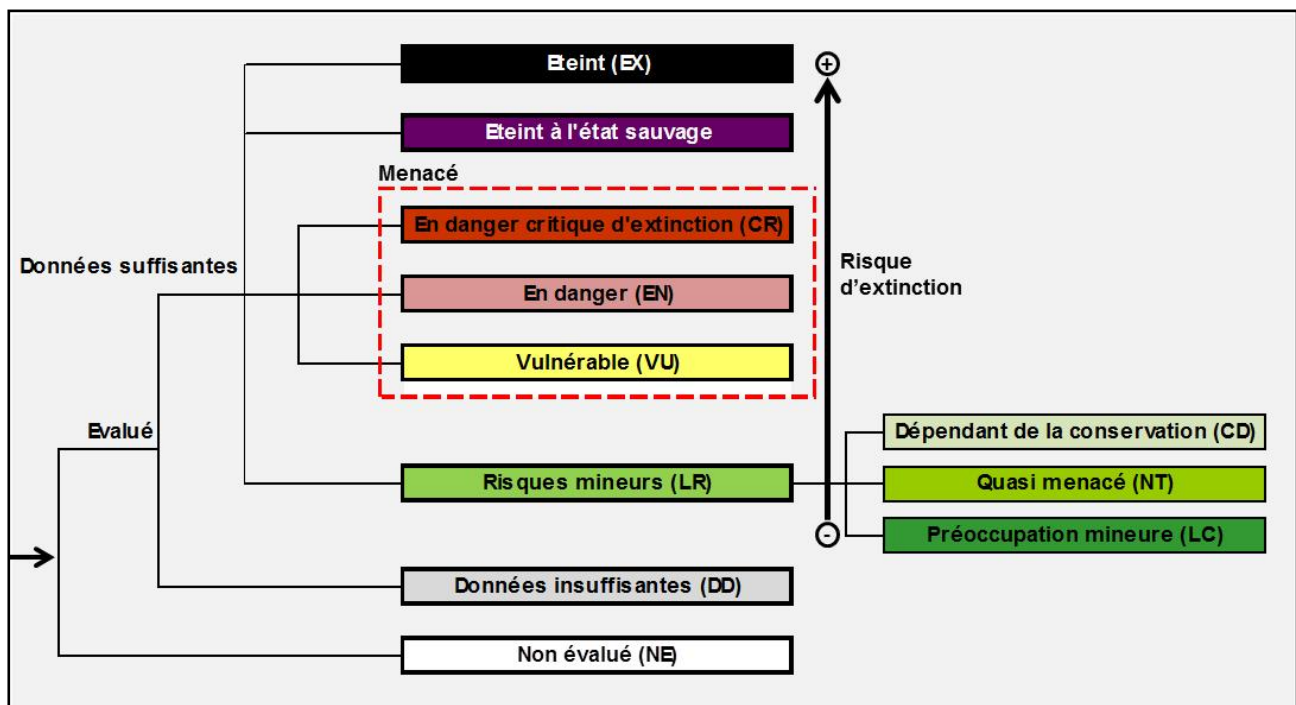
La liste rouge de l'UICN (Union Internationale pour la Conservation de la Nature) est un système simple et compréhensible par tous pour classer les espèces selon le risque d'extinction à l'échelle mondiale.

Fondée sur une solide base scientifique, la Liste rouge de l'UICN est reconnue comme l'outil de référence de l'état de la diversité biologique spécifique à l'échelle mondiale. Sur la base d'une information précise sur les espèces menacées, son but essentiel est d'identifier les priorités d'action, de mobiliser l'attention du public et des responsables politiques sur l'urgence et l'étendue des problèmes de conservation, et d'inciter tous les acteurs à agir en vue de limiter le taux d'extinction des espèces.

Cependant en milieu marin, le recensement des espèces d'invertébrés enregistre de nombreuses lacunes à travers le monde. Les coraux scléractiniaires et les 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

